



Boverket

Myndigheten för samhällsplanering,
byggande och boende

RAPPORT 2015:35
REGERINGSUPPDRAK



Byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv

Forsknings- och kunskapsläget

Byggnaders klimat- påverkan utifrån ett livscykelperspektiv

Forsknings- och kunskapsläget

Titel: Byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv

Rapportnummer: 2015:35

Utgivare: Boverket, september, 2015

Upplaga: 1

Tryck: Boverket internt

ISBN tryck: 978-91-7563-291-9

ISBN pdf: 978-91-7563-292-6

Sökord: Byggnader, klimatpåverkan, livscykelperspektiv, livscykelanalyser, LCA, forskningsläget, kunskapsläget, analyser, förslag

Dnr: 10119-3262/2014

Process: 3.4.1

Rapporten kan beställas från Boverket.

Webbplats: www.boverket.se/publikationer

E-post: publikationsservice@boverket.se

Telefon: 0455-35 30 00

Postadress: Boverket, Box 534, 371 23 Karlskrona

Rapporten finns i pdf-format på Boverkets webbplats.

Den kan också tas fram i alternativt format på begäran.

Förord

Den förstärkta växthuseffekten leder till att jordens medeltemperatur stiger. Den senaste tioårsperioden har varit den varmaste som uppmätts de senaste 150 åren. För att inte riskera en farlig påverkan på klimatsystemet är det nödvändigt att begränsa ökningen av den globala medeltemperaturen till högst två grader jämfört med den förindustriella nivån.

Den svenska energimixen och energibesparande åtgärder har lett till att klimatpåverkan från byggnaders brukarfase har minskat medan nybyggnation och produktionsfasen står för en alltmer betydande andel av den totala klimatpåverkan från byggnaden enligt flera nya LCA studier.

Det finns alltså anledning att nu analysera forsknings- och kunskapsläget angående byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv. Regeringen har uppdragit åt Boverket att genomföra denna analys.

Många aktörer är engagerade i frågan och Boverket tackar för alla inspel som kommit oss till del från Cementa/LTH, Folkhem, NCC, Trafikverket, Olivetree AB, Stockholms byggmästarförening m fl.

I enlighet med uppdraget har samråd skett med Energimyndigheten och Naturvårdsverket. Synpunkter har lämnats via Anna Petersson, Energimyndigheten och Maja Cederlund, Naturvårdsverket.

Projektledare för rapporten har varit civilingenjör Hans-Olof Karlsson Hjorth, civilingenjör Kristina Einarsson samt biolog Ylva Rönning har varit delaktiga i arbetet. Civilingenjörerna Fredrik Olsson och Madeleine Hjortsberg samt nationalekonom Anders Carlsson har bidragit med synpunkter i övrigt.

Karlskrona september 2015

Janna Valik
Generaldirektör

Innehåll

Sammanfattning	5
Sammanfattande slutsats	5
DEL 1 Forsknings- och kunskapsläget	5
DEL 2 Områden som ytterligare behöver belysas	7
DEL 3 Informationsinsatser och vägledningar	8
Förslag på fortsatt arbete:	9
Inledning och läsanvisningar	10
Bakgrund	11
Klimatförändringar orsakade av människan	11
Många mål om att begränsa klimatförändringar	11
Byggnader bidrar till utsläpp av växthusgaser	12
Livscykelanalyser för byggnader	14
Intresset för LCA ökar	14
Svenska studier om LCA för byggnader	15
Denna rapport beskriver läget	16
Metod	17
Forsknings- och kunskapsläget	20
Forskning	20
Tillämpning av LCA för byggnader i Sverige	20
Tillämpning av LCA för byggnader i andra länder	25
Undersökningens slutsatser om tillämpningen	36
Miljöindikatorer för bygg- och fastighetssektorn	38
Nordisk samverkan	40
Slutsatser	41
Områden som ytterligare behöver belysas eller fördjupas	43
Drivkrafterna är svaga i Sverige	43
Befintliga styrmedel för begränsning av klimatpåverkan	45
Administrativa styrmedel	46
Behov av öppen LCA-data och -beräkningsverktyg	48
EU-kommissionens arbete med resurseffektiva byggnader	49
Slutsatser	51
Behov av informationsinsatser och vägledningar	53
Målgrupper för information och vägledning	53
Internationellt samarbete	57
Slutsatser om informationsbehov	59
Bilagor	61
Bilaga 1 Uppdragstext från Regeringen	62
Bilaga 2 Miljö kvalitetsmålet "Begränsad klimatpåverkan"	64
Bilaga 3 Fördjupning om LCA-beräkningar	67
Referenser	89

Sammanfattning

Boverket har fått i uppdrag att:

- analysera forsknings- och kunskapsläget i Sverige och i ett antal andra i sammanhanget relevanta länder och vid behov föreslå områden som ytterligare behöver belysas eller fördjupas kring byggnaders klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv
- utreda behov av och vilka typer av informationsinsatser och vägledningar som krävs gentemot byggsektorn och den kommunala planeringen

Boverkets svar på detta är uppdelat i tre delar:

1. Forsknings- och kunskapsläget
2. Områden som ytterligare behöver belysas
3. Informationsinsatser och vägledningar

Sammanfattande slutsats

Det finns ett behov av att staten tar ledningen i arbetet med klimatpåverkan om takten på klimatarbetet inom byggsektorn ska öka. Erfarenheter från andra länder visar att det är en framgångsfaktor. Ett verktyg för att analysera klimatpåverkan är livscykelanalyser, LCA. Det är dock ett komplext verktyg som kräver särskild kunskap och data.

Viktiga förutsättningar för att öka användningen av LCA:

- Öppet tillgängliga, billiga och lättanvända LCA-verktyg för byggsektorns aktörer.
- Tillgång till öppen, relevant och korrekt data om olika byggprodukters respektive bygg- och driftsprocessers miljö- och klimatpåverkan.
- Vägledning och information om LCA-verktyg och databaser samt exempel på arbetssätt och metoder.

DEL 1 Forsknings- och kunskapsläget

Forskning i Sverige och i andra länder om byggnaders klimatpåverkan har pågått sedan länge. Forskarvärldens och byggbranschens arbete har lett fram till en standardisering av metoder och tillvägagångssätt. Det finns färdiga standarder framtagna men valmöjligheterna i dessa är

många. Tillgången till fri indata är dock begränsad. Behov av fortsatt forskning kvarstår.

Inom ramen för den europeiska byggproduktförordningen¹, CPR, tas harmoniserade standarder för byggprodukters egenskaper fram. Syftet med CPR är att förenkla för frihandel och ta bort handelshinder. Dessa standarder ska i framtiden kunna kompletteras med metoder för bedömning av egenskaper för miljö- och resurshushållning. Det är därför av stor vikt inom byggområdet att tillämpning av forskningsresultaten om LCA ligger i linje med byggproduktförordningens intentioner. Annars kan resultatet bli svårtillämpat och orsaka handelshinder.

Det pågår även ett samarbete inom den internationella standardiseringen där svenska representanter deltar under ledning av Standardiseringen i Sverige (SIS). Inom internationella standardiseringen finns LCA standarder på övergripande nivå som inte utgått från byggnaden när de tagits fram, utan är mer i linje med ISO 14000 serien om miljö i största allmänhet.

Kunskapsläget inom byggbranschen varierar. Några aktörer har bra kunskap och har arbetet med livscykelanalyser under en tid. Andra har inte kommit lika långt och behöver mer kunskap, information och vägledning. I Sverige är det främst Trafikverket bland de centrala myndigheterna och några av kommunerna som är ledande i efterfrågan på LCA i upphandlingsskedet.

Att få aktörer har tillgång till metoder och data, kan skapa misstro mot resultaten. Behovet av pedagogiskt kunskaps- och informationsspridning till en bredare grupp av aktörer blir viktigt för att öka acceptansen för LCA.

På internationell nivå har några länder (Nederländerna och Schweiz) infört krav på redovisning. Många länder tar fram nationella databaser om underlag för klimatarbetet. Via det internationella arbetet inom en gemensam EU/FN satsning pågår försök att samordna dessa

Även andra miljö och hälsoaspekter än klimatpåverkan behöver beaktas. LCA omfattar andra miljöpåverkanskategorier än klimatpåverkan, exempelvis försurning och övergödning. En LCA redovisning bidrar till att andra miljöaspekter kan redovisas. Som bonuseffekt skulle LCA kunna

¹ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) nr 305/2011 av den 9 mars 2011 om fastställande av harmoniserade villkor för saluföring av byggprodukter och om upphävande av rådets direktiv 89/106/EG, CPR

bidra till ytterligare statistik med tillförlitliga data för att följa upp andra miljökvalitetsmål.

DEL 2 Områden som ytterligare behöver belysas

Drivkrafterna att använda LCA i byggprocessen är låga.

Det finns styrmedel med syfte att minska klimatpåverkan. Det är viktigt att se över att de olika styrmedlen styr åt samma håll så att de inte motverkar varandra eller lägger dubbla administrativa eller ekonomiska bördor på aktörerna.

I några andra länder är det offentliga myndigheter (ex Nederländerna) eller byggherrar (ex Tyskland) som har den pådrivande rollen. Det finns ett nordiskt samarbete mellan forskningsinstitut, LCA-Nornet, som startade 2015. Detta bör följas och vidare nordisk samordning är att förordna för att skapa en större marknad för ”lokala” data och modeller.

Någon form av reglering behövs från medlemsstaterna för att kunna be EU-kommissionen att ge mandat till CEN för harmonisering av byggproduktinformationen/prestandadeklarationerna när det gäller klimatpåverkan.

Boverket har påbörjat en förstudie om miljö- och klimatanpassade byggregler. I detta arbete ska Boverket bedöma om det finns behov av och möjligheter till reglering eller om detta kan styras på annat sätt. För att eventuell reglering ska bli verksam och inte orsaka handelshinder behöver redovisningsmetoden om klimatpåverkan/LCA utvecklas ytterligare. Data behöver göras tillgängliga tills det finns tillräckligt många miljödeklarationer för byggprodukter.

Aktivt deltagande i diskussioner om hur prestandadeklarationer för byggprodukter enligt CPR kan kompletteras eller samspela med miljödeklarationer behövs.

Det pågår annat utvecklingsarbetet om klimatpåverkan som är viktigt att följa till exempel:

- ”Robust LCA” där en grupp bestående av representanter för byggmaterialindustrin i samverkan (IVL, Cementa, Svenskt trä och Stålbyggnadsinstitutet) tagit fram ett gemensamt arbete för att på ett materialneutralt sätt redovisa livscykelanalyser.

- ”Strategisk innovationsagenda för minskad klimatpåverkan från byggprocessen” med ÅF, IQ samhällsbyggnad och Sustainable innovation AB som projektpartners.
- ”Nationell strategi för utveckling av energiproduktionsrelaterade miljödata för innovation” med anknytning till byggsektorn Energi och klimateffektiva byggsystem, Sverige tekniska forskningsinstitut, SP
- ”Integrering av livscykel tänkande i bygg- och fastighetssektorn genom beräkning av ”inbyggd” energi och klimatpåverkan”, KTH. I detta projekt har Tove Malmqvist arbetat tillsammans med IEA EBCS annex 57².
- ”Optimera byggnader ur ett livscykelperspektiv”, Sverige tekniska forskningsinstitut, SP

DEL 3 Informationsinsatser och vägledningar

Behovet av information och vägledning när det gäller livscykelanalyser för byggnader bedöms vara stort för flera viktiga aktörer: byggherrar, arkitekter och andra konsulter och entreprenörer, förvaltare av byggnader, kommuner och andra offentliga myndigheter samt byggvarutillverkare och byggvaruleverantörer.

För samtliga ovan nämnda aktörer är det viktigt att det finns öppet tillgängliga, billiga och lättanvända verktyg för att arbeta med livscykelanalyser. Eftersom det idag finns ett flertal verktyg att välja på behövs även vägledning om hur verktyg kan väljas. Aktörerna behöver också tillgång till öppen, relevant och korrekt data om olika byggprodukters respektive bygg- och driftsprocessers miljö- och klimatpåverkan. Idag finns flera olika databaser. Vägledning behövs om hur dessa databaser kan användas till livscykelanalyser. Vägledning behövs också om scenarier för byggnadens livslängd, underhållsintervall och möjligheter till återanvändning eller återvinning av olika byggnadsdelar. Aktörerna bedöms också ha nytta av målgruppsanpassade exempel på arbetssätt och metoder. Det finns många erfarenheter att hämta från andra länder, när det gäller information och vägledning om livscykelanalys.

² Evaluation of Embodied Energy and CO_{2eq} for Building Construction, www.annex57.org

Förutom arbete med information och vägledningar bör Sverige medverka aktivt i internationella och EU-samarbeten om gemensamma verktyg och databaser.

Förslag på fortsatt arbete:

- att det utreds hur de befintliga styrmedlen kan kompletteras och vilka förändringar i det legala systemet som behöver göras. Detta för att drivkrafterna och ansvarsfördelningen bland aktörerna ska bli rättvis och smidig utan alltför stora kostnader för aktörerna.
- att det svenska arbetet inom ISO³ och CEN⁴ standarderna om LCA samordnas så att Sverige främjar ett arbete som är förenligt med Byggproduktförordningen.
- att regeringen ger Boverket och andra berörda myndigheter i uppdrag att ta fram en kommunikationsplan för hur information om livscykelanalyser för byggnader ska kommuniceras med prioriterade målgrupper. I det arbetet bör ingå att göra en målgruppsanalys av de olika målgruppernas närmare behov samt att analysera erfarenheter från liknade arbetssätt i andra länder.
- i uppdraget till myndigheterna bör också ingå att ta fram en plan för vilka vägledningar som behöver tas fram och vilken kompetensutveckling aktörerna behöver. Vägledningarna och utbildningarna ska målgruppsanpassas, och planen bör innehålla en prioriteringsordning och förslag om vilken myndighet som bör få huvudansvaret för att ta fram respektive vägledning och utbildning.
- att resurser avsätts för att Sverige ska vara väl representerat och kunna delta aktivt i de olika utvecklingsarbeten om LCA för byggnader som drivs på europeisk och internationell nivå.
- att Boverket bör få i uppdrag att samordna de svenska insatserna inom olika EU- respektive internationella arbetsgrupper om LCA för byggnader och byggprodukter.

³ Internationella standardiseringsorganisationen

⁴ Europeiska standardiseringsorganisationen

Inledning och läsanvisningar

Mänsklighetens fortsatt stora utsläpp av växthusgaser med åtföljande klimatförändring är ett av de miljöhot som uppmärksammas mest i press och politik. Samtidigt är det svårt att hitta tillräckligt effektiva styrmedel för att begränsa utsläppen. Det kommer att krävas genomgripande förändringar på alla nivåer, om målen om begränsad temperaturhöjning ska kunna nås. Det krävs också att vi ”vänder på alla stenar”, och analyserar på vilket sätt olika sektorer kan bidra. Av de globala utsläppen av växthusgaser har cirka en tredjedel (IEA 2012) sitt ursprung från byggnader och användningen av dessa. Livscykelanalyser används allt oftare för att studera byggnaders miljöpåverkan. En livscykelanalys omfattar miljöpåverkan under byggnadens hela livscykel, från produktion av byggmaterial, till konstruktion, driftsfas och så småningom rivning och återvinning. I föreliggande rapport utreder Boverket forsknings- och kunskapsläget för byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv, som svar på ett regeringsuppdrag.

Läsanvisning

I kapitlet ”Forsknings- och kunskapsläget” ges en översikt över tillämpningen av livscykelanalyser i Sverige och i ett urval av andra länder. Kapitlet bygger i stor utsträckning på underlag som tagits fram av Tove Malmqvist från Avdelningen för Miljöstrategisk analys vid Kungliga tekniska högskolan, KTH.

I kapitlet ”Områden som ytterligare behöver belysas” analyseras forsknings- och kunskapsläget varvid behov av ytterligare drivkrafter och arbete med säkerställande av metoder, verktyg och indata belyses.

Kapitlet ”Behov av informationsinsatser och vägledningar” behandlar när under byggnadens livscykel olika aktörer kan ha nytta av informationen från LCA-analysen och vilka dessa aktörer är.

Bilaga 3 ”Fördjupning om LCA-beräkningar” bygger på underlag som Ambrose Doodoo med flera vid Linnéuniversitetet har tagit fram, beskrivs LCA-verktyget och dess problem och möjligheter, och avsnittet kan ses som en fördjupning om LCA-metodiken.

Bakgrund

Klimatförändringar orsakade av människan

Under de senaste decennierna har klimatförändringar orsakade av människan uppmärksammas allt mer. Sedan mitten av förra århundradet har förbränning av fossila bränslen orsakat ökade utsläpp av växthusgaser, bland annat koldioxid. Förekomsten av växthusgaser i atmosfären har ökat markant och bidrar till en uppvärmning av klimatet. Följdeffekter är exempelvis krympande glaciärer, varmare hav och ökad frekvens av extrema vädersituationer. Flera internationellt accepterade scenarier beskriver svåra konsekvenser av fortsatta utsläpp av klimatpåverkande gaser.

Många mål om att begränsa klimatförändringar

Frågan om hur utsläppen av växthusgaser ska kunna minska finns med på den högsta politiska agendan. Ambitiösa målsättningar har formulerats på olika nivåer, från FN:s ramkonvention om klimatförändringar ner till nationella och lokala mål. På EU-nivå finns ett gemensamt energi- och klimapaket. I detta ingår flera mål som rör klimat och minskade utsläpp av växthusgaser, bland annat ska växthusgasutsläppen minska med minst 20 procent till år 2020 jämfört med 1990 års nivåer. Samtidigt ska medlemsländerna till år 2020 effektivisera energianvändningen med 20 procent och öka andelen förnybar energi med 20 procent. Till 2030 ska EU-länderna minska utsläppen med 40 procent jämfört med 1990 års nivå.

I Sverige har riksdagen antagit miljö kvalitetsmålet ”Begränsad klimatpåverkan”, samt ett etappmål som innebär att utsläppen för Sverige år 2020 bör vara 40 procent lägre än utsläppen år 1990 och som gäller för de verksamheter som inte omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter, det vill säga den så kallade ”icke-handlande sektorn”. Riksdagen har också ställt sig bakom en vision om att Sverige år 2050 ska ha en hållbar och resurseffektiv energiförsörjning och inga nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären.

... men det är svårt att nå målen

Naturvårdsverket bedömer att det svenska miljö kvalitetsmålet ”Begränsad klimatpåverkan” inte kommer att kunna nås med befintliga och beslutade styrmedel och åtgärder (Naturvårdsverket 2015, Fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålet Begränsad klimatpåverkan). Genomgripande förändringar och en mix av nya styrmedel krävs, både på nationell och på internationell nivå. Naturvårdsverket pekar på att såväl teknikutveckling, hållbart samhällsbyggande som beteendeförändringar också måste till för

en ur klimatsynpunkt hållbar samhällsomställning. Svårigheterna att klara målen ska ses mot bakgrund av att våra samhällen globalt sett är så kraftigt beroende av fossila bränslen, vilka utgör mer än 82 procent av världens huvudsakliga energi. Speciellt olja, kol och naturgas står för 33, 28 respektive 21 procent av den huvudsakliga globala energiförsörjningen (IEA 2012). Trots en väsentlig ökning av andelen förnyelsebar energi inom EU-28 från 6 procent 2001 till 10 procent 2011 kom fortfarande 75 procent av den totala primärenergianvändningen inom EU-28 från fossila bränslen 2011 (Eurostat 2013). I Sverige stod de fossila bränslena för 30 procent av den primära energianvändningen 2013 (Energimyndigheten, Energiläget 2015).

Internationella energibyråns (IEA) globala energiscenarier för perioden 2009 – 2035 förutspår att fossila bränslen kommer att öka och förbli den dominerande energikällan globalt sett (IEA, 2011). Flera utvecklingsländer, där ibland Kina och Indien, ökar sina utsläpp av växthusgaser kraftigt.

Ekonomiska styrmedel som används för att minska utsläppen av växthusgaser är handel med utsläppsrätter inom EU samt koldioxidskatt på fossila bränslen i vissa länder. Sverige, Norge, Danmark, Finland, Storbritannien och Nederländerna är exempel på länder som har koldioxidskatt.

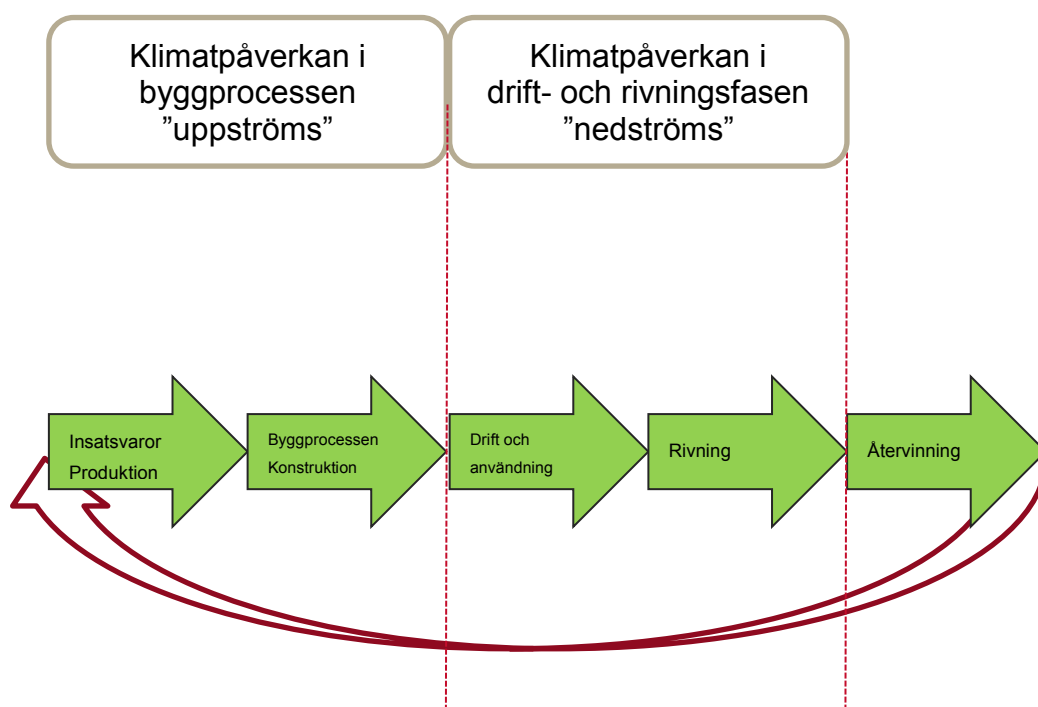
Byggnader bidrar till utsläpp av växthusgaser

Byggnader står för en betydande del av utsläppen av växthusgaser. Cirka 33 procent av de globala koldioxidutsläppen har att göra med energianvändning i byggnader (Price et al. 2006). Produktion och användning av byggnader står för ungefär hälften av både utvunna material och energianvändningen inom EU (Europeiska kommissionen, 2014). Sektorn Bostäder och service står för 40 procent av slutanvändningen av energi i Europa (Eurostat 2013). På global nivå föreslås förbättrad energi- och materialeffektivitet i byggsektorn allt oftare för att åstadkomma väsentlig reduktion av växthusgasemissioner till låga reduktionskostnader (IPCC, 2014; IEA 2013).

I Sverige står sektorerna bostäder och service för 35 procent av den totala slutliga energianvändningen (Energimyndigheten, Energiindikatorer 2015). Bostadssektorn har minskat sin energianvändning med 7 procent sedan 1983. Samtidigt är sektorerna bostäder och service de sektorer i Sverige som minskat utsläpp av växthusgaser allra mest: sammantaget med 83 procent från år 1990 till 2013. Minskningen beror framför allt på att oljeanvändningen har minskat kraftigt och ersatts av biobränslen, värmepumpar, el och fjärrvärme (Energimyndigheten, Energiindikatorer

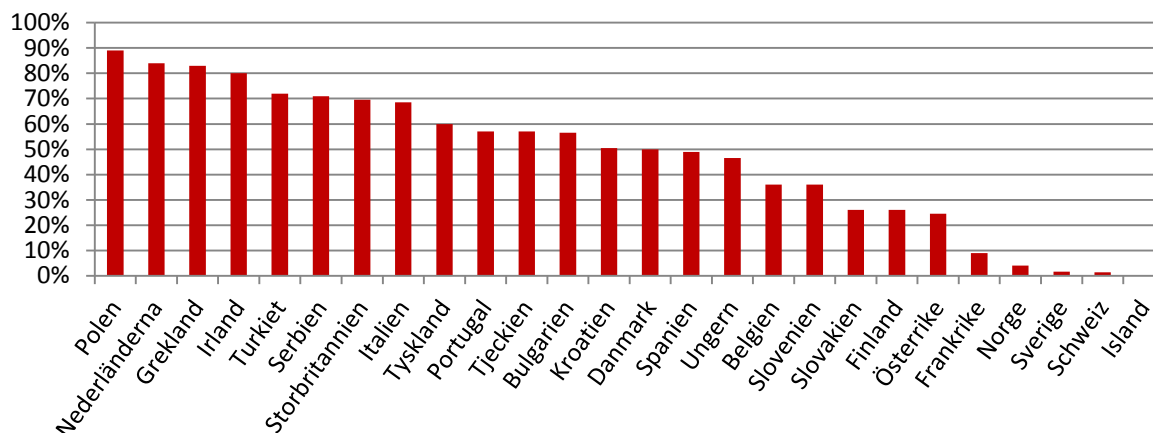
2015). Den tillkommande el- och fjärrvärmeproduktionen baseras i stor utsträckning på icke-fossila energibärare, till exempel bibränslen och vindkraft. Det kan noteras att Energimyndighetens statistik för bostäder och service inte omfattar ”uppströms” utsläpp av växthusgaser från bostads- respektive servicesektorerna, det vill säga utsläpp som uppstår i samband med produktion av byggmaterial och i själva byggprocessen (figur 1).

Figur 1 Illustration av ”uppströms” respektive ”nedströms” klimatpåverkan under en byggnads livscykel.



Andelen av den svenska energimixen, nedan illustrerat av hur stor andel av elgenereringen, som är baserad på fossila bränslen är förhållandevis liten, om jämförelse görs med situationen i de flesta andra europeiska länder (diagram 1). Detta indikerar att svenska byggprodukter sannolikt bidrar till lägre växthusutsläpp i tillverkningsprocessen än motsvarande byggprodukter från andra länder.

Diagram 1. Andel av elgenereringen som baseras på fossila bränslen i några europeiska länder. Fossila bränslen ger utsläpp av växthusgaser. Källa: EIA 2012, Eurostat omräknat av Ekonomifakta



Livscykelanalyser för byggnader

För att förstå och analysera byggnaders samlade miljö- och klimatpåverkan behövs ett livscykelperspektiv, ”från vaggan till graven”. Livscykelanalys (LCA) är en metod för att göra en sådan analys. I en LCA beaktas klimatpåverkan och annan miljöpåverkan, hälsoeffekter och naturresursanvändning hela vägen från tillverkningen av byggprodukter, transporter, konstruktion, drift och underhåll till rivning och återvinning (figur 1).

Flera studier pekar på att andelen av byggnaders miljöpåverkan ”uppströms”, från materialutvinning till färdig byggnad, blir större till följd av att byggnaderna görs alltmer energieffektiva och utsläppen i samband med bland annat uppvärmning i driftfasen ”nedströms” minskar.

Intresset för LCA ökar

Intresset för livscykelanalyser ökar snabbt (KTH 2015). Det finns en internationell ramverksstandard för livscykelmetodik (ISO14044⁵). Det finns också europeiska standarder för beräkning av miljöprestanda för byggnadsverk (EN 15978⁶) respektive byggprodukter (EN 15804⁷), som betonar livscykelperspektivet. Vissa miljöklassningssystem, så som

⁵ISO 14044:2006 Environmental Management: Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines. (Svensk titel Miljöledning-Livscykel analys- Krav och vägledning.)

⁶ Överförd till Svensk standard som SS-EN 15978:2011 Hållbarhet hos byggnadsverk - Värdering av byggnaders miljöprestanda - Beräkningsmetod.

⁷ Överförd till Svensk standard genom SS-EN 15804:2012+A1:2013 Hållbarhet hos byggnadsverk - Miljödeklarationer - Produktspecifika regler.

LEED⁸ och BREEAM⁹ kräver en livscykelanalys för att byggnaden ska kunna uppnå de högsta betygen. Men bedömningen är ändå att tillämpningen av livscykelberäkningar för att minska klimatpåverkan från byggande ligger på en relativt låg nivå, såväl internationellt som nationellt (KTH, 2015). Det finns dock några länder där de arbetar mer med frågan, och det är angeläget att belysa erfarenheter från dessa.

Att livscykelanalyser är relativt utvecklade i Sverige och flera andra länder kan ha olika förklaringar. Det kan dock konstateras att tydliga drivkrafter saknas för att mer aktivt arbeta med livscykelanalyser för byggnader. Krav på LCA för byggnader används sällan i offentlig upphandling och det finns inget i regelverket för byggande som säger att byggherren ska göra en livscykelanalys. Därtill kommer en upplevelse av att det är krångligt, dyrt och komplicerat att göra LCA för byggnader, oenighet i metodfrågor samt brist på verktyg och data. Samtidigt inser allt fler att livscykelanalyser kan vara ett viktigt hjälpmedel för att göra bra miljöval och undvika i längden kostsamma suboptimeringar.

Svenska studier om LCA för byggnader

Flera svenska studier som baserats på livscykelanalys för byggnader har gjorts under de senaste åren. Nedan ges några exempel.

IVL (2013) belyser i rapporten ”Robust LCA: Metodval för robust miljöjämförelse med livscykelanalys (LCA) – introduktion för nyfikna” (IVL, 2013) hur LCA kan utföras med olika metodansatser i olika bedömnings-situationer. Ambitionen är att utveckla och beskriva hur LCA kan göras mer entydig, vilket stärker dess användbarhet vid produktjämförelse och som ett verktyg i offentlig upphandling, i miljöklassningssystem m.m. IVL har också tagit fram rapporten ”Robust LCA: Typologi över LCA-metodik – två kompletterande systemsyner” (IVL, 2014) där skillnader mellan bokförings-LCA respektive konsekvens-LCA förklaras.

Tre rapporter från IVL, IVA och Sveriges Byggindustrier respektive KTH baseras på studier av flerbostadshusen i kvarteret Blå Jungfrun i Hökarängen i Stockholm. Husen är byggda i betong med lågenergiprofil och var inflyttningsklara år 2010. IVL har tagit fram rapporten ”Hållbar användning av naturresurser (BWR7) – andelen nedströms klimatpåverkan för byggnader” (IVL 2014). Studien visar bland annat att för moderna flerbostadshus är bidraget till klimatpåverkan ungefär lika stort vid

⁸ Leadership in Energy & Environmental Design

⁹ Building Research Establishment Environmental Assessment Method

byggnationen som för driftsenergin under 50 år. IVA och Sveriges Byggindustrier (2014) anger i rapporten ”Klimatpåverkan från byggprocessen” att det årliga utsläppet av växthusgaser från byggprocessen (uppströms) är ungefär densamma som växthusgasutsläppen från all personbilstrafik i Sverige. I KTH:s rapport ”Byggproduktionens miljöpåverkan i förhållande till driften” (KTH 2014) jämförs olika referensstudietider respektive energiscenarier för driftsfasen för flerbostadshusen i Blå Jungfrun. Med en referensstudietid på 50 år och energiscenario ”medel” står aktiviteterna uppströms i byggprocessen (produktion och konstruktion) för 54 procent av klimatpåverkan och 27 procent av den kumulativa energianvändningen.

Boverket och Energimyndigheten har också har också i samband med ett uppdrag om utvärderingen av lågenergibygnader genomfört LCA beräkningar. Resultatet visar att effekterna av energieffektivisering, i ett småhus och ett flerbostadshus, i dessa byggnader tjänades ökningen, av klimatpåverkan i uppförandefasen, in efter kort tid i driftsfasen.¹⁰

Denna rapport beskriver läget

Föreliggande rapport beskriver i tre avsnitt med utgångspunkt i uppdraget

- **Forsknings- och kunskapsläget** angående byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv, såväl i Sverige som i ett antal andra relevanta länder,
- **Områden som behöver ytterligare belysas eller fördjupas**
- **Behov av informationsinsatser och vägledningar** gentemot byggsektorn och den kommunala planeringen.

¹⁰ Utvärdering av lågenergibygnader – en fallstudie, Boverket 2015

Metod

För att få en initierad bild över forsknings- och kunskapsläget har Boverket gett KTH i uppdrag att kartlägga och beskriva detta. I uppdraget ingick även att undersöka och beskriva hur byggbranschen i Sverige och några andra länder hittills tillämpat livscykelberäkningar.

För att få en bild över tillämpningen och användningen av livscykelberäkningar i Sverige har KTH genomfört ett antal intervjuer med representanter för de fyra stora aktörsgrupperna inom byggsektorn; byggherrar/fastighetsägare, byggentreprenörer, byggmaterialtillverkare samt konsulter. Även några kommuners initiativ har studerats och viss sökning har gjorts på liknande inventeringar. De frågeställningar som utgjort utgångspunkt i arbetet har varit:

- Hur använder ni klimatpåverkansbedömningar i livscykelperspektiv/LCA idag?
- I vilken omfattning används det?
- Vilka aktörer ställer krav på er idag/kan komma att göra det snart?
- Hur skulle ni vilja använda LCA? /Vilken roll skulle liknande analyser kunna ha för att driva minskad klimatpåverkan av byggandet?
- Vad saknas för att kunna använda det på det viset och vem kan göra något åt saken?
- Har ni idéer om styrmedel och dess utformning för att lyfta fram klimatpåverkan i byggprocessen?

En enkät har legat till grund för undersökningen om tillämpningen i andra länder. Här har KTH vänts sig till en expertgrupp inom ramen för IEA ECBS Annex 57. Frågeställningen har här varit:

- Finns några myndighetskrav på området?
- Omfattningen av LCA genom frivilliga åtaganden?
- Incitament/aktiviteter som har varit viktiga för att öka implementeringen av LCA för byggnader?
- Tillgång till databaser och pågående initiativ?

Följande länder har svarat på förfrågan;

Australien, Brasilien, **Danmark, Finland, Italien**, Japan, **Nederländerna**, Schweiz, **Spanien, Storbritannien**, Sydkorea, **Republiken Tjeckien, Tyskland** och **Österrike**. (EU-länder i fetstil)

Boverket har vidare gett Linnéuniversitetet i uppdrag att beskriva svårigheterna med att få ett samlat grepp om klimatpåverkan från byggandet för att få en bild av metodfrågornas komplexitet.

Under uppdragets gång har Boverket även deltagit i ett pågående projekt där branschen själva håller på att ta fram en ”Strategisk innovationsagenda för minskad klimatpåverkan från byggprocessen” med ÅF, IQ samhällsbyggnad och Sustainable innovation AB som projektpartners delfinansierat av Vinnova. Redovisning av detta projekt planeras till oktober.

Logistikprogramleverantörer har fått tillfälle att beskriva hur logistikprogram kan användas för datainsamling som stödjer arbetet med informationshantering kring logistik med koppling till klimatpåverkan.

Olika entreprenör, konsulter och materialtillverkare har getts tillfälle att beskriva sina sätt att arbeta med livscykelberäkningar och eventuella problemställningar de stött på. Bland annat har Trafikverket bidragit med en beskrivning över hur de arbetar med anläggningsprojekt ur klimatpåverkanhänseende. Kontaktytor har skapats genom deltagande i externt anordnade seminarier där Boverket har presenterat utredningen och dess syfte.

Samråd med Energimyndigheten och Naturvårdsverket har genomförts

Avgränsningar

Klimatpåverkan är en del av den miljöpåverkan som ett byggprojekt ger upphov till.

Det vanligaste mest spridda och accepterade systemanalytiska verktyget för att beräkna miljöpåverkan är livscykelanalyser, LCA.

LCA, kan göras inom olika områden, exempelvis klimatpåverkan men även för förurning, övergödning, marknära ozon, ozonnedbrytning, toxicitet och resursanvändning.

I förlängningen kan alltså en LCA även innefatta andra parametrar än klimatparametrar varvid en sådan ansats är lämplig då i ett senare skede

även kartläggning/redovisning byggandets påverkan på dessa miljöaspekter kan ske.

Uppdraget begränsar denna undersökning till att behandla klimatpåverkan.

Ansatsen med LCA kan i framtiden leda till förbättrat miljöarbete då även andra miljöparametrar enklare kan lyftas in i systemet och uppföljningen av andra miljö kvalitetsmål än ”Begränsad klimatpåverkan” också kan dra nytta av dessa.

I rapporten diskuteras också hur drivkrafterna kan ökas.

Forsknings- och kunskapsläget

Detta avsnitt innehåller Boverkets analys av forsknings- och kunskapsläget i Sverige och några övriga länder i enlighet med uppdraget.

Forskning

Forskningen om klimatpåverkan från byggandet har kommit långt och kunskaper finns om hur den kunskap som forskningen tagit fram tillämpas. LCA är som nämnts ovan det mest spridda och allmänt accepterade systemanalytiska verktyget för att beräkna miljöpåverkan från byggandet. En djupare beskrivning över LCA finns nedan under i avsnittet om ”Fördjupning om LCA beräkningar”.

Nedan redogörs för hur LCA tillämpas i Sverige och andra länder.

Tillämpning av LCA för byggnader i Sverige

Denna del är i första hand baserad på intervjuer och kontakter¹¹ med representanter för de fyra stora aktörsgруппerna inom byggsektorn;

- byggherrar/fastighetsägare
- byggentreprenörer
- byggmaterialtillverkare
- konsulter

Kontakter med branschrepresentanter och enskilda företag har tagits. Även några kommuners initiativ har studerats och sökning på liknande inventeringar har gjorts. KTH:s egna erfarenheter och kontakter har också utnyttjats i detta arbete.

Byggherrar/fastighetsägare

Tillämpning av livscykelanalys för att minska byggnaders klimatpåverkan är begränsad i Sverige. Det förekommer byggherrar och fastighetsägare som låtit genomföra LCA-studier i tidiga skeden för att förbättra sina kunskaper kring viktiga val i byggprojekt samt för att utreda hur framtida kravställande skulle kunna se ut. Det finns också spridda exempel på byggherrar som ställt krav på LCA-beräkningar i någon form med syftet att testa hur beräkningar kan göras och för att lära sig mer. De byggher-

¹¹ del av KTHs uppdrag från Boverket

rar/fastighetsägare som har aktiverat sig i frågan är främst bostadsrättsorganisationer, större offentligägda fastighetsägare och specialiserade byggherrar.

För kommersiella fastighetsägare börjar miljöcertifiering bli allt mer ett ”måste” och många använder sig av de internationella systemen BREEAM och LEED. Båda dessa system innehåller bedömning av byggprocessens klimat/miljöpåverkan vilket leder till att aktörer i certifieringsarbetet successivt utvecklar kunskap och koncept för att göra de beräkningar som krävs. Än så länge gäller det dem som kommit i kontakt med BREEAM.se i Sverige, men det uppfattas som en tydligt pådrivande kraft för att kompetensutveckla sig inom området. Den nya versionen av LEED kommer på likartat sätt att kunna bli pådrivande för denna utveckling. Det nationella systemet Miljöbyggnad tillämpas nu i allt större utsträckning även bland något mindre fastighetsägare. Det är ett exempel på hur ”bättre än BBR” har spritt sig till en bredare grupp av aktörer och därmed bidragit till brett lärande. Samtidigt kan avsaknaden av hänsyn till miljöpåverkan av produktion av byggmaterial och byggprocess i Miljöbyggnad. Detta kan vara ett skäl till varför LCA-frågan inte kommit längre i Sverige. Huvudmännen för Miljöbyggnad har dock börjat diskutera om livscykelanalys ska införas i systemet.

Entreprenörer, konsulter och arkitekter

De stora entreprenörerna har jobbat med frågan under relativt lång tid och har också erfarenhet av olika LCA-verktyg och vilken sorts data som krävs för beräkningarna. Frågan tycks dock ha kommit upp på dagordningen under senare tid även hos en del medelstora företag där de visat intresse för att lära sig mer i ämnet. Mer utvecklad kunskap finns i princip enbart hos de stora entreprenörsföretagen i dagsläget. På konsultsidan har det märkts av en viss ökning av uppdrag att genomföra LCA-beräkningar i byggprojekt men fortfarande sker det i begränsad utsträckning. Det förekommer viss kompetensuppbyggnad i de större konsultorganisationerna men det finns också exempel på konsultföretag och institut som driver på i metodutvecklingsarbetet. Dock är efterfrågan inte tillräckligt stor för att regelrätta affärsprodukter ska utveckla inom området utan uppdragen innefattar i dagsläget uppdrag inom ramen för miljöcertifiering av byggnader, screening-uppdrag för jämförelser mellan olika val av konstruktionslösningar samt enstaka pilotstudier.

Inom arkitektsidan har intresset för LCA funnits under en något längre period än övriga konsulter, framför allt hos de stora företagen. De söker kunskap och verktyg för att jobba mer aktivt med frågan.

Kommuner

En handfull kommuner har testat och utrett/utreder vägar att styra mot minskad klimatpåverkan från byggprocessen i egna större projekt samt vid markanvisningar. Stockholms Stad var tidigt ute med verktyget Miljöbelastningsprofilen i Hammarby sjöstad 2004 för att samla in data. Att enbart ställa krav på insamling av data utan någon uppföljning eller diskussion om hur förbättringar kan utföras verkar dock hittills inte bidragit nämnvärt till att öka kunskapen om livscykel tänkande hos berörda byggherrar och entreprenörer. Under senare år har några kommuner testat koncept med att kräva redovisning av klimatpåverkan i livscykelperspektiv vid markanvisningar. Stockholms Stad har nyligen antagit en policy att ställa krav på klimatpåverkansberäkningar i egna projekt över 10 Mkr. Första steget är att använda det i designprocessen, men på sikt vill de ta fram upphandlingskrav kopplade till sådana beräkningar. Dessa initiativ är än så länge så få och nya att det knappast bidragit till någon större spridningseffekt. Framöver kan det dock stimulera till en bredare tillämpning av livscykel tänkande i byggandet.

Materialleverantörerna

LCA-frågan är fortfarande relativt ny inom byggmaterialindustrin, fokus har hittills snarare legat på miljöbedömning med avseende på ingående kemiska ämnen i produkter samt byggvarudeklarationer. Detta gör Sverige lite unikt i ett europeiskt perspektiv men kan vara en anledning till att livscykelanalys och klimatpåverkansbedömningar inte drivits aktivare inom industrin.

Byggmaterialindustrierna är en heterogen grupp aktörer och de som framför allt varit aktiva och har längre erfarenhet av klimatpåverkansbedömningar är de stora företagen inom stål-, cement- och isolermaterialindustrierna, där klimatpåverkan vid produktionen är en signifikant miljöaspekt. Inom dessa industrier tar de numera fram miljödeklarationer (EPD¹²) för allt fler produkter. Många av dessa produkter träffas också av styrmedlet ”handeln med utsläppsrätter”(EU-ETS). Trävaruindustrin är intresserad medan exempelvis inom industrigrenarna för kemiska produkter samt installationer är kunskapen än så länge förhållandevis begränsad. I kopparindustrin har några utredningar avseende LCA genomförts men de befinner sig fortfarande i en process av kunskapsuppbyggnad kring exempelvis hur livslängd och återvinningsbarhet ska beaktas i LCA.

¹² Environmental Product Declaration, en standardiserad metod för att beskriva en produkts miljöprestanda ur ett livscykelperspektiv

Över lag upplever byggmaterialindustrierna än så länge högst begränsade krav på att visa på klimatpåverkan från produktionen av sina produkter. På betongsidan är det enbart enstaka entreprenörer och konsulter som efterfrågat data för specifika projekt. Det har här ganska nyligen inletts arbete för att använda beräkningar som underlag för att genomföra produktionsförbättringar med avseende på klimatpåverkan. För några industri-grenar poängterar de att det ställts större krav ifrån norska marknaden som en följd av kravet om EPD-redovisning i BREEAM-NOR.

Olika typer av LCA-verktyg på marknaden

De som fram till idag har arbetat med klimatpåverkansbedömningar ur ett livscykelperspektiv använder olika typer av verktyg. Det förekommer byggnadsanpassade mjukvaror (t ex Anavitor, 360optimi), enklare angreppssätt som Excel verktyg samt generiska LCA-verktyg (som Gabi och SimaPro). BREEAM.se listar några verktyg som tillåtna för certifieringens beräkningar men öppnar också för andra verktyg som bedöms från fall till fall. Detsamma gäller dataanvändning eftersom det inte finns en naturlig, öppet tillgänglig, databas i Sverige som kan användas fritt. Ofta används en mix av datakällor beroende på vad som finns tillgång till: såväl välkända databaser med generiska data, t ex Ecoinvent eller, öppet tillgängliga data från andra länder som BATH-ICE(UK), EPD-data och specifika data då materialleverantörer tillhandahåller det.

Små drivkrafter för ökad tillämpning av LCA

Sammanfattningsvis är drivkrafterna små i dagsläget i Sverige (mindre än i flera andra europeiska länder) att tillämpa livscykelberäkningar för att minska byggandets klimatpåverkan. Med undantag av Sveriges byggindustrier och IVA:s arbete under 2014 saknas pådrivande aktörer i frågan. Exempelvis driver vare sig Fastighetsägarna, eller Byggmaterialindustrierna aktivt frågan. Detta gäller både att ta fram verktyg, data osv. eller informations- och kunskapsspridning och riktlinjer/lathundar för tillämpning.

Avsaknaden på kravställare anges vara den vanligaste orsaken till varför det inte arbetas mer aktivt/tas mer initiativ i frågan. Detta gäller samtliga aktörer. En orsak till att de stora entreprenörerna har arbetat något mer aktivt med frågan är att Trafikverket sedan några år varit pådrivande i att kräva klimatkalkyler inom infrastruktur. Även om kritik förekommer mot att de utvecklat en egen metod så framhåller flera intervjuade att det är positivt att Trafikverket driver på utvecklingen och hanterar praktiska problem successivt istället för att vänta och se.

Möjligheter och hinder för ökad tillämpning

Centralt för entreprenörerna som aktör är att kunna få fördelar genom att de kan leverera produktspecifika lösningar med lägre klimatpåverkan än konkurrenters i samband med upphandling. På motsvarande sätt framhålls vikten av att använda validerade produktspecifika data som kan ge en prestandabaserad konkurrens mellan leverantörer av olika produkter. Samtidigt framhåller majoriteten av de intervjuade med inblick i frågan att det är viktigt att LCA kommer in tidigt i designskedet för att skapa maximalt inflytande. För entreprenörer kan det vara intressant med miljövarudeklarationer (EPD:er) för byggnader när det handlar om ett nytt tekniskt koncept, men i mer individuella projekt krävs enklare former av LCA-beräkningar för att hitta lösningar med låg klimatpåverkan sett i ett livscykelperspektiv.

Byggmateriellindustrierna framhåller att tillämpning av LCA bör ske på byggnadsnivå och inte genom att jämföra olika material rakt av. De framhåller också att beräkningar måste beakta livslängd på ett relevant sätt (exempelvis genom att redovisa resultat per år). Byggmateriellindustrierna lyfter också frågan om att det har blivit för ensidigt fokus på klimatpåverkan och att LCA behöver hantera andra typer av miljöpåverkan. Att krav på användning kommit genom miljöcertifieringsverktygen ser de som positivt. De har ambitionen att genom dessa beakta miljöfrågor i ett helhetsperspektiv. På byggmaterialetsidan anser de att det också måste vara möjligt för mindre aktörer att kunna ta fram EPD-data innan eventuella krav ställs på tillhandahållande av EPD-data.

Aktörer som hållit på med LCA lite längre framhåller vikten av att i Sverige utgå ifrån EU-lagstiftningen och gemensamma EU-standarder vid framtida tillämpningar. Det kan gälla implementering i miljöcertifieringsverktyg, upphandlingskrav och/eller verktygs- och databasutveckling som är tänkta som branschstandarder. Ett exempel är hur det tyska miljöcertifieringssystemet DGNB¹³ har anammat den europeiska CEN-standarderna för miljöbedömning av byggnadsverk EN 15978.

Insamling av data uppfattas fortfarande av en del som tidskrävande och svår. Det vill säga att gå från ritningsdata och kalkyler till LCA-beräkningen då det inte används verktyg som är kopplade till kalkyldata eller BIM¹⁴-modeller. Behov av förenklade metoder för livscykelberäkningar lyfts av alla intervjuade aktörer för att få till stånd en bredare till-

¹³ German Sustainable Building Council (DGNB – Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.)

¹⁴ Building information modeling

lämpning. Några intervjuade tar upp att om de använder LCA för att arbeta med förbättringar (dvs. lägre klimatpåverkan) kan LCA så som det används i BREEAM.se vara tillräckligt, dvs. att enbart ta med de största bygghandlarna i beräkningen. Att ta fram referensvärden som kan ge indikationer om byggnadens klimatpåverkan är hög eller låg omnämns också kunna utgöra stöd i tillämpningen.

Utöver de fåtal aktörer som redan idag arbetar med livscykelberäkningar finns en större grupp aktörer som är intresserade av frågan men där bristen på öppet tillgängliga verktyg och data utgör hinder för att prova sig fram och lära sig mer. Ett annat hinder för denna grupp är också svårigheten att välja verktyg och data. De verktyg som finns att tillgå är olika väl anpassade till olika syften och målgrupper. Bristande kunskap om/tillgång till, data hindrar också en del från att testa LCA (då det t ex upptäcks att produktspecifika data saknas för många komponenter). Det finns hos vissa grupper också en skepsis till EPD-data som upplevs som alltför komplex och svårgenomtränglig information med begränsat användarvärde.

Flera av de intervjuade skulle uppskatta att byggreglerna på något sätt börjar hantera klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv, då det skulle ge en tydligare drivkraft för frågan.

Hos Fastighetsägarna finns emellertid en negativ inställning till myndighetskrav. De anser att entreprenörer och materialtillverkare har större inflytande över att hitta de goda lösningarna och en eventuell reglering i så fall skulle gälla de aktörerna. Över lag ser de gärna ett större pådrivande engagemang och initiativ i frågan från Boverkets sida.

Ökad samverkan och koordinering av insatser framöver för att få fram gemensamma branschstandarder och beräkningar som överensstämmer med europastandarderna ses som viktigt.

Tillämpning av LCA för byggnader i andra länder

I detta avsnitt redovisas en nulägesbild av tillämpning av klimatpåverkansbedömningar ur ett livscykelperspektiv för byggnader i andra länder, i första hand i Europa. Som underlag för sammanställningen har dels en enkel enkät genomförts med expertgruppen inom ramen för IEA ECBS Annex 57¹⁵ som utgörs av experter inom sina respektive länder på LCA i byggandet. Enkäten inbegriper 15 länder, inklusive några länder utanför Europa, och bedöms ge en god bild över status på området idag samt visa

¹⁵ www.annex57.org

på viss diversitet i hur frågan drivs. Därutöver har tidigare dokumenterade sammanställningar och material utnyttjats¹⁶ samt samtal med några experter i olika länder för att få tillgång till något mer aktuell information och initiativ.

Tabell 1. Översikt av enkätsvar om tillämpning av LCA i olika länder

	Innehåller byggreglerna inbyggd klimatpåverkan?	Förekommer en differentiering vad gäller kravställande på privata respektive offentliga byggherrar?	Förekommer nationella certifieringssystem för byggnader?	Tar dessa hänsyn till inbyggd ¹⁷ klimatpåverkan?	Förekommer en nationell databas med LCI ¹⁸ -data?	Förekommer LCA-verktyg speciellt utvecklade för ert land	Är det vanligt med EPD:er på byggprodukter i ert land	Pågår initiativ att utveckla nationella databaser?
Australien								
Brasilien								
Danmark								
Finland								
Italien								
Japan								
Nederländerna								
Schweiz								
Spanien								
Storbritannien								
Sverige								
Sydkorea								
Tjeckien								
Tyskland								
Österrike								



JA



DELVIS

¹⁶ T ex. SBI-rapport 2013:09. Kortläggning af bæredygtigt byggeri

¹⁷ Klimatpåverkan från och med utvinning av material till och med tillverkning av byggnad, dvs byggprocessen uppströms jämför figur 1

¹⁸ LCI är den data som behövs för att kunna göra en LCA

Bilden är relativt spretig avseende hur långt tillämpningen av livscykelberäkningar för minskad klimatpåverkan i byggnader kommit internationellt. Framför allt förekommer det inom spjutspetsprojekt, pilotprojekt hos större aktörer samt i vissa länder inom ramen för offentlig upphandling. I de länder där de vanligaste miljöcertifieringssystemen innehåller LCA-beräkningar är tillämpningen något mer omfattande. Det är tydligt att centrala aktörer i många länder idag befinner sig i ett läge där idéer testas, informationen om LCA ökar men tillämpningen fortfarande är relativt låg.

Tabell 2. Översikt över de viktigaste pådrivande aktörerna i respektive länder för ökad tillämpning av livscykeltänkande i byggandet

	Branschorganisationer	Certifieringssystem	Forskningsinstitut	Byggmaterialindustrin	Myndigheter/ offentliga aktörer	Entreprenörer/ bygggherrar/konsulter
Australien						
Brasilien						
Danmark						
Finland						
Italien						
Japan						
Nederländerna						
Schweiz						
Spanien						
Storbritannien						
Sverige						
Sydkorea						
Tjeckien						
Tyskland						
Österrike						

Bilden är relativt diversifierad och det framgår att det i många länder är en blandning av aktörer som driver utvecklingen. I några länder har myndigheter varit betydligt mer pådrivande och i andra har näringslivet en

mer aktiv roll. Under rubrikerna som följer kommenteras dessa två översikter över enkätsvar med mer av exempel från de olika länderna

Frivilliga miljöcertifieringssystem/Certifieringssystem

Generellt går det att säga att frivilliga miljöcertifieringssystem har haft en viktig roll i att driva utvecklingen vad gäller klimatpåverkansberäkningar ur ett livscykelperspektiv i många länder. Certifieringssystemen ser emellertid olika ut och inbegriper mer eller mindre av LCA-beräkningar. I vissa länder används certifieringssystem som inte inbegriper indikatorer som styr mot låg klimatpåverkan i byggprocessen (t ex Sverige). Antalet certifierade byggnader i världen är fortfarande lågt även om miljöcertifiering är ett omtalat och välkänt ämne. Det innebär att de så här långt kan ha haft betydelse för att frågan väcks hos olika aktörer, men de har än så länge inte bidragit till en bred tillämpning av livscykelberäkningar. Utvecklingen går för närvarande mot ökade inslag av LCA-beräkningar inom miljöcertifiering, sedan införandet av DGNB i Tyskland (som används även i Danmark och Österrike) samt den nya versionen av LEED. I Schweiz infördes en ny certifiering 2013 som inbegriper livscykelberäkningar. Här har visserligen Minergie-ECO funnits i många år men omfattar enbart beräkning av ”graue energie” (inbyggd energi).

De frivilliga certifieringssystemen har även haft betydelse för att driva på utvecklingen av databaser och produktspecifik livscykelinformation (EPD) för byggprodukter och byggprocesser. Ett exempel är det norska BREEAM-NOR som varit betydelsefullt för att få fram EPD:er för byggprodukter samt DGNB i Tyskland, vars introduktion nyligen följts av en öppet tillgänglig databas med mycket livscykeldata.

Kravställare i form av offentliga aktörer

I en del länder har offentliga byggherrar fått spela en mer aktiv roll för att driva utvecklingen framåt. Det närmaste exemplet är Norge, där det statligt ägda Statsbygg har varit ledande i utvecklingen av ett fritt tillgängligt LCA-verktyg för klimatberäkningar, (Klimagassregnskap.no). Statsbygg genomför också dylika beräkningar i alla sina nybyggnadsprojekt. Även i Tyskland har, BNB¹⁹, ett system till certifieringssystemet DGNB fått en snabb utväxling som en följd av att offentliga byggherrar genomför certifieringar. Då certifiering enligt systemet kräver utförande av en LCA som är kompatibel med EN 15978, har detta bidragit till ökad tillämpning också av livscykelberäkningar. Sydkorea är ett annat exempel där en del offentliga byggherrar ställer krav på LCA.

¹⁹ <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de>

I Finland har flera kommuner börjat ställa krav på klimatpåverkansbedömning i livscykelperspektiv vid markanvisningar och bygglov (primärt i tillväxtkommuner). I några fall har de låtit LCA-resultatet stå för en förhållandevis stor andel av utvärderingskriterierna i markanvisningstävlingar vilket lett till betydande reducering i anbudet vad gäller klimatpåverkan jämfört med ursprungsutformningen.

I Österrike finns sedan många år ett system (wohnbauförderung) som syftar till främjande av bostadsbyggande och som inbegriper olika ekonomiska styrmedel i form av fördelaktiga lån, räntesubventioner eller engångsbidrag. Kraven för att få tillgång till de ekonomiska styrmedlen ser olika ut i de olika delstaterna. I flera delstater är emellertid en förenklad LCA en (av flera) komponenter som krävs. Då det funnits under relativt lång tid har de säkerligen bidragit till att sprida viss kunskap om livscykeltänkande inom sektorn men det är oklart om systemet verkligen resulterat i konkreta förbättringar av byggnader.

Informations- och kunskapsspridning

I Danmark har Energistyrelsen under senare år drivit ett antal olika projekt med fokus att identifiera behov av samt sprida kunskap om LCA i byggandet. En populärvetenskaplig skrift har nyligen publicerats för att sprida kunskapen om LCA för byggnader till branschens aktörer. Ett öppet tillgängligt LCA-verktyg som kan laddas ner på Energistyrelsens hemsida²⁰ har även tagits fram. Även i Spanien är en statlig myndighet drivande i frågan. Tyskland är det mest utpräglade exemplet där det nationella miljöministeriet under många år varit starkt pådrivande i framtagande av den nationella LCA-databasen, utvecklingen av ett tillhörande öppet LCA-verktyg (eLCA) och inte minst certifieringssystemen DGNB/BNB som innehåller livscykelanalys som en del.

I Schweiz finns SIA Efficiency path (vägen mot 2000-watt-samhället). Den haft en viktig roll för att understödja en långsiktig satsning mot att minska byggnaders energianvändning och klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv. Detta leder till långsiktiga planer och successivt utvecklande av stödjande strukturer och verktyg för att nå dit, såsom beräkningsmetoder, öppna data och framtagandet av referensvärden.

I Norge inleddes i början av år 2014 ett arbete med att ta fram en nationell branschstandard för ”carbon footprint” för byggnader som skall vara helt kompatibel med EN 15978. RealDania Foundation i Danmark har

²⁰ <http://www.ens.dk/byggeri/baeredygtighed>

också drivit intressanta projekt i syfte att öka kunskapen, genom praktiska demonstrationsprojekt, om design för låg inbyggd klimatpåverkan²¹.

I Österrike har IBO (the Austrian Institute for Healthy and Ecological Building) en oberoende, forskningsbaserad, icke-vinstdrivande organisation, under många år arbetat med utveckling av olika hjälpmedel för understödjande av livscykelberäkningar och livscykeltänkande. Framför allt LCA-mjukvaran EcoSoft och Baubook (tidigare Bauteilkatalog). I Schweiz är the Swiss Association of Engineers and Architects en viktig pådrivande aktör för LCA i byggandet. I Storbritannien har antalet konsultföretag som tillhandahåller klimatpåverkansberäkningar i livscykelperspektiv ökat mycket under de senaste fem åren, framför allt utifrån efterfrågan från större kunder. I Finland har ett privat företag som utvecklat en LCA-mjukvara tagit en pådrivande roll.

Ett exempel på hur livscykeltänkande sprids och anammats av andra aktörer är the Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS)²² som 2012 gav ut ett så kallat ”information paper” som förordade och beskrev hur klimatpåverkansberäkningar i livscykelperspektiv för byggnader kan göras²³.

Klimatpåverkan i livscykelperspektiv i byggregler

Regler för byggnader skrivs på nationelle nivå, men den europeiska byggproduktförordningen anger att byggprodukters väsentliga egenskaper ska redovisas när de säljs. Hur egenskaperna ska bedömas bestäms i harmoniserade produktstandarder. Finns det i något medlemsland behov av att få en viss egenskap, så ska den kunna tas med i standarden. I samband med att byggproduktförordningen ersatte det tidigare byggproduktdirektivet har det blivit möjligt att få med egenskaper för miljöpåverkan och resursanvändning. För att detta ska ske, så måste något medlemsland dels ha regler som innebär att den som väljer byggprodukter måste känna till egenskapen, och dels påtala behovet av just denna egenskapsredovisning för EU-kommissionen.

Nederländerna är det land som i dagsläget bedöms ha gått längst i regleringar på LCA-området. Från och med 1 juli 2013 ställs krav på LCA kopplat till produktion av byggmaterialen för att få bygglov för nya bostads- och kontorshus över 100 m² bruksarea. Ett antal olika verktyg kan

²¹ Rasmussen, F; Birgisdóttir, H. (2013) Livscyklusvurdering af MiniCO₂-husene i Nyborg, Danish Building Research Institute, Aalborg University, Copenhagen

²² Internationellt nätverk

²³ RICS Professional Information, UK. Methodology to calculate embodied carbon of materials. RICS Information Paper IP 32/2012.

användas för denna beräkning och inga krav ställs på prestandanivåer. Nederländerna har en egen miljödatabas för byggprodukter som kan användas för tillämpning av de nya reglerna, liksom ett fritt tillgängligt verktyg för detta avseende. Databasen har nyligen setts över på uppdrag av det nederländska miljöministeriet och bestod tidigare av en räckvidd databaser som förestods av olika aktörer²⁴.

I ett antal andra länder pågår för närvarande initiativ med att utreda möjligheter och idéer för att inlemma krav på klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv i byggregler. I Storbritannien fördes en diskussion redan i början av 2000-talet då en definition för ”zero carbon for the next decade” utvecklades. Definitionen är kopplad till såväl byggreglerna samt det lagstadgade certifieringssystemet ”Code for Sustainable Homes”. I slutändan kom definitionen enbart att täcka driftenergin trots att det fanns en stor efterfrågan på ett bredare livscykelperspektiv inom byggindustrin. Sedan några år driver istället the ”Embodied Carbon Industry Task Force” (som är en samverkan mellan näringsliv och akademin) frågan vidare. Ett betydelsefullt bidrag är ett så kallat white paper²⁵ (juni 2014) i vilket det bland annat förespråkas integrering av inbyggd energi/klimatpåverkan i byggreglerna. The Task Force arbetar också med utvecklingen av en metodik för att inkludera inbyggd klimatpåverkan i definitionen av Zero Carbon Building med ambitionen att den definitionen skall ingå i byggreglerna i form av att bostadshus och kommersiella lokaler skall följa definitionen före 2016 respektive 2019. Inom the Task Force framhålls att det är en barriär för innovation inom området om byggregler inte inbegriper inbyggd klimatpåverkan. Tanken är att det med låg inbyggd klimatpåverkan skulle kunna tillåtas något högre driftutsläpp – inom ramen för definitionen av Zero carbon.

Initiativ pågår också att utreda möjliga sätt att hantera frågan i byggreglerna i exempelvis Danmark, Finland och Österrike men än så länge finns inte några långtgående planer på att införa krav i byggregler. I Österrike avvaktar de för närvarande en eventuell officiell hållning från EU angående hur resurshushållning och miljöpåverkan ska hanteras inom ramen för byggproduktförordningen, se vidare beskrivning senare i rapporten. I Danmark pågår diskussioner samt utvecklingsarbete kring att införa en frivillig ”hållbarhetsklass” i byggreglerna som sannolikt skulle bygga på

²⁴ <https://www.milieudatabase.nl/>

²⁵ Embodied Carbon Industry Task Force Recommendations Proposals for Standardised Measurement Method and Recommendations for Zero Carbon Building Regulations and Allowable Solutions. June 2014.

någon form av LCA-beräkningar²⁶. I Finland pågår en utredning inom miljödepartementet kring hur beräkning av klimatpåverkan av byggmaterial ska gå till inom ramen för någon form av reglering. Men det är fortfarande oklart i nuläget om de kommer att införa någon form av krav.

Tillgång till LCA-verktyg

I 12 av de 15 länderna (Annex 57 medlemmarna) som svarat på enkäten anges att LCA-verktyg finns (ofta flera) för att göra klimatpåverkansberäkningar av byggnader. Tillgängligheten varierar emellertid i olika länder. I några länder finns öppna gratisprogram, t ex. i Norge, Danmark och Nederländerna²⁷. I Tjeckien finns ett verktyg kopplat till den nationella databasen vilket utvecklas av universitetet i Prag, i Tyskland pågår utveckling av ett fritt verktyg som kopplas mot den nationella databasen Ökobau.dat. I Finland har det relativt nya verktyget 360optimi²⁸ snabbt vunnit mark och marknadsförs i ca 10 länder i framför allt norra Europa. Verktöget kan också generera byggnadsdata via integrering med BIM. I Australien finns LCA Design som är ett BIM-baserat verktyg samt eTool – ett öppet webbaserat verktyg för byggnader. Det norska verktyget Klimagassregnskap.no är den senaste versionen också kopplad till BIM. I Storbritannien finns en rad olika verktyg, bland annat flera som drivs av enskilda konsulter men deras nationella miljömyndighet har också tagit fram ett öppet verktyg för beräkningar av klimatpåverkan i livscykelperspektiv. Även om det idag finns en ökande mängd LCA-verktyg för byggnader att tillgå, varav en del också är gratis, kan det fortfarande för många intresserade aktörer vara svårt att hitta det verktyg som är mest lämpligt för en viss tillämpning. Långt ifrån alla verktyg är dessutom transparenta och möjliggör att följa resultat och beräkningar. En del öppna verktyg är fortfarande svårarbetade då en själv behöver lägga in materialmängder. Men vi befinner vi oss mitt i ett starkt utvecklingsskede och verktygen anpassas successivt till de viktigaste tillämpningsområdena, samt kopplas till BIM för att minska tid för datainsamling.

Tillgång till databaser

Tillgång till tillförlitliga data är avgörande för att kunna genomföra livscykelanalyser i praktiken. Avgörande är emellertid inte alltid att ha de mest uppdaterade och specifika data, utan att de är tillräckligt bra för att kunna användas för LCA-beräkningens syfte. För tillämpningar i tidiga

²⁶ Vejen till ett styrket byggeri i Danmark – regeringens byggepolitiske strategi. Regeringen, nov 2014.

²⁷ <http://www.klimagassregnskap.no/> , <http://www.ens.dk/byggeri/baeredygtighed> , <http://www.aantoonbaarduurzaam bouwen.nl/lca-3/>

²⁸ www.360optimi.com

skeden innan det är bestämt vilka produkter som ska bygga in kan generiska data användas. I senare skeden föredras produktspecifika data, dvs. EPD-data. Beroende på tillämpning är olika kriterier mer eller mindre viktiga. För att enklast kunna genomföra livscykelanalyser behövs tillgång till någon databas med LCI-data för de material, komponenter och processer som hanteras i byggprocessen.

I enkäten som skickats ut till de Annex 57-medlemmarna framgår att i 10 av 15 länder finns någon form av nationella LCI-databaser som i många fall är specifika databaser för klimatpåverkansdata för byggnadsmaterial och processer inom byggandet. Under de senaste 3-4 åren har också fler databaser öppnats upp som möjliggör för fler att testa LCA-beräkningar. Sådana exempel är BATH-ICE²⁹ i Storbritannien som utvecklats av University of Bath med ganska få men öppet tillgängliga data samt KBOB-listan³⁰ i Schweiz som bygger på Ecoinvent-data³¹. Tyskland har Ökobau.dat³² som expanderat mycket senaste åren och nu erbjuder öppet tillgängligt data på tyska och licens för data på engelska.

Några exempel på hur det ser ut i andra länder är Tjeckiens databas Envimat med byggnadsmaterialdata och även i Japan finns två olika databaser med byggsektorspecifika data (BRI-BEAT som tillhandahålls av ett byggforskningsinstitut och AIJ-LCA³³ från japanska arkitekturinstitutet). I Australien utnyttjas istället större generella databaser (National LCI database och the Australasian LCI database for commercial purposes). En liknande situation råder i Schweiz och Österrike där databasen Ecoinvent används flitigt. I Storbritannien rekommenderar The Task Force regeringen att utveckla en nationell databas för byggnadsmaterial baserad på BATH Ice. Generellt finns i denna typ av databaser framför allt generiska (och alltså inte produktspecifika) data än så länge. Flera LCA-verktyg är kopplade till någon databas och i regel innehåller dessa numera såväl generiska data som data från EPD:er. Det gäller till exempel det finska verktyget 360optimi. Även den tyska databasen Ökobau.dat innehåller såväl generiska som specifika EPD-data där de senare läggs till successivt varefter de tas fram (vilket är den generella utvecklingen av dessa databaser för närvarande). Den är då väl anpassad till certifieringssystemet DGNB som ställer krav på användning av EPD-data om det finns till-

²⁹ <http://www.circularecology.com/embodied-energy-and-carbon-footprint-database.html#.VX1zkE0w-M8>

³⁰ <http://treeze.ch/en/projects/case-studies/building-and-construction/kbob/>

³¹ <http://www.ecoinvent.org/database/database.html>

³² <http://www.oekobaudat.de/en/>

³³ <http://news-sv.aij.or.jp/tkankyo/s5/>

gängligt, annars kan generiska data användas. Men för att kunna genomföra en beräkning av klimatpåverkan av ett byggprojekt finns än så länge långt ifrån tillräckligt med EPD-data för att det enbart skall kunna användas denna typ av data.

När det gäller EPD-data har de flesta länderna i enkätstudien någon sorts databas som samlar existerande EPD-dokument men fortfarande är antalet EPD:er för byggnadsmaterial och byggrelaterade processer få. I Schweiz hävdas det att den öppet tillgängliga KBOB-listan (med generisk data – ej produktspecifika) i viss mån bidragit till att försena utvecklingen av EPD:er i Schweiz då inhemska kravställare därmed varit få. I Frankrike finns i dagsläget den största databasen med EPD:er på byggnadsprodukter och det franska certifieringssystemet HQE³⁴ är också länkat till den databasen. 2014 hade Frankrike mer än 1500 EPD:er för byggprodukter, Tyskland omkring 500 och Norge drygt 180 st. Åtminstone två databaser samlar EPD:er från flera länder, ”det internationella EPD-systemet” som startades i Sverige och hanteras idag av IVL (med EPD:er från Sverige, Italien, Tjeckien, Tyskland, Belgien, Japan, Portugal, Litauen, Lettland mfl) och ECO-platform Europe³⁵ i vilket 17 Europeiska länder medverkar än så länge (t ex (Norge, Österrike, Tyskland, Danmark, Slovenien och Nederländerna). Arbetet i ECO-platform syftar till att få en samsyn mellan länderna och de har tagit fram bland annat sk. ömsesidigt erkännande, Mutual Recognition mellan olika leverantörer av EPD:er med stort ytterligare intresse från andra delar av världen, exempelvis USA.

Pådrivande aktörer i utvecklingen av EPD:er för byggprodukter varierar något i olika länder. I Frankrike är det de franska byggmaterialindustrierna som har drivit utvecklingen genom organisationen INIES. I Österrike driver de två certifieringssystemen ÖGNI och ÖGBP utvecklingen av EPD-data (bau-EPD). I Tyskland är det Institutet för byggande och miljö (IBU) som driver det hela på initiativ av tillverkarna men i samverkan med myndigheter och forskare. I Norge finns EPD-Norge sedan 2002 där de norska byggindustriernas branschorganisation haft en framträdande roll. En viktig pådrivande kraft för att få fram EPD-data för byggprodukter har varit det frivilliga miljöcertifieringssystemet BREEAM-NOR som sätts hösten 2011. I systemet krediteras att det samlas EPD:er för stora materialgrupper genom att ge poäng för om det förekommer EPD:er för minst 10 varor tillhörande de stora materialgrupperna. I den nya versionen av LEED införs ett liknande angreppssätt vilket kan innebära en yt-

³⁴ <http://www.base-inies.fr/Inies/Consultation.aspx>

³⁵ <http://www.eco-platform.org/list-of-all-eco-epds.html>

terligare drivkraft för utvecklingen av EPD:er för byggprodukter i de länder där LEED tillämpas.

Även om allt mer harmonisering av data har skett i Europa och tillgängligheten ökat förekommer fortfarande skillnader mellan data vilket bidrar till skepsis till att genomföra livscykelberäkningar. I Europa har utvecklingen emellertid gått snabbt de senaste åren och tillgång till tillräckligt bra data kan knappast ses som ett stort hinder längre.

I övriga världen sker utveckling av motsvarande internationella standarder för byggsektorn inom den tekniska kommittén ISO/TC 59, standarden ISO 21930 (Environmental Declaration of building products) och den tekniska kommittén ISO/TC 207 som utvecklar miljöledningssystem för byggindustrin. Kännedomen i den svenska byggbranschen om detta arbete är bristfälligt.

De befintliga databaserna är ofta förknippade med kostnader för att få använda dem, vilket stänger ute mindre aktörer. Inom EU och FN har det därför beslutats bilda ett ”Global network on interoperable databases”, detta för att underlätta och förbättra tillgången på kvalitetssäkrade LCA-data som kan användas av byggbranschen runt om i världen.

Sverige ligger långt framme internationellt vad gäller databaser inom byggsektorn med flera aktörer, ofta institut som exempelvis Swedish Life Cycle Center³⁶ vid Chalmers, IVL Svenska miljöinstitutet, och Sveriges tekniska forskningsinstitut, SP. Nyligen har Sverige lyckats få med representanter i ledningsarbetet för det globala arbetet.

Exempel på andra hjälpmedel

Livslängdsdata och relevanta underhållsintervall för olika byggprodukter är också nödvändigt för LCA-beräkningar. Denna typ av data finns i regel framtagna på nationell nivå³⁷. Ett nyligen avslutat SBUF-projekt i Sverige har syftat till att ta fram en lista över sådana livslängdsdata för användning i Sverige³⁸.

För att bättre förstå om klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv för en byggnad är stor eller liten kan referensvärden vara värdefulla. Nya LEED ställer krav på jämförelse mot en referensbyggnad vilket innebär att upprättande av sådana referensbyggnader krävs vid tillämpning nya LEED

³⁶ Nationellt kompetenscentrum om LCA

³⁷ T ex. i Danmark: SBI-rapport 2013:30. Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi.

³⁸ SBUF-projekt 12812: Livslängdsdata och återvinningsscenario för LCA-beräkningar

(ex i Sverige). I Tyskland och Schweiz har referens- och målvärden för klimatpåverkan i livscykelperspektiv från byggnader tagits fram. I Schweiz har det skett på uppdrag av bland annat nationella energi- och miljömyndigheterna samt Zürich stad och ingått som ett led i ”SIA-efficiency path” i Schweiz³⁹.

I Storbritannien har UKGBC⁴⁰ och the Waste and Resources Action Programme (WRAP⁴¹) utvecklat en databas⁴² där användarna kan registrera klimatpåverkansberäkningar för olika byggprojekt och jämföra sig med andra samt samlat goda exempel på besparingar i inbyggd klimatpåverkan från verkliga projekt.

Slutligen har det framför allt i Mellaneuropa också satsats på databaser av typen byggdelskataloger. Det vill säga öppna data för många olika typer av konstruktionslösningar för olika byggdelar med tillhörande produktionsdata för energianvändning och klimatpåverkan⁴³. Den typen av data riktar sig framför allt till arkitekter och kan innebära ett snabbt sätt att jämföra olika lösningar i tidiga skeden.

Undersökningens slutsatser om tillämpningen

Tillämpning av livscykelberäkningar för att minska klimatpåverkan i byggandet ligger fortfarande på en relativt låg nivå, såväl internationellt som nationellt. I vissa länder i Europa har frågan börjat bli mer etablerad vilket innebär att det finns en något bredare kunskapsgrund bland byggsektorns aktörer än vad som är fallet i dagsläget i Sverige. Under de senaste två- tre åren har frågans aktualitet ökat snabbt också i Sverige och en ökande grupp aktörer inom sektorn befinner sig nu i ett läge där mer kunskap införskaffas sig men samtidigt avvaktar hur frågan utvecklas. Branschen tycks därmed i mångt och mycket vara mogen för att ledarna skall börja ställa krav på och tillämpa livscykelberäkningar för minskad klimatpåverkan i byggandet i högre utsträckning– och successivt kunna dra med sig andra.

Kostnadsaspekter på livscykelanalys, LCA

För att kunna göra en fullödig LCA krävs att mängden av de ingående materialen, dess transporter och behandling från jungfrulig råvara till fär-

³⁹ SIA, Merkblatt 2040: SIA-Effizienzpfad Energie. 2011, Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein (SIA): Zürich

⁴⁰ UK Green building council

⁴¹ ett företag som verkar för innovativa sätt att implementera policys för resurseffektivitet genom samverkan med myndigheter, näringsliv och andra samhällsaktörer

⁴² <http://ecdb.wrap.org.uk/> 2015-06-11: 233 projekt i databasen.

⁴³ se ex <http://www.baubook.at/>

dig byggnad dokumenteras likt en loggbok och att scenarier tas fram hur den tänkta driften och avvecklingen av byggnaden ska ske.

En del av denna dokumentation görs oavsett i samband med projekteringen och byggandet och borde därför inte rendera någon större extrakostnad. Det kan till och med vara av godo att en genomgång av logistiken i samband med byggprocessen görs varvid hela processen optimeras. Detta medför att de ingående materialen och transportererna dokumenteras på köpet.

Under ett bygge dokumenteras de åtgärder som vidtas i olika grad beroende på vilken funktion som ska uppnås varvid olika material och dess transporter kan finnas i systemet t.ex. från kalkyl- eller logistikberäkningar.

De materialdatabaser som finns är ofta förknippade med kostnader som kan fördyra för små och mindre företag.

Sammanställning och analys av den insamlade informationen kommer i inledningsskede att kräva insatser från sakkunniga om LCA och finns inte sådana inom organisationen får de anlita en konsult till en kostnad. Informationsinsatser och vägledningar behövs därför.

Med den informationsasymmetri som förekommer i branschen så behöver informations- och vägledningsmaterial till de i byggprocessen ingående aktörerna tas fram och presenteras på ett enhetligt sätt så att branschen får en gemensam bild över hur de ska agera för att handla på ”rätt” enhetligt sätt.

Till hjälp för att systematisera informationen finns standarder som beskriver hur material, byggnader och drift av byggnader kan beskrivas ur klimathänseende.

Standardisering

Europastandardiseringen arbetar med att ta fram harmoniserade standarder inom området hållbarhet hos byggnadsverk. I dagsläget har bland andra SS-EN 15978 för byggnaders miljöprestanda och SS-EN 15804 miljövarudeklarationer av byggprodukter tagits fram. Detta har lett till att viktiga metodfrågor standardiserats och har skapat lärande och ökad kunskap bland de svenska aktörerna. Samtidigt blir det extra viktigt påskynda arbetet med nationella, produktspecifika och öppet tillgängliga kvalitetssäkrade data. Innan EPD-data blivit mer allmänt tillgängliga så behövs databaser med transparenta och tillgängliga data som tar hand om de processer där produktspecifika data saknas än så länge.

Arbetet med att ta fram harmoniserade standarder inom området hållbarhet hos byggnadsverk har inte samma utgångspunkt som arbetet med att ta fram harmoniserade byggproduktstandarder. I det senare fallet är det byggproduktförordningen som styr, och det är inte helt självklart att EPD-data kan användas i de egenskapsredovisningar⁴⁴ som ska åtfölja byggprodukter när de säljs. Diskussioner pågår på europainivå så att inte samma hjul måste uppfinnas på nytt och kommer att än mer aktualiseras om, eller när, något medlemsland påtalar för EU-kommissionen att de behöver redovisning av även dessa produktenskaper för att kunna avgöra om byggprodukterna är lämpliga att användas när de nationella byggreglerna ska uppfyllas.

Miljöindikatorer för bygg- och fastighetssektorn

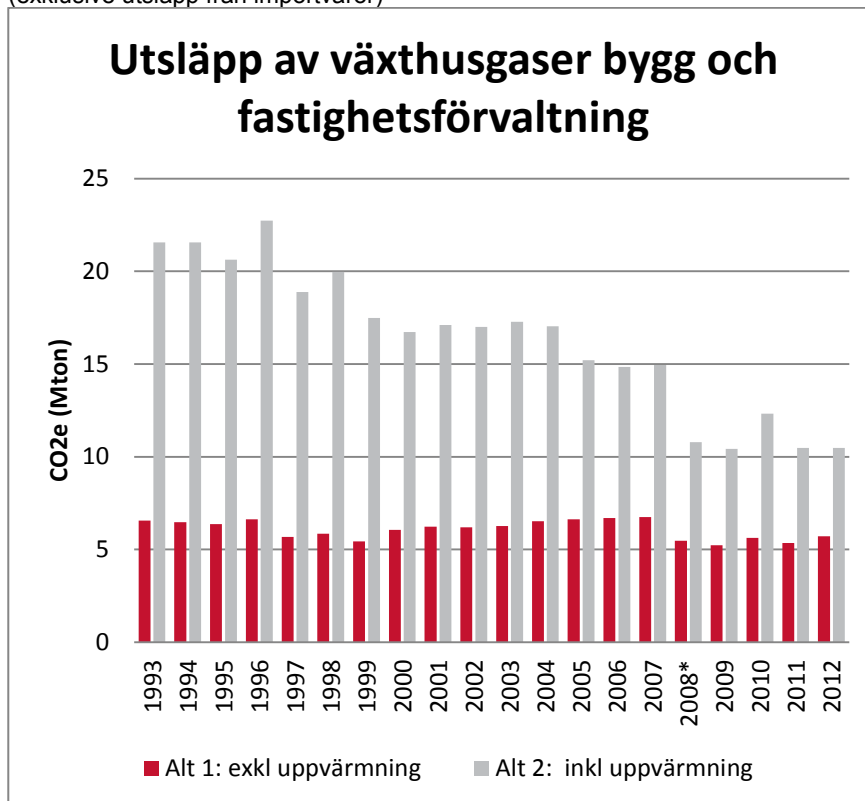
Boverket följer utvecklingen av miljöpåverkan från bygg- och fastighetssektorn genom att redovisa miljöindikatorer på webbplatsen **boverket.se**. Miljöindikatorer visar bygg- och fastighetsbranschens totala utsläpp av bl.a. växthusgaser år för år på nationell nivå. Även total användning av fossila och förnyelsebara energikällor samt kemikalier redovisas. För avfall är statistiken bristfällig och redovisningen skiljer sig därför för denna indikator. Miljöindikatorer har valts utifrån miljö kvalitetsmål som är relevanta och som täcker in branschens mest betydande miljöpåverkan. De ska även vara kommunicerbara och bygga på tillgänglig data. Indikatorerna som används för att följa upp miljömålen är följande:

- utsläpp till luft - växthusgaser, kväveoxider, partiklar,
- energianvändning - fossilt bränsle, förnyelsebart bränsle
- användning av hälso- och miljöfarliga kemiska produkter,
- uppkommet avfall

Indikatorerna utgår ifrån ett livscykelperspektiv. Med det menas att miljöpåverkan från alla aktiviteter som sker under året i bygg- och fastighetsbranschen ingår. Det gäller aktiviteter under byggprocessen (inklusive byggmaterialtillverkning och transporter), i den färdiga byggnaden och vid rivningskedet. Utsläpp från importerade byggprodukter redovisas särskilt. Export av byggprodukter och hushållsenergi ingår inte.

⁴⁴ I form av prestandadeklaration och CE-märkning

Diagram 2 Utsläpp av växthusgaser Mton koldioxidekvivalenter inhemska utsläpp (exklusive utsläpp från importvaror)



Brott i tidsserien från 2008 på grund av ändrad metod hos SCB. De totala utsläppen har en lägre nivå i den senare tidsserien pga av metodförändringen.

Indikatorn om växthusgaser visar att de totala utsläppen av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn inklusive uppvärmning har minskat från 1993-2007. Om energin som går till uppvärmningen av byggnaderna räknas bort dvs. exklusive uppvärmning så visar indikatorn att de totala utsläppen av växthusgaser från bygg- och fastighetsbranschen istället ökat något under samma tidsperiod.

Branschen står för ca 14 % av Sveriges totala utsläpp av klimatgaser (2012). Importvaror bidrar till stora utsläpp, Boverkets senaste statistik för utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetsbranschen visar utsläpp för år 2012, se tabell 3 nedan. De totala utsläppen exklusive uppvärmning ökar från 5,7 Mton koldioxidekvivalenter till 18,7 Mton om importvaror inkluderas. Det innebär att de ökar cirka tre gånger. De totala utsläppen inklusive uppvärmning ökar från 10,4 Mton till 23,5 Mton om importvaror inkluderas. Det innebär att utsläppen mer än fördubblas.

Tabell 3 Utsläpp av växthusgaser i koldioxidekvivalenter miljoner ton (Mton) från bygg- och fastighetsbranschen samt från anläggning av vägar och järnvägar under året 2012.

Bransch	Inhemska utsläpp exklusive uppvärm	Inhemska utsläpp inklusive uppvärm	Inhemska och import exklusive uppvärm	Inhemska och import inklusive uppvärm
Bygg	3,2	3,1	10,6	10,6
Fastighet	2,5	7,3	8,1	12,9
Totalt	5,7	10,4	18,7	23,5
Vägar o järn- vägar	1,6	1,5	2,7	2,7
Totalt	7,3	11,9	21,4	26,2

Uppdatering av miljöindikatorerna kommer inom kort på Boverkets webbplats. www.boverket.se

Nordisk samverkan

Forskningsinstituterna i Norden har inlett ett samverkansprojekt om LCA kallat LCA-Nornet som just startat upp och Boverket följer. Diskussioner förs också på de Nordiska byggmyndigheternas möten.

Slutsatser

Forskningsläget i Sverige och i andra länder om byggnaders klimatpåverkan har pågått sedan länge. Forskarvärldens och byggbranschens arbete har lett fram till standardisering av metoder och tillvägagångssätt. Det finns färdiga standarder framtagna men valmöjligheterna i dessa är många. Tillgången till fri indata är dock begränsad. Behov fortsatt forskning kvarstår.

Inom ramen för den europeiska byggproduktförordningen¹, CPR, tas harmoniserade standarder för byggprodukters egenskaper fram. Syftet är att förenkla för frihandel och ta bort handelshindren. Dessa standarder ska i framtiden kunna kompletteras med metoder för bedömning av egenskaper för miljö- och resurshushållning. Det är dock av stor vikt inom byggområdet att tillämpning av forskningsresultaten ligger i linje med byggproduktförordningens intentioner. Annars kan resultatet bli svårtillämpat och orsaka handelshinder.

Dessutom pågår ett samarbete inom internationella standardiseringen där svenska representanter deltar under ledning av Standardiseringen i Sverige (SIS). Inom internationella standardiseringen finns LCA standarder på övergripande nivå som inte utgått från byggnaden när de tagits fram, utan är mer i linje med ISO 14000 serien om miljö i största allmänhet.

Kunskapsläget inom byggbranschen varierar. Några aktörer har bra kunskap och har arbetet med livscykelanalyser under en tid. Andra har inte kommit lika långt och behöver mer kunskap, information och vägledning. I Sverige är det främst Trafikverket bland de centrala myndigheterna och några av kommunerna som är ledande i efterfrågan på LCA vid upphandlingsskedet.

Att få aktörer har tillgång till metoder och data, kan skapa misstro mot resultaten. Behovet av pedagogiskt kunskaps- och informationsspridning till en bredare grupp av aktörer blir viktigt för att öka acceptansen för LCA.

På internationell nivå har några länder (Nederländerna och Schweiz) infört krav på redovisning.

Många länder tar fram nationella databaser om underlag för klimatarbetet. Via det internationella arbetet inom en gemensam EU/FN satsning pågår försök att samordna dessa.

Även andra miljö- och hälsoaspekter än klimatpåverkan behöver beaktas. LCA omfattar andra miljöpåverkanskategorier än klimatpåverkan, exempelvis försurning och övergödning. En LCA-redovisning bidrar till att andra miljöaspekter kan redovisas. Som bonuseffekt skulle LCA kunna bidra till ytterligare statistik med tillförlitliga data för att följa upp andra miljö kvalitetsmål.

Områden som ytterligare behöver belysas eller fördjupas

I detta avsnitt redovisas Boverkets analys över vad som ytterligare behöver belysas för att arbetet ska accelerera.

Boverket har konstaterat att kunskap, modeller, verktyg och data finns, men att drivkraften för det fortsatta arbetet är dålig. De många valmöjligheterna bidrar till osäkerhet och informationen är ojämnt fördelad mellan aktörerna. En del har bra kunskap medan andra är mindre insatta i frågan.

Uppdraget gäller klimatpåverkan. Det skall samtidigt framhållas att klimatpåverkansberäkningar i första hand kan ses som en inkörsport till livscykelberäkningar. Fler miljöpåverkanskategorier bör följa, något som inte minst byggmaterialindustrierna framhåller.

Drivkrafterna är svaga i Sverige

Vare sig byggherrar, entreprenörer eller byggmaterialindustrin upplever några större krav. Inte heller finns någon aktör som tydligt tagit på sig ledartröjan och försöker driva utvecklingen framåt. Det leder till att frågan framför allt diskuteras i dagsläget men att tillämpningen (och därmed i viss mån även kunskapsuppbyggnaden) är högst begränsad.

Det är angeläget att tillförskapa ökade drivkrafter om Sverige skall vara konkurrenskraftigt i frågan samt då det har betydelse för miljö kvalitetsmålet om begränsad klimatpåverkan.

Miljöcertifieringssystemen för byggnader har och har haft en pådrivande roll i många länder för att bidra till ökad tillämpning av förenklade livscykelberäkningar. I Sverige har det däremot hittills haft en begränsad roll och gäller framför allt de större aktörer som tillämpat och kommit i kontakt med BREEAM.se. Nya versionen av LEED kan framöver utgöra en ytterligare pådrivande kraft men för att nå en bredare grupp skulle någon form av livscykelrelaterade krav också i Miljöbyggnad vara viktigt för att driva på utvecklingen på frivillig väg.

Internationellt är bilden att kravställande genom offentlig upphandling i flera länder starkt har bidragit till att påskynda utvecklingen av LCA-verktyg, öppet tillgängliga klimatpåverkansdata, EPD-data samt kunskap och praktisk erfarenhet av implementering hos en större bredd av aktörer.

Offentliga aktörer såsom nationella myndigheter och statliga byggherrar har haft och har för närvarande en pådrivande roll i många av de länder som bedöms ligga i täten inom området. I Sverige är det av de offentliga aktörerna främst en handfull kommuner och Trafikverket som har tagit initiativ till att driva frågan.

Oenighet kring metodfrågor och brist på verktyg och data har tidigare utgjort hinder för implementering av livscykelberäkningar för att minska byggnaders miljöpåverkan. Under de senaste åren har öppet tillgängliga LCA-verktyg och klimatpåverkansdata för byggnadsmaterial, komponenter och processer i byggandet utvecklats i snabb takt i många länder.

Genom arbetet inom europastandardiseringens arbete inom ramen för hållbarhet hos byggnadsverk har viktiga metodfrågor standardiserats. Detta möjliggör för en bredare grupp aktörer att prova sig fram, testa beräkningar och öka sina kunskaper om livscykeltänkande. I Sverige har de intresserade aktörerna hittills fått prova sig fram och hitta mer eller mindre relevanta LCA-verktyg samt utnyttja generiska databaser eller öppet tillgängliga data från andra länder. Det skapar ett lärande men det är också angeläget att driva på utvecklingen mot harmoniserade verktyg samt fler nationella och produktspecifika, öppet tillgängliga, kvalitetssäkrade data. Så länge enbart få aktörer har tillgång till verktyg och data ifrågasätts lätt beräkningar och slutsatser vilket utgör ett hinder för ökad tillämpning. Det finns ett behov av att både pedagogiskt förklara skillnader mellan existerande verktyg och data samt att tillgängliggöra och lista verktyg och databaser som uppfyller gemensamma europeiska krav, vilka aktörerna inom byggsektorn står bakom.

Till dess att EPD-data finns i stor omfattning och med hög tillgänglighet och beräknas på likartat sätt, behövs öppet tillgängliga, transparenta, databaser för de produkter/processer där specifika data saknas.

Samtidigt är det viktigt att framhålla att tillämpning av livscykelberäkningar för att minska byggnaders klimatpåverkan kan göras relativt förenklat, framför allt i tidiga skeden (då stor påverkan att ändra utformningen finns), exempelvis bara för ett fåtal byggdelar och utan en stor mängd data. Det centrala är att inte jämföra beräkningar som gjorts med olika data och verktyg utan att använda beräkningar för att laborera med förbättringar. För tillämpning i offentlig upphandling krävs noggrannare regler för verifiering. Här går det att snegla mot sådan tillämpning i andra länder samt på Trafikverkets arbete.

I flera länder pågår diskussioner och i viss mån också initiativ kring att integrera klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv i de nationella byggreg-

lerna. Dessa initiativ bör följas närmare, liksom diskussionerna om möjligheterna till att koppla samman harmoniserade standarder för hållbarhet hos byggnadsverk med harmoniserade standarder som tagits fram inom ramen för byggproduktförordningen.

Att hantera frågan på något sätt i byggreglerna skulle definitivt kunna utgöra ett sätt att skapa större drivkrafter till tillämpning.

De klassiska drivkrafterna är att använda styrmedel för att driva utvecklingen.

De drivkrafter som finns för tillfället utgörs av ekonomiska styrmedel i form av koldioxidskatt och utsläppshandel och benchmarking.

Befintliga styrmedel för begränsning av klimatpåverkan

Den nuvarande svenska klimatstrategin koncentreras på generella ekonomiska styrmedel som koldioxidskatt och utsläppshandel. Dessa kompletteras med riktade styrmedel till exempel stöd till utveckling och marknadsintroduktion av ny teknik.

Koldioxidskatt

Sedan 1990-talets början har för att minska koldioxidutsläppen i landet koldioxidskatten varit central. Tillsammans med andra styrmedel, till exempel teknikupphandling, information, differentierade fordonsskatter och investeringsbidrag, har dessa minskat växthusgasutsläppen. Den har också gett betydande utsläppsminskningar av växthusgasen metan i avfallssektorn.

Inom samhällsplanering och infrastrukturinvesteringar har detta medfört att lägre utsläpp har kunnat uppnås genom utbyggnad av fjärrvärmenät, kollektivtrafiksystem och koldioxidfri elproduktion.

Utsläppshandel

För att minska påverkan från utsläppen av växthusgaser inom EU har de skapat ett system för utsläppshandel men som kallas ”EU-ETS”, EU Emission Trading System. Detta system gäller för produkter som produceras inom EU men inte produkter som kommer från övriga världen. I systemet sätts pris på utsläpp av koldioxid. Avsikten med detta är att få till stånd att de ”billigaste/effektfullaste (mest effekt per insatt krona)” åtgärderna genomförs först. Internationell utsläppshandel är en av de flexibla mekanismerna.

Benchmarking

Benchmarkingen består i dagsläget av att de stora i den kommersiella delen av branschen verksamma certifieringssystemen driver på med från början bl.a. internationella intressenter/förvaltare som t.ex. efterfrågar det Brittiska BREEAM-, respektive det Amerikanska LEED-systemen där LCA ingår. Dock kostar dessa system förhållandevis mycket pengar och intressenter med mindre plånböcker har inte de ekonomiska muskler som skulle behövas för att certifiera sina byggnader enligt dessa och de avvaktar därför att någon ska presentera ett system som är lösbart för dem innan de vill satsa pengar i frågan. Utvecklingen av det svenska systemet miljöbyggnad med LCA-moduler skulle gynna de mindre aktörerna.

Utöver de ovan nämnda incitamenten så gäller det att undersöka förutsättningarna för att administrativt reglera frågan i byggregelsammanhang. Se över hur de ekonomiska styrmedlen har fungerat tillsammans och var för sig samt att föra upp ämnet till en bredare massa genom informationsinsatser om frågan, dels om de ekonomiska styrmedlen och dels om presumtiva administrativa regler.

Hittillsvarande informativt styrmedel – Miljökvalitetsmål

I uppdraget nämns också miljömålet om begränsad klimatpåverkan som är avsett att sätta klimatarbetet i fokus. Med en LCA ansats kan även andra miljömål komma att kunna bli mer lättuppföljda.

Kopplingar mellan hur klimatarbetet och uppföljningen av de övriga miljökvalitetsmålen i stort behöver utvecklas för att underlätta att målsättningarna nås utan att något annat mål motarbetas eller sätts ur spel. Detta kan till viss del göras med livscykelanalyser men det förutsätter att även andra parametrar än klimat beaktas vid LCA beräkningarna.

Andra närliggande områden som har bäring på klimatarbetet är bland annat frågan om farligt innehåll i restprodukterna från bygget som avgör om produkten är lämplig att skicka vidare för återanvändning, återvinning eller energiåtervinning. I vissa fall exempelvis impregnerat virke kräver extra ordinära åtgärder för att inte den ska släppa ut farliga ämnen vid förbränning.

Administrativa styrmedel

Byggregler

I de nuvarande byggreglerna styrs inte den klimat- och miljöpåverkan som uppstår innan och under byggnadens, projektering, konstruktion och uppförande. I byggreglerna finns bara regler om utsläpp till omgivningen

och begränsning av energianvändning som indirekt kan kopplas till klimatpåverkan. Därför har Boverket startat upp ett översynsarbete om klimat och miljöpåverkans roll i byggreglerna.

Miljö- och klimatanpassade byggregler

Med anledning av Boverkets förslag om etappmål att "Människans livsmiljö ska vara grunden för ett hållbart byggande och byggnadsbestånd. År 2020 ska livscykelperspektivet vara en utgångspunkt för all ny- och ombyggnad liksom vid förvaltning av befintlig bebyggelse" i rapporten "Förslag till strategi för miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö" har Boverket hösten 2015 startat ett egeninitierat projekt om att utreda behovet av och förutsättningarna för att reglera miljö- och klimataspekter i reglerna för byggnader i ett livscykelperspektiv. Uppdraget omfattar främst områdena livscykelanalys, ekosystemtjänster och klimatanpassning. Uppdraget är en förstudie inför beslut om fortsatt arbete med författningsförslag.

Det pågår forskning om LCA och byggnader som i flera fall visar att klimatpåverkan från tillverkningsfasen inte är försumbar i jämförelse med påverkan från driftsfasen. Det har lett till ett ökat politiskt tryck i LCA-frågan. Det pågår även arbete inom EU-kommissionen om miljöprestanda för byggnader, se nedan. Boverket önskar att ligga i framkant i dessa frågor och behöver därför bättre underlag om var vi står inför möjligheten för framtida byggregler som är mer miljö- och klimatanpassade.

Det ingår i Boverkets instruktion att Boverket inom sitt verksamhetsområde ska verka för att generationsmålet och miljö kvalitetsmålen som riksdagen har fastställt för miljöarbetet ska nås. Boverket ska vid behov också föreslå åtgärder för miljöarbetets utveckling. Att se över regelverket i enlighet med detta uppdrag ligger i linje med instruktionen.

Det finns flera skäl för att verka för en så hållbar bygg- och fastighetssektor som möjligt, och då är reglerna ett viktigt styrmedel. Med hållbarhet menas att alla tre delarna av hållbarhet ska beaktas: ekonomiska, sociala och miljömässiga aspekter. Fokus i detta uppdrag ligger dock på miljö- och klimataspekterna.

Resultaten ska presenteras i en rapport under våren 2016. Eventuella förslag till regelförändringar ska redovisas och översiktligt konsekvensbedömas.

Möte med Boverkets externa intressentgrupp hållbar användning av naturresurser kommer att hållas. Det kommer även att presenteras på Boverkets Byggråd under hösten 2015 samt kommuniceras med departe-

ment och närmast berörda myndigheter som Naturvårdsverket och Kemikalieinspektionen. Information om projektet finns även ut på boverket.se.

Regler om energideklaration

I Energideklarationslagen finns krav med bäring på klimatpåverkan från energiförsörjning. Enligt dessa ska utredning av alternative energiförsörjning redovisas innan startbesked kan ges, undantaget om byggnaden omfattas av undantagen enligt Boverkets föreskrifter (2013:8) om utredning om alternativa energiförsörjningssystem, ALT.

Konflikter mellan styrmedlen

Miljökvalitetsmålet om klimat är riktat mot den icke handlande delen av verksamheten och slår lite vid sidan av de effekter som kan ske genom att minska klimatpåverkan från byggandet eftersom många av de i byggandet ingående materialen och energiformerna innefattas av handelssystemet med utsläpp. Det är också viktigt att vid eventuell reglering sambanden med andra tekniska egenskaper utreds så att inte regleringen sker på någon annan egenskaps bekostnad.

Behov av öppen LCA-data och -beräkningsverktyg

Alla dessa styrmedel förutsätter att metod, verktyg och data styr på ett ensartat sätt så att samma resultat kan erhållas oavsett vem som kalkylerar. Därför behövs kunskap om dessa samt en entydig uppsättning data.

Klimatpåverkansdata kan samlas in antingen via olika former av databaser som kartlagt genomsnittliga, generiska, data för produkter eller via produktspecifika materialdata. För driftsfasen kan justering gentemot energimixer också behövas. Produktspecifika data kan ge högre noggrannhet men kan vara svåra att få fram och de tillverkare som jobbat med att begränsa sin klimatpåverkan blir uppmärksammade för sitt arbete.

Alla materialdatabaser, är inte öppet tillgängliga för gemene hen och framför allt så finns det massor av olika systemgränsval som ska göras för att på ett standardiserat sätt ska kunna jämföra olika byggnaders klimatpåverkan. I detta fall gäller det precis som vid energieffektivisering att det behövs en minsta gemensam nämnare för att byggnader ska kunna vara jämförbara. Dessutom behöver eventuell återvinning av restmaterialet behandlas så att alla gör lika så att inte en aktör tillgodoräknar sig återvinningen i projektet medan en annan inte gör det varvid jämförelsen haltar.

I dagsläget finns flera olika mer eller mindre tillgängliga databaser. För att få likartade förutsättningar borde dessa databaser administreras på ett öppet sätt så att var och en kan få fram de uppgifter den behöver.

Även Naturvårdsverket föreslår i sin skrivelse NV-00685-14 "Förslag till åtgärder för en mer hållbar konsumtion" från den 11 september 2014 att frågan om en nationell databas för livscykeldata utreds närmare;

"Naturvårdsverket föreslår att regeringen tar initiativ till att utreda behovet av att samla och öppet publicera livscykeldata, LC-data, i en nationell databas i syfte att effektivisera arbetet med att minska miljöpåverkan från konsumtion och produktion och stärka Sveriges konkurrenskraft. Om utredningen finner det motiverat att introducera en öppen datainfrastruktur för LC-data, bör utredningen även belysa vilka data en nationell databas bör innehålla, hur en uppbyggnad bör ske och analysera de ekonomiska konsekvenserna av en koordinerad nationell satsning."

Sverige är engagerade i den internationella, ISO, standardiseringen. Det är angeläget med ett fortsatt svenskt deltagande för att säkerställa att svenska intressen tillvaratas i det arbetet. Den europeiska byggproduktförordningen innebär att harmoniserade byggproduktstandarder får en legal status inom Europa. Boverket representerar den svenska regeringen i EU-kommissionens ständiga byggkommitté, som bland annat ansvarar för de uppdrag till europastandardiseringen som ges inom ramen för byggproduktförordningen. För att de internationella standarder som tas fram ska kunna användas tillsammans med de harmoniserade europeiska byggproduktstandarderna krävs kunskap inom båda områdena hos de som är aktiva i arbetet. En lämplig insats kan vara samverkan mellan Sveriges representant i ISO standardisering och Boverket i dessa frågor.

EU-kommissionens arbete med resurseffektiva byggnader

EU-kommissionen släppte den första juli 2014 ett meddelande om möjligheter till resurseffektivitet inom byggsektorn - KOM (2014) 445. I meddelandet beskrivs behovet av en gemensam europeisk strategi för att bedöma miljöprestanda för byggnader under hela deras livscykel, med hänsyn till relevanta resurser som energi, material och vatten. Ett sådant tillvägagångssätt kräver att det finns ett ramverk av centrala indikatorer som ska används vid bedömningen av miljöprestandan i byggnader. Sådana indikatorer utvecklas i ett aktuellt projekt om resurseffektivitet för byggsektorn som leds av EU-kommissionen.

Ramverket ska vara möjligt att användas direkt av yrkesverksamma och deras kunder för att genomföra miljöförbättringar. Det ska också kunna användas indirekt i bedömnings- och certifieringssystemen för att säkerställa att deras kriterier återspeglar prioriterade fokusområden för resurs-

effektivitet på EU-nivå och för att säkerställa uppgifternas jämförbarhet och resultat.

Projektet påbörjades 2015 och ska avslutas i juni 2017. Resultatet ska vara en uppsättning nyckelindikatorer, en färdplan för genomförandet samt en verktygslåda bestående av vägledning och goda exempel för att stödja genomförandet av den föreslagna gemensamma ramen med nyckelindikatorer.

Boverket deltar i en av intressentgrupperna som EU-kommissionen bildat för projektet. För att kunna spela in samlade och förankrade svenska ståndpunkter har Boverket tagit initiativ till en svensk intressentgrupp för hållbar användning av naturresurser. Gruppen består av ett tjugotal personer från näringsliv, forskning samt centrala myndigheter. Ambitionen är att ta fram ett dokument med en svensk hållning som kan användas i dialogen med EU-kommissionen. Samma grupp kommer även att användas i Boverket arbete med förstudien om miljö- och klimatanpassade byggregler som har kopplingar till kommissionens projekt.

Slutsatser

Drivkrafter

Drivkrafterna att använda LCA i byggprocessen är låga.

Det finns styrmedel med syfte att minska av klimatpåverkan. Det är viktigt att se över att de olika styrmedlen styr åt samma håll så att de inte motverkar varandra eller lägger dubbla administrativa eller ekonomiska bördor på aktörerna.

Ytterligare styrmedel

I några andra länder är det offentliga myndigheter (ex Nederländerna) eller byggherrar (ex Tyskland) som har den pådrivande rollen. Det finns ett nordiskt samarbete mellan forskningsinstitut, LCA-Nor-net, som startade 2015. Detta bör följas och vidare nordisk samordning är att förordas för att skapa en större marknad för ”lokala” data och modeller.

Någon form av reglering behövs i någon medlemsstat för att kunna be EU-kommissionen att ge mandat till CEN för harmonisering av byggproduktinformation/standardeklARATIONER när det gäller klimatpåverkan.

Boverket har påbörjat en förstudie om miljö- och klimatanpassade byggregler. I detta arbete ska Boverket bedöma om det finns behov av och möjligheter till reglering eller om detta kan styras på annat sätt. För att eventuell reglering ska bli verksam och inte orsaka handelshinder behöver redovisningsmetoden om klimatpåverkan/LCA utvecklas ytterligare. Data behöver göras tillgängliga tills det finns tillräckligt många miljödeklARATIONER för byggprodukter.

Aktivt deltagande i diskussioner om hur standardeklARATIONER för byggprodukter enligt CPR kan kompletteras eller samspela med miljövarudeklARATIONER behövs.

Informationsbehov och behov av vägledningar behandlas i nästa avsnitt.

Övrigt

Boverket följer EU-kommissionens arbete med resurseffektiva byggnader.

Det pågår annat utvecklingsarbetet om klimatpåverkan som är viktigt att följa till exempel:

- ”Robust LCA” där en grupp bestående av representanter för byggmaterialindustrin i samverkan (IVL, Cementa, Svenskt trä och Stålbyggnadsinstitutet) tagit fram ett gemensamt arbete för att på ett materialneutralt sätt redovisa Livscykelanalyser.
- ”Strategisk innovationsagenda för minskad klimatpåverkan från byggprocessen” (med ÅF, IQ samhällsbyggnad och Sustainable innovation AB som projektpartners).
- ”Nationell strategi för utveckling av energiproduktionsrelaterade miljödata för innovation” med anknytning till byggsektorn Energi och klimateffektiva byggsystem, Sverige tekniska forskningsinstitut, SP
- Integrering av livscykel tänkande i bygg- och fastighetssektorn genom beräkning av ”inbyggd” energi och klimatpåverkan, KTH. I detta projekt har Tove Malmqvist arbetat tillsammans med IEA EBC annex 57.
- Optimera byggnader ur ett livscykelperspektiv, Sverige tekniska forskningsinstitut, SP

Behov av informationsinsatser och vägledningar

För att kunna minska utsläpp av växthusgaser från byggnader behöver olika aktörer ha tillgång till verktyg för att göra livscykelanalys för byggnader. De behöver också ha tillgång till data om klimatpåverkan från olika byggprodukter och aktiviteter kopplade till byggprocessen, och de kan behöva vägledning om vilka verktyg och typ av data som är mest lämplig under olika skeden av en byggnads livscykel. Nedan ges en kort redogörelse för vilka aktörer som bedöms vara de viktigaste målgrupperna för information och vägledning, när dessa målgrupper behöver information och vägledning samt något om vilken typ av information och vägledning respektive målgrupp behöver.

Målgrupper för information och vägledning

Många olika aktörer deltar i olika skeden av en byggnads livscykel. Boverket bedömer att följande aktörer är de viktigaste målgrupperna för information och vägledning när det gäller livscykelanalyser för byggnader:

- **Byggherrar**, dvs. aktörer som vill bygga en ny byggnad eller bygga om en byggnad. Är för det mesta också fastighetsägare.
- **Arkitekter och andra konsulter och entreprenörer**, dvs. de aktörer som med sin expertis hjälper byggherren/ fastighetsägaren att lokalisera, utforma och uppföra byggnaden.
- **Förvaltaren av byggnader** som ansvarar för byggnadens miljö- och klimatpåverkan under den långa driftsfasen. Till kategorin räknas även eventuell drifts- och underhållspersonal.
- **Kommuner** som är markägare och ansvariga för den fysiska planeringen, som styr bebyggelseutvecklingen.
- **Offentliga myndigheter** som i samband med upphandling kan ställa krav på livscykelanalyser för byggnader.
- **Byggprodukttillverkare, -distributörer och -importörer** som i ökad omfattning behöver tillhandahålla LCA-relevant information om sina byggprodukter.
- **Banker och andra finansiärer** som genom att tillhandahålla lån och krediter möjliggör byggande

Information och vägledning till samtliga aktörer

Samtliga aktörer bedöms ha behov av nedanstående information och vägledning:

Det är viktigt att det finns öppet tillgängliga, billiga och lättanvända verktyg för att arbeta med livscykelanalyser.

Intervjuerna med olika aktörer som har genomförts inom ramen för uppdraget visar att det behövs ett fortsatt arbete med att ta fram metoder och verktyg för att förenkla livcykelberäkningar.

Aktörerna behöver också tillgång till öppen, relevant och korrekt data om olika byggprodukters respektive bygg- och driftsprocessers miljö- och klimatpåverkan. Idag finns flera olika databaser, och vägledning behövs för navigering bland dessa och om hur data från olika databaser kan användas till livscykelanalyser. Vägledning behövs också om hur de fall kan hanteras där data för vissa byggprodukter eller processer saknas.

Det är angeläget att såväl verktyg som data till livscykelanalyser kan tillhandahållas gratis eller till låg kostnad.

Vägledning behövs också om hur arbeta med scenarier för byggnadens livslängd, underhållsintervall och möjligheter till återanvändning eller återvinning av olika byggnadsdelar kan eller bör göras.

Det bör upprättas en digital bank med intressanta exempel på hur livscykelanalyser har tagits fram och använts i olika byggprojekt. Gärna med en kort kommentar om styrkor och svagheter med det valda angreppssättet.

Information, vägledningar, intressanta exempel och kompetensutveckling behöver målgruppsanpassas utifrån de olika aktörernas behov. Några av de viktigaste aktörerna beskrivs kortfattat nedan.

Byggherren

Byggherren har stora möjligheter att minska byggnadens klimatpåverkan genom att välja lokalisering, byggnadsstandard och material samt utformning av tekniska system för bland annat energi i byggnaden (energi-standard, energikällor, energitillförselsystem). Byggherren råder även över byggnationen och byggprocessen, och kan kräva lösningar med låg klimatpåverkan av alla hon eller han anlitar. Byggherren bedöms vara en av de aktörer som har allra störst inflytande över byggnadens klimatpåverkan.

Intresset av att ta hänsyn till klimatpåverkan kan skilja sig åt mellan olika typer av byggherrar. Det finns byggherrar som enbart bygger för att sälja

fastigheter, så kallade försäljningsbygggherrar. Försäljningsbygggherrens incitament baseras på att hon eller han vid försäljningen kan få ett högre pris på en byggnad med låg klimatpåverkan. En annan typ av bygggherrar är förvaltningsbygggherrar, som bygger och förvaltar byggnaderna. Förvaltningsbygggherren är intresserad av optimal fördelning mellan investeringar och driftskostnader på så sätt att kostnader för energibesparande åtgärder i klimatskalen ska tjänas in under driftsfasen. De olika bygggherrarnas olika incitament behöver beaktas vid planering av informations- och vägledningsinsatser.

Kommuner

Kommuner kan i sin roll som markägare ställa krav på livscykelanalys i samband med markanvisning och exploateringsavtal. Även i rollen som ansvariga för den fysiska planläggningen, framför allt detaljplanläggningen, kan kommunerna behöva information och vägledning om livscykelanalyser för byggnader och anläggningar.

Kommunerna har planmonopol och är ansvariga för bland annat detaljplanläggning. Genom detaljplaner kan kommunen styra utformning och placering av bebyggelsen, vilket kan ha betydelse för behovet av energi för uppvärmning. Kommunen kan också underlätta uppförandet av anläggningar för förnybar energi genom markreservation och planbestämmelser. Exempelvis kan kommunen underlätta för solvärmeanläggning, reservera mark för gemensamhetsanläggning för energiförsörjning och ange lämplig mark för markvärme eller energilagring. Det är också möjligt att reglera byggandets omfattning (längd, bredd, höjd, källare och våningsantal) samt om det ska vara fristående byggnader eller sammanbyggd bebyggelse, till exempel radhus. Även var på en tomt en byggnad ska placeras och utformning av vegetation och markyta kan regleras i en detaljplan ("Planer som styrmedel för att minska samhällets klimatpåverkan", Boverket 2010). Således kan även kommunen i planläggningen ha intresse av att göra mer övergripande livscykelanalyser för bebyggelsen. I vilken mån tillgängliga verktyg och data kan användas för kommunerna i detaljplanearbetet har inte studerats inom ramen för detta uppdrag. Men det kan vara en fråga att med sig i det fortsatta arbetet.

Kommunernas översiktsplaner är vägledande för efterföljande beslut och planer. I översiktsplanerna kan en strävan efter minskad klimatpåverkan komma till uttryck, till exempel genom lokala mål och riktlinjer för lokalisering av ny bebyggelse.

Kommunen gör också upphandlingar, vilket behandlas i avsnittet nedan.

Offentliga myndigheter (upphandling)

När offentliga myndigheter är byggherrar kan de i samband med upphandling ställa krav på livcykelanalyser för byggnader. Upphandlande myndigheter behöver vägledning om vilka verktyg, data och övriga metoder som lämpar sig bäst för olika användningsområden, så att krav på verktyg och anvisning av vilken data som ska användas kan ges redan i upphandlingsunderlaget. Detta underlättar senare utvärdering av inkomna anbud. I Sverige har Trafikverket under flera år arbetat med livscykelanalyser i upphandlingsunderlag. Trafikverkets erfarenheter bör givetvis tas till vara och spridas.

Byggprodukttillverkare, -distributörer, -importörer

Inom ramen för byggproduktförordningen kommer det troligen att bli möjligt att lämna information om byggprodukters miljöprestanda i den obligatoriska prestandadeklarationen och då troligen i form av miljövarudeklaration (EPD). Men det är ännu inte möjligt. Vissa tillverkare och leverantörer av byggprodukter tillhandahåller dock redan idag miljövarudeklarationer, och stöd för att ta fram dem finns i standarden SS-EN 15804. Erfarenheten visar att dessa miljövarudeklarationer kan se rätt olika ut, eftersom standarden lämnar en del tolkningsutrymme.

Det bör noteras att Sverige var det första land i världen som etablerade ett internationellt system för EPD (miljövarudeklarationer) enligt internationella standarder – det s.k. Internationella EPD®systemet. Detta system är idag det enda system i sitt slag i världen med registrerade EPD:er i över 25 länder. Här finns mycket kunskap, erfarenheter och internationell renommé som knappt används inom byggindustrin i Sverige.

Byggprodukttillverkare, -distributörer och -importörer behöver dels information om möjligheten att frivilligt ange livscykelrelevant data för sina produkter, och dels behöver deras nytta av att ta fram sådan information belysas och exemplifieras. De behöver också information och vägledning om hur en sådan information kan se ut och hur de behöver gå tillväga för att sammanställa den och hur den kan hållas tillgänglig för byggherrar och andra. Det är angeläget att de uppgifter som ges i miljövarudeklarationerna är validerade.

Byggprodukttillverkare har givetvis också behov av relevant livscykeldata för sin produktutveckling. Det behövs utveckling och vägledning i frågor om sekretess när det gäller produktspecifik data.

Kommunala energi- och klimatrådgivare

Kommunala energi- och klimatrådgivare ger råd till privatpersoner och mindre företag om lösningar som minskar klimatpåverkan. De kan således också bli en viktig kanal för att sprida information och vägledning om livscykelperspektivet.

Internationellt samarbete

Som framgår av enkätsvaren som redovisas i kapitlet ”Forsknings- och kunskapsläget” har flera länder arbetat betydligt mer aktivt med kunskapsspridning om livscykelanalyser än vad vi har gjort i Sverige. I Danmark har exempelvis Energistyrelsen gjort flera informationsinsatser riktade till byggbranschen, och myndigheten har också tagit fram ett verktyg som fritt kan laddas ner på hemsidan. I Tyskland har Miljöministeriet varit starkt pådrivande på liknade sätt. Även Norge, Finland, Schweiz och Österrike är i framkant, och i några av dessa länder har också branschstandarder tagit fram. Erfarenheter från dessa länder bör närmare studeras.

I intervjuerna med de svenska aktörer som har mer erfarenheter från livscykelanalys betonas vikten av att det fortsatta arbetet i Sverige bör ske med utgångspunkt i EU-lagstiftningen och i gemensamma EU-standarder.

EU och FN har nyligen påbörjat ett stort internationellt projekt med att etablera ett ”Global network of Interoperable databases” där syftet är att länka samman alla större existerande LCA-databaser i världen för att underlätta en allmän tillgång av kvalitetssäkrade LCA-data. En stor del av dessa databaser innehåller just data om byggprodukter och byggnation, vilket kommer att vara till nytta för svensk byggindustri – både vad avser undvikande av onödigt dubbelarbete som kommer spara kostnader, men framför allt ges svensk byggindustri tillgång till internationellt gemensamma, robusta och kvalitetssäkrade LCA-data. Etablerandet av en fungerande global LCA-databas bedöms vara av stort värde för genomförandet av de områden som ingår i FN’s 10-åriga åtgärdsprogram om konsumtion och produktion – 10 Year Framework Programme for Consumption and Production – ett långsiktigt arbete som Sverige har ett stort intresse och engagemang i.

Sverige ligger långt framme internationellt sett vad avser tillgång till LCA-data inom byggsektorn och det finns ett stort intresse bland flera parter (SLC- Swedish Life Cycle Center, IVL, Chalmers, SP m.fl.) att delta i detta globala databasarbete. Detta engagemang och vad Sverige skulle kunna bidra med i detta avseende finns noga beskrivet i ett särskilt dokument – ”The Swedish Life Cycle Center position on Global LCA-

cess” (2015-07-07). Sverige är representerat i ledningsarbetet i detta globala projekt, men tyvärr saknas en långsiktig grundfinansiering som kan äventyra svenskt deltagande och inflytande i att kunna bidra med tillförlitliga LCA-data inom byggområdet. Många av de problem som användare av livscykelanalyser upplever skulle troligtvis få sin lösning i en framtid då väl den globala databasen är etablerad.

Det pågår ett intensivt harmoniseringsarbete inom ramen för ett europeiskt samarbete mellan 14 länder kallat ECO Platform (www.eco-platform.org). Detta arbete syftar till att utveckla verifierad miljöinformation för byggvaruprodukter, särskilt i form av miljövarudeklarationer, EPD. Målet är att dessa ska kunna användas på hela den europeiska marknaden och även på den internationella marknaden.

Arbetet inom Eco Platform med bl.a. ömsesidigt erkännande (Mutual Recognition) mellan olika leverantörer av EPD har rönt stort internationellt intresse – inte minst från Amerika.

På det internationella planet pågår också arbete med uppdatering av en standard inom byggsektorn – ISO 21930 (Environmental Declarations in the Building Sector) respektive arbete i ISO TC 207, som utarbetat en lång rad standarder med koppling till byggindustrins miljöfrågor.

Slutsatser om informationsbehov

Behovet av information och vägledning när det gäller livscykelanalyser för byggnader bedöms vara stort för flera viktiga aktörer: byggherrar, arkitekter och andra konsulter och entreprenörer, förvaltare av byggnader, kommuner och andra offentliga myndigheter samt byggvarutillverkare och byggvaruleverantörer.

För samtliga ovan nämnda aktörer är det viktigt att det finns öppet tillgängliga, billiga och lättanvända verktyg för att arbeta med livscykelanalyser. Eftersom det idag finns ett flertal verktyg att välja på behövs även vägledning om hur verktyg kan väljas. Aktörerna behöver också tillgång till öppen, relevant och korrekt data om olika byggprodukters respektive bygg- och driftsprocessers miljö- och klimatpåverkan. Idag finns flera olika databaser. Vägledning behövs om hur dessa databaser kan användas till livscykelanalyser. Vägledning behövs också om scenarier för byggnadens livslängd, underhållsintervall och möjligheter till återanvändning eller återvinning av olika byggnadsdelar. Aktörerna bedöms också ha nytta av målgruppsanpassade exempel på arbetssätt och metoder. Det finns många erfarenheter att hämta från andra länder, när det gäller information och vägledning om livscykelanalys.

Förutom arbete med information och vägledning bör Sverige medverka aktivt i internationella och EU-samarbeten om gemensamma verktyg och databaser.

Förslag:

Regeringen ger Boverket och andra berörda myndigheter i uppdrag att ta fram en kommunikationsplan för hur information om livscykelanalyser för byggnader ska kommuniceras med prioriterade målgrupper. I det arbetet bör ingå att göra en målgruppsanalys av de olika målgruppernas närmare behov samt att analysera erfarenheter från liknade arbetssätt i andra länder.

I uppdraget till myndigheterna bör också ingå att ta fram en plan för vilka vägledningar som behöver tas fram och vilken kompetensutveckling aktörerna behöver. Vägledningarna och utbildningarna ska målgruppsanpassas, och planen bör innehålla en prioriteringsordning och förslag om vilken myndighet som bör få huvudansvaret för att ta fram respektive vägledning och utbildning.

Resurser bör avsättas för att Sverige ska vara väl representerat och kunna delta aktivt i de olika utvecklingsarbeten om LCA för byggnader som drivs på europeisk och internationell nivå.

Boverket bör få i uppdrag att samordna de svenska insatserna inom olika EU- respektive internationella arbetsgrupper om LCA för byggnader och byggprodukter.

Bilagor

Bilaga 1 Uppdraget S2014/6522/PB

Bilaga 2 Miljökvalitetsmålet ”Begränsad klimatpåverkan”

Bilaga 3 Fördjupning om LCA-beräkningar

Bilaga 1 Uppdragstext från Regeringen

Regeringsbeslut IV:11
2014-09-04 S2014/6522/PBB

Uppdrag angående byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv

Regeringens beslut

Regeringen uppdrar åt Boverket att utreda forsknings- och kunskapsläget angående byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv.

Boverket ska

- analysera forsknings- och kunskapsläget i Sverige och i ett antal andra i sammanhanget relevanta länder och vid behov föreslå områden som ytterligare behöver belysas eller fördjupas kring byggnaders klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv, och
- utreda behov av och vilka typer av informationsinsatser och vägledningar som krävs gentemot byggsektorn och den kommunala planeringen.

Uppdraget ska genomföras i samråd med Naturvårdsverket och Statens energimyndighet.

Uppdraget ska redovisas till Regeringskansliet (Socialdepartementet) senast den 30 september 2015 och hänvisa till det diarienummer som detta beslut har.

Ärendet

Riksdagen har beslutat om ett etappmål för att nå miljökvalitetsmålet Begränsad klimatpåverkan. Etappmålet innebär att utsläppen av växthusgaser för Sverige år 2020 ska vara 40 procent lägre än utsläppen år 1990 i den icke-handlande sektorn. Vidare ska enligt riksdagens beslut energianvändningen vara 20 procent mer effektiv till 2020 än 2008. En effektivare energianvändning bidrar till regeringens vision som riksdagen ställt sig bakom att Sverige 2050 inte har några nettoutsläpp av växthusgaser.

En metod att studera byggnaders miljöpåverkan är att göra det genom livscykelanalyser. Det finns betydande svårigheter med att räkna på konsumtionsbaserade utsläpp över tid, bl.a. beroende på hur branscher delas in och avgränsas och olika sätt att presentera statistik på. Väl utarbetade

metoder finns för att fastställa utsläppen i enlighet med officiell statistik som baseras på var utsläppen sker. Det blir stor skillnad om även utsläppen från importerat byggmaterial ska räknas in.

Livscykelanalyser har tidigare visat att byggnaders miljöpåverkan främst sker under driftsfasen (nedströms). Nyare utredningar har dock pekat på att utsläppen från själva byggprocessen (uppströms) från materialutvinning till färdig byggnad blir större relativt sett, och därmed bör ägnas ett ökat intresse. Detta bland annat på grund av att byggnader blir alltmer energieffektiva och utsläppen från uppvärmning minskar. Dock finns styrmedel på plats för att påverka utsläppen uppströms, t.ex. EU:s handelssystem för utsläppsrätter.

Sammantaget är det angeläget att förbättra kunskapsläget vad gäller byggnaders klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv. Det är viktigt att berörda aktörer som byggherrar, entreprenörer, kommunala tjänstemän m.fl. i framtiden kan göra rätt val för att minska byggsektorns klimatpåverkan.

Regeringen har under de senaste åren genomfört en rad åtgärder, tillsatt flera utredningar och lämnat uppdrag till myndigheter som syftat till att underlätta byggandet av bostäder och förbättra förutsättningarna för byggsektorn. Det är viktigt att de eventuella förslag till informationsinsatser och vägledningar som presenteras inom ramen för detta uppdrag inte står i strid med dessa insatser.

Boverket ska för uppdraget särskilt ta del av rapporterna Hållbar användning av naturresurser (BWR 7) – andelen nedströms klimat-påverkan för byggnader (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2014), Klimatpåverkan från byggprocessen – en rapport från IVA och Sveriges Byggindustrier (2014) samt rapporten Byggproduktionens miljö-påverkan i förhållande till driften (KTH, 2014). I övrigt ska relevanta rapporter som Boverket tagit fram inom området beaktas.

Regeringen avser att avsätta 500 000 kronor för 2015 för genomförandet av uppdraget. Medlen utbetalas under förutsättning att riksdagen beviljar medel för ändamålet.

På regeringens vägnar

Ulf KristerSSon

Johan Look

Bilaga 2 Miljökvalitetsmålet "Begränsad klimatpåverkan"

"Halten av växthusgaser i atmosfären ska i enlighet med FN:s ramkonvention för klimatförändringar stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig.

Målet ska uppnås på ett sådant sätt och i en sådan takt att den biologiska mångfalden bevaras, livsmedelsproduktionen säkerställs och andra mål för hållbar utveckling inte äventyras.

Sverige har tillsammans med andra länder ett ansvar för att det globala målet kan uppnås."

– Riksdagens definition av miljökvalitetsmålet.

Medeltemperaturen stiger

Koldioxid och andra så kallade växthusgaser som vi människor släpper ut i atmosfären från olika verksamheter gör att det globala klimatet förändras och blir varmare. Förbränning av fossila bränslen som till exempel olja, kol och naturgas i el och värmeförsörjning, industriprocesser samt transporter svarar för det största bidraget till klimatförändringen både i Sverige och i övriga världen.

Den förstärkta växthuseffekten leder till att jordens medeltemperatur stiger. Den senaste tioårsperioden har varit den varmaste som uppmätts de senaste 150 åren, det vill säga så långt tillbaka som det finns tillförlitliga mätdata över den globala medeltemperaturen. För att inte riskera en farlig påverkan på klimatsystemet är det nödvändigt att begränsa ökningen av den globala medeltemperaturen till högst två grader jämfört med den förindustriella nivån.

Förändringarna i klimatet riskerar att bli större vid våra nordliga breddgrader än i världen i genomsnitt. Effekterna kan till exempel bli omfattande för jord- och skogsbruket. Känsliga miljöer i fjällen och Östersjön kan skadas eller helt försvinna.

Vilka är utmaningarna?

Koncentrationen av koldioxid och andra växthusgaser i atmosfären stiger allt mer eftersom de globala utsläppen ökar. För att temperaturökningen ska vara möjlig att begränsa till två grader behöver de globala växthusgasutsläppen mer än halveras till år 2050 och vara nära noll år 2100.

För att en sådan kraftig omställning av samhället ska lyckas behövs både insatser i enskilda länder och internationellt samarbete för att begränsa utsläppen, bland annat inom FN:s klimatkonvention. Riksdagen har antagit en vision om att Sverige år 2050 inte har några nettoutsläpp av växthusgaser, något som är en stor utmaning för hela samhället.

Preciseringar

Varje miljökvalitetsmål har preciseringar. Preciseringarna förtydligar målet och används i det löpande uppföljningsarbetet av målet.

Två preciseringar

Riksdagen har fastställt två preciseringar av miljökvalitetsmålet Begränsad klimatpåverkan:

- **Temperatur**

Den globala ökningen av medeltemperaturen begränsas till högst 2 grader Celsius jämfört med den förindustriella nivån. Sverige ska verka internationellt för att det globala arbetet inriktas mot detta mål.

- **Koncentration**

Sveriges klimatpolitik utformas så att den bidrar till att koncentrationen av växthusgaser i atmosfären på lång sikt stabiliseras på nivån högst 400 miljondelar koldioxidekvivalenter (ppm koldioxidekvivalenter).

Etappmålen

Etappmålen ska underlätta möjligheterna att nå övriga miljömål. Etappmålen identifierar en önskad samhällsomställning och är steg på vägen för att nå generationsmålet och ett eller flera miljökvalitetsmål.

Etappmålen ska underlätta möjligheterna att nå generationsmålet och miljökvalitetsmålen. 24 etappmål har antagits av regeringen för miljökvalitetsmålet Begränsad klimatpåverkan samt inom områdena avfall, biologisk mångfald, farliga ämnen och luftföroreningar.

Etappmålen identifierar en önskad samhällsomställning. De är steg på vägen för att nå generationsmålet och ett eller flera miljökvalitetsmål. De visar vad Sverige kan göra och tydliggör var insatser bör sättas in. Etappmålen anger inte önskade tillstånd för miljön eftersom de läggs fast i miljökvalitetsmålen med preciseringar.

Ett viktigt syfte med miljökvalitetsmålen och etappmålen är att de ska vara vägledande för allas miljöarbete, såväl för regeringen som för myndigheter och övriga aktörer. Etappmålen ersätter tidigare delmål.

Etappmålen en del av målstrukturen

Riksdagen beslutade våren 2010 om en ny målstruktur för miljöarbetet:

- Ett generationsmål anger inriktningen för en samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att nå miljökvalitetsmålen.
- Miljökvalitetsmål anger det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till.
- Etappmål anger steg på vägen till generationsmålet och miljökvalitetsmålen.

Bilaga 3 Fördjupning om LCA-beräkningar

Denna bilaga bygger på ett underlag från Linnéuniversitetet och visar på områden i LCA-metoderna som behöver beaktas för att ringa in valmöjligheterna och öka jämförbarheten samt användbarheten i dessa. Det gäller vilka ”funktionella enheter” och ”utvärderingsindikatorer” som bör användas men även systemgränser som gäller aktiviteter (byggproduktion, drift och underhåll), tidsmässiga och rumsliga gränser som behöver definieras.

Det finns internationella standarder framtagna för LCA både på generell nivå men även på byggnads- och byggmaterialspecifik nivå. De tar upp många av dessa områden.

Byggmaterialbranschens har drivit ett arbete för att minska frihetsgraderna i LCA-bedömningar inom ett projekt som kallas ”Robust LCA”. Projektet har utgått från standarderna för byggnader och byggmaterial SS-EN 15897 och SS-EN 15804⁴⁵. En viktig del för att en LCA ska vara anpassad till den svenska marknaden är att det finns material- och systemdata samlade för svenska/nordiska förhållanden för respektive material/system så att dessa lätt går att använda i modellerna.

Verktyg för utvärdering av miljökonsekvenser

Olika standarder har utvecklats för att undersöka miljökonsekvenserna av den byggda miljön. Livscykelbedömningar är ett vanligt använt verktyg för utvärdering av miljökonsekvenser av produkter och deras livscykelfaser. ISO 14040:2006⁴⁶ och ISO 14044:2006⁴⁷ tillhandahåller ett generellt ramverk och vägledningar för sådana bedömningar. Dessa standarder föreslår att en livscykelbedömning bör innehålla alla stadier och konsekvenser genom produktens hela livscykel. En byggnads livscykel innefattar produktion, ombyggnad, drift och rivningsfas (figur 1). En bedömning identifierar och kvantifierar miljökonsekvenserna knutna till flöden av energi och material i systemet. Bedömningen inkluderar flera konsekvenskategorier som till exempel försurning, global uppvärmningspotential (GWP), övergödning, ozonnedbrytning, humantoxicitet och miljöskadlig utarmning av resurser. Vid analys av växthusgasemissioner ligger fokus enbart på GWP, en påverkanskategori som mäter växthusgaser-

⁴⁵ SS-EN 15804:2012+A1:2013 Hållbarhet hos byggnadsverk, Miljödeklarationer, Produktspecifika regler

⁴⁶ ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework

⁴⁷ ISO 14044:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines

nas klimatförändringspotential i CO₂-ekvivalenter. Den internationella standarden ISO/TS 14067:2013⁴⁸ tillhandahåller allmänna principer och vägledning för kvantifiering av växthusgasemissioner från en produkt. ISO/TS 14067:2013 är baserad på ISO 14040 serien av standarder och föreslår en vetenskaplig ansats som bör användas när produkternas växthusgasemissioner kvantifieras med fokus på relevans, fullständighet, enhetlighet, noggrannhet och öppenhet. Andra standarder och ramverk som i allt högre grad hänvisas till inom ISO-arbetet är Allmänt tillgängliga specifikationer (public available specifications, PAS) 2050:2011 och växthusgasprotokollet (Greenhouse gas protocol; 2011).

Omfattning och mål

Alla årliga växthusgasemissioner till atmosfären förknippade med en byggnads livscykel påverkar klimatförändringarna över dess livscykel. Att definiera en funktionell enhet, utvärderingsindikatorer och systemgränser är en nödvändig del av att analysera klimatpåverkan från en byggnad.

- En funktionell enhet är grunden för att olika objekt eller tjänster ska kunna jämföras.
- En utvärderingsindikator är en parameter som används för att beskriva påverkan.
- Systemgränserna ringar in vad som är inkluderat i analysen och vad som utelämnas. Systemgränser kan identifieras i termer av process-, tids- eller rumskaraktistik. Dessa gränser är inte helt oberoende. En aktivitet har alltid både rumsliga och tidsmässiga gränser. Utan aktivitetens rums- och tidsgränser har den inte någon relevans, men för tydligheten behandlas dessa separat.

Olika metodansatser har utvecklats av olika författare för att undersöka effekterna av klimatpåverkan från en byggnad. I detta avsnitt diskuterar vi lämpliga metoder för att bestämma effekter av klimatpåverkan över byggnadens livscykel.

Funktionella enheter grund för jämförelser

En analys av effekterna av klimatförändring under en byggnads livscykel kräver en definition av en ”funktionell enhet”. Effekten av utsläppen av växthusgaser kan analyseras genom att använda olika funktionella enhet-

⁴⁸ ISO/TS14067:2013 Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification and communication

er, som till exempel materialmassor, volym, byggnadskomponenter, hela byggnader eller tjänster erhållna av den byggda miljön. Den funktionella enheten handlar om den faktiska byggnaden eller materialet och inte energianvändningen eller emissioner av växthusgaser som uppstår till följd av att den funktionella enhetens funktion uppfylls.

En vanligt använd enhet är massa av enskilda material. Till exempel analyser av industriella processer bestämmer normalt den primärenergi som behövs för att tillverka ett kilogram eller ett ton av ett material. Denna information kan vara användbar indata för en mer noggrann analys, men kan i sig vara ofullständig eftersom funktionen av olika material inte kan jämföras rakt av. Ett ton timmer uppfyller inte samma funktion som ett ton stål. Liknande gäller för analys med volym. En mer användbar funktionsenhet är att jämföra prestanda utifrån funktion som uppnås med en byggprodukt t.ex. bärförmåga eller klimatskydd (se t.ex. Jönsson et al. 1997; Knight et al. 2005; Lippke och Edmonds 2006).

Ett speciellt material kan uppfylla mer än en funktion (t.ex. stomme och värmeisolering) och en given byggnadsfunktion kan uppfyllas med en kombination av material. Att byta ett material kan inverka på andra funktioner som till exempel ljudtransmission, brandskydd och byggnadens totala vikt, vilket påverkar den efterfrågade grundläggningens design. En analys på byggnadsnivå blir mer fullständig (Kotaji et al. 2003). Denna kan baseras på en generisk hypotetisk byggnad (t.ex. Björklund och Tillman 1997) eller en fallstudie med en färdigställd byggnad (t.ex. Gustavsson et al. 2006b, Lippke et al. 2004). En analys som ligger mellan material och byggnadsnivå är analys av byggnadselement (t.ex. Waltjen et al. 2009). I denna analys definieras den funktionella enheten som ”1 m² byggnadselement som uppfyller ett definierat U-värde och uppfyller de nödvändiga tekniska, ljud- och brandskyddsvärdena”. Den funktionella enheten kan definieras så att alla valmöjligheter har samma påverkan under en fas vilket förenklar analysen.

Prestandan kan också mätas på vilken service som tillhandahålls av byggnaden. Till exempel om den primära servicen är att tillhandahålla skydd mot klimatet kan jämförelser göras på basis av m² klimatskalsarea eller m³ inomhusutrymme. Detta kan tillåta jämförelser mellan byggnader av olika storlek och ända kan det vara svårt att skilja mellan differenser på grund av byggnadens klimatsskaleffekter (t.ex. inneboende skillnader mellan småhus och flerbostadshus respektive en- eller flervåningshus) och skillnaden på grund av val av material.

Uppfyllelse av byggregler kan användas som referens för byggnadens funktion. Olika byggnader som var och en uppfyller byggreglerna för till

exempel värmeeffektivitet eller brandskydd kan anses vara funktionellt lika ur denna synvinkel. Dock är byggregler minimikrav som måste uppfyllas och en byggnad som har signifikant bättre prestanda än kraven i byggreglerna kan felaktigt uppfattas som likvärdig en byggnad som bara precis uppfyller kraven. Därför bör försiktighet iaktas när byggregler används som jämförelsemått för byggnadens funktion.

När analys sker på byggnadsnivå med olika materialval bör det uppmärksammas att valet av stomsystem av ett visst material inte innebär att hela byggnaden är uppbyggd av det materialet. Eventuellt syfte med ett att göra ett annat antagande kan vara att gynna användningen av ett visst material framför att annat.

Utvärderingsindikatorer beskriver miljöpåverkan

Indikatorer i form av typiska livscykelbedömningskategorier för byggnader respektive byggprodukter finns beskrivna i SS-EN 15978:2011 och SS-EN 15804:2012+A1:2013. Dessa inkluderar indikatorer för miljöpåverkan, resursinsats, avfalls- och uttagsflöden. I enlighet med standarden SS-EN 15804:2012+A1:2013 ska följande indikatorer inkluderas i bedömningen av byggmaterial och byggnader.

Indikatorer som beskriver miljöpåverkan

- Global uppvärmningspotential (GWP)
- Nedbrytningspotential för ozonskiktet i stratosfären (ODP)
- Försurningspotential i mark och vatten (ADP)
- Övergödningspotential (EP)
- Potential för bildande av marknära ozon (POCP)
- Potential för miljöskadlig utarmning av fossila resurser (ADP-fossila bränslen)
- Potential för miljöskadlig utarmning av icke fossila resurser (ADP-delar)

Indikatorer som beskriver resursutnyttjande

- Användning av primärenergi utom förnybar primärenergi som används som råmaterial
- Användning av förnybara energiresurser som används som råmaterial
- Total användning av förnybara primära energiresurser (primärenergiresurs och primär energiresurs använd som råmaterial) (föreskrivet endast i EN 15804)
- Användning av icke förnybar primära energiresurser utom icke primära energiresurser vilka används som råmaterial
- Användning av primära energiresurser som används som råmaterial
- Total användning av icke förnybar energiresurs (primär energi och primära energiresurser använt som råmaterial) (föreskrivet endast i EN 15804)
- Användning av sekundära material
- Användning av förnybara sekundära bränslen
- Användning av icke förnybara sekundära bränslen
- Användning av netto färskvatten

Information som beskriver avfallskategorier

- Kvittblivning av farligt avfall
- Kvittblivning av icke farligt avfall
- Kvittblivning av radioaktivt avfall

Information som beskriver outputflöden

- Komponenter för återbruk
- Material för återvinning
- Material för energiåtervinning
- Exporterad energi

Primär energianvändning till skillnad från slutanvändning av energi inkluderar all energianvändning längs med hela kedjan från naturresurser

till levererade energitjänster. Nettoprimärenergianvändning inkluderar energianvändning för olika ändamål, minus energi som är tillgänglig för externt bruk som till exempel biprodukter genererade under byggnadens livscykel. Nettoprimärenergianvändningen beskriver all resursanvändning, medan fossilt bränsle ger resultatet i fossila koldioxidemissioner och bioenergi anger det i biogena koldioxidutsläpp. Därför finns ett behov av att skilja på fossil energianvändning och förnybar energianvändning. Primärenergianvändning bör brytas ner till källa t.ex. kol, olja, naturgas likväl som förnyelsebar primärenergi t.ex. bioenergi eller icke bioenergiresurser. Årliga respektive ackumulerade primärenergibalanser bör beräknas över livslängden för byggnaden för att ge grunden för beräkningen av tidsprofilen för årliga nettoväxthusgasemissioner.

Koldioxidemissioner över tid per funktionell enhet behövs när effekterna av klimatförändringarna beräknas för en byggnad under dess livscykel, men andra växthusgaser bör också inkluderas om deras klimatförändringseffekter är signifikanta (t.ex. Metan och lustgas).

Systemgränser - aktiviteter

I en livscykelanalys, behöver alla faser av livscykeln beaktas (Citherlet och Defaux 2007, Verbeeck och Hens 2007). Det finns många olika faktorer som påverkar primärenergianvändningen och de årliga växthusgasemissionerna, och systemgränser bör etableras för att säkra att den väsentliga effekten av dessa mekanismer är inkluderade i analysen. Gränser bör etableras tillräckligt brett för att fånga de betydande konsekvenserna men inte för brett för att göra analysen för omfattande. Procedursystemgränser definierar vilka fysiska aktiviteter eller processer som beaktas i analysen. Den europeiska standarden SS-EN 15978:2011 definierar att systemgränserna ”inkluderar alla uppströms- och nedströmsprocesser som behövs för att etablera och upprätthålla byggnadens funktion(er), från utvinningen av råmaterial till dess kvittblivning eller till den punkt där materialet lämnar systemets gräns antingen under eller i slutet av byggnadens livscykel”. Den internationella tekniska specifikation ISO/TS 14067:2013 för analys av carbon-footprint definierar systemgränserna som att ”beakta alla faser av produktens livscykel vid bedömningen av koldioxidutsläpp, från utvinning av råmaterial till slutlig kvittblivning” och att inkludera alla växthusgaskällor och sänkor tillsammans med kollagring som tillhandahåller ett väsentligt bidrag till bedömningen av växthusgasemissioner och upptag som uppstår i hela eller delar av systemet som studeras”.

Byggproduktion

Den första fasen i en byggnads livscykel är införskaffandet av material. Råmaterial utvinns ur dess naturliga tillstånd (t.ex. genom brytning av mineraler) eller är odlad (t.ex. timmer från skogsbruk). Materialet kan sedan genomgå ett eller flera steg av förädling och återförädling. Processteg kan innehålla storleksförändring, avskiljning av olika komponenter, kombination med andra material och förändring av kemisk struktur. Primära och sekundära processer kan förekomma samtidigt på samma plats eller kan kräva ytterligare transport från en processanläggning till en annan. Byggandet av den processinfrastrukturen exkluderas normalt från livscykelstudierna under antagande att ett långt liv fördelar dessa laster till många produkter så att det blir en försumbar nettopåverkan.

Råmaterialförsörjning

En lämplig systemgräns för energiberäkningen och växthusgasbalansen är att börja vid utvinningspunkten för de material som utvinns direkt från naturliga källor, som till exempel metallhaltiga mineral. För biologiska material som odlas, t.ex. trä från hållbart förvaldade skogar, inkluderar analysen den tekniska energi som används för produktionen av biomassa. Denna inkluderar primärenergien som används för att bruka skogen, avverka skogen, transportera och bearbeta trä. Intensivt skogsbruk kan kräva tillverkning och spridning av gödningsmedel, som måste inkluderas inom systemgränserna (Sathre et al. 2010). Det finns en inneboende variation i användbarheten av skogsbiomassa därför är olika typer av biomassa (t.ex. timmer, pappersmassa och skogsrester) inte helt jämförbara eller utbytbara.

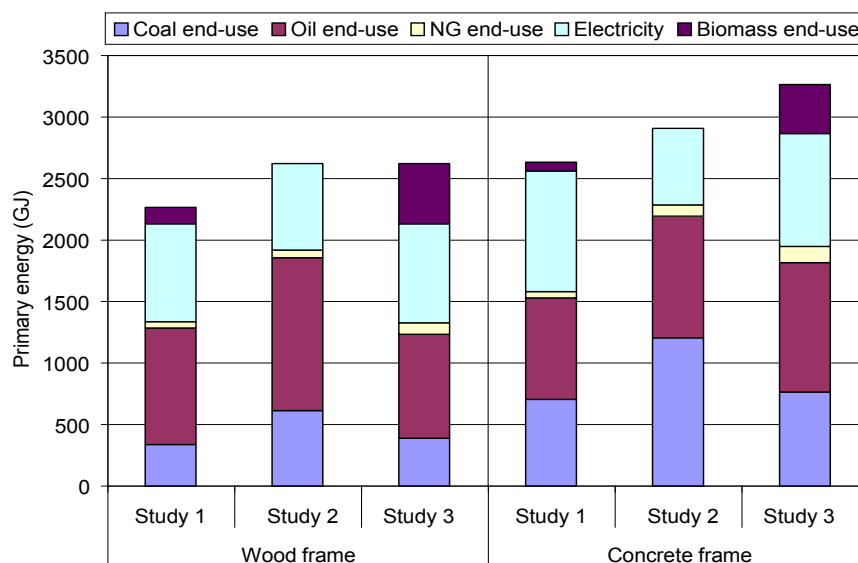
Produktionsenergi

Energi behövs för att producera byggprodukter. En ”vaggan till dörren”-analys av materialproduktion innefattar införskaffande av råmaterial, transport och förädling till användbara produkter. Typen av slutanvändningsenergi varierar och kan inkludera el, biobränsle och olika typer av fossil energi. Primärenergien som krävs för att tillhandahålla de olika typerna av slutlig energi och de resulterande växthusgasemissionerna kan bestämmas genom att beakta bränslecykel, omvandlings- och distributionsförluster i energitillförselssystemen.

Olika fysiska processer kan användas för att producera samma material, varje process med unika krav och effekter på miljön. Industriteknikens effektivitet har generellt sett förbättrats över tiden. Detta har resulterat i olika energibehov och emissioner mellan material som producerats i moderna respektive äldre fabriker. Geografiska variationer finns också eftersom innovationer sprider sig över landet och mellan regioner. Data för

industriell energianvändning kan också variera beroende på insamlingsmetod för data. Systemgränser för energianalyser kan variera mellan en konservativ analys av direkt energi och materialflöden i en särskild process, till en expansiv analys inklusive energi- och materialflöde från hela industriella kedjor och samhället som helhet. Det kan vara direkta mätningar av en specifik maskin eller fabrik eller kan aggregeras för en hel industrisektor. Normalt bör uppgifterna vara representativa för den process som de samlats in för och platsspecifika data är att föredra framför genomsnittliga data. Diagram 3 visar primärenergi som används för produktion av material i byggnader med trä- respektive betongstomme. Data från tre olika Europeiska processanalyser har använts. Dessa resultat tyder på att trots skillnader i absoluta tal mellan analyserna (på grund av olika system gränser, regionala skillnader, etc.) är den relativa energianvändningen i trämaterial och betongmaterial tydlig (Gustavsson och Sathre 2004)

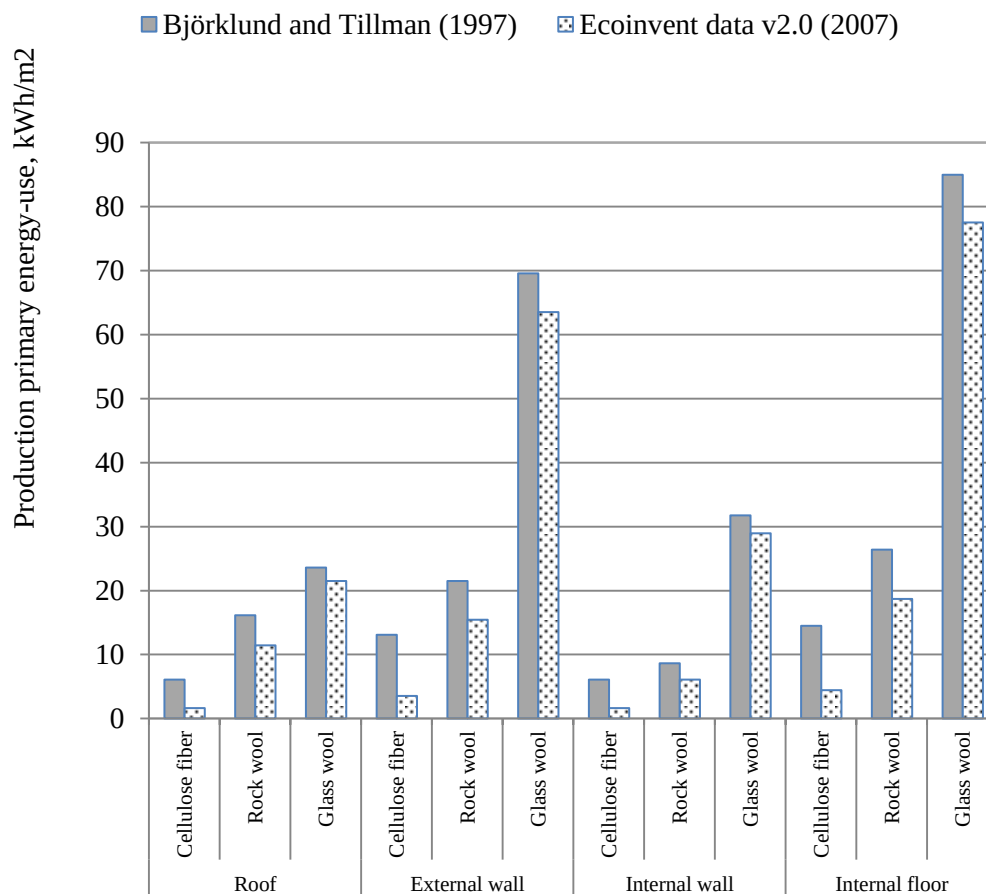
Diagram 3. Primärenergianvändning använd för produktion av trä- och betongstomversioner av byggnader, med användning av data från tre olika processanalyser. Studie 1 Fossdal (1995) Studie 2 Worrel et al. (1994) och studie 3 Björklund och Tillman (1997) (Hämtat från Gustavsson och Sathre 2004)



Datatillgänglighet och datakvalitet är nyckelutmaningarna inom livscykelanalys. Till exempel fann Tetley et al. (2014) att primärenergibehovet för produktion av isolermaterial för byggelement till en byggnad minskar över tid men kan skilja väsentligt för samma material när olika data-set används. (Diagram 4) Björklund och Tillmans data-set baseras på svensk byggmaterialindustri och är från 1997. Ecoinvents data-set är allmänt re-

representativt för genomsnittssituationen i Centraleuropa och är från 2007. Ändå visar båda data-seten samma rangordning av isolermaterialen.

Diagram 4. Jämförelse mellan primärenergibehov för produktion av isolermaterial för byggnadselement med användande av olika data-set (Hämtad från Tettey et al. 2014)



Exempel på källor till spridningen i resultaten inkluderar transportenergi och transportsträcka för råmaterial, halvfabrikat, färdig produkt och restprodukter. En annan källa till variation är relaterad till den uppskattade användningen av primärenergi och dess associerade växthusgasemissioner. En större källa till variation är energin som används för materialframställning, på grund av rumsliga, tidsmässiga och tekniska skillnader. Eventuell påverkan av processförbättringar (t.ex. cementprocessen, trätransportförbättringar) kan också tas med. Variabiliteten i energiförsörjningssystemet är också viktigt med fokus på primärenergi ur vilken växthusgasemissionsflöden kan bestämmas.

Ansträngningar att samla in, processa och tillgängliggöra förbättrade data för noggrann analys av byggnadskonstruktioner är viktigt. Större fokus bör läggas på att skilja mellan genomsnittliga och marginella värden och varians hos viktiga indata som behövs för att analysera energi- och växthusgasflöden i byggnadskonstruktionerna.

Växthusgasemissioner från tillverkningsprocesser

Tillverkning av vissa produkter resulterar i koldioxidemissioner från tillverkningsprocessen. Till exempel, så frigörs CO₂ under produktionen av cement på grund av bränningsprocessen, kalcinering, när kalciumkarbonat upphetas och bryts ner till kalciumoxid och CO₂. Globalt sett är cementproduktionen den största källan av icke energirelaterad industriell emission av CO₂. Cirka 0,5 ton CO₂ frigörs för varje ton cement som produceras. Medan kalcineringsprocessen är väldefinierad finns det mycket osäkerhet om nettoeffekten av cementprocessens emissioner, på grund av den efterföljande CO₂-upptaget med anledning av den efterföljande karbonatiseringsreaktionen (Gajda och Miller 2000; Dadoo et al. 2009). Trots detta, eftersom karbonatiseringsupptaget av CO₂ är lägre än vad emissionen från kalcineringsreaktionen ger upphov till så blir nettoutsläppet en väsentlig del av växthusgasemissioner från cementprodukter och bör vara inkluderade i analysen av klimateffekterna över livscykeln för en byggnad. Detta diskuteras mer ingående i avsnitt om cementprocessreaktioner.

Byggnadskomponenter

Byggnader sätts samman av flera komponenter, t.ex. grundläggning, ytterväggar, innerväggar, golvstrukturer, tak, fönster och inre fästaneländningar. För varje komponent är olika tekniska lösningar möjliga, vilket kan resultera i olika energianvändning och växthusgasemissioner.

Byggnadsmontage

I monteringsfasen sätts skilda material och komponenter samman till en färdig byggnad. Studier av konventionellt byggande har konstaterat att aktiviteter på byggplatsen använder endast en mindre del av den totala livscykelenergianvändningen för en byggnad. Lüsner (1996), till exempel, visade att byggprocessen (inklusive transporten av byggmaterial och byggprodukter till byggarbetsplatsen) sällan överstiger 2 % (i några sällsynta fall 9 %) av livscykelpåverkan för broar och vägar. Bruck och Fellner (2004) kom till samma resultat när det gällde bostadshus.

Björklund och Tillman (1997) granskade byggandet av flera byggnader i Sverige och rapporterade produktionsenergianvändningen från 17 till 168 kWh/m² byggnadsarea. Cole (1999) fann att bidraget från byggfasen på

platsen för konstruktionen i kanadensiska flervåningshus i trä motsvarade i genomsnitt mellan 5 % och 12 % av energin som används för att producera byggnadsmaterialet, om arbetarnas transportenergi exkluderas respektive inkluderas. Forintek (1993) fann produktionsenergin motsvara 7 % av materialets produktionsenergi. Adalberth (2000) studerade sju svenska byggnader och fann att aktiviteter på byggarbetsplatsen använde i genomsnitt 74 kWh/m² byggnadsarea. Flertalet studier av byggnadsenergi har inte klargjort huruvida de har rapporterat levererad energi eller primärenergi. Emellertid är det nödvändigt att redovisa primärenergiförsörjningen för att bestämma växthusgasemissioner från primärenergianvändning för monteringsaktiviteter.

Några byggnadsmaterial förstörs på byggarbetsplatsen och bör räknas med. Mängden av avfall på byggarbetsplatsen varierar mellan olika material och varierar också mellan byggarbetsplatser. I frånvaron av specifika data kan mängden byggavfall som genereras under uppförandet av byggnaden uppskattas genom att öka på materialmängderna i den färdiga byggnaden med specifika procentsatser som är representativa för respektive material. Björklund och Tillman (1997) uppskattade procentuella materialavfall för svenska byggarbetsplatser. Exempel på dessa värden är 1,5 % för betong, 7 % för isolering, 10 % för gipsskivor och trä, 15 % för armeringsjärn och 5 % för de flesta andra material. Dessa värden kan variera beroende på om monteringen sker på plats eller prefabricerats.

Byggnadens drift, underhåll och renovering

Aktiviteter under driftsfasen av en byggnad inkluderar underhållsuppgifter såsom städning, målning och periodiskt komponentutbyte, plus energi för uppvärmning, kylning, ventilation etc. Energianvändning är den viktigaste påverkan av intresse under driftsfasen.

Byggnadens energiprestanda utvärderas ofta baserat på energianvändningen i driftsfasen uttryckt som slutlig energianvändning eller till och med köpt energi⁴⁹. Slutlig energianvändning uttrycker byggnadens energibehov, men tar inte hänsyn till primärenergianvändningen och därmed påverkan från tillförselssystemet. De olika processerna längs med tillförselkedjan från utvinning av råmaterial tillverkning, transport, omvandling till värme och el samt distribution till användaren kan utföras med olika energieffektivt. Karlsson (2003) jämförde energiförsörjningssystem för uppvärmningsändamål och visade på relationen mellan olika delar av för-

⁴⁹ Köpt energi är normalt lika med byggnadens slutliga energianvändning. I fall med byggnads- eller platsrelaterad energigenerering (t.ex. takmonterade solceller) minskas den köpta energin med dessa i jämförelse med slutligt energibehov.

sörjningskedjan såsom bränsle slutanvändningsomvandling och storskalig värme- och kraftproduktionsteknik. Storleken på värmebehovet i sin tur påverkar lämplig typ och kapacitet på värmesystemet och därför också tillförselsystemet. Därför kräver optimering av energin och klimatpåverkan från en byggnad över dess livscykel beaktande av samverkan mellan produktionsinput och driftsinput för värme, kylning och ventilation så väl som kopplingar och synergier mellan skilda faser av livscykeln.

Driftsenergianvändningen är sällan inkluderad i jämförande studier där betoningen ligger på energi och växthusgasbalanser i produktionsfasen, på grund av att driftsenergin bedöms som likvärdig mellan byggnaderna och därför ignoreras. I sådana fall där driftsenergianvändningen inkluderas i bedömningen av livscykelväxthusgaserna skulle det öka den totala primärenergianvändningen för de jämförda alternativen men skillnaden mellan dem skulle var densamma. I fall där komparativa studier involverar olika energiprestanda mellan byggnaderna bör driftsenergin inkluderas livscykelanalysen likt i John et al. (2009). ISO-standarderna anger att ”Borttagandet av livscykelfaser, processer och input/output bara är tillåtet om det inte väsentligt ändrar de totala slutsatserna i studien. Varje beslut att utesluta någon livscykelfas, process, indata eller utdata ska tydligt anges och skäl och konsekvenserna för uteslutandet ska förklaras” (ISO 2006).

Underhåll och materialutbytesaktiviteter kan ha väsentlig effekt på klimatet över livscykeln hos en byggnad och kan variera avsevärt som en funktion av material. Byggnadens stomme kan ha samma livslängd som byggnaden och behöver i grunden inget underhåll oavsett vilket stomsystem som används. Däremot kan olika utvändigt ytmaterial och några andra byggnadsmaterial ha väsentligt olika driftstid eller underhållsbehov.

Beroende på energieffektivitet som byggnader normalt byggs för kan det blir väsentliga livscykel- och klimatpåverkansvinster genom att tilläggsisolera byggnaden till en energieffektivare standard (Harvey 2009, IPCC 2007). I Sverige står byggnader med en miljon existerande lägenheter på tur att genomgå större renovering inom de närmaste 20 åren och ungefär 60 % av den totala energianvändningen i den svenska bostads- och servicesektorn används till uppvärmning och varmvatten (Itard et al 2008).

Utvärdering av de totala klimatförändringseffekterna från energieffektiviseringen kräver omtanke om växthusgasemissioner kopplade till produktionen av energin för tilläggsisoleringen, driftsprimärenergireduktion under den resterande livstiden för byggnaden tack vare tilläggsisolering och hantering av tilläggsisoleringsmaterial. Doodoo et al. (2010) analyserade

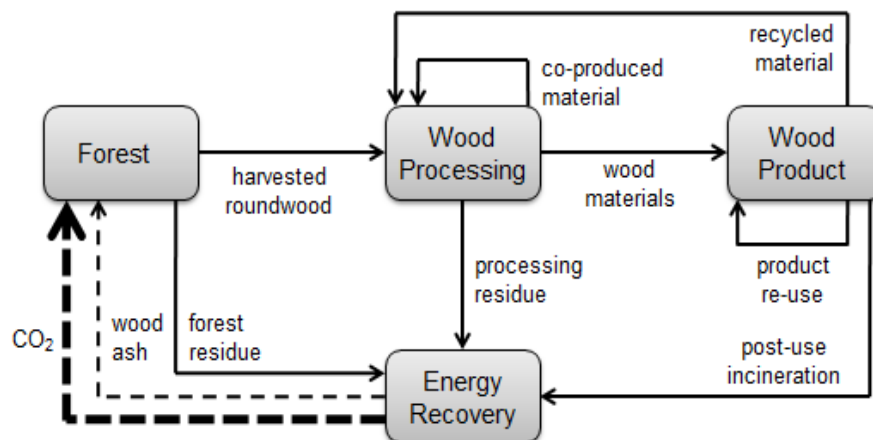
primärenergireduktionen som erhöles genom tilläggsisolering av en flervånings lägenhetsbyggnad till passivhusnivå med beaktande av energi för ursprunglig konstruktion, tilläggsisolering, drift och rivningsfas för byggnaden med olika energiförsörjningssystem. De fann att ökningen av primärenergi på grund av produktion av tilläggsisolering var liten relativt den reduktionen av driftsenergianvändningen som kom till stånd tack vare tilläggsisoleringen. Detta innebar sammantaget att väsentliga besparingar av primärenergi gjordes.

Biprodukter

Biprodukter är material eller produkter av visst värde som produceras samtidigt som huvudprodukten. Biprodukter från industriella processer, inklusive ”fossil” flygaska och bränd masugnsslagg, kan användas som bindemedel i cement. Konstruktionscement gjort av en blandning av cementklinker och andra tillsatser blir mer och mer vanligt att använda (Gardner 2004). När cement görs som en blandning av cementklinkers och biprodukter från andra industriprocesser, reduceras den totala energianvändningen tack vare att en mindre mängd cementklinker behöver tillverkas. CO₂-emissionerna reduceras på två sätt, mindre mängd fossil energi behövs för produktionen av den mindre mängden klinker och mindre klinkerproduktion innebär lägre CO₂-emission från den kemiska reaktionen vid kalkbränningen. En annat eventuellt användbar biprodukt är gips som kan fås från rökgasavsvavling.

Ett exempel på biomassflöden över livscykeln för ett träbaserat byggmaterial visas schematiskt i figur 2. Till det principiella flödet kring trä och träprodukter finns det en mängd biproduktsflöden. Skogsavverkning och processeen för träprodukter genererar anseoliga mängder biomasse-rester som kan användas för andra ändamål. Resterna genereras under skogsvård, avverkning, primär tillverkning när timmer sågas till virke men även under sekundär tillverkning av produkter som dörrar, fönster och limträbalkar. Vissa rester kan användas som biobränsle, massa- och pappersproduktion eller som råmaterial för spånskivor och andra sammansatta träprodukter.

Figur 2. Schema över systembrett integrerat materialflöde för träprodukter (Källa: Dodoo et al. 2014a).



Valet av allokeringsmetod (fördelning) av biprodukterna kan ha väsentlig inverkan på resultaten av en analys (Jungmeier et al. 2002). Allokeringen är en subjektiv process och beror till del på vilket perspektiv och vilka värderingar analytikern har (Werner et al. 2007). ISO 14044 LCA-riktlinjen (ISO 2006) anger att allokeringsproceduren måste vara tydligt beskriven och att summan av indata och utdata måste vara samma oberoende av allokeringsmetod. Om möjligt bör den funktionella enheten väljas så att allokering kan undvikas. Allokering kan undvikas göra en systemexpansion och lägga till ytterligare funktioner till den funktionella enheten så att systemen som jämförs har identisk funktion. (Finnveden och Ekvall 1998, Gustavsson och Karlsson 2006).

Rivning och hantering av rivningsmaterial

Slutfasen av en byggnads livscykel är rivning eller nedmontering av byggnaden följt av återanvändning, återvinning eller kvittblivning av materialet. Energin som används för rivning är normalt sett liten (1-3 %) i relation till energin som används för produktion och byggnadens montering (Cole och Kernan 1996).

Återanvändning eller återvinning av material i slutskedet av byggnadens livscykel kan ha väsentlig effekt på energi- och växthusgasbalansen för materialet (Sathre och Gustavsson 2006). I ett framtida scenario med ökad återanvändning och återvinning kommer ”design för demontering” av byggnaden att bli mer avgörande för att underlätta borttagandet av material och produkter för att öka möjligheten till återanvändning (Kibert 2003).

Produktion av stålprodukter från återvunnet skrot kräver mindre primär-energi och emitterar mindre växthusgaser än produkter av stål från jung-

frulig malm. På samma sätt har även andra metaller en lägre energianvändning vid ombearbetning än vid framställning från jungfrulig råvara. Jämför Aluminium från återvinning och från Bauxit. Återvinning av betong kan leda till reduktion av nettokoldioxidutsläpp genom att främja ökad karbonatisering t.ex. att krossa betongen och exponera den för luft. Återvinning av trä kan förbättra klimatprestandan för materialet. Sathre och Gustavsson (2006) jämförde energi- och koldioxidbalansen för produkter från återvunnet trä med jungfrulig träfiber eller från icke trä-material. De fann att flera mekanismer påverkar energi- och koldioxidbalansen från återvunnet trä. I de fall där materialåtervinning av trä inte är praktiskt genomförbart, är energiåtervinning genom förbränning ett resurseffektivt alternativ. Användningen av återvunnet rivningsträ direkt som biobränsle påverkar energibalansen för materialet.

Deponier med rivningsmaterial används fortfarande i många regioner. Koldioxiddynamiken i deponierna varierar kraftigt och kan ha en väsentlig påverkan på växthusgasbalansen för organiskt material. En fraktion av kolet i deponerat organiskt material kan återstå i halvpermanent lager som ger klimatfördelar. En annan fraktion kan omvandlas till metan med högre specifik klimatförändringseffekt än CO₂. Dock kan metangas från fyllnadsmassor delvis återvinnas och användas som bränsle som ersättning för annat bränsle. Därför ger deponier med rivningsmassor av trä stora osäkerheter som kan resultera i några klimatfördelar delvis på grund av bindning och delvis på grund av produktion av metandrivmedel eller svåra klimatpåverkans effekter på grund av emissioner av metangas till atmosfären. Särskilt när det gäller koldioxidbindning och metangenring i deponier finns en stor variation av metoder som har använts i tidigare studier som har lett till olika och eventuellt motsägelsefulla slutsatser.

En livscykelbedömning av material måste innehålla materialets hantering vid slutskedet av livslängden.

Energiförsörjning

Fossila bränslen

Användning av fossila bränslen ger upphov till CO₂-emissioner av storlek som beror på kolinnehållet och dess bränslecykel. Det är viktigt att värdet av växthusgasemissioner innehåller de emissioner som uppstår över hela bränslecykeln från bränsleextraktion, omvandling och distribution till slutförbränning av bränslet (Gustavsson et al. 2006b). Osäkerheter uppstår på grund av metodskillnader, heterogenitet hos bränslet och osäkerheter i mätningarna (Marland 2008).

I de fall där typen av fossilt bränsle är känt används växthusgasintensitet hos det bränslet i beräkningarna. I de fall där det finns osäkerheter om val av bränsle kan ett referensbränsle användas för att bestämma växthusgasintensiteten (Sathre 2007). Kol och naturgas är två potentiella referensbränslen som representerar ytterligheterna för växthusgasintensitetsintervallet hos fossila bränslen,

Elförsörjning

Primärenergianvändningen och växthusgasemissioner under livscykeln för en byggnad påverkas av försörjningssystemet som används för att förse byggnaden med el för olika aktiviteter. Olika typer av elproduktionssystem finns med väsentlig variation förknippat med primärenergianvändningen och växthusgasemissioner. Ett elnät försörjs normalt från en variation av källor med olika kapacitet, och några av dessa källor kopplas av och på beroende på förändringar i behov över tidsskalor. En minskning i elanvändning t.ex. genom reduktion av energianvändning inom materialframställningsindustrier, orsakar en minskning av produktion av el från marginalkällor. Därför är det vid analys av elanvändning lämpligt att använda data från marginalelproduktion som påverkas av förändringar i stället för genomsnittlig elproduktion.

Den svenska elproduktionen domineras av vattenkraft och kärnkraft. Den totala installerade elproduktionskapaciteten var 36,4 GW år 2011 fördelat med för 44, 26, 8 och 22 % på respektive vattenkraft, kärnkraft, vindkraft och värmekraft (Energimyndigheten, 2013). Ett nordiskt elsamarbete finns inom Nordpool sedan ungefär 20 år och integrationen av elsystemen ökar inom EU. Under 2014 kopplades elmarknaden samman i nordvästra europa. I det nordiska systemet anses för närvarande kolkondensanläggningar utgöra marginalproduktionen av el (Amiri and Moshfegh, 2010).

Under de kommande åren och tioårsperioderna kommer marginalelproduktionen påverkas av utvecklingen av energisystemet som helhet. Nya investeringar i elproduktion kommer till stor del bestämmas av relativa kostnader och politiska beslut. Produktionskapacitet för biomassa, vindkraft och andra förnyelsebara källor kommer sannolikt att öka i framtiden. Identifikationen av marginalelproduktion beror på ett flertal faktorer inklusive tidsramen för analysen, den framtida tekniska utvecklingen och behovet av incitament att reducera växthusgasemissionerna. Trender i utvecklingen av elproduktion inom EU fram till 2035 baserat på nuvarande policyer visas i tabell 4. På grund av elproduktionssystemet inte kan förutses med säkerhet kan mer än ett elproduktionssystem att beaktas för att uppskatta osäkerhetsintervallet.

Tabell 4. Prognos om utveckling av elproduktionen inom EU

	El-generering [TWh]			Andelar [%]
År	2020	2030	2035	2035
Total generering	3425	3746	3918	100
Kol	818	711	658	16,8
Olja	38	23	20	0,5
Gas	637	904	1023	26,1
Kärnkraft	839	761	745	19,0
Vattenkraft	378	395	401	10,2
Bioenergi	201	236	259	6,6
Vind	376	534	604	15,4
Geotermisk	9	12	15	0,4
Sol PV	119	144	155	4,0
CSP*	10	18	25	0,6
Havs	1	5	14	0,4

Trender i utvecklingen av elproduktions inom EU fram till 2020, 2030 och 2035 baserat på befintliga policys (IEA 2013)

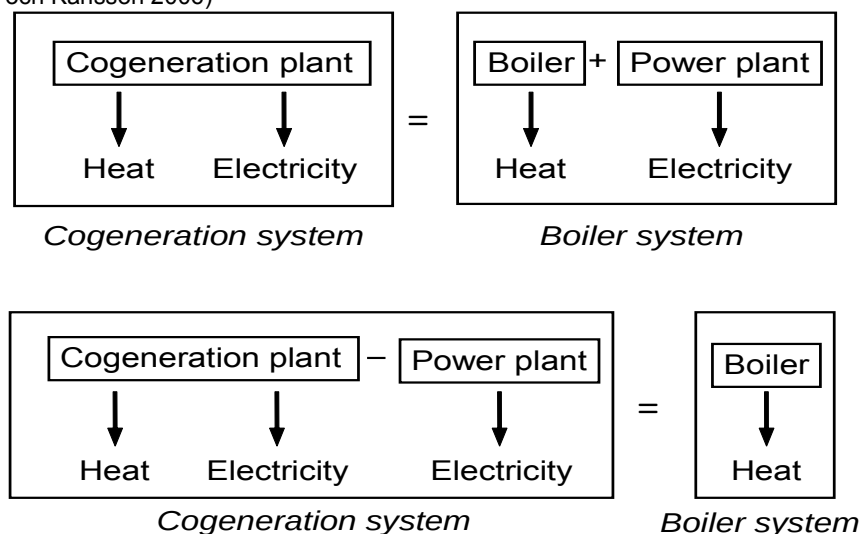
*CSP= Koncentrerad solkraft

Kraftvärmeproduktion

En byggnad behöver värme för uppvärmning och varmvatten, el till ventilation (för de byggnader som inte har självdrag), kylenergi, utrustning (fastighetsenergi) och aktiviteter. Energin som behövs för att täcka dessa behov kan levereras genom separata eller kombinerade system. Till exempel kan ett fjärrvärmessystem täcka både uppvärmnings- och varmvattenbehovet och ett elförsörjningssystem kan täcka hela energibehovet för byggnaden inklusive uppvärmning med direktverkande elradiatorer eller värmepumpar. Kraftvärmesystem, (CHP system) producerar både värme och el. CHP system står för 45 % av den levererade fjärrvärmens och 17 TWh av den producerade elen i Sverige 2011 (Energimyndigheten 2013). Sågverk kan använda trävaruproduktionsrester för att gemensamgenerera både värme till torkugnar och el för användning inom verket och för export.

Skilda metoder kan användas för att jämföra kraftvärmeproduktion och separera värme- och elgenereringen. Det är att föredra en metod som undviker fördelning (se avsnitt om biprodukter). För att jämföra kraftvärme som producerar både värme och el med system som producerar enbart värme eller el, behöver båda energibärarna beaktas i den funktionella enheten (Finnveden och Ekvall 1998; Gustavsson och Karlsson 2006)(Figur 3). När värme och el samproduceras är de båda del av en funktionell enhet. Normalt räknas värme som huvudprodukten.

Figur 3. Systemexpansion (överst) med multifunktionella produkter i den funktionella enheten och subtraktion (nederst) där gemensamgenererad el subtraheras så den funktionella enheten är värme (Finnveden och Ekvall 1998, Gustavsson och Karlsson 2006)



Biomassarester

Biomassarester från skogsbruket och träproduktkedjan kan användas till energi. En omvandling till ett mer hållbart samhälle innebär successiv övergång till fler förnybara material och bränslen i samhället och utbyte de mest miljömässigt skadliga materialen och bränslena samtidigt som det skulle ge stora marginalvinster.

Viktiga metodfrågor när fossil- och bioenergibaserade system jämförs är typen av fossilt system som ska bytas ut och vilken typ av bioenergisystem som skall ersätta det. (Schlamadinger et al. 1997). På grund av att det inte går att känna till vilket fossilt bränsle som ska bytas ut med säkerhet behöver flera fossilbränslesystem analyseras för att uppskatta graden av osäkerhet.

Återvinning och användning av skogsrester blir mer och mer vanligt. Särskilt rester från kalhyggen återvinns mer och ett effektivt logistiskt system för att samla in och transportera resterna utvecklas (Eriksson och Gustavsson 2010). Återvinning av skogsgallring är mindre vanligt. På grund av dess stora spridning blir det mer problematiskt att få ett effektivt och ekonomiskt insamlande. Återvinningen av träbaserat konstruktions- och rivningsavfall som biobränsle blir mer vanligt då källsortering av olika typer av avfall blir mer vanlig på många arbetsplatser. Återvunnet trä som är förorenat med färg eller impregnerat behöver brännas i speciella anläggningar under lämpliga förbränningsförhållanden med rökgasrening och askavskiljning.

Systemgränser - tidsmässiga

Byggnadens livslängd och produkternas varaktighet

Bygg- och rivningsfaserna är korta händelser i en byggnads livscykel. Energianvändningen under driftsfasen beror direkt av byggnadens livslängd. O'Connor (2004) observerade att den verkliga livslängden för byggnaden inte är relaterad till vilken typ av byggmaterial eller stomsystem som använts i byggnaden. I en undersökning av 227 byggnader som revs mellan år 2000 och 2003 i staden Minneapolis, USA, var de huvudsakliga anledningarna till rivning av byggnaderna att markpriset förändrats, att byggnaden inte uppfyllde behoven eller hade haft bristande underhåll.

Träbaserade material

En annan aspekt på byggnadens livslängd är lagringen av kol i träbaserat byggnadsmaterial under dess livslängd. Ju längre en träbit används eller återanvänds, desto längre stannar kolet ”utanför” atmosfären. Men så småningom i avsaknad av långsiktig bindning t.ex. i deponier kommer allt kol att emitteras genom förbränning eller nedbrytningsprocessen. Som en del av en biogeokemisk cykel, är kollagring i träprodukter ett till sin natur övergående fenomen, även om vissa långlivade träprodukter kan lagra kol i århundraden.

Över en byggnads livscykel ändras normalt inte kollagret i själva byggnaden. Innan byggnaden är byggd innehåller den inget kollager och efter den är riven innehåller den inget kollager. Förbränning av träbaserat rivningsmaterial medför att 100 % av kolet oxideras och därmed merparten återgår till atmosfären som CO₂. Om rivningsmaterialet används som biobränsle för att ersätta kol blir det undvikna fossila CO₂-utsläppen ungefär lika som för kol som lagrats i trämaterial under byggnadens livstid (Gustavsson et al. 2006b)

Skogstillväxt

Hänsyn till skogens dynamik är en väsentlig del i analysen av växthusgasbalansen hos trämaterial (Lippke et al. 2011). Det ackumulerade kollagret spåras genom trädets liv och genom livscykeln för träprodukten tills kolet slutligen släpps till atmosfären igen genom förbränning eller förmultning. Beroende på biogeografiska faktorer skiljer sig omloppstiden för skogsbeståndet i en skog mellan tiotals och hundratals år.

Kollagret i skogsbiomassa och jord påverkas av skogsvårdssystem inklusive omloppstidens längd, gallring, gödning och avverkning (Eriksson et al. 2007).

Tillgång till restbiomassa

Över livscykeln hos träbaserade byggprodukter kommer rester av biomassa bli tillgängligt vid olika tidpunkter. Gallringsrester kan genereras vid olika tidpunkter under skogens tillväxtperiod. Senare skapas skogsrester när skogsbeståndet har avverkats, processrester är tillgängliga när stockarna transformeras till träprodukter och byggavfall uppstår när byggnaden monteras. Ännu senare produceras rivningsavfall i slutet av byggnadens livscykel. Användningen av dessa trärester för att ersätta andra bränslen kan resultera i minskade koldioxidemissioner vid olika tidpunkter av livscykeln för materialet.

Cementprocessreaktioner

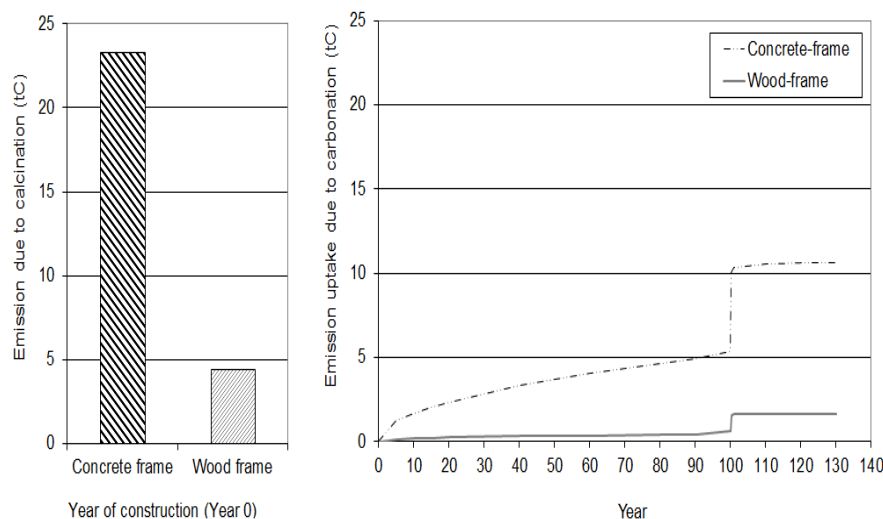
Som diskuterats i avsnittet om ”Växthusgasemissioner från tillverkningsprocesser” uppträder olika kemiska reaktioner som påverkar nettokolbalansen i olika grad genom livscykeln hos cementbaserade material. Koldioxidemissioner uppstår vid bränning av kalksten till cementklinker och koldioxidreducering uppstår vid karbonatisering betong under hela dess livscykel. Karbonatisering är en långsam reaktion. Omfattningen av karbonatiseringen beror på många faktorer inklusive exponerad area, ytbehandling, cementrecept, temperatur och fuktighet (Dodoo et al. 2009).

Gajda (2001) uppskattade att 8 % av koldioxidemissionerna vid tillverkningen av cementen återabsorberas genom karbonatisering under ett 100-årigt livsspann, men hänsyn togs inte till efteranvändningsfasen av betongprodukten.

Rivning och krossning av betong ökar den specifika ytan och därmed ökar upptaget av koldioxid genom ytterligare karbonatisering. Pade och Guimaraes (2007) uppskattade att mellan 33 och 57 % av koldioxidutsläppet vid cementtillverkningen återabsorberas genom karbonatisering om en drifttid på 70 år antas efter att betongen krossats och därefter exponeras för luft i 30 år. Dodoo et al. (2009) uppskattade att en tredjedel av koldioxidemissionerna vid cementtillverkningen återabsorberas efter en 100-årig livstid följt av kross och exponering i 4 månader (diagram 5), och att ungefär två tredjedelar återabsorberas om krossad betong exponeras under 30 år. Det råder en betydande osäkerhet om nettokoldioxidemissionerna för betongprodukter under dess livstid beroende delvis på efteranvändningen av materialet. Diagram 5 visar kolflödet från cementkalcinationsreaktion och karbonatiseringupptaget för funktionellt lika byggnader med betong- respektive trästomme. Storleken på kolflödena från kalcinerings- och karboniseringsreaktionerna i byggnaden avspeglar kvantiteten cement som använts i respektive byggnader. Resultatet antyder att karbonatiseringen ökar gradvis över byggnadens drifttid och ökar

betydligt om rivningsresterna krossas på slutet av driftstiden och exponeras för luft.

Diagram 5. Koldioxidemissioner från cementkalcinering (t.v.) och koldioxidupptag hos cementprodukter under driftstiden och efter rivning (t.h.) för byggnader med betong respektive trästomme (hämtad från Dodoo et al. 2009). Betongmaterialet är krossat efter drifttid på 100 år och exponerat för luft i 4 månader och därefter använt som utfyllnadsmassor under marknivå



Systemgränser - rumsliga

En väsentlig skillnad mellan biologiska material och mineralistiska material är den regenerativa förmågan i mark som innebär att biologiska material kan produceras i all framtid med rätt förvaltning. Även om vissa material såsom metaller succesivt kan återvinnas över geologiska tidsperioder är det bara biologiska material som under obestämd tid kan återbildas under en tidsskala som samhället har nytta av. Landarealer för att fånga solstrålningen är nödvändig för denna process och därför är beaktandet av markanvändningen och dess produktiva kapacitet en nödvändig del av analysen av användningen av trä som byggmaterial.

Noggrann definition av rumsliga gränser och de allmänna övervägandena om hur marken ska användas är viktiga frågor när kolbalansen hos byggmaterial ska bestämmas. Användningen av träbaserade material i stället för icke trämaterial kräver mer biomassa som kräver ytterligare markanvändning eller intensifierat skogsbruk (Börjesson och Gustavsson 2000). En väsentlig bas vid klimatanalys av träbaserade material är att skogslandskapet måste skötas hållbart så att marken kan användas i oändlighet. Väsentliga delar av hållbar markanvändning inkluderar skötsel av nivåer av näringsämnen effektivitet användande av vattenresurser och skyddet av naturlig biodiversitet (Reijnders 2006).

Skogskolflöden har olika dynamik om den analyseras på träd eller beståndsnivå eller på landskapsnivå.

Träprodukter kan analyseras på olika nivåer, Mikronivåstudier, som fokuserar på individuella produkter, processer eller beslutsfattande organ, Mesonivåstudier, som fokuserar på vissa industrier eller sektorer av ekonomin. Makronivåstudier som fokuserar på Makroekonomiska- och landskapskonsekvenser (Gustavsson et al. 2006a). Studier på varje nivå har sina egna fördelar och begränsningar. Resultat från studier på olika nivåer kan komplettera varandra och därmed tillhandahålla en rikare bild av det komplexa ämnet träanvändning jämfört med en enstaka ansats.

Referenser

Adalberth, K. 2000. **Energy Use and Environmental Impact of New Residential Buildings**. Ph.D. Dissertation, Department of Building Physics, Lund University of Technology, Sweden.

Amiri, S. and Moshfegh, B., 2010. Possibilities and consequences of deregulation of the European electricity market for connection of heat sparse areas to district heating systems, *Applied Energy*, 87 (7): 2401-2410.

Björklund, T. and Tillman, A-M. 1997. **LCA of Building Frame Structures: Environmental Impact over the Life Cycle of Wooden and Concrete Frames**. Technical Environmental Planning Report 1997:2. Chalmers University of Technology, Sweden. 156 pg.

Boverket Miljöpåverkan från bygg och fastighetssektorn 2014 Rapport 2014:23

Bruck, M. and Fellner, M. 2004. **ExterneKostenimHochbau, Band III: ExterneKosten: Referenzgebäude und Wärmeerzeugungssysteme** (StudieimAuftrag des Bundesministeriumsfür Wirtschaft und Arbeit (BMWA), in ZusammenarbeitmitdemÖsterreichischenÖkologie-Institut und demiff, Klagenfurt, Wien, 2004), quotation from Mötzl & Fellner 2011.

Börjesson, P. and Gustavsson, L. 2000. Greenhouse gas balances in building construction: Wood versus concrete from lifecycle and forest land-use perspectives. *Energy Policy*, 28(9): 575-588.

Citherlet, S. and Defaux, T. 2007. Energy and environmental comparison of three variants of a family house during its whole life span. *Building and Environment*, 42: 591-598.

Cole, R.J. 1999. Energy and greenhouse gas emissions associated with the construction of alternative structural systems. *Building and Environment*, 34(3): 335-348.

Cole, R.J. and Kernan, P.C. 1996. Life-cycle energy use in office buildings. *Building and Environment*, 31(4): 307-317.

Dodoo, A., Gustavsson, L. and Sathre, R. 2009. Carbon implications of end-of-life management of building materials. *Resources, Conservation and Recycling*, 53(5): 276-286.

Dodoo, A., Gustavsson, L., Sathre, R. 2010. Life cycle primary energy implication of retrofitting a wood-framed apartment building to passive house standard. *Resources, Conservation and Recycling*. 54. 1152-1160.

Dodoo, A., Gustavsson, L., Sathre, R. 2014a. Lifecycle carbon implications of conventional and low-energy multi-storey timber building systems. *Energy & Buildings*. 82. 194-210.

Ecoinvent data v2.0 2007. In D. Kellenberger, H-J. Althaus, T. Künniger, M. Lehmann, N. Jungbluth, P. Thalmann, Life cycle inventories of building products, data v2.0, ecoinvent report no. 7, Dübendorf: EMPA-Swiss Centre for life cycle inventories,.

Energimyndigheten. 2013. Energy in Sweden 2012, Sweden. Web <http://www.energimyndigheten.se> juni, 2013.

Eriksson, E., Gillespie, A., Gustavsson, L., Langvall, O., Olsson, M., Sathre, R. and Stendahl, J. 2007. Integrated carbon analysis of forest management practices and wood substitution. **Canadian Journal of Forest Research**, 37(3): 671-681.

Eriksson, L. and Gustavsson, L. 2010. Comparative analysis of wood chips and bundles: costs, carbon dioxide emissions, dry-matter losses and allergic reactions. **Biomass and Bioenergy**, 34(1):82-90.

European Commission, 2014. Sustainable Buildings. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0445&from=EN>

Eurostat 2013. Energy, transport and environmental indicators 2013 edition. Web accessed at <http://epp.eurostat.ec.europa.eu> on December 2013.

Finnveden, G. and Ekvall, T. 1998. Life-cycle assessment as a decision-support tool: the case of recycling versus incineration of paper. **Resources, Conservation and Recycling**, 24: 235-256.

Forintek. 1993. **Raw Material Balances, Energy Profiles and Environmental Unit Factor Estimates for Structural Wood Products/Structural Steel Products/Cement and Structural Concrete Products**. Forintek Canada, Vancouver.

Fossdal, S. 1995. **Energi- og Miljøregnskap for bygg (Energy and Environmental Accounts of Building Construction)**. Report 173, The Norwegian Institute of Building Research, Oslo. (in Norwegian)

Gajda, J. 2001. **Absorption of atmospheric CO₂ by Portland cement.** R&D Serial no. 2255a, Portland Cement Association, Skokie IL, USA

Gajda, J. and Miller, F.M. 2000. **Concrete as a sink for atmospheric CO₂: A literature review and estimation of CO₂ absorption by Portland cement concrete.** R&D Serial no. 2255, Portland Cement Association, Skokie IL, USA.

Greenhouse Gas Protocol, 2011. Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard.

Gustavsson, L., Joelsson, A. and Sathre, R. 2010. Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-story wood-framed apartment building. **Energy and Buildings**, 42(2): 230-242.

Gustavsson, L. and Karlsson, Å. 2006. CO₂ mitigation: On methods and parameters for comparison of fossil-fuel and biofuel systems. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, 11(5-6): 935-959.

Gustavsson, L., Madlener, R., Hoen, H.-F., Jungmeier, G., Karjalainen, T., Klöhn, S., Mahapatra, K., Pohjola, J., Solberg, B. and Spelter, H. 2006a. The role of wood material for greenhouse gas mitigation. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, 11(5-6): 1097-1127.

Gustavsson, L., Pingoud, K. and Sathre, R. 2006b. Carbon dioxide balance of wood substitution: comparing concrete- and wood-framed buildings. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, 11(3): 667-691.

Gustavsson, L. and Sathre, R. 2004. Embodied energy and CO₂ emission of wood- and concrete-framed buildings in Sweden. In: **Proceedings of the 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection.** 10-14 May, Rome, Italy.

Harvey, L.D.D., 2009. Reducing energy use in the buildings sector: measures, costs, and examples. **Energy Efficiency**, 2 (2): 139-163.

IEA (International Energy Agency). 2010. **Key World Energy Statistics.** Web-accessed at <http://www.iea.org>.

IEA, 2013. Transition to Sustainable Buildings - strategies and opportunities to 2050 Web accessed at IEA
http://www.iea.org/media/training/presentations/etw2014/publications/Sustainable_Buildings_2013.pdf 13th February, 2015

IEA (International Energy Agency). 2011. World Energy Outlook 2011. Accessed at www.iea.org on September 10, 2012.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Geneva, Switzerland, IPCC.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2014: Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

ISO (International Organization for Standardization). 2006. ISO 14040 Environmental management: Life cycle assessment – Principles and framework. October 2006. ISO, Geneva.

ISO (International Organization for Standardization). 2006. ISO 14044:2006 Environmental Management: Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines. ISO, Geneva.

ISO (International Organization for Standardization). 2010. ISO/CD 14067-1 Carbon Footprint of Products – Part 1: Quantification (Draft, 2 September 2010). ISO, Geneva.

Itard, L., Meijer, F., Vrins, E. and Hoiting, H. 2008. **Building renovation and modernisation in Europe: state of the art review**. OTB Research Institute for Housing, Urban and Mobility Studies, Delft University of Technology, Netherlands. Web accessed at <http://www.formas.se>.

IVA (Sweden's Royal Academy of Engineering Sciences and the Swedish Construction Federation), 2014. Climate impact from the construction process. Accessed at <http://iva.se/globalassets/rapporter/ett-energieffektivt-samhalle/201406-iva-energieffektivisering-rapport9-i1.pdf> on February 18, 2015.

IVL- Svenska miljöinstitutet 2014, Hållbar användning av naturresurser (BWR7) Anderlen nedströms miljöpåverkan för byggnadser

John, S., Nebel, B., Perez, N. and Buchanan, A. 2009. **Environmental Impacts of Multi-Storey Buildings Using Different Construction Materials**. Research Report 2008-02, Department of Civil and Natural Resources Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. 135 pg.

Jönsson, Å., Tillman, A-M. and Svensson, T. 1997. Life cycle assessment of flooring materials: Case-study. **Building and Environment**, 32(3): 245-255.

Jungmeier, G., Werner, F., Jarnehammar, A., Hohenthal, C. and Richter, K. 2002. Allocation in LCA of wood-based products: Experiences of COST Action E9 - Part I, Methodology. **International Journal of Life Cycle Assessment**, 7(5): 290-294.

Karlsson, Å. 2003. **Comparative Assessment of Fuel-Based Systems for Space Heating**, Ph.D. Thesis, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University.

Kibert, C.J. 2003. Deconstruction: the start of a sustainable materials strategy for the built environment. **UNEP Industry and Environment**, 26(2-3): 84-88.

Knight, L., Huff, M., Stockhausen, J.I. and Ross, R.J. 2005. Comparing energy use and environmental emissions of reinforced wood doors and steel doors. **Forest Products Journal**, 55(6): 48-52.

Kotaji, S., Schuurmans, A. and Edwards, S. 2003. **Life-Cycle Assessment in Building and Construction: A State-of-the-art Report**. SETAC Press, Pensacola FL, USA.

Liljenström C et al Byggproduktionens miljöpåverkan i förhållande till driften. - Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning av ett nyproducerat flerbostadshus i betong med lågenergiprofil Arbetsrapport TRITA-INFRA-FMS 2014:02

Lippke, B. and Edmonds, L. 2006. Environmental performance improvement in residential construction: The impact of products, biofuels, and processes. **Forest Products Journal**, 56(10): 58-63.

Lippke, B., Oneil, E., Harrison, R., Skog, K., Gustavsson, L. and Sathre, R. 2011. Life cycle impacts of forest management and wood utilization on carbon mitigation: Knowns and unknowns. **Carbon Management**, 2(3): 303-333.

Lippke, B., Wilson, J., Perez-Garcia, J., Boyer, J. and Meil, J. 2004. CORRIM: Life-cycle environmental performance of renewable building materials. **Forest Products Journal**, 54(6): 8-19.

Lüsner, H. 1996. **Ganzheitliche Bilanzierung im Bauwesen. Ganzheitliche Bilanzierung von Ingenieurbauwerken**. In: Eyerer P (Ed.): **Ganzheitliche Bilanzierung. Werkzeug zum-**

Planen und Wirtschaften in Kreisläufen. Springer Berlin, Germany, quotation from Mötzl & Fellner 2011.

Marland, G. 2008. Uncertainties in accounting for CO₂ from fossil fuels. **Journal of Industrial Ecology**, 12(2): 136-139.

Naturvårdsverket 2015, Fördjupad utvärdering av miljökvalitetsmålet Begränsad klimatpåverkan

Naturvårdsverket Förslag till åtgärder för en mer hållbar konsumtion Skrivelse 2014-09-11 NV-00685-14 –

O'Connor, J. 2004. Survey on actual service lives for North American buildings. Presented at **Woodframe Housing Durability and Disaster Issues Conference**, Las Vegas, USA.

Pade, C. and Guimaraes, M. 2007. The CO₂ uptake of concrete in a 100 year perspective. **Cement and Concrete Research**, 37(9): 1348-1356.

PAS 2050:2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. British Standards Institution, London.

Price, L., De la Rue du Can, S., Sinton, J. and Worrell, E. 2006. Sectoral Trends in Global Energy Use and GHG Emissions. Lawrence Berkeley National Laboratory, California, USA.

Reijnders, L. 2006. Conditions for the sustainability of biomass based fuel use. **Energy Policy**, 34(7): 863-876.

Sathre, R. and Gustavsson, L. 2006. Energy and carbon balances of wood cascade chains. **Resources, Conservation and Recycling**, 47(4): 332-355.

Sathre, R. 2007. **Life-cycle energy and carbon implications of wood-based products and construction**. PhD dissertation, Department of Engineering, Physics and Mathematics, Mid Sweden University, Östersund, Sweden.

Sathre, R., Gustavsson, L., Bergh, J. 2010. Primary energy and greenhouse gas implications of increasing biomass production through forest fertilization. **Biomass and Bioenergy**, 34(4): 572-581.

Schlamadinger, B., Apps, M., Bohlin, F., Gustavsson, L., Jungmeier, G., Marland, G., Pingoud, K. and Savolainen, I. 1997. Towards a standard

methodology for greenhouse gas balances of bioenergy systems in comparison with fossil energy systems. **Biomass and Bioenergy**, 13(6): 359-375.

Energimyndigheten. 2013. Energy in Sweden 2012, Sweden. Web <http://www.energimyndigheten.se> juni, 2013.

SS-EN 15978:2011. Sustainability of construction works: Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method (In Swedish: Hållbarhet hos byggnadsverk - Värdering av byggnaders miljöprestanda - Beräkningsmetod). Available at <http://www.sis.se/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnader/%C3%B6vrigt/ss-en-159782011>

SS-EN 15804:2012+A1:2013. Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products. (In Swedish: Hållbarhet hos byggnadsverk - Miljödeklarationer - Produktspecifika regler). Available at <http://www.sis.se/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsindustrin/%C3%B6vriga-aspekter/ss-en-158042012a12013>

Tettey, U.Y.A., Dadoo, A. and Gustavsson, L. 2014. Effects of different insulation materials on primary energy and CO₂ emission of a multi-storey residential building. *Energy and Buildings*. 82: 369-377.

Verbeeck, G. and Hens, H. 2007. Life cycle optimization of extremely low energy buildings, in: **Clima 2007 WellBeing Indoors**, Helsinki, Finland.

Waltjen, T. (project manager) et al. 2009. **Details for Passive Houses: A Catalogue for Ecologically Rated Constructions** (ed. IBO - Austrian Institute for Healthy and Ecological Building). Springer Vienna, Austria.

Werner, F., Althaus, H.-J., Richter, K. and Scholz, R.W. 2007. Post-consumer waste wood in attributive product LCA. **International Journal of Life Cycle Assessment**, 12(3): 160-172.

Westlund et al Klimatpåverkan från byggprocessen En rapport från IVA och Sveriges byggindustrier 2014

Worrell, E., van Heijningen, R.J.J., de Castro, J.F.M., Hazewinkel, J.H.O., de Beer, J.G., Faaij, A.P.C. and Vringer, K. 1994. New gross energy requirement figures for material production. **Energy**, 19(6): 627-640.



Boverket

Myndigheten för samhällsplanering,
byggande och boende

Box 534, 371 23 Karlskrona
Telefon: 0455-35 30 00
Webbplats: www.boverket.se