

Byggnadsstommens klimatpåverkan

LIVSCYKELPERSPEKTIV PÅ OLIKA MATERIAL

Förord

Denna skrift utgör en sammanfattning och översättning av forskningsrapporten *Climate impacts of wood vs. non-wood buildings* författad av Ambrose Dodoo, Leif Gustavsson och Roger Sathre.

Sveriges inträde i EU 1994 medförde att ett 100-årigt förbud mot att bygga träbyggnader högre än två våningar fick sitt slut. På grund av förbudet låg Sverige kunskapsmässigt efter andra europeiska länder trots vår goda tillgång till skog och långa tradition att bygga småhus i trä.

Sedan 1994 har det hänt mycket inom träbyggandet och allt fler höga byggnader uppförs i trä. Förutom att vara ett bra konstruktionsmaterial lyfts de klimatpositiva egenskaperna hos trä jämfört med material som betong och stål allt oftare fram.

Livscykelanalysen, vilken används i jämförelsen av olika material, har under de senaste åren blivit allt mer välutvecklad och exakt.

I skrivande stund överväger man på nationell nivå – Boverket, att komplettera byggreglerna så att även miljöpåverkan från de ingående materialen samt byggprocessen tas med som en parameter och på EU-nivå tas just nu ett frivilligt ramverk fram för att rapportera miljöpåverkan från byggnaders hela livscykel.

Denna skrift har två huvudsyften. Ett är att visa hur trä som byggnadsmaterial förhåller sig till andra byggnadsmaterial miljömässigt, där metoden att göra det är livscykelanalys, vilken också läsaren introduceras i. Det andra är hur trä funktionellt skiljer sig från andra material och vad en beställare bör tänka på i olika skeden av byggprocessen. Detta kompletteras med några goda exempel på samtida träbyggnadsprojekt.

Inom EU ses en ökad användning av träprodukter som en väsentlig del för att minska klimatpåverkan från byggsektorn. Detta lyfts också fram av IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change). Utöver klimat- och naturresursvinster finns det studier som visar att ökad användning av träbaserade produkter även kan ge ekonomiska och sociala vinster.

Projektet är initierat och finansierat av Sveriges Kommuner och Landstings FoU-fonder för kommunernas och landstingens fastighetsfrågor. Rapporten är författad av Susanna Elfors, Sustopia. Simon Imner på Sveriges Kommuner och Landsting har varit projektledare.

Stockholm januari 2017

Gunilla Glasare

Avdelningschef

Avdelningen för tillväxt och samhällsbyggnad

Peter Haglund

Sektionschef

Innehåll

1. Inledning	5
1.1 Bebyggelsens beroende av fossila bränslen	5
1.2 Bebyggelsens klimatpåverkan	6
1.3 Annan miljöpåverkan från byggmaterial och bebyggelse	7
2. Trä, betong och metall i byggnadsstommar	8
2.1 Trä	8
2.2 Betong	8
2.3 Metall	8
3. Från vaggan till graven – en jämförelse mellan olika material i en byggnad från byggvara till rivning	9
3.1 Något om svårigheten med LCA för en byggnad	9
3.2 Materialjämförelse	10
3.3 Energianvändning under byggfasen	10
3.4 Drift och underhåll	11
3.5 Rivning och det som sker därefter	12
4. Vad är en livscykelanalys?	13
4.1 Standarder för LCA	13
4.2 Systemgränser är viktiga	14
4.3 Svårt att jämföra byggnader med varandra	15
4.4 Tidsperspektivet spelar roll	15
4.5 Markrelaterade systemgränser	16
4.6 Att beräkna elproduktion	16
4.7 Att mäta klimatpåverkan är inte helt enkelt	16
4.8 Viktigt att välja rätt data	17
5. Slutsatser	18
6. Några moderna trähus	19
6.1 Alpha och Bravo i Videum Science Park Växjö	19
6.2 M- och N-husen, Linnéuniversitetet Växjö	20
6.3 Mälardalens Universitetsbibliotek	22
6.4 Tamediahuset i Zürich	23
Checklista: Att tänka på när man bygger i trä utöver miljö- och klimatpåverkan	24

1. Inledning

Bebyggelsen förbrukar mycket naturresurser. Den påverkar också miljö och klimat i stor utsträckning. Vi behöver därför ställa om och förändra hur vi bygger, hur vi brukar bebyggelsen och vad vi gör med byggnaden när den rivs.

En väg till en mer hållbar bebyggelse kan vara att bygga en större andel träbaserade hus. Ny teknik har gjort det möjligt att bygga höga hus och även stora broar med trästommar.

Många upplever det som estetiskt tilltalande att husen kläs med träfasader eller att träkonstruktionerna visas upp. Modernt träbyggande har blivit alltmer populärt och tekniska högskolor ger numera kurser i urban träarkitektur.

Men hur bra är träbyggande egentligen ur ett klimat- och resursperspektiv?

För att ta reda på detta har Sveriges Kommuner och Landsting (SKL), med finansiering via FoU-fonden Offentliga fastigheter, låtit forskare på Linnéuniversitetet i Växjö göra en sammanställning där forskningsstudier av trä- respektive icke träbaserade byggnader jämförs med varandra med avseende på klimatpåverkan och resursförbrukning. *Climate impacts of wood vs. non-wood buildings* är den forskarrapport som ligger till grund för denna skrift.

Eftersom många olika faktorer bidrar till klimatpåverkan och resursförbrukning görs jämförelsen ur ett brett perspektiv. Vi får följa byggnaden från materialens ursprung via driftsfasen till dess att byggnaden rivs, det vill säga under hela byggnadens livscykel. En metodik för sådana studier är en så kallad *livscykelanalys*. I denna skrift görs en översiktlig genomgång av vad en livscykelanalys är och vilka olika utmaningar som finns med en sådan. För den som vill ha en djupare förståelse av metodiken hänvisas till forskarrapporten som nämns ovan och annan litteratur i ämnet.

Andra aspekter än klimat och naturresursförbrukning tas inte upp i den här skriften, annat än översiktligt. Skriften behandlar därmed *inte* brandsäkerhet, kostnad eller estetik, utom i checklistan på slutet. Checklistan är baserad på SKL-rapporten *Mod att bygga i trä*. Den gör inte heller anspråk på att vara heltäckande, för den som vill fördjupa sig i andra aspekter rekommenderas *Mod att bygga i trä* eller annan litteratur om träbyggande.

Skriften avslutas med några exempel på stora offentliga träbyggnader som inspiration.

1.1 Bebyggelsens beroende av fossila bränslen

Enligt en beräkning gjord år 2015 av olje- och gasbolaget BP, räcker den globala oljereserven i 53 år, fossilgasen i 54 år och kolreserven i 110 år. Samtidigt visar energiscenarier av IEA (International Energy Agency) att energianvändningen kommer att öka om vi fortsätter på den inslagna vägen. Prognosen visar också att användningen av fossila bränslen kommer att dominera energisektorn åtminstone fram till år 2035.

Ekvationen går inte ihop. Våra fossila bränslereserver är ändliga men ändå ökar användningen av dem enligt prognosen. För att undvika mycket negativa konsekvenser i framtiden måste vi därmed minska beroendet av fossila bränslen inom kort, vilket i sin tur innebär en stor omställning.

I Sverige är andelen förnybar energi betydligt större än i resten av Europa, men det räcker inte, då målet är att bli helt fossilbränslefritt år 2030. En viktig del i

strategin för att nå målet är att minska bebyggelsens användning av energi samt att övergå till förnybara energi- och materialresurser.

Byggsektorn står idag för ungefär en tredjedel av den globala energianvändningen. Bostadssektorn och servicesektorn står för ungefär 38 procent av den slutgiltiga energianvändningen i Sverige. Genom att minska den byggda miljöns energianvändning bidrar samhället till en minskad användning av fossila bränslen.

1.2 Bebyggelsens klimatpåverkan

Det finns en ökad enighet bland forskarna om att så kallade växthusgaser (koldioxid, metan, dikväveoxid, ozon, vattenånga med mera) påverkar det globala klimatsystemet och att temperaturen redan har ökat med ungefär en grad jämfört med förindustriell tid. Om användningen av fossila bränslen inte minskar riskerar temperaturen att stiga med två grader eller mer, kanske upp till 4,8 grader, enligt klimatforskningsorganet IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). IEA har tagit fram scenarier som pekar på en temperaturhöjning med upp till 3,6 grader om utsläppen fortsätter öka i samma takt som nu.

För att undvika en farlig utveckling ska temperaturen inte stiga mer än två grader. En temperaturökning utöver detta innebär en stor risk för ekologiska system och kan också hota vår infrastruktur och ekonomi. Under klimatmötet i Paris, COP21, ingicks ett avtal om att ökningen av den globala temperaturen ska vara klart lägre än 2 grader. Det kommer att kräva radikala förändringar i globala energi- och materialsystem.

Energianvändningen i bebyggelsen beräknas stå för ungefär 19 procent av de totala globala koldioxidutsläppen. Utöver energianvändningen uppstår utsläpp bland annat i samband med framställning av byggmaterial som exempelvis cement. Ur såväl resursperspektiv som klimatperspektiv är det viktigt att effektivisera energianvändningen och att ersätta fossila energikällor med förnybara sådana.

Inom EU har flera initiativ tagits för att minska energianvändningen och klimatpåverkan från byggnader. Ett sådant är EU 20-20-20, som är ett mål om att minska klimatutsläppen med 20 procent (under 1990 års nivåer), och att öka andelen förnybara bränslen med 20 procent fram till år 2020. Dessutom finns det ett EU-direktiv om energiprestanda för byggnader som innebär att medlemsländerna sätter minimikrav för byggande. I Sverige är målet att energieffektivitet och smarta konstruktioner ska minska den totala energianvändningen per uppvärmd yta med 20 procent till 2020 och 50 procent till år 2050 (utifrån 1995 års nivå).

Det finns också en stor potential i att öka byggnaders energieffektivitet och därmed minska såväl klimatutsläpp som naturresursanvändningen. Det är ofta kostnadseffektivt eftersom kostnaderna för energieffektiviseringsåtgärder till stor del vägs upp av de minskade kostnaderna för inköp av energi. Det finns också en mängd olika strategier för att öka energieffektiviteten, från minskat uppvärmningsbehov till ökad användning av förnybara byggmaterial och en mer effektiv användning av uttjänta byggmaterial. För att hitta energieffektiviseringspotentialer kan analyser av byggnadens klimat- och miljöpåverkan samt energianvändning under hela livscykeln spela en viktig roll.

1.3 Annan miljöpåverkan från byggmaterial och bebyggelse

Byggmaterial och bebyggelse påverkar även annat än klimatet. Till exempel har bebyggelsen av förståeliga skäl stor inverkan på hur vi använder marken. Det gäller inte bara vid byggande utan även i andra faser av byggnadens livscykel, inte minst i samband med tillverkning av byggmaterial. För träbyggandets del påverkas till exempel skogsmarken av hanteringen av den skog som blir till trä. Markskador vid oförsiktigt skogsbruk är ett exempel. När det gäller betongproduktion kan uttag av ballastmaterial påverka markanvändningen. Metallutvinning för till exempel stålkonstruktioner kan ha stor påverkan på marken i gruvområdet.

Vid en bedömning av byggnaders miljöpåverkan tillkommer även aspekterna: påverkan på ozonlagret, försurning, övergödning, resursförbrukning och avfall.

2. Trä, betong och metall i byggnadsstommar

Betong är idag det vanligaste materialet för byggnadsstommar i större svenska hus, följt av trä och metall. Det finns fördelar och nackdelar med respektive material och här följer en kort genomgång av de olika materialen. I nästa kapitel kommer vi att titta närmare på de olika materialens klimatpåverkan samt hur användandet av dem bidrar till förbrukning av naturresurser.

2.1 Trä

I vårt skogrika land har trähus länge varit en självklarhet när det gäller småhus. Förr byggdes även städer i trä men stora stadsbränder på 1800-talet medförde att det blev förbjudet att bygga trähus högre än två våningar under en period på hundra år. Därmed kom byggnader i betong och stål att bli standard. Först på 1990-talet blev det åter tillåtet att bygga högre hus i trä.

Sedan dess har storskaligt och industriellt träbyggande blivit alltmer populärt i Sverige. Ny teknik gör det möjligt att bygga även broar och andra konstruktioner i trä. Det material som används är till exempel korslimmat massivträ, limträ och laminerat fanérvirke. Träets fördelar är att det är lätt att tillverka och bearbeta. Inom områdena brand, röta och mögel, rörelser i materialet (krympning och svällning), stabilitet och akustik krävs extra uppmärksamhet eftersom träet beter sig annorlunda än t.ex. betong.

Trä anses också ha god miljöprestanda då det är ett förnybart material. Efter att en byggnad rivs kan träet återbrukas eller återvinnas. Hur bra klimatprestandan är i förhållande till andra material ska vi återkomma till i nästa kapitel. Där görs en genomgång av aktuell forskning.

2.2 Betong

Det i särklass vanligaste materialet för byggnadsstommar i flerbostadshus är betong. Det är ett mångsidigt och hållfast material med lång livslängd. Det möglar inte och har god motståndskraft mot brand samt jämnar ut inomhusklimatet genom att absorbera värme dagtid och avge värme nattetid. Däremot orsakar betong stora koldioxidutsläpp. Cementtillverkningen i världen står för 5 procent av de globala koldioxidutsläppen. En del av dessa utsläpp absorberas dock när betongen vittrar. Vi ska återkomma till det senare.

2.3 Metall

Stål förekommer också i byggnadsstommar. Då används ofta konstruktionsstål som är en legering av järn, kol, mangan och kisel. Andra metaller som används är aluminium, titan och magnesium. Ibland kombineras stål med armerad plast. I USA används det ofta till höghus av olika slag. Ett svenskt exempel på en byggnad med stålstomme är Wenner-Gren Center i Stockholm. Metall har god hållfasthet men liksom betong krävs det mycket energi vid utvinning som därmed ofta leder till stor klimatpåverkan.

3. Från vaggan till graven – en jämförelse mellan olika material i en byggnad från byggvara till rivning

För att kunna beräkna miljöpåverkan, energianvändning och resursbrukning för en byggnad görs en LCA – en livscykelanalys. Det innebär oftast att man beräknar klimatpåverkan med mera under byggnadens hela livscykel, från *vaggan till graven*, även om det också finns LCA-analyser för delar av en byggnads livscykel.

I det här kapitlet jämförs träbaserat byggande med byggnader baserade på metall och betong utifrån ett livscykelperspektiv där klimatpåverkan samt energianvändning och resursförbrukning ingår.

3.1 Något om svårigheten med LCA för en byggnad

Att göra en LCA-analys är långt ifrån enkelt då en byggnad är mycket komplex – betydligt mer komplicerad än en möbel eller ett klädesplagg. Det blir ännu mer komplext om LCA-analysen, som i detta fall, handlar om att jämföra olika alternativa material i en byggnad. Då är det inte bara byggmaterialet i sig som analyseras, utan också hur materialet påverkar energianvändningen under driftsfasen. Vad är till exempel mest energieffektivt under driftsfasen; är det trä, metall eller betong? Vi återkommer till det.

Även om det är svårt att göra en LCA-analys krävs en sådan för att få en bra uppfattning om olika materials klimatpåverkan och resursförbrukning. Därför har det gjorts flera LCA-analyser med syfte att jämföra träbaserade byggnader med andra byggnader.

Faktaruta: Livscykelanalys – LCA

En LCA för en byggnad och dess byggmaterial brukar delas in i följande faser:

Materialjämförelse

Det handlar om själva materialet, hur det utvinns och hur det påverkar miljön och resursförbrukningen.

Produktionsfasen

Här beräknas klimat- och miljöpåverkan, energianvändning och resursförbrukning under byggnationen.

Driftsfasen

Här beräknas hur materialet påverkar energianvändningen under själva drift- och bruksfasen samt vilken klimat- och miljöpåverkan som då sker. Här ingår också underhåll och renoveringar.

Slutfasen

Här tittar man på hur materialet påverkar miljön vid rivning och efter att det har rivits. Analysen påverkas av vad som görs av materialet, det vill säga om det återanvänds, återvinns eller läggs på deponi.

3.2 Materialjämförelse

Flera LCA-studier visar att trä som byggmaterial har betydligt mindre klimatpåverkan än andra material om träet kommer från ett hållbart skogsbruk. Det kräver också mindre energi vid utvinning och tillverkning än stål och betong. Detta innebär att användningen av fossila bränslen under produktionen av byggmaterialet är lägre.

En viktig faktor för att trä ska vara ett klimatsmart byggmaterial är att det utvinns från ett hållbart skogsbruk. Det innebär bland annat att avverkningen av skog inte överstiger skogstillväxten. Om avverkningen av skog är större än skogstillväxten blir klimatpåverkan större.

I Sverige har skogstillväxten varit betydligt högre än skogsavverkningen. Därför lagrar svenska skogar mer kol och bidrar till en minskad klimatpåverkan. Att bygga hus i trä innebär också att byggnaden lagrar kol under sin livslängd och om trä materialet efter rivning och eventuell återanvändning slutligen används för energiutvinning kan användningen av fossil energi minskas.

Under byggskedet (produktionsfasen) har trä enligt flera forskningsstudier lägre klimatpåverkan. Enligt en studie kan man genom att använda trä istället för andra material minska koldioxidutsläppen med upp till 15 kg koldioxid per kg trä som används.

Trä som byggmaterial ger enligt studierna också andra miljövinster såsom minskad resursförbrukning, mindre föroreningar av luft och vatten samt mindre byggarbavfall.

Faktaruta: Karbonatisering minskar betongens klimatpåverkan på sikt

För att kunna jämföra de olika materialen krävs att man har ett långsiktigt perspektiv där olika faktorer påverkan vägs samman. En faktor att beakta är så kallad karbonatisering. Karbonatisering är den process som påbörjas när betong reagerar med koldioxiden i luften. Koldioxiden reagerar då med betongens kalciumhydroxid och bildar så kallat kalciumkarbonat.

Karbonatisering är egentligen en oönskad process som långsamt förstör betongen – samtidigt som den tar upp koldioxid. Upptaget av koldioxid är dock lägre än den mängd koldioxid som släpptes ut i samband med tillverkningen. Under en byggnads bruksfas på cirka 80-100 år tas ca 15 procent av ursprungsutsläppen upp. Karbonatiseringen kan ökas väsentligt om betong krossas då huset rivs och läggs på upplag så att materialet utsätts för luft.

Flera LCA-studier har studerat klimatpåverkan från trämaterial över flera skogsrotationer (den tid det tar att plantera träd, låta dem växa upp och sedan avverka dem). Dessa scenarier visade att träbyggnader har lägre koldioxidutsläpp än motsvarande byggnader i andra material. Det har också visat sig att det krävs mindre energi för att tillverka byggmaterial av trä. Energivinsten blir ännu tydligare om materialet efter rivning används för energi och om det spillmaterial som uppstår i samband med att byggmaterialet produceras också används för energi. Utnyttjas trä i stora moderna energianläggningar blir också utsläppen av partiklar, kväve- och svaveldioxid mycket låga.

3.3 Energianvändning under byggfasen

Hur stor energianvändningen, resursanvändningen samt klimatpåverkan vid produktionen av byggnaden blir beror på en mängd olika faktorer. Det handlar om platsens förutsättningar (lokalt klimat med mera), vilken sorts energisystem som används och vilka byggmetoder som tillämpas.

I en större studie undersöktes 73 bostads- och kontorsbyggnader i tretton länder i Asien, Australien, Nordamerika, norra Europa och Centraleuropa. Det visade sig att energianvändningen i samband med produktionsfasen stod för 10-20 procent av den totala energianvändningen. Även en svensk studie visar på ett liknande resultat.

Det finns en annan svensk studie som visar att byggfasen står för 45 procent av energianvändningen för lågenergihus, alltså en mycket större del än för konventionella hus. Ju mer energieffektiva husen är desto större andel av energianvändningen sker vid produktionen. Notera dock skillnaden i betraktelsesätt – även om byggfasen står för större *relativ* energianvändning så är oftast syftet med lågenergibyggnader att minska den totala energianvändningen mätt över hela livscykeln jämfört med konventionella byggnader.

En kanadensisk studie visar att klimatpåverkan under själva byggfasen är något lägre för byggnader med stålkonstruktioner än de med träkonstruktioner, men skillnaden är liten. Betong är betydligt mer energikrävande och har större klimatutsläpp. Detta stämmer överens med en svensk studie som visar att energianvändningen för att producera en byggnad med trästomme är ungefär hälften mot ett jämförbart alternativ med en betongstomme.

3.4 Drift och underhåll

Under driftsfasen används energi huvudsakligen för att värma byggnader och tappvarmvatten och för elektrisk utrustning. Avgörande för koldioxidutsläppens storlek är vilka energikällor och energitillförselsystem som används vid uppvärmning och elanvändning.

Ofta beräknas energianvändningen i driftsfasen genom simuleringar där resultaten är beroende av gjorda antaganden. Därför kan verklig energianvändning avvika markant från beräknade värden. Energieffektivisering av befintliga byggnader kan medföra en kraftig minskning av energianvändningen under driftsfasen och därmed också resursanvändning och klimatpåverkan.

Faktaruta: Termisk massa

När det gäller byggmaterialets inverkan på energianvändningen i driftsfasen brukar man prata om den termiska massans betydelse. Det är en benämning som används för att beskriva ett byggnadsmaterials förmåga att lagra värme. Hur effektivt värme lagras beror på flera olika faktorer förutom den termiska massan såsom det lokala klimatet, byggnadens orientering, storleken på fönster, byggnadens värmeisolering, hur ventilationen och uppvärmningssystemet fungerar samt hur huset används.

Ett vanligt antagande är att tunga stommar bidrar till en lägre energianvändning i driftsfasen. Jämförande studier av byggnader med olika termisk massa har därför genomförts, men dessa visar på ganska små skillnader. Resultaten är inte heller entydiga och sambanden är komplexa. En del studier indikerar att andra faktorer än byggnadsmaterialet påverkar mer, till exempel det lokala klimatet eller hur energieffektiv byggnaden är.

Studier som genomförts i ett nordiskt klimat visar att den termiska massan har en liten påverkan på energianvändningen för flerbostadshus och att andra faktorer innebär att fördelarna med trä är betydligt större än betongens förmåga att hålla kvar värme.

3.5 Rivning och det som sker därefter

I flera livscykelanalyser av byggmaterial saknas rivningsfasen och i några har det antagits att materialet läggs på deponi. *Att lägga trämaterial på deponi är dock förbjudet i Sverige.* Det ger utsläpp av metan, som är en 25 gånger starkare växthusgas än koldioxid. Genom att återvinna energi från trämaterial kan fossil energi ersättas vilket ger klimatvinster. Energiutvinning från trä ger större klimatvinst än återvinning av stål eller betong.

I Sverige återvinns idag i princip allt byggmaterial. Om det inte återanvänds används det för energiutvinning. Stål blir ofta till nya stålprodukter, betong blir till fyllning och trä används huvudsakligen för energiutvinning. Ett sätt att öka resurseffektiviteten ytterligare är att återanvända träet innan det används för energiutvinning. I Frankrike är återbruk av trä vanligt.

4. Vad är en livscykelanalys?

Att göra en LCA av en byggnad är som nämnts mer komplext än för många andra produkter. En byggnad har en lång livslängd med påverkan under olika delar av livscykeln. En mängd olika aktörer är involverade, från arkitekter och byggare till förvaltare och brukare. Vidare är byggnader komplexa system med många komponenter och funktioner som är länkade till olika typer av energiförsörjning under olika delar av livscykeln. Därför är det viktigt att välja väl avvägda systemgränser och att arbeta systematiskt.

I detta kapitel beskrivs i korthet standarder för LCA, vad som ingår och några saker man bör tänka på. Detta är dock inte en heltäckande beskrivning av LCA-metodik. För den som är intresserad av fördjupning rekommenderas *Climate impacts of wood vs. non-wood buildings* som ligger till grund för denna skrift.

Faktaruta: LCA – livscykelanalys

För att kunna mäta energianvändning, resursförbrukning samt klimat- och miljöpåverkan av en produkt används ofta begreppet LCA. Det kommer av engelskans Life Cycle Assessment, livscykelanalys.

4.1 Standarder för LCA

Det finns två ramverk för LCA: ISO 14040:2006 och 14044:2006. Där finns riktlinjer för hur man går tillväga och vad som ska finnas med i en LCA. Det är bland annat sannolikhet för global uppvärmning, försurning, övergödning, minskning av ozonlagret, humantoxicitet och resursförbrukning.

Vid fokus på global uppvärmning används begreppet *kolfotavtryck*. Det är en analys som enbart uppskattar en byggnads eller en produkts påverkan på den globala uppvärmningen. Riktlinjer för att kvantifiera kolfotavtryck finns i ISO/TS 14067 och baseras på ovanstående standarder. Enligt ISO/TS 14067 ska en vetenskaplig metodik användas för att uppskatta kolfotavtrycket med fokus på relevans, fullständighet, konsistens, noggrannhet och transparens för hela livscykeln.

Faktaruta: Vad ingår i en LCA?

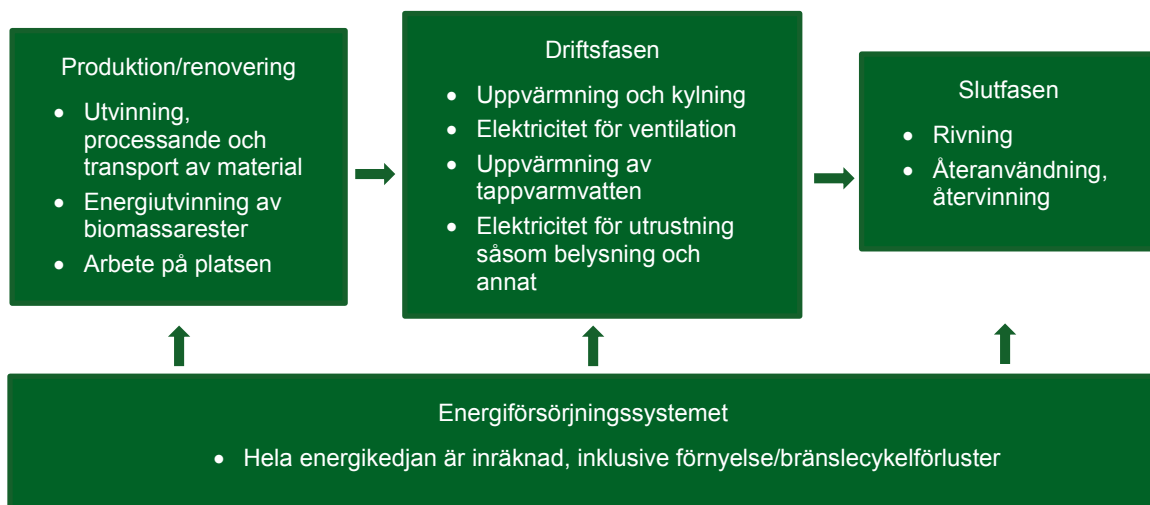
I en LCA brukar man använda följande indikatorer:

Indikatorer som beskriver miljöpåverkan och risken för:

- Global uppvärmning.
- Minskning av det stratosfäriska ozonlagret.
- Försurning av jord och vatten.
- Övergödning.
- Bildning av troposfäriskt ozon.
- Minskning av icke-levande fossila resurser.
- Minskning av ej fossila icke-levande resurser.

Indikatorer som beskriver resursanvändning, användning av:

- Förnybar primär energi (utöver förnybar primär energi som används som råmaterial).
- Förnybara primärenergiresurser använda som råmaterial.
- Förnybara primärenergiresurser, totalt.
- Icke förnybara primärenergiresurser använda som råmaterial.
- Andrahandsmaterial.
- Förnybara andrahandsbränslen.
- Icke förnybara andrahandsbränslen.
- Färskvatten.



Figur 1. Nyckelaktiviteter i en LCA eller en kolfotavtrycksanalys av en byggnad.

4.2 Systemgränser är viktiga

I en LCA-analys av byggnader är det viktigt att alla faser i livscykeln beaktas, från produktion till rivning och det som sker därefter.

Den primära energianvändningen för en LCA påverkar miljön på en mängd olika sätt. Därför är det viktigt att ha vida gränser för att få med väsentlig miljö- och klimatpåverkan, men gränserna får inte vara så vida att analysen blir onödigt omfattande utan att tillföra väsentlig information.

Faktaruta: Primärenergi och sekundär energi

Primär energi är den energi som människan inte har omvandlat. Den kommer från primära energikällor i den form de tillförs ett energisystem. Källorna kan vara fossila bränslen som kol eller olja – eller förnybara bränslen som trä.

Sekundär energi är primära energikällor som har omvandlats, exempelvis elektricitet eller förädlade bränslen som bensen och diesel.

Under produktionsfasen bör olika aktiviteter ingå – alltifrån markanvändning vid skörd av skog eller utvinning av metall till energiåtgång och utsläpp i samband med industriprocesser.

I en LCA bör det också ingå att studera vad som händer med det spillmaterial som blir över vid skogsskörd samt vid tillverkning av byggmaterial av trä. För betong eller metall bör utvinningen ingå samt de koldioxidutsläpp som sker i samband med tillverkning av byggmaterialet. Det bör också beaktas att betong under sin livstid absorberar koldioxid i karbonatiseringsprocessen, vilket minskar kolfotavtrycket.

Hur materialproduktionen påverkar miljö och klimat beror också på var det produceras och vilken teknik som används. När det gäller själva byggnaden påverkas resultatet av om byggnaden konstrueras på plats eller inte, vilken konstruktionsmetod som används samt vad det är för typ av byggnad med mera.

Under driftsfasen kan hänsyn behöva tas till att energimodelleringar kanske inte stämmer överens med den verkliga användningen av energi. Till exempel visade en studie att energianvändningen var 19 procent högre i verkligheten än vad modellerna indikerade.

4.3 Svårt att jämföra byggnader med varandra

Det är svårt att jämföra olika byggnader. Ett sätt är att enbart titta på materialen men det är oftast inte tillräckligt. Det är också svårt att jämföra samma mängd av olika material då till exempel ett kg timmer inte har samma funktion som ett kg stål. Olika komponenter i en byggnad samverkar också på ett komplext sätt. I en LCA eller ett kolfotavtryck bör man därför studera hela byggnaden.

Byggregler kan användas som ett sätt att mäta funktioner i en byggnad. Byggnader som uppfyller reglerna för till exempel brandsäkerhet kan då anses vara funktionellt jämförbara. Problemet med detta tillvägagångssätt är dock att byggregler enbart är minimistandarder och att en byggnad kan ha högre prestanda än vad reglerna kräver. Därför ska man vara försiktig med att använda byggregler som ett sätt att mäta en byggnads funktion.

4.4 Tidsperspektivet spelar roll

En viktig fråga i en LCA är vilket tidsperspektiv som väljs. När det handlar om byggnader är ett långt tidsspänn att föredra, ett som inkluderar hela livscykeln men även eventuell påverkan efter byggnadens livscykel. Det är svårt att veta hur länge en byggnad kommer att stå, ofta beror det mer på om byggnaden är ekonomiskt lönsam än på hur länge materialen håller. I genomsnitt står en byggnad cirka 80 år.

För träprodukter behöver hänsyn tas till skötseln av skogen från skogsplantering till skörd och för betong måste man ta hänsyn till karbonatiseringen.

Som tidigare nämnts är karbonatisering en process där kalciumet i cement binder koldioxid. Hur fort det går beror på många olika faktorer: En faktor är hur den cement som används för betongen tillverkats, en annan är temperatur och fuktighet i omgivningen eller hur betongen exponeras. Karbonatiseringen ökar till exempel om återvunnen betong från rivningsmaterial krossas och utsätts för luft.

Om skogsrotationen, det vill säga tiden från att ett träd planteras till att det avverkas, och karbonatisering ska räknas in, bör en LCA inkludera en längre tidsperiod än byggnadens livslängd.

4.5 Markrelaterade systemgränser

Vid studier av träbaserade produkters klimatpåverkan behöver skogsproduktionen beaktas i analyserna. Om mer skog produceras, vilket nu är fallet i Sverige, bidrar det till ökat upptag av koldioxid. Om vi ska bygga i trä krävs dock mer skog än vid ett alternativ som innebär att vi använder betong och stål. Detta är svårt att hantera i en LCA och det finns flera olika tillvägagångssätt. Ett sätt är att anta att en ökad användning av trämaterial kan täckas genom en mer intensiv skogsproduktion eller plantering på mark som inte tidigare använts för skogsproduktion. Ett annat sätt är att anta att ett lika stort skogsområde är tillgängligt för både trä- och icke träbaserade system och att den skog som inte behövs, till exempel vid betongbaserat bygge, lämnas orörd.

4.6 Att beräkna elproduktion

Hur elproduktionen bedöms inverka på utsläppen av växthusgaser i en LCA påverkar det resultat som erhålls. Det finns främst två angreppssätt, det ena är att räkna på genomsnittsel och det andra att räkna på marginalet. Genomsnittsmetoden beaktar utsläpp per enhet levererad elektricitet, baserat på en genomsnittlig mix från en region eller ett land. Metoden återspeglar inte de förändringar som uppstår i elproduktionen på grund av en förändrad elanvändning. Marginalmetoden beaktar marginalförändringar i elförsörjningssystemet och uppskattar utsläppen av växthusgaser utifrån en enhetsförändring i efterfrågan på el.

En diskussion i LCA-litteraturen handlar om hur valet av metod påverkar resultatet. Vid förändrad elanvändning på grund av till exempel byte från elvärme till fjärrvärme, behöver metoden på ett bra sätt återspegla hur förändringen påverkar utsläppen av växthusgaser från elproduktionen. Marginalmetoden visar konsekvenserna av förändringar som exempelvis en ökad eller minskad elanvändning medför.

4.7 Att mäta klimatpåverkan är inte helt enkelt

Växthusgasutsläpp är inte helt lätta att uppskatta då det inte är tillräckligt att mäta dem. Den atmosfäriska dynamiken har nämligen betydelse för om växthusgasutsläppen bidrar till ett varmare klimat.

I många LCA-analyser används en metod där alla utsläpp av växthusgaser summeras över livscykeln, oavsett när de uppstår. Denna metod tar därmed inte hänsyn till den atmosfäriska dynamiken. Det gör däremot så kallad *strålningsdrivning* (Radiative Forcing), som visar i vilken utsträckning växthusgaserna påverkar klimatet. Strålningsdrivning är ett mått på obalansen mellan ingående

och utgående strålning mot jorden. Summerad över tid erhålls den *ackumulerade strålningsdrivningen* (Cumulative Radiative Forcing) vilket är ett mått på den energi som fångas upp på jorden vid ökad halt av växthusgaser i atmosfären. Positiv ackumulerad strålningsdrivning innebär uppvärmning medan negativa värden innebär nedkylning. Växthusgasbalansen är ett mindre komplext mått än ackumulerad strålningsdrivning som dock inte helt tar hänsyn till den atmosfäriska dynamiken av växthusgaserna och hur det påverkar jordens klimat.

4.8 Viktigt att välja rätt data

Det krävs bland annat tillförlitliga indata för att få korrekta resultat från en LCA. Det är inte alltid helt lätt att åstadkomma. Indata kan saknas och variera i olika databaser. Det gäller till exempel att veta när uppgifterna samlades in, var de samlades in och vilken metodik som användes vid datainsamlingen. När data inte är tillgängliga får man använda uppskattningar. Det är därför viktigt att göra en känslighetsanalys för att se hur signifikant resultaten påverkas av osäkerhet i data.

5. Slutsatser

Trots svårigheten att göra en rättvisande LCA av byggnader på grund av deras komplexitet, visar resultaten av de forskningsstudier som sammanfattas i denna skrift tydligt att *träbyggande har en betydande potential för att minska klimatpåverkan och öka användningen av förnybara naturresurser*.

Flera studier visar att trästommar och annat byggmaterial av trä har en mindre klimatpåverkan än motsvarande material i betong och metall vid ett hållbart skogsbruk. Spillprodukter i form av träbiomassa bör dock inte deponeras. Träet kan återbrukas eller återvinnas efter rivning men bör slutligen användas för energiändamål.

Nya studier visar även att produktionsfasen är mer betydelsefull än vad som framgått tidigare. Detta gäller särskilt lågenergibygnader där energianvändningen är betydligt mindre under driftsfasen och högre under produktionsfasen jämfört med byggnader uppförda efter dagens byggnorm. Det är därför viktigt att använda ett livscykelperspektiv när klimatpåverkan och energianvändning ska analyseras för byggnader.

I EU ses en ökad användning av träprodukter som väsentlig för att minska klimatpåverkan. Det lyfts också fram av IPCC.

Utöver klimat- och naturresursvinster finns det studier som visar att ökad användning av träbaserade produkter kan ge ekonomiska och sociala vinster.

Det finns andra frågor som måste lösas på olika sätt och som inte behandlas här. I slutet av denna skrift finns därför en checklista som kortfattat tar upp olika aspekter av träbyggande. Checklistan är baserad på skriften *Mod att bygga med trä* som också är utgiven av SKL.

En viktig slutsats i skriften *Mod att bygga med trä* är att det behövs inspirerande exempel. Hur bygger vi vackra, hållbara och välfungerande stora trähus? I nästa kapitel kommer några exempel. Läs och njut!

6. Några moderna trähus

Det har på senare år utvecklats innovativa tekniker för design och konstruktion av flervåningshus i trä med förbättrat brandskydd, akustik och stabilitet. Kombinationer av olika träprodukter som korslimmat massivträ och olika limträprodukter har bidragit till utvecklingen och byggandet av stora trähus.

Här presenteras några träbaserade energieffektiva offentliga byggnader. I dagsläget är sådana byggnader ganska ovanliga; det finns många exempel på flerbostadshus av trä men få exempel på offentliga träbyggnader. Kanske kan de byggnader som vi berättar om här inspirera till fler offentliga träbyggnader?

Faktaruta: Lågenergihus i trä

Att bygga lågenergi- eller passivhus blir alltmer populärt. Viktiga faktorer för att spara energi under driftsfasen är efterfrågestyrd ventilation, optimering av fönsterglas på fasaderna, effektiv belysning och utrustning samt god isolering. En studie visar att med sådana åtgärder kan energianvändningen i kontorsbyggnader minska med nästan 50 procent i förhållande till svenska byggregler.

För att byggnaden verkligen ska vara energieffektiv krävs dock att hela livscykeln beaktas och ett sätt att minska den totala energianvändningen är att bygga med trä. Flera studier visar att passiv/lågenergihus i trä fungerar utmärkt och att husen blir mer resurssnåla under hela livscykeln.

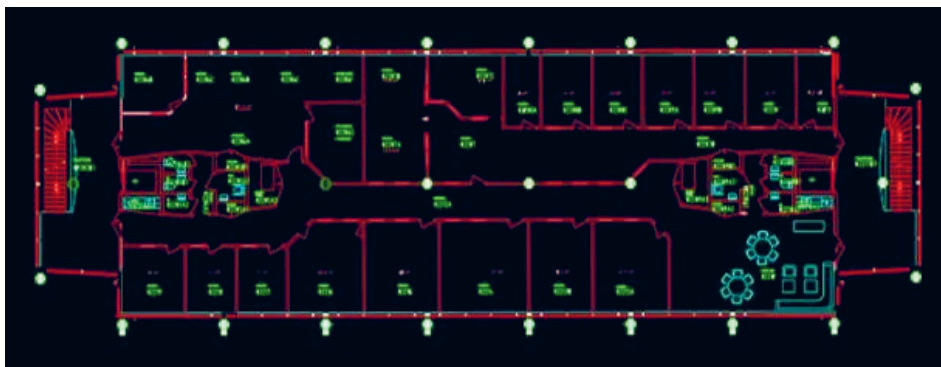
6.1 Alpha och Bravo i Videum Science Park Växjö

Alpha och Bravo är två fyrvåningshus med trästommar och trä- samt glasfasader i Videum Science Park i Växjö. Den uppvärmda ytan är på 3 396 kvm för Alpha och 3 981 kvm för Bravo.

I båda byggnaderna är källaren och grunden gjord av förstärkt betong medan resten av strukturen är av trä. Byggnaderna invigdes år 2002 och består huvudsakligen av kontor.



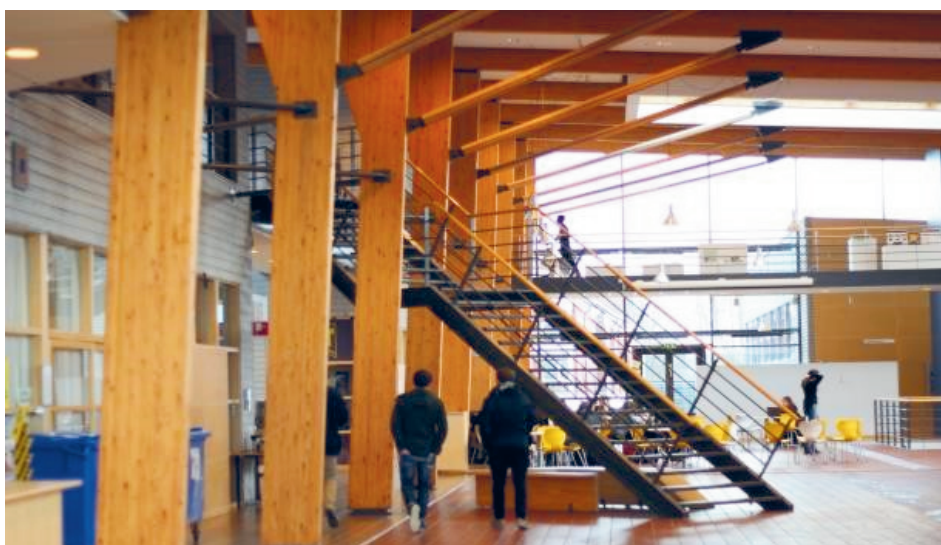
Figur 2. Alpha och Bravo i Videum Science Park, Växjö, fotografi



Figur 3. Alpha och Bravo i Videum Science Park, Växjö, ritning

6.2 M- och N-husen, Linnéuniversitetet Växjö

M-huset är en trevåningsbyggnad vid Linnéuniversitetet i Växjö. Byggnaden uppfördes 2002 och har en area på 11 300 kvm. Bottenvåningen består huvudsakligen av föreläsningssalar och den andra och tredje våningen av kontor och seminarierum. Byggnadens källare är under marknivån och fungerar som laboratorium och som utrymme för elektriska installationer och ventilationssystem. Fasaderna är av glas och träpanel.



Figur 4. M-huset, Linnéuniversitetet, Växjö

N-huset är också en byggnad för utbildning vid Linnéuniversitetet. Den har en area på 6 800 kvm och stod färdig år 2010. Byggnaden innehåller föreläsningssalar, seminarierum och kontor. Den är konstruerad med limträelement med pelarbalkssystem.



Figur 5. N-huset, Linnéuniversitetet, Växjö

6.3 Mälardalens Universitetsbibliotek

Biblioteket vid Mälardalens universitet byggdes år 2002. Det är ett trevåningshus med limträstomme. Huset har ekologisk isolering, är målat med lågemitterande färg och har energieffektiv belysning. Själva bibliotekshallen har glasfasader. Bredvid biblioteket finns en trevåningsbyggnad med putsfasad som innehåller arbetsrum, grupprum och lärosalar.



Figur 6. Mälardalens Universitetsbibliotek

6.4 Tamediahuset i Zürich

Tamediahuset är ett sjuvåningshus med trästomme i Stauffacher, Zurich, Schweiz. Det stod klart år 2013 och är byggt av prefabricerade timmerelement och har stora glasfasader. Huset har en yta på 8 905 kvm.



Figur 7. Tamediahuset i Zürich

Checklista:

Att tänka på när man bygger i trä utöver miljö- och klimatpåverkan

Trä är alltså ofta ett bra alternativ ur ett miljö- och resursperspektiv. Men vad ska man tänka på när man bygger i trä? Här kommer några tips från skriften *Mod att bygga med trä*.

Tänk nytt och involvera arkitekter och konstruktörer i ett tidigt skede

Att bygga med trästommar kräver andra metoder än till exempel stål och betong. Därför är det viktigt att kommunen går ut med riktlinjer. Genom att visa på goda exempel kan kommunen inspirera till ett ökat träbyggande. Det är också viktigt att diskutera tillvägagångssättet redan tidigt i projektet och att kunna tänka ”utanför normen”. Träbyggande innebär nya möjligheter där konstruktör och arkitekt involveras i hela processen.

Öka kunskanget om träbyggande

Det långa träbyggnadsförbudet gör att Sverige än idag ligger efter jämfört med andra länder och kunskapen hos byggherrar, arkitekter, beställare och tekniska konsulter är fortfarande relativt låg. Därför krävs det mer forskning och ökad kunskap om träbyggande i branschen. Det finns också mycket att lära av andra europeiska länder där träbyggandet har kommit längre.

Se till att undvika fukt under byggnadsprocessen

Trä är fuktkänsligt under byggnadsprocessen och det krävs därför ett bra väderskydd, till exempel ett tält. Även när byggnaden är uppförd är det viktigt att skydda den mot *fuktkonvektion*, vilket innebär att luft pressas genom otätheter i konstruktionen. Det kan leda till allvarliga skador och därför är luft- och ångtätande skikt och anslutningar väsentliga delar av en träkonstruktion.

Det är också viktigt att välja bra ventilationslösningar för att uppnå undertryck i lokaler med särskilt hög fuktighet. Fördelen med trä är dock att ingen fukt behöver ventileras ut från stommen, vilket kan behövas med betong.

Trä är brandsäkert om man gör rätt

Förr i världen var trähus inte brandsäkra men idag är byggnader med trästomme lika brandsäkra som andra byggnader om stommarna kläs in i brandtåliga material som gipsskivor. Det är också bra att ha sprinklersystem som skydd, att se till att inredningen är brandsäker och att skydda huset mot elfel och bränder av andra orsaker.

Viktigt att planera in en god ljudmiljö i ett tidigt skede

Ljud- och vibrationsfrågor är något svårare att hantera i byggnader med trästomme än med betongstomme. Därför är det viktigt att använda de rätta byggnadstekniska lösningarna såsom dubbelkonstruktioner i bjälklag och transmissionslister i anslutning mellan bjälklag och vägg. Detta innebär att bjälklagshöjden blir högre.

Det kostar inte mer att bygga i trä

Det är svårt att jämföra produktionskostnader mellan olika byggobjekt men generellt sett halveras byggnadstiderna vid modernt industriellt träbyggande. Flervåningshus för till exempel vård- och omsorgsboenden har visat sig vara mycket kostnadseffektiva. Träbyggandets tillväxt indikerar också att det är konkurrenskraftigt och tar marknadsandelar från byggande med andra material. Det har inte visat sig bli några skillnader i insatser eller hyror för trähus jämfört med andra typer av hus.

Kan trähus se ut hursomhelst?

Ja, det kan de. De kan lika gärna ha en putsad fasad som en träfasad. Samtidigt kan det finnas ett arkitektoniskt värde i att låta träet synas, dels för att visa hur huset är byggt men också för att påverka hur byggnaden upplevs.

Miljonprogram med träpåbyggnader, fungerar det?

Ja, trä kan fungera väl för på- och tillbyggnader. Det är en möjlighet att påverka områdets miljö och arkitektur. Det är inte lämpligt överallt men kan i vissa fall berika miljön.

Underhåll av trä lite annorlunda mot andra material

Alla byggnader måste underhållas, oavsett byggmaterial. Trä är ett levande material och lite annorlunda än andra material. Till exempel slits fasader på södersidan mer än på norrsidan.

Byggnadsstommens klimatpåverkan

Livscykelperspektiv på olika material

Träbyggande har en stor potential för att minska klimatpåverkan från byggsektorn. Denna skrift ger dig som läsare en inblick i kunskapsläget kring miljöpåverkan från olika typer av byggmaterial och introduktion till den metod som används för att beräkna detta – Livscykelanalys (LCA). Den lyfter även fram viktiga skillnader mellan trä och andra material.

Skriften innehåller också goda exempel på nyuppförda byggnader i trä samt checklistor över vad man som byggherre ska tänka på inför ett träbyggnadsprojekt.

Både träbyggande och användningen av LCA för att nå beställarens klimat- och miljömål är något som ökar starkt just nu.

Upplysningar om innehållet
Martin Wetterstedt, martin.wetterstedt@skl.se

© Sveriges Kommuner och Landsting, 2016
ISBN: 978-91-7585-350-5
Text: Susanna Elfors, Sustopia
Produktion: Birgitta Granberg, SKL
Tryck: LTAB

Beställ eller ladda ner på webbutik.skl.se ISBN 978-91-7585-350-5