

Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda

Underlagsrapport till kontrollstation 2015

För Energimyndigheten och Boverket

Martin Erlandsson & Daniel Pettersson

Författare: Martin Erlandsson & Daniel Pettersson
På uppdrag av: Energimyndigheten och Boverket
Rapportnummer: U 5176
Revidering: 27 maj 2015, första version daterad 10 maj 2015

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2015
IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90
www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning	45
Inledning	67
Nära-nollenergibyggnader	67
IVLs uppdrag och förutsättningar	67
Avgränsningar	78
Andra liknande projekt	89
Kort beskrivning av byggnaderna	910
Lågenergiutförande	910
BBR19-utförande	1011
Energiprestanda	1112
Livscykelanalys (LCA)	1213
Alla livscykelanalyser är inte entydiga	1213
Val av systemperspektiv	1213
Vi följer branschens standarder	1415
En LCA börjar med en inventering	1415
Inventeringsdata räknas om till miljöpåverkan	1617
Status av LCA för bedömning av byggnadsverks miljöprestanda	1617
Genomförande	1718
Från kalkyldata till LCA-resultat	1718
Miljödata för olika produkter	1819
Framtida energisystem	1920
Energiscenarier för 2030	1920
Beräkning av energins miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv	2021
Miljöansvar för olika slags flöden	2021
Underlagsdata från energistatistiken	2122
Framtida utsläpp från el och fjärrvärme	2223
Beräkningsantaganden	2627
Produktskedet (modul A1-3)	2627
Byggproduktionsskedet (modul A4-5)	2627
Underhåll och utbyte (modul B2 och B4)	2627
Driftsenergi (modul B6)	2627
Slutskedet (modul C1, C2)	2728
Resultat	2930

Flerbostadshus med betongstomme	2930
Småhus med lätt konstruktion och platta på mark	3132
Slutsatser och diskussion	3334
Förslag på tillkommande analyser	3536
Appendix: Överslagsberäkningar av framtida framledningsförluster i fjärrvärmenät	3637

Sammanfattning

På uppdrag av Energimyndigheten och Boverket har IVL Svenska Miljöinstitutet tagit fram ett underlag inför kontrollstation 2015 avseende nära-nollenergibygnader. IVL har i detta uppdrag varit underkonsult till Aktea som varit projektledare gentemot beställaren. Uppdraget omfattar en bedömning av byggnadernas klimatpåverkan baserad på livscykelanalysmetodik och ett framtidsscenario för driftens energianvändning.

Beställarna har valt ut tre befintliga byggnader med energiprestanda som är bättre än de som beskrivs i Boverkets energihushållningskrav version 19 (BBR19). Dessa byggnader används för att exemplifiera en möjlig nära-nollbyggnad vilket i fortsättningen benämns som en lågenergibygnad. De utvalda byggnaderna är befintliga hus som har byggts och ingår i en större utvärdering inom Kontrollstation 2015. Dessa lågenergibygnader har sedan modifierats av Projektengagemang (F1) och Boverket (S2), så att de klarar BBR19-kraven.

Miljöåterbetalningstid (MÅT), anger hur lång tid det tar få (tjäna) tillbaka den miljöpåverkan som den aktuella investeringen orsakat. Metoden motsvarar en ekonomisk återbetalnings-, pay-off- eller pay-back-tid.

I de beräkningar som görs här ställs den extra miljöpåverkan det innebär att bygga ett hus med bättre miljöprestanda i relation till driftsskedets minskade miljöpåverkan.

$$MÅT = \frac{\Delta \text{ byggnadsinvestering}}{\Delta \text{ energiprestanda}}$$
där Δ anger skillnad i miljöprestanda

Den tekniska prestandan på ett FTX-aggregat påverkas i stort sett inte dess bidrag till klimatpåverkan. Det samma gäller fönster värmepumpar med olika teknisk prestanda och att bygga lufttätt. Att minska mängden isolering i byggnaden har en varierande betydelse beroende på vald byggnadsteknik. Isoleringens andel av byggnadernas totala klimatpåverkan är 3 procent för flerbostadshuset med betongstomme, 7 procent för småhuset med lättbyggnadsteknik och 20 procent för flerbostadshuset med trästomme. Isoleringen ger också mer nytta om det är möjligt att använda dem som homogena skikt istället för som regelskivor. Detta

innebär att det finns ett flertal åtgärder som inte ökar miljöpåverkan vid installation och som gör att byggnadens miljöpåverkan minskar.

Syftet med uppdraget är att med livscykelanalysmetodik visa skillnader i klimatpåverkan från en lågenergi och en BBR19-byggnad. Analysen omfattar två befintliga lågenergibygnader, ett flerbostadshus och ett småhus. Resultatet är ett underlag som bidrar till att få ett beslutsunderlag i det kommande arbetet att definiera nationella energikrav för nära-nollbyggnader.

Beräkningar som genomförts utgår ifrån hur energisystem för el och fjärrvärme utvecklas baserat på scenarion för år 2030 som utarbetats av Energimyndigheten². IVL har utifrån dessa scenarion beräknat klimatpåverkan från svensk fjärrvärmemix och medel med LCA-metodik. Baserat på dessa scenarier kan man konstatera att klimatpåverkan per kWh köpt el är lägre än motsvarande per kWh köpt fjärrvärme år 2030. Förlusterna i framtida fjärrvärmenät kan dessutom öka när energibesparingar

görs i den befintliga infrastrukturen och utbyggnaden främst sker till nya områden utanför det befintliga nätet, som därmed utgör ett glest värmeunderlag. Dessa antaganden innebär att resultaten skiljer sig från om distributionsförluster använts enligt Energimyndighetens scenarior för 2030.

Att bygga byggnader som har en energiprestanda med högre ambition än BBR19-nivå, är på byggnadsnivå ett otvivelaktigt välmotiverat beslut ur klimatsynpunkt sett ur ett livscykelperspektiv. Detta gäller även om en så kort livslängd som 30 år analyseras och förstärks vid en längre livslängd på 50 år. Denna slutsats gäller oavsett vilken byggnadstyp som analyseras eller materialval i stommen. Beräknade miljöåterbetalningstider för en högre ambitionsnivå för byggnadernas energiprestanda jämfört med BBR19 är under 4 år för flerbostadshusen och under 6 år för småhuset.

De beräkningar som genomförts visar också att det är andra delar av byggnaden än materialvalen i ett termiskt bättre klimatskal som bidrar till klimatpåverkan. Den ökade miljöpåverkan som den extra isoleringen ger upphov för ett lågenergihus är litet i förhållande till byggnadens hela miljöpåverkan och i relation till minskad klimatpåverkan under byggnaden driftsskedet på grund av förbättrad energiprestanda. Detta förhållande uppstår om man väger in den nytta den extraisoleringen gör under byggnadens livscykel. Beräkningar visar också att;

- den byggteknik som krävs för att bygga ett BBR19-hus är så nära det som krävs för en lågenergibyggnad, att det från ett miljöperspektiv är motiverat med ett bättre energiprestandakrav för flerbostadshus än vad som ställs idag.
- För småhus så är det också motiverat med ett bättre energiprestanda, som ger en miljöbesparing som går att räkna hem under byggnadens livscykel, om än inte lika stor som för flerbostadshusen.

En viktig slutsats är att beräkningsresultaten innebär att klimatskalats energiprestanda vid nybyggnad av lågenergihus är så bra, att det är hur installationerna fungerar i praktiken som får en avgörande betydelse för de energibesparingar som kan göras. I praktiken betyder det också att byggnader med installationer som inte uppfyller den prestanda som utlovats kommer att ha svårt att klara projekterade värden. I ett lågenergihus är även hantering av köldbryggor viktig och att säkra att byggnaderna är lufttäta, då det relativa bidraget från dessa potentiella felkällor har större betydelse än för en byggnad som bara uppfyller dagens normkrav.

Miljöpåverkan analyseras i rapporten som bidrag till klimatpåverkan. Det finns därför en framtida möjlighet att utöka resultatet med andra miljöpåverkanskategorier (försurning, övergödning, marknära ozon osv), samt en resursindikator som tar hänsyn till förnybarhet och knapphet.

Målet med studien är inte att jämföra olika byggnadssystem eller enskilda materialslag. Däremot kan projektresultatet även användas för att analysera vad som ur klimatsynpunkt är stort och smått, och därmed var potentiella förbättringar finns att göra för ett mer ekologiskt hållbart byggande inom samhällsbyggnadssektorn.

Inledning

Nära-nollenergibyggnader

Energimyndigheten konstaterar i sin programbeskrivning för arbetet med nära-nollenergibyggnader att¹ ”En tredjedel av Sveriges energianvändning går till bostäder och lokaler, varav närmare sextio procent går till uppvärmning. Med dagens teknik enligterfarenhet från lågenergibygnader är det allmänt känt att energianvändningen kan minskas betydligt. Effektiv användning är en förutsättning för resurshushållning. Det finns idag exempel på nya byggnader med energiprestanda som ligger långt under Boverkets byggregler. Exempel finns på renovering av byggnader med halverad energianvändning som resultat.”

Enligt det omarbetade direktivet om byggnaders energiprestanda ska EU:s medlemsstater se till att alla nya byggnader är nära-nollenergibyggnader senast den 31 december 2020. Även åtgärder för att stimulera till att det som renoveras omvandlas till nära-nollenergibyggnader ska vidtas. Direktivet innebär att alla nya byggnader på sikt ska vara mycket energieffektiva och att ombyggnad ska göras så att man väsentligt förbättrar byggnadens energiprestanda.

I regeringens skrivelse *Vägen till nära-nollenergibyggnader* (Skr. 2011/12:131) presenteras Sveriges handlingsplan för nära-nollenergibyggnader. Regeringen har i handlingsplanen lagt in en så kallad kontrollstation 2015. Boverket och Energimyndigheten har fått i uppdrag att ta fram underlag inför en kontrollstation 2015 avseende nära-nollenergibyggnader. Denna rapport utgör underlag till en av de tre utredningar som genomförts i Boverket och Energimyndighetens uppdrag kontrollstation 2015.

IVLs uppdrag och förutsättningar

På uppdrag av Energimyndigheten och Boverket har IVL Svenska Miljöinstitutet tagit fram ett underlag inför kontrollstation 2015 avseende nära-nollenergibyggnader.

Uppdraget omfattar en bedömning av byggnadernas klimatpåverkan baserat på livscykelanalysmetodik och ett framtidsscenario för driftens energianvändning, som grundas på Energimyndighetens långsiktiga energiscenarier som sträcker sig till år 2030². Detta är samma scenarier som har använts i ett nationellt underlag som samordnades av Naturvårdverket i syfte att analysera av möjligheten att nå de klimat- och energipolitiska målen till år 2020. Scenarioanalysen har gjorts av Energimyndigheten som en redovisning till Kontrollstation 2015³.

¹ Programbeskrivning för programmet Energimyndighetens arbete med nära-nollenergibyggande 2014-06-18 – 2017-06-30. Energimyndigheten, diarienummer 2013-005779, Beslutsdatum 2014-06-16.

² Scenarier över Sveriges energisystem. Energimyndigheten, ER 2014:19.

³ Kontrollstation 2015. Energimyndigheten, ER 2014:17.

Beställarna har för rapportens räkning valt ut tre befintliga byggnader med en mer ambitiös energiprestanda än BBR19-nivå. Klimatpåverkan har beräknats med LCA för dessa byggnader under deras livscykel. På så sätt kan bidraget för att byggskedet, användningskedet och slutskedet relativa betydelse analyseras. De utvalda byggnaderna är existerande hus som har byggts. De utvalda byggnaderna ingår i en större utvärdering, av bland annat energiprestanda, som genomförs av SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut⁴, som en del av arbetet i kontrollstation 2015. Dessa lågenergibygnader energiprestanda har sedan i teorin modifierats av Projektengagemang och Boverket, det vill säga försämrats, så att de uppfyller kraven enligt Boverkets byggregler version 19 (BBR19).

Den tekniska prestandan på ett FTX-aggregat påverkas i stort sett inte dess miljöprestanda. Att minska mängden isolering i byggnaden har en varierande betydelse beroende på vald byggnadsteknik. Baserat på dessa antagande redovisas i rapporten en alternativ miljöåterbetalningstid för att på så sätt få ett resultat som bättre beskriver klimatkonsekvenserna mellan byggnader designade för energiprestanda enligt lågenergi och BBR19.

Syftet med uppdraget är att med livscykelanalysmetodik bestämma klimatpåverkan för två befintliga flerbostadshus med trä- respektive betongstomme och ett småhus. Dessa byggnader har valts ut eftersom de har en betydligt bättre energiprestanda än BBR19 och samtidigt kan anses representativa för respektive byggnadstyp med avseende på dagens byggnadsteknik som är i framkant. På så sätt kan skillnaden mellan byggnader med en sämre och bättre energiprestanda analyseras med avseende på konsekvenser på bidraget till klimatpåverkan.

Projektets mål är inte att jämföra olika byggnadssystem eller enskilda materialslag. Däremot kan projektresultatet användas för att analysera vad som ur klimatsynpunkt är stort och smått, och därmed var potentiella förbättringar finns att göra för ett mer ekologiskt hållbart byggande inom samhällsbyggnadssektorn.

Avgränsningar

Analysen begränsas till klimatpåverkan som är en av vår generation största miljöutmaningar.

Inventeringen omfattar alla byggnadsrelaterade delar samt solvärme- och avloppsvärmeväxlare som ingår i analyserade åtgärder för komma i nivå med energikraven enligt BBR19. I övrigt ingår inte installationerna i de aktuella byggnaderna, det vill säga installationer för el och VVS (värme, ventilation och sanitet).

Endast yttre underhåll av byggnaderna har beaktats. Rengöring av externa ytor som ofta föreskrivs av materialleverantörer inkluderas inte då det saknas information om hur detta görs i praktiken och, om så är fallet, med vilken periodicitet.

⁴ Utvärdering av energianvändning, kostnadseffektivitet och övriga tekniska egenskapskrav för lågenergibygnader. Svein Ruud, Magdalena Boork, Peter Ylmén. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, SP Rapport 2015:21, april 2015.

Karbonatiering av betong och lagring av förnybart kol (det vill säga träbaserade produkter) under driftstiden ingår inte i LCA-beräkningarna, då allmänt accepterade metoder för detta saknas för närvarande.

Se även "Kort beskrivning av byggnaderna".

Andra liknande projekt

Den LCA-metodik som används här tillämpar det så kallade Anavitorkonceptet⁵. Det innebär att fler byggvaror är med än de mer traditionella metoder som inte utgår från en mängdkalkyl. Även uppgifter om byggprocessens klimatpåverkan från själva byggarbetsplatsen ingår, vilket ofta exkluderas eller hanteras mycket summariskt. I den här LCA inventeringen har ett unikt underlag tagits fram som gör att även rivningsskedets klimatpåverkan inkluderas på ett mer omfattande och detaljerat sätt, vilket gör att materialval och typ av byggnad påverkar rivningsskedets klimatpåverkan. Sammantaget gör detta att klimatpåverkan ökar i förhållande till andra LCA:er.

Exempel på två studier med samma miljödatabas och LCA-metodik som är baserade på Anavitorkonceptet:

Byggnadens klimatpåverkan. Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong. Liljenström C, Malmqvist T, Erlandsson M, Fredén J, Adolfsson I, Larsson G. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapportnummer B2217, 2015. Rapporten är en genomgång av klimatdeklarationen för tio flerbostadshus. I slutsatsen står bland annat:

"Analysen av klimateffektivitetsindexet visar att:

- Energianvändningens bidrag till klimatpåverkan i förhållande till byggnaden och byggprocessen är likvärdiga för de analyserade byggnaderna (d.v.s. omkring 50 procent).*
- Det specifika materialvalet har större betydelse för den totala miljöpåverkan än vad extra isolering, regler och liknande, som krävs för att uppnå den bättre energiprestandan, har. Det kan tolkas som att låg energiprestanda inte innebär högre miljöpåverkan om materialvalen är de rätta. Tvärtom indikerar analysen att sämre energiprestanda också innebär att man använder mer miljöpåverkande material – även om sambandet är svagt (...)"*

Hållbar användning av naturresurser (BWR 7) – andelen nedströms klimatpåverkan för byggnader. Erlandsson M. Underlagsrapport åt Socialdepartementet, IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport C 15, mars 2014. Rapporten utgår ifrån ett flerbostadshus med en betongstomme (Blå Jungfrun) och slutsatsen står bland annat:

"Det största bidraget till byggprocessens klimatpåverkan kommer från

⁵ Erlandsson M: Nu kan alla göra miljö- och klimatberäkningar. Bygg & teknik, årgång 106, Nr 2, mars 2014. Även publicerad som: IVL Swedish Environmental Research Institute, report No C19, 2014.
Erlandsson M, Jönsson J-A, Enström D (2007): Räkna med livscykelns miljöprestanda – Anavitor. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport nr B1709, Februari 2007.

produktionen av byggmaterial, framförallt betong. Klimatpåverkan från underhåll och rivning står för en mindre del av byggnadens totala klimatpåverkan. Att bygga ett energieffektivt hus ger en lägre klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv än att bygga enligt dagens BBR-krav på energiprestanda.”

Kort beskrivning av byggnaderna

Lågenergiutförande

Byggnaderna som ingår i studien har valts ut av beställaren. De utvalda byggnaderna är befintliga hus som har byggts. Byggnaderna i rapporten användas för att exemplifiera en möjlig nära-nollbyggnad. Studien omfattar ett flerbostadshus och ett småhus. Dessa byggnader har valts ut på grund av att de har en betydligt bättre energiprestanda än BBR19, samtidigt som de kan anses representativa för respektive byggnadstyp med avseende på dagens byggnadsteknik som är i framkant.

Tabell 1 Beskrivning av analyserat flerbostadshus men en betongstomme (F1)

F1 – flerbostadshus med betongstomme och lågenergiprestanda	
Aspekt	Beskrivning
Typ av byggnad	Flerbostadshus bestående av fyra stycken åtta-vånings punkthus med 27 lägenheter per huskropp.
A _{temp}	2740 m ² per huskropp
Dimensionerad energiprestanda	Projekterad för att uppfylla passivhuskriteriernas krav på <60 kWh/m ² enligt FEBY09 och med ett beräknat värde på 50 kWh/m ² .
Tekniska system	Fjärrvärme för varmvattenproduktion, centralt FTX aggregat med roterande värmeväxlare och individuella vattenburna eftervärmningsbatterier till varje lägenhet kopplat till fjärrvärme placerade i fläktrummet. 75 m ² fasad-integrerad luft-/sol-fångare för förvärmning av tilluften (inga radiatorer installerade för stödvärme).
Grundläggning	Platta på mark.
Stomme	Mellanbjälklag består av plattbjälklag med 220 mm överbetong och innerväggar av plastsgjuten betong.
Ytterväggar	Lätt-ytterväggar med tunnputs på mineralisk fasadskiva typ StoVentac, treskiktisolerings där mittenskiktet har bärande stälpelare och i övrigt plätreglar. Vissa delar av ytterväggen har tunnputsen bytts ut mot panel av lärkträ.

Tabell 23 Beskrivning av analyserat småhus med platta på mark och lättkonstruktion (S2)

S2– småhus med lågenergiprestanda	
Aspekt	Beskrivning
Typ av byggnad	Enfamiljshus i två plan som ingår i en grupp av 26 småhus. Byggnad är en lättkonstruktion byggd på platta på mark och finns i flera varianter, där den som ingår här har en carport i direkt anslutning till byggnaden.
A _{temp}	140 m ² .
Dimensionerad energiprestanda	Projekterad för att uppfylla passivhuskriteriernas krav på 60 kWh/m ² enligt FEBY12, fördelat på uppvärmning 39,2 kWh/m ² , fastighetsel 5,6 kWh/m ² och tappvarmvatten 15,4 kWh/m ² .
Tekniska system	Byggnaden har ett FTX-system och ett fjärrvärmekopplat värmebatteri i tilluften samt fjärrvärme för att producera tappvarmvatten. Komfortvärme i badrum kopplat till varmvattencirkulation (VVC)*.
Grundläggning	Platta på mark, 100 mm betong och 400 mm EPS
Tak-/vindsbjälklag	Tak med bärande delar av limträ, fackverksbalkar av trä och 800 mm sprutad mineralull.
Ytterväggar	Målad panel, luftspalt, 80 mm fasadskiva, vindpapp, isolering mellan träreglar med mineralullsskivor (195+95) och 13 mm invändig gipsskiva.

* att använda tappvarmvatten med värmeväxling för komfortvärme i badrummet kan utgöra en ökad risk för legionella.

BBR19-utförande

De lågenergibygnader som beskrivs i Tabell 1 och ~~Tabell 2~~ Tabell 3 har designats om i förhållande till hur de faktiskt har byggts för att komma i nivå med en byggnadsutformning enligt BBR19. Denna förändrade design har gjorts med fokus på kostnadsrelevanta förändringar. I första hand har alternativa byggnadsutformningar föreslagits och inte åtgärder som innebär att man byter energislag. Nedan redogörs för vilka förändringar som ingår i BBR19-versionen av motsvarande lågenergiversiön.

Tabell 34 Beskrivning av flerbostadshus med betongstomme (F1) i BBR19 utförande och en enskild åtgärds effekt på behovet av köpt energi (baserat på uppgifter från Projektengagemang).

Beskrivning åtgärd
Ökad luftläckning
Fönster med U-värde från 0,9 till 1,1 W/(m ² K)
Väggisolering 100 mm med U=0,11 till 0,23 W/(m ² K)
Sämre effektivitet värmeåtervinning FTX (85 till 50 %)
Luftsolfångaren tas bort
Resultat om alla åtgärder genomförs

I flerbostadshuset med betongstomme ersätts en 145 mm regelstomme med en 45 mm regel. Det innebär en skillnad med träreglar och en tunnare mineralullsskiva. För detta behöver även bottenplattan justeras, vilket medför skillnaderna betong, armering och cellplast (G100). Den försämrade återvinning av ventilationsluften har åstadkommit

genom byta från en roterande till en plattvärmväxlare. Luftsolångaren som tas bort är en platsbyggd konstruktion.

Tabell 47 Beskrivning av småhuset (S2) i BBR19 utförande och en enskild åtgärds effekt på behovet av köpt energi (baserat på uppgifter från Boverket).

Beskrivning åtgärd
I lågenergihuset finns bara luftvärme via FTX (62% återvinning) som i BBR19 varianten kompletteras med ett vattenburet golvvärmesystem
Fönster med U-värde från 0,9 till 1,2 /(m^2K)
Golv med 300 mm EPS istället för 400 mm
Vägg med 220 mm mineralull istället för 370 mm
Tak med 500 mm lösull istället för 720 mm

Energiprestanda

De utvalda byggnaderna har olika energiprestandanivå i lågenergiutförandet. Energiprestandakraven enligt BBR19 bestäms av olika aspekter såsom effektbehov, U_{medel} och köpt energi. Resultatet i **Tabell 5****Tabell 8** är baserat på genomförda normalårskorrigerade energiberäkningar. Mätdata har använts för att kalibrera och validera energimodellen. Samma schablonvärde har använts för hushållselen i både småhus som flerbostadshus⁶.

Tabell 58 Sammanställning av klimatskalets energiprestanda och behov av köpt energi för ursprungligt utförande (dvs lågenergialternativet) och åtgärder för att närma sig energikrav enligt BBR19.⁶⁺⁹⁾

Byggnad	U_m klimatskalet	Uppvärmning	Varmvatten	Fastighetsel	Hushållsel
Enhet	W/(m^2K)	kWh/ $m^2 A_{temp}$			
F1 – flerbostadshus med betongstomme	0,30	FV: 8,3	FV: 29,2	13,6	30
F1 enligt ovan i BBR19 utförande ¹⁾	0,40	FV: 38	FV: 29,2	13,6	30
S2 – småhus med lågenergi-prestanda	0,18	FV: 35	FV: 20	6,4	30
S2 – småhus i BBR19 utförande	2)	FV: 45	FV: 20	6,4	30

FV=fjärrvärme, El=köpt el

1) U_m är begränsande för BBR19 varför köpt energi är 81 kWh/ m^2 (<90 kWh/ m^2)

2) Uppgift saknas.

⁶ Sammanställning av låg energi utförandet baserat på uppgifter från SP, se vidare i referens enligt not4. Uppgifter för F1 enligt BBR19 har tagits fram av Projektengagemang och S2 av Boverket.

Livscykelanalys (LCA)

Alla livscykelanalyser är inte entydiga

Reglerna för en LCA är väldigt flexibla och metodval kan göras av slutanvändaren. Under de senaste åren har utvecklingen gått ut på att ta bort denna flexibilitet, med syftet att en LCA ska ge samma svar oavsett vem som gör beräkningarna. Detta har man löst genom att ta fram kompletterande regelverk till den generella LCA-standarden där alla betydande metodval och andra val som kan göras styrs upp.

I Sverige har ett nationellt projekt genomförts där LCA-metodiken för enskilda produkter, energivaror och tjänster har analyserats. I projektet, kallat "Robust LCA", har de metodval som är betydande för resultat och som därför måste styras upp för att en LCA ska ge entydiga resultat⁷ gåtts igenom.

I projektet ingick en branschöverskridande grupp som bearbetat ett antal betydande förslag till metodval för robusta LCA:er. Dessa metodval har sedan hanterats på dialogmöten och gått på extern remiss och kan på så vis anses beskriva bästa praxis just nu. I en policyförklaring från projektet, representerat av entreprenadföretag, olika materialbolag och forskarna, skriver man att det nu finns en LCA-metodik som är mogen att användas för att ställa utvecklingsbefrämjande och materialneutrala miljökrav⁸.

Val av systemperspektiv

Användningen av livscykelanalys kan delas in i utvärderingar av enskilda produkter och utvärderingar av bredare system som inkluderar flera produkter. I det första fallet talar vi i detta projekt om en **bokförings-LCA** och i det andra fallet om en **konsekvens-LCA**, se Figur 1. I en LCA används begreppet *produkt* för alla nyttigheter som en process genererar oavsett om det är en tjänst, enskilt material eller en komplex produkt såsom ett byggnadsverk.

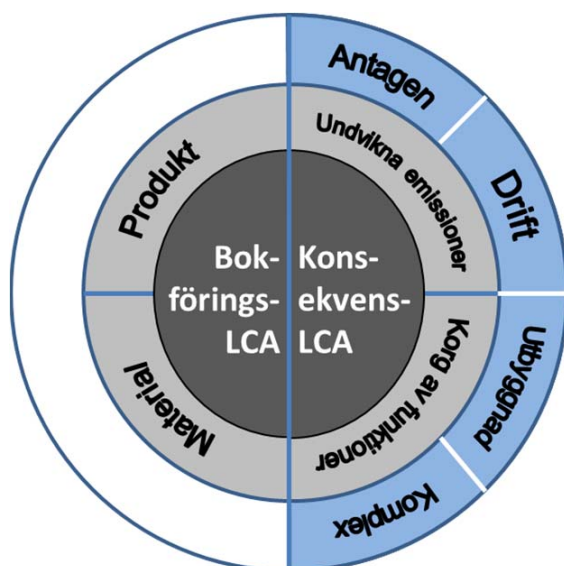
En bokförings-LCA kännetecknas av att den beräknade miljöbelastningen för alla världens produkter ska kunna summeras och överensstämmer med de globala utsläppen, det vill säga den så kallade hundra procentregeln.

I en konsekvens-LCA analyseras vad som händer vid en förändring och vilka konsekvenser det har på ett bredare, mer sammansatt system och dess miljöpåverkan. Hundra procentregeln gäller inte för en konsekvens-LCA. I projektet Robust LCA⁹ och i tidigare vetenskapliga studier konstateras att dessa två systemsyner svarar på olika frågor och därmed kan existera parallellt, givet att det är tydligt vilken systemsyn som har använts.

⁷ Erlandsson M, Ekvall T, Jelse K, Lindfors L-G, Gustavsson M, Karlsson P-E, Stripple H, Zetterberg L (2014): Robust LCA: PCR guide for construction products and works – specifications to and evaluation of EN 15804. IVL Swedish Environmental Research Institute, report No B 2101, juni 2013.

⁸ Bingel E, Erlandsson M, Iverfeldt Å, Andersson R, Eliasson M, Gyllenram R, Öberg M: Behov av robusta verktyg för miljöbedömning inom byggsektorn - en projektsammanfattning. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport B2192 juni 2014.

⁹ Erlandsson M, Ekvall T, Lindfors L-G, Jelse K.: Robust LCA: Typologi över LCA-metodik – två kompletterande systemsyner. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport B 2122, januari 2014.



Figur 1 Två olika systemsyner tillämpliga inom ramen för ISO 14044, dvs bokförings-LCA och konsekvens-LCA. Beräkningar som görs här är en bokförings-LCA enligt typen "Produkt" dvs all miljöpåverkan allokteras till produkter och tjänster och summeras dessa på global nivå så överensstämmer detta med de utsläpps som sker. Notera att alternativen "Antagen", "Drift", "Utbyggnad" och "Komplex" är varianter som kan användas för alla slags konsekvenslivscykelanalyser^{9:13}.

Vid valet av systemsyn kan det konstateras att det råder konsensus om att bokförings-LCA lämpar sig bäst för de frågor som hanterar produktperspektivet, det vill säga för att beskriva enskilda produkters miljöprestanda. I andra sammanhang ställs ibland frågan vilka konsekvenser en förändrad (ökad eller minskad) produktionsvolym kan ge i ett bredare systemperspektiv. I detta fall måste en konsekvens-LCA användas.

En bokförings-LCA har förutsättningar att bli robust i den mening att oavsett vilken person som gör den så ger analysen samma svar. Detta kräver att metodiken (systemgränser, allokeringmetoder med mera) specificeras i detalj på ett sätt som blir allmänt accepterat för alla produkter, vilket ofta uppnås genom en konsensusprocess. Resultatet från konsensusprocesser kan dokumenteras exempelvis som internationella standarder, handböcker eller andra regelverk. Sedan kan det finnas behov av att specificera dessa generella regler för specifika produkttyper eller tillämpningar.

I denna studie används bokförings-LCA. Bokförings-LCA är den metod som ska användas om resultatet skall användas för att följa upp bidragen till våra miljö-kvalitetsmål^{9:13}.

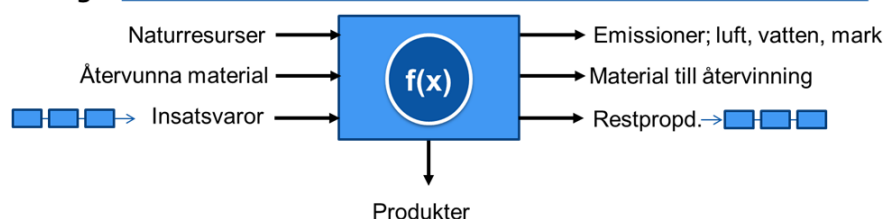
Vi följer branschens standarder

För byggprodukter har så kallade "produktspecifika regler" tagits fram som kopplar till EU:s byggproduktförordning. Dessa regler har tagits fram som en Europeisk standard för byggprodukter (EN15804) och byggnader (EN15978), och arbete pågår för att ta fram en standard för andra byggnadsverk (infrastruktur). Vi följer de metodval som gjorts i dessa standarder. De beräkningar som görs, enligt allmänt accepterade samt tillämpade standarder, är på så sätt framtidssäkrade och har en bred acceptans.

En LCA börjar med en inventering

Mycket förenklat kan man säga att grunden för en systemanalys är att man delar in alla mänskliga aktiviteter i olika processer. Alla processer använder olika resurser och ger upphov till olika utsläpp som vi sammantaget benämner miljöbelastning. Processerna drivs för att vi ska få fram olika nyttigheter, det vill säga produkter och tjänster. Kärnan i en LCA är sedan att miljöbelastningen fördelas mellan de nyttigheter som uppstår, det vill säga produkterna och tjänsterna. Denna fördelning kallas allokering och är ett av de metodval som styrs upp i de regler som gör LCA:n entydig.

Processteg



Figur 2 Grunden i en LCA är att inventera alla flöden in och ut från alla processer och fördela dem mellan de produkter som genereras och i dessa sammanhang benämns allokering. Naturresurser är alla flöden som utvinns från naturen medan insatsvaror har processats och måste följas i flera steg innan inventeringen kan slutföras, dvs alla inflöden har följts till utvinning från naturen.

Nästa steg i en systemanalys är att inventera samtliga processer i alla livscykelkedan. För att kunna jämföra resultatet mellan olika beräkningar är livscykeln indelad i olika skeden som innehåller ett antal moduler, se [Tabell 6](#) ~~Tabell 9~~.

Tabell 69 Byggnadens livscykel uppdelad i branschgemensamma informationsmoduler, det vill säga skede A till C och skede D som utgör en återvinningsdeklaration¹⁰

Produktskedet	Product stage
A1) Råvaror	A1) Raw material supply
A2) Transport	A2) Transport
A3) Tillverkning	A3) Manufacturing
Byggskedet	Construction process stage
A4) Transport	A4) Transport
A5) Bygg-, installationsprocessen	A5) Construction, installation process
Användningsskedet	Use stage
B1) Användning	B1) Use
B2) Underhåll	B2) Maintenance
B3) Reparation	B3) Repair
B4) Utbyte	B4) Replacement
B5) Ombyggnad	B5) Refurbishment
B6) Driftsenergi	B6) Operational energy use
B7) Driftens vattenanvändning	B7) Operational water use
Slutskedet	End-of-life stage
C1) Demontering, rivning	C1) De-construction, demolition
C2) Transport	C2) Transport
C3) Restprodukthantering	C3) Waste processing
C4) Avfallshantering	C4) Disposal
Återvinning	Benefits and loads beyond the system boundary
D) Återvinningspotentialer	D) Reuse, recovery and/or recycling potentials, expressed as net impacts and benefits

Modul A1 till A3 behöver inte särredovisas i standarden och är de skeden som är minsta redovisningskrav för en deklARATION av en byggprodukt. Detta kan motiveras med att det är dessa moduler och dess miljöpåverkan, som används likt legoklossar för att lägga samman miljöpåverkan för ett helt byggnadsverk, varför de benämns informationsmoduler. För en hel byggnad är det vanligt att man beräknar hela byggskedets miljöpåverkan (A1 till A5) samt minst lägger på energianvändningen under drift (skede B6).

¹⁰ (förslag till svensk översättning av Martin Erlandsson mars 2015 till SIS TK 209)

Inventeringsdata räknas om till miljöpåverkan

En viktig del för en underbyggd miljöjämförelse är att alla betydande miljöaspekter beaktas. Det betyder att bidraget till flera slags (potentiella) miljöeffekter måste hanteras. Inventeringsresultatet, det vill säga utsläpp av olika ämnen som exempelvis koldioxid till luft, svavel och kväve till vatten räknas om till miljöpåverkan i miljöbedömningsdelen av en LCA. För att göra detta tas olika omräkningsfaktorer fram som gör det möjligt att beskriva på vilket sätt inventeringsresultatet bidrar till olika slags miljöpåverkan, vilka benämns som *miljöpåverkanskategorier* i en LCA. Exempel på miljöpåverkanskategorier som kan ingå i en LCA är:

- Klimatpåverkan
- Ozonnedbrytning
- Försurning
- Toxicitet
- Övergödning
- Resursanvändning
- Marknära ozon

Det råder allmän konsensus om hur alla de uppräknade miljöpåverkanskategorierna ovan ska bedömmas i en LCA, utom för toxicitet. Vidare anger regelverket för byggprodukter och byggnader (dvs EN15804 och EN15978) att de metoder som används idag för att värdera resursanvändning är bristfälliga och bör utvecklas. I en miljöjämförelse ska alla betydande miljöaspekter tas med oavsett om de går att hantera i en LCA eller inte. Det betyder att om det finns en betydande miljöaspekt som inte tagits med redovisas detta med en beskrivande text i deklarationen som ett komplement till LCA-resultatet för att läsaren ska få en korrekt helhetsbild. De miljöpåverkanskategorier som *inte* hanteras i LCA, men som utgör betydande miljöaspekter ska ingå i varje fallstudie på något annat kvantitativt sätt eller med en beskrivande text.

I denna utredning redovisas LCA-resultatet som en klimatdeklaration, det vill säga alla utsläpps bidrag till klimatpåverkan (se även "Förslag på tillkommande analyser"). Bidraget från klimatpåverkan från olika växthusgaser räknas samman till en koldioxidekvivalent (CO₂e). Den modell som används för att göra detta är tidsberoende och vanligast är att klimateffekten under 100 år används som grund för koldioxidekvivalenterna (förkortas ofta GWP100).

Status av LCA för bedömning av byggnadsverks miljöprestanda

EU:s Byggproduktförordning har införlivats i svensk lagstiftning och där anges miljödeklarationer som den metod som kan användas för att beskriva och ställa krav på miljöprestanda. Den typ av miljödeklarationer (eng. Environmental Product Declarations) som direktivet syftar på, är deklarationer som innehåller miljöprestanda beräknat med en LCA.

Trafikverket är den myndighet i Sverige som ligger längst fram i utvecklingen med att ställa miljökrav med hjälp av LCA. Boverket har fått i uppdrag att titta på branschens mognad att formulera miljökrav och ta emot redovisning av byggnaders miljöpåverkan under livscykeln med hjälp av LCA och miljödeklarationer. LCA är ett verktyg som tidigt anammades av forskningsvärlden, men som nu även börjat tillämpas av marknadsdrivna initiativ.

Idag krävs det att man gör en LCA för att få de högsta betygen i de marknadsledande miljöklassningssystemen för byggnader (ex. LEED, BREEAM) och för anläggningar (ex. CEEQUAL).

Genomförande

Från kalkyldata till LCA-resultat

För att kostnadseffektivt göra en LCA i byggsektorn måste beräkningen utgå ifrån ett strukturerat sätt att inventera de underlagsdata som behövs för alla resurser som används under byggnadsverkets livscykel. Lite förenklat kan man generalisera att det mest kostnadskrävande är att samla in data för byggskedet, i jämförelse med driftsskedet och en tänkt demontering/rivning av byggnadsverket och den restprodukthantering som då måste göras. Detta beror på att det är så stort antal resurser som krävs under byggprocessen till skillnad från de andra tidsskedena. Å andra sidan är det relativt enkelt att verifiera vad som faktiskt använts i byggprocessen till det färdiga byggnadsverket, jämfört med användnings- och slutskedet. Osäkerheten ökar då alla händelser som sker i framtiden måste baseras på antagande, det vill säga scenarier. Detta hanteras normalt genom att det finns färdiga drift- och underhållsdata som accepteras av alla i branschen (IVL har ett sådant projekt som kommer redovisas under våren 2015).

Klimatberäkningarna i denna rapport har gjorts med Anavitor-konceptet^{56, 11}. Tanken med konceptet är att företag enkelt ska kunna göra miljöberäkningar baserat på redan tillgänglig information om projektet, till exempel CAD-ritningar, ekonomiska kalkyler eller mängdförteckningar. Genom korsreferering till IVL:s Miljödatabas Bygg behöver inte företagen själva ha detaljerad kunskap i LCA. För de LCA-beräkningar som gjorts här har indata varit projektets kostnadskalkyl. För att alla kalkyler skulle vara genomförda på samma sätt har en fristående extern konsult (Kalkylhjälp) anlåtts. Kalkylhjälp har utifrån ritningsunderlag och beskrivningar mängdat upp byggnaderna.

De data som företaget har tillgång till korsrefereras sedan till IVL Miljödatabas Bygg. Databasen innehåller generiska miljödata (dvs en typisk produkt och inte leverantörsspecifik) för cirka 1 000 olika varugrupper, vilka kan användas för att göra miljöberäkningar om inte leverantörsspecifika data finns att tillgå. Det är således möjligt att använda leverantörsspecifika data som granskats, dokumenterats och kvalitetsklassats av IVL istället för de generiska data som finns i databasen. Exempelvis finns det generella data för betong i IVL:s Miljödatabas Bygg, men om företaget har LCA-data från den specifika tillverkaren eller kännedom om den faktiska betongkvaliteten som används, så kan dessa data användas i stället. Om det går att säkerställa att denna typ av specifika data används när byggnaden uppförs så kan detta driva på att den leverantör som har ledande miljöprestanda också får marknadsfördelar

Kalkylen innehåller kalkylposter med enheter som m², löpmeter, kronor, etc. Dessa olika enheter behöver omvandlas till de enheter som används i miljödatabasen (kg för byggmaterial samt MJ för processer). Vidare behöver alla kalkylresurser kopplas mot

¹¹ Anavitor-konceptet utvecklades av IVL år 2007 och består i dag utav två delar: ett datorprogram, Anavitor (som ägs av det privata företaget Åkej AB), samt en miljödatabas med LCA-data som tillhandahålls av IVL (IVL Miljödatabas Bygg).

mer generella varugrupper för att beskriva miljöprestanda för respektive resurs. Detta är ett tidsödande arbete och har här gjorts i kalkylverktyget Anavitor av konsultföretaget Informationsbyggarna. I kalkylverktyget kopplas de cirka 35 000 unika kalkylposter i ett första steg till ungefär 2 500 "enkla byggmaterial". Dessa enkla byggresurser kopplas i sin tur till ett gemensamt resursregister. Samtidigt som detta sker hanteras enhetsomvandlingen mellan kalkylposten och resursregistret. På så sätt får alla kalkylposter en miljöprestanda kopplat till sig via det branschgemensamma livscykelresursregistret, som omfattar runt 1000 olika varugrupper och fått miljöprestanda genom IVLs Miljödatabas Bygg⁵⁶.

När korsreferering görs finns risken att datakvaliteten blir lägre, eller att miljödata är bristfälliga (tex då det saknas bra data för den exakta produkt som används och man därför använder miljödata för en likande produkt). Anavitor har ett unikt semi-kvantitativt kvalitetssystem som bedömer den sammanlagda datakvaliteten på alla de korsreferenser som görs och som beskrivits ovan. På så sätt är det möjligt att göra en bedömning av dataosäkerhetens inverkan på slutresultatet och hur säkra slutsatser som kan dras⁵⁶. Det kan noteras att sådana kalkylposter som inte skall ha någon miljöbelastning i en LCA, såsom lönekostnader, klassas och hanteras som "ej miljöbelastande" i denna korsreferering.

IVL Miljödatabas Bygg innehåller miljödata som är relevanta för den svenska marknaden och anpassade för byggsektorn. IVLs miljödatabas Bygg innehåller miljödata för olika varugrupper och är dokumenterade enligt LCA standarden ISO 14044 och följer de standarder som gäller i Europa för LCA inom byggsektorn, det vill säga EN15804.

Miljödata för olika produkter

Eftersom beräkningarna ska avspegla dagens produktionsteknik och de betongrecept, cement osv som används idag så används generiska data. Dessa data är hämtade ifrån IVL Miljödatabas Bygg och finns tillgängliga i Anavitorverktyget för att beräkna klimatpåverkan från byggprodukter som är representativa för den svenska och nordiska marknaden. IVL Miljödatabas bygg har utvecklats då databasdata inte har ansetts anpassade till den svenska marknaden. Detta gäller för exempelvis svenska cement-, stål- och trävaror.

IVL:s miljödatabas innehåller LCA-data för de flesta byggprodukter som används inom den svenska bygg- och anläggningssektorn samt data för transporter, maskiner, arbetsfordon, el, värme och andra energirelaterade processer. För elanvändning i byggproduktionen (modul A5) har nordisk elmix använts och för fjärrvärme svensk mix som den ser ut idag. För vissa byggresurser samt arbetsfordon finns publicerade faktablad vilka beskriver hur IVL har tagit fram dessa LCA-data. De LCA-data som IVL har tagit fram har beräknats i LCA-mjukvaran GABI.

När det gäller LCA-data för byggprodukter är dessa representativa för de byggprodukter som används i Sverige och på den nordiska marknaden. För material som köps på en större internationell spotmarknad, till exempel plaster och metaller såsom koppar och mässing, innehåller IVL:s miljödatabas bygg data från publika

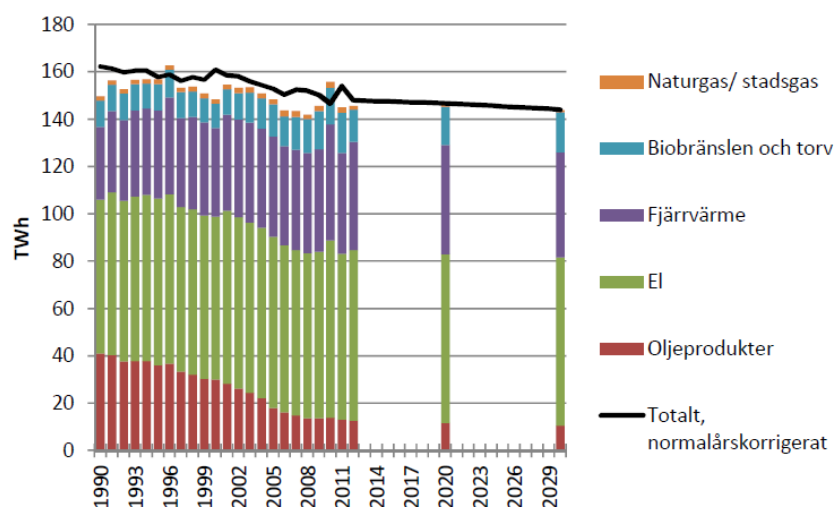
databaser. I första hand har data från Ecoinvent och PE International använts, eller olika publika källor och IVLs interna databaser från olika projekt.

Framtida energisystem

Energiscenarier för 2030

För att bedöma framtida energisystem så kan olika scenarion ställas upp. I vårt fall är idealet att det finns sådana scenarion som sträcker sig 50 år in i framtiden. I detta projekt har ett systemval gjorts att det är svenska energimarknaden (inklusive eventuell import) som är utgångspunkten. Rapporten "scenarier över Sveriges energisystem"¹² används här och beskriver energisystemets utveckling fram till år 2030 utifrån dagens styrmedel och förutsättningar.

Scenarierna utgår från basåret 2011 och redovisar sedan situationen 2020 och 2030. Om man antar en någorlunda jämn utveckling av energiläget så är 25 år in i framtiden en bra utgångspunkt för det scenario som skall användas i miljöbedömningen, det vill säga omkring år 2040. Det scenario som används här sträcker sig till 2030 och uppgifterna för detta enskilda år används för att representera byggnadernas energianvändning under driftsskedet på 50 år. Den förväntade utvecklingen för den del av energisystemet som används till bostäder - och servicesektorn framgår av Figur 3.

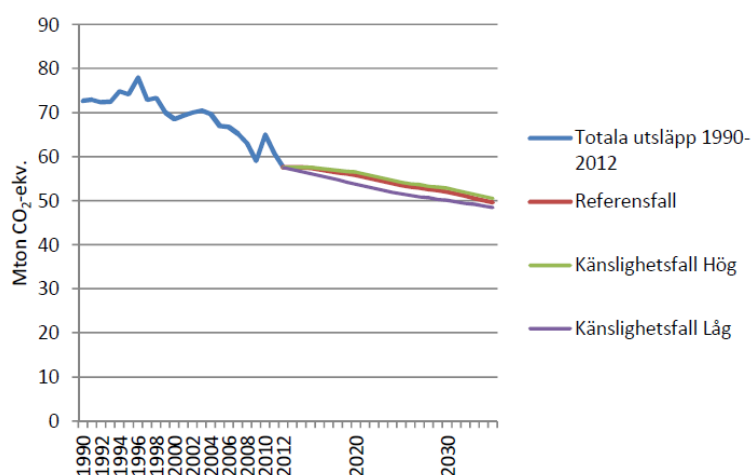


Figur 3 Energianvändning i TWh för bostads- och servicesektorn 1990–2012 samt 2020 och 2030 i referensfallet (Energimyndigheten ER 2014:17)

Energiscenarierna följer de krav som ställs på utsläppsrapporteringen till Europeiska kommissionen och inkluderar därmed också kravet på att det ska finnas

¹² Energimyndigheten, ER 2014:19.

minst tre olika fall; ett referensfall och två känslighetsfall. Känslighetsfallen utgörs av ett scenario som förutsätter en högre ekonomisk utveckling och ett med högre priser på fossila bränslen. Dessa scenarion har utarbetats av Energimyndigheten i samråd med Naturvårdsverket som samordnar den svenska utsläppsrapporteringen som levereras till Europeiska kommissionen. Skillnaderna mellan de olika energiscenariorna är beroende av de antaganden som görs. Denna skillnad mäts i klimatpåverkan har en i sammanhanget försumbar betydelse, se Figur 4. Av denna anledning används bara referensfallet för 2030 och dess miljöprestanda för att beskriva miljökonsekvenserna under byggnadens drift som funktion av köpt energi.



Figur 4 Utsläpp av växthusgaser i Sverige och dess bidrag till klimatpåverkan mätt i koldioxidekvivalenter 1990-2012 och scenario till 2035 (Energimyndigheten ER 2014:17)

Beräkning av energins miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv

Miljöansvar för olika slags flöden

För att kunna bedöma energianvändningens miljöpåverkan i en LCA är utgångspunkten hur mycket energi som tillförs en process sett i ett livscykelperspektiv. Denna energi, i form av energivaror, el eller värme har processats på något sätt, vilket innebär att den som gör LCA:n måste studera alla processer från det att energin används tillbaka till när resursen utvanns ur naturen (dvs uppströms) och inkludera de emissioner som denna förädlingskedja genererar. För traditionella bränslen är det inget problem, men för sådana bränslen som vi dagligen betraktar som ett avfall eller spill är det inte lika uppenbart hur uppströms miljöpåverkan ska betraktas, det vill säga vilka processteg från användning hela vägen tillbaka till utvinning av en naturresurs som ska inkluderas. I de LCA-standarder som används i byggsektorn finns regler framtagana för hur detta ska hanteras. Vi kan här skilja på följande fall:

- **produktionsspill**¹³ (eng. *pre-consumer recycling*). — Ett flöde ut från en process som sedan används som råvara för ett bränsle eller till en produkt (utanför tillverkningsstället som generade spillet). I detta fall ska uppströms miljöpåverkan belastas den produkt i vilken produktionsspillet används, då det annars inte finns någon som skulle ta miljöansvaret för detta flöde, som ofta har en jämn och hög kvalitet.
- **externt produktionsspill**. — Del av en produkt som köpts för ett specifikt ändamål och där delar av hela produkten blir ett avfall. Till skillnad från det interna spillet ovan så har ett externt spill i ett första skede köpts av någon, men bara en del av den har sedan byggts in i konstruktionen. I vårt fall betyder det att precis som betongspillet på en byggarbetsplats kommer träspill och liknande att belastas den del av byggprodukten som byggts in och som genererade spillet/avfallet. Externt produktionsspill har således ingen miljöryggsäck.
- **returprodukter** (eng. *post-consumer recycling*). — Ett flöde som uppstår från en restprodukthantering. I detta fall har uppströms miljöpåverkan redan belastat den ursprungliga produkten. En sådan råvara som används till bränsle eller råvara till en ny produkt behöver därför (bara) belastas med miljöpåverkan som uppstår efter det att produkten hamnat på en återvinningsstation.
- **biprodukter** (eng. *co-products*) med lågt ekonomiskt värde. — I en process uppstår användbara flöden men det ekonomiska värdet (per viktenhet eller som del av den totala omsättningen) är låg. Detta är ett invecklat fall och flera tolkningar finns, varför rekommendationen just nu är att använda ett konservativt sätt att fördela miljöpåverkan vid denna typ av produkter/avfall/biprodukter. Detta konservativa angreppssätt betyder att man förenklat dubbelbokför miljöpåverkan.¹⁴

Utöver de fall som beskrivs ovan finns det nedströms processer kopplat till hanteringen av uttjänta produkter som ska bokföras på den egna produkten, såsom deponering eller destruktion. Till det senare hör avfallsförbränning med en termisk verkningsgrad sämre än 60 % (om verkningsgraden är större än 60 % fördelas miljöbelastningen enligt ovan). Oavsett det som beskrivs ovan kan inte inneboende egenskaper allokeras bort. I praktiken betyder detta att inneboende energi och utsläpp av biogena eller fossila utsläpp alltid är en del av det miljöansvar som den som använder resurserna måste ta ansvar för (känt som *principen att förorenaren betalar*).

Underlagsdata från energistatistiken

Energistatistiken omfattar både tillförda energivaror och producerad energi. I energistatistiken används olika sätt att fördela (allokera) energin mellan el och värme. Dessutom finns det ett behov av att kunna fördela bränsleanvändning mellan olika slutanvändningsalternativ eller sektorer. Till detta ska läggas att de som rapporterar in uppgifter inte alla gånger redovisar uppgifterna på det sätt som efterfrågas. Som ett

¹³ Ett specialfall är om en sluten loop (eng. *close loop recycling*) finns i värdekedjan, där exempelvis mattspill från läggningen av en plastmatta på byggarbetsplatsen tas tillbaka till tillverkningen av nya golvmattor.

¹⁴ Konceptet håller på att vidareutvecklas i utvecklingen av den internationella standarden för byggprodukter ISO21930.

exempel på osäkerhet i statistikunderlaget, så kan man beräkna verkningsgraden för att producera el från fasta bränslen och finner då att denna är 70 procent (beräkningar baserade på uppgifter i 18 ER 2012 och EN20 2012). Fördelas energianvändningen i kraft-värmeproduktion enligt energiprincipen, d.v.s. utifrån hur många MWh el respektive värme som genererats i kraftvärmeverket vid samtidig produktion av värme och el, erhålls en verkningsgrad på 29,8 procent år 2011. Tillämpas däremot alternativproduktionsmetoden (som utgår ifrån en allokering där verkningsgraden för att bara producera el eller värme är utgångspunkten) ökar elproduktionens verkningsgrad till 45,3 procent medan värmeproduktionens andel minskar från 70,2 procent till 54,7 procent¹⁵. Värt att notera är att ingen av dessa verkningsgrader för el ligger på de framräknade 70 procent.

Vår bedömning är därför att det säkraste sättet att få kontroll och minska osäkerheterna som uppstår med de skiftande allokeringmetoder som används är att utgå ifrån tillförd energi.

Framtida utsläpp från el och fjärrvärme

El

LCA-data för produktion av el från olika energivaror har främst hämtats från databasen Ecoinvent. Alla LCA-beräkningar har sedan utförts i LCA-verktyget Gabi. De LCA-data som har använts innehåller uppgifter om miljöpåverkan vilken kombineras med här framtagen statistik över olika elmixer. I LCA databasen Ecoinvent räknas all miljöpåverkan från el som produceras vid avfallsförbränning som noll (produkten som genererade avfallet får bära miljöbelastningen oavsett hur detta avfall uppstått). Detta förenklade tankesätt följer inte den metodik som anges i EN 15804, som följer ramdirektivet för avfall, och som anger att alla fjärrvärmeverk med mera med en verkningsgrad över 60 procent ska betraktas som energiproducenter. Dess produkter, det vill säga fjärrvärme och el, ska belastas med de utsläpp och resursanvändning som sker vid denna anläggning.

Data för avfalls-förbränning används därför istället från PE International, som även inkluderar utsläpp från sådan avfallsförbränning. I praktiken innebär detta att andelen fossilt kol som avfallet innehåller, 40-50 procent, belastar den el och värme som produceras. I länder som Sverige med hög andel avfallsförbränning är detta en betydande del av elens fossila utsläpp. I många äldre LCA uppgifter är dessa utsläpp antingen satt till noll eller så antas att avfallet bara innehåller runt 10 procent material av fossilt ursprung, till skillnad från ca 40% som gäller i Sverige. [Tabell 7. Nettoproduktion i Sverige enligt statistik för 2011 samt scenarion för 2020 och 2030, TWh \(Referens för år 2020 och 2030: tabell 6 i ER 2014:19, år 2011 tabell 5 i ER 2014:19 och tabell 19 i EN20:2013\)](#)

[Tabell 10](#) visar fördelningen mellan olika energibärare för den svenska medel-elmix år 2030 som används i beräkningarna för elanvändning under byggnadernas driftsskede (och för jämförelse även 2011 och 2020).

¹⁵ El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2011, Definitiva uppgifter. SCB på uppdrag av Energimyndigheten, meddelande EN 11 SM 1301, februari 2013.

Tabell 740 Nettoproduktion i Sverige enligt statistik för 2011 samt scenarion för 2020 och 2030, TWh (Referens för år 2020 och 2030: tabell 6 i ER 2014:19, år 2011 tabell 5 i ER 2014:19 och tabell 19 i EN20:2013)

TWh	2011	2020	2030
Kärnkraft	58,8	73	57
Vattenkraft	65,8	69	69
Vind	6,1	16	17
Solcell	0,01	0,1	0,1
Gas	1,5	1,6	1,2
Biobränsle	9,7	14,1	14,4
Torv	0,4	1,6	0,3
Avfall	3,3	3	3,3
Kol	1,6	0,9	0,9
Nettoproduktion	147	179	163

Baserat på hur energimixen fördelas baserat på ovanstående scenario för år 2030 räknas har klimatpåverkan för svensk elmix beräknats till 11 g CO₂e/MJ (40 g CO₂e/kWh) med den LCA-metodik som tillämpas. Notera att detta värde inte bara inkluderar *emissionsfaktorer* från förbränningen, utan har även ett livscykelperspektiv som inkluderar hur energivarorna producerats. För att beräkna byggnadens klimatpåverkan läggs distributionsförlusterna till den energiprestanda som redovisas ovan. I dessa beräkningar har antagits att distributionsförlusterna är 12 procent för 2030 (EN 11 SM 1301). Dessa antaganden innebär att resultaten skiljer sig från om distributionsförluster använts enligt Energimyndighetens scenarior för 2030.

Fjärrvärme

För att beräkna fjärrvärmens miljöpåverkan rekommenderas att beräkningarna grundar sig på de insatta bränslena som använts vid fjärrvärmeproduktionen. Beräkningarna ska i denna studie avspegla ett genomsnittligt svenskt fjärrvärmenät, varför den svenska mixen används som underlag för att beräkna fjärrvärmens miljöpåverkan, istället för det lokala nät där huset är lokaliserat.

I ett kraftvärmeverk, vilket finns i cirka 2/3 av Sveriges avfallsförbränningsanläggningar, produceras både el och värme samtidigt. Enligt avfallsdirektivet betraktas samtliga fjärrvärmeanläggningar i Sverige som anläggningar för energiåtervinning och inte för destruktion (det vill säga verkningsgraden räknat på värmeproduktion är större än 60 procent). I praktiken betyder det att i en fjärrvärmeanläggning är det den el och fjärrvärme som uppstår i processen som får bära ansvaret för emissioner och miljöpåverkan, enligt principen om att förorenaren betalar (*eng. Polluter Pays Principle*), och inte det avfall som används som bränsle.

Det finns olika sätt att dela upp bränsleanvändning och utsläpp mellan el- respektive fjärrvärmeproduktionen, där alternativproduktionsmetoden är den metod som är vanligast i miljövarudeklarationer (EPD). Alternativproduktionsmetoden innebär att

man räknar ut hur mycket bränslen som skulle ha krävts för motsvarande produktion av el och värme separat¹⁶. Metoden resulterar i att primärenergien för levererad fjärrvärme ofta blir lägre än den levererade energin. Detta kan motiveras med att el har en högre energimässig kvalitet. Även Svensk Fjärrvärme använder sig av alternativproduktionsmetoden, vilken också rekommenderas av EN 15804.

Svensk Fjärrvärme klassar inte spillvärme som varken förnybar eller fossil, då både resursanvändningen och miljöpåverkan sätts till noll. I projektet har vi noterat denna brist, men bedömer att det i många fall (men inte alla) rör sig om förnybara resurser varför bidraget till klimatpåverkan inte bedöms påverka resultatet signifikant. På grund av osäkerheter i underlaget har spillvärmens miljöpåverkan tillsvidare satts till noll (motsvarande äkta spillvärme). Värt att notera är att torv hanteras som ett fossilt bränsle i LCA-beräkningarna¹⁷. Vidare antas avfall innehålla omkring 1/3 fossilt kol vilket på ett betydande sätt bidrar till att öka fjärrvärmens klimatpåverkan.

LCA-data för utvinning och förbränning av olika bränslen har främst hämtats från databasen PE Internationals egna uppströmsberäkningar och Naturvårdsverkets emissionsfaktorer, vilka sedan modellerats i LCA-verktyget Gabi. De använda dataseten innehåller uppgifter om miljöpåverkan baserat på ett livscykelperspektiv.

Tabell 844 Total tillförsel i Sverige enligt statistik för 2011 samt scenarion för 2010 och 2030, TWh (Referens ER 2014:19)

TWh	2011	2020	2030
Kol	1,7	0	0
Biobränsle	28,3	24,6	19,3
Torv	1,7	3,4	4,7
Avfall	12	18	18
Oljor, inkl. gasol	2,5	1,2	0,6
Naturgas	5,1	1,4	1,1
Koks- och masugns gas	1	1	0,9
Insatt el till elpannor	0,1	0	0
Värmepumpar, stora	5,1	3,9	5,4
Spillvärme	3,6	5,4	5,6
Total tillförsel	61,1	58,9	55,6

Baserat på ovanstående bränslescenario för år 2030 har klimatpåverkan för svensk elmix beräknats till 28 g CO₂e/MJ (101 g CO₂e/kWh) med den LCA-metodik som tillämpas. För att beräkna byggnadens klimatpåverkan läggs distributionsförlusterna måste sedan läggas till den energiprestanda som redovisas ovan. I dessa beräkningar har antagits att distributionsförlusterna är 14 procent för 2030 (se appendix för beskrivning: Överslagsberäkningar av framtida distributionsförluster i fjärrvärmenät).

¹⁶ Environdec (2011). Product category rules: Electrical energy (CPC 171), Steam and hot water (CPC 173). PCR 2007:08, version 2.01, The international EPD® system, 2011-12-05.

¹⁷ Torv är allmänt sett ett fossilt i klimatrapporteringssammanhang, men hanteras som ett förnybart bränsle i elcertifikatsystemets sammanhang.

Dessa antaganden innebär att resultaten skiljer sig från om distributionsförluster använts enligt Energimyndighetens scenarior för 2030.

Beräkningsantaganden

Produktskedet (modul A1-3)

Alla byggresurser som används i byggprocessen ingår i inventeringen (dvs allt ovanför dränerande lager ingår). Undantag är installationer typ VVS. Inventeringen omfattar inte grundläggning och markarbeten på fastigheten.

Byggproduktionsskedet (modul A4-5)

Transporter för alla byggresurser som byggs in redovisas i modul A4.

I modul A5 ingår bygg- och installationsprocessen med el och fjärrvärme samt diesel för byggarbetsplatsens fordon såsom hjullastare och kran. Dessutom ingår det spill som uppstår, det vill säga den klimatpåverkan som gått åt för att tillverka allt material som köps in till bygget, samt att ta hand om avfallet/spillet.

Underhåll och utbyte (modul B2 och B4)

Underhåll och utbyte har beaktats för de material som finns väderexponerat i klimatskalet, vilket innebär ganska begränsade åtgärder (se [Tabell 9](#) [Tabell 12](#)).

Formaterat: Teckensnitt:11 pt

Tabell 9-12 Underhåll och utbyte av material i klimatskaket

Material	Underhåll (år)	Insats byte
Armerat putssystem StoLotusan	Ommålning (25), åtgång 0,5 l/m ² (=0,75 kg)	Livslängd > 50
Tätskikt TY 4522 (ytpapp)	Takmassa (15), åtgång 0,08 l/m ²	Omläggning takpapp efter 30 år
Betongtakpannor, ytbehandling svarta	Rengörning	Byte av 5 procent under livslängden
Förzinkad-lackade plåtytor	Målning (15)	
22 profilspondad panel	Målning (12)	Utbyte panel 25 % efter 30 år
Steni Coulor	Rengörning	Livslängd > 50
Förzinkad-lackad bandtäckning	Målning (15)	

Driftsenergi (modul B6)

Byggnadens miljöprestanda bedöms med hjälp av en livscykelanalys (LCA). Den LCA-metodik som används utgår ifrån de standarder som är kopplade till byggproduktförordningen (dvs EN 15804 och EN 15978 för byggprodukter respektive byggnader). I en LCA ansätts vanligtvis en teoretisk livslängd som i denna studie är satt till 50 år. Det är sedan möjligt att bedöma miljöpåverkan för en byggnad som byggs, används och därefter rivs. Detta scenario betyder inte att det är så det kommer att se ut i framtiden, men skapar förutsättningar för att kunna analysera olika byggnader utifrån lika förhållande. För många byggnader är det mer realistiskt att anta att byggnaden kommer

att byggas om efter en viss tid. I Sverige saknas sådan statistik på ombyggnader till samma eller en annan byggnadsfunktion och omfattande reparation (med syfte att använda byggnaden för samma ändamål men med en modern standard).

En byggnad har en lång livslängd och speciellt stommen och klimatskalet. Hade det funnits statistik som beskriver ombyggnad och reparationscykler skulle dessa kunna ligga till grund för att bedöma sådana investeringars analysperioder för olika byggdelar. I brist på sådan statistik bedömer vi att 50 år är en realistisk avskrivningsperiod.

Slutskedet (modul C1, C2)

Det är ganska vanligt att rivningsskedet inte beaktas i en LCA för ett byggnadsverk och om det ingår så är det oftast en begränsad del av den faktiska miljöpåverkan som inkluderas. Enklast är att ta hänsyn till transporterna och ett schablonvärde på rivningen i form av fordonsdiesel utslaget per m². För att inte underskatta rivningsskedets miljöpåverkan har IVL tagit fram och sammanställt nyckeltal för en tänkt framtida rivning av byggnaden (se [Tabell 10](#)~~Tabell 13~~). Dessa nyckeltal är uppdelade på olika material och beror på vikt eller på hur stort byggnadsobjektet är. Även energi för att mekaniskt bearbeta de mest betydande materialslagen har tagits fram. Enligt gällande LCA-praxis belastas byggnadsverket med denna typ av upparbetning och transport till en återvinningsstation. Därefter är det nya produktsystem som tar över miljöansvaret.

Tabell 1043 Energianvändning för maskiner och arbetsfordon för rivning av byggnader¹⁸.

Delmoment	Enhet	kWh/m ² BTA	kWh/ton
Förberedande rivningsarbete	El	0,1	
	Diesel	1	
Nedbrytning (krossning) av konstruktionen, oavsett typ av stomme ¹⁾	El	8	
	Diesel	10	
Tillkommande för stomme av,			
betong	Diesel		10
murverk	Diesel		5
stål	Diesel		1,1
trä	Diesel		1,1
Tillkommande kran för bjälklag över sex meter ovan mark²⁾			
betong	Diesel		4,1
murverk	Diesel		4,1
stål	Diesel		2
trä	Diesel		2
Upparbetning för att kunna sälja returprodukter av³⁾,			
betong (krossning)	Diesel		2,0
tegel (krossning)	Diesel		1,5
stål (fragging)	Diesel		7,4
trä (flisning)	Diesel		6
övriga material	Diesel		0,8
Deponering och utfyllnad av rivningsmassor (eng. backfilling) ⁴⁾	Diesel		1,6

- 1) Detta är en allmän post oavsett byggnadens material och kompletteras sedan med olika tillägg som tillkommande energianvändning utöver den allmänna posten.
- 2) I de fall källare förekommer antas att ingen kran behövs.
- 3) I grundfallet antas att denna upparbetning görs på rivningsplatsen för att minimera transportarbetet.
- 4) Posten inkluderar utläggning och kompaktering.

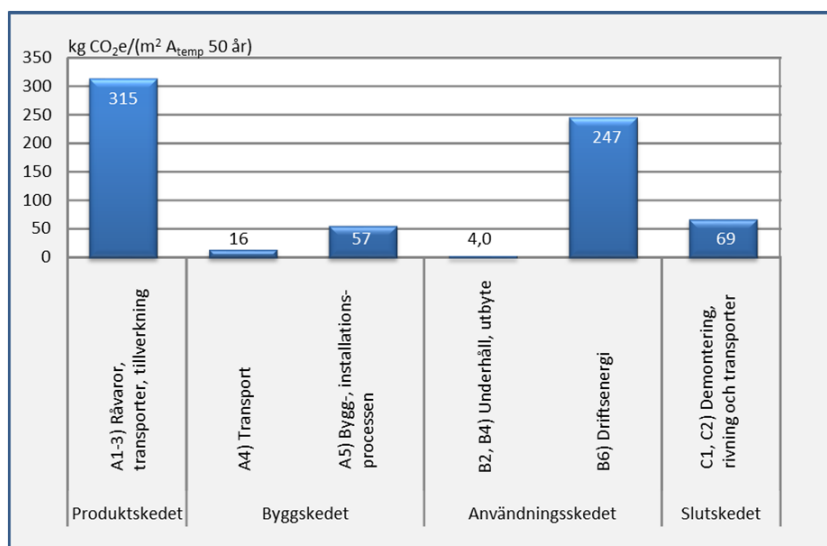
¹⁸ Erlandsson M: Generell byggproduktinformation (BPI) för bygg- och fastighetssektorn: Miljödata för maskiner och arbetsfordon för rivning av byggnader. IVL Svenska miljöinstitutet, rapportnummer CX, mars 2015.

Resultat

Flerbostadshus med betongstomme

Figur 5 **Figur 7** beskriver flerbostadshus F1 med en betongstomme i lågenergiutförande och den totala klimatpåverkan under dess livscykel, uppdelat på ett antal livscykelkedan och inkluderande informationsmoduler. Klimatpåverkan är beräknad för 50 års drift. Produktskedets och byggskedets klimatpåverkan sammantaget är omkring 50 procent större än driftsenergis klimatpåverkan. I analysen ingår bara yttre underhåll i kombination med att de flesta ytor är underhållsfria, vilket sammantaget gör att nästan inget utbyte hinner ske. Byggnaden har en putsad yta som målas en gång under livlängden. En jämförelse mellan flerbostadshuset med trästomme, som har en stenbelagd fasadskiva som inte kräver ommålning och det putsystem som används här, ger direkt ett synligt avtryck under användningsskedet.

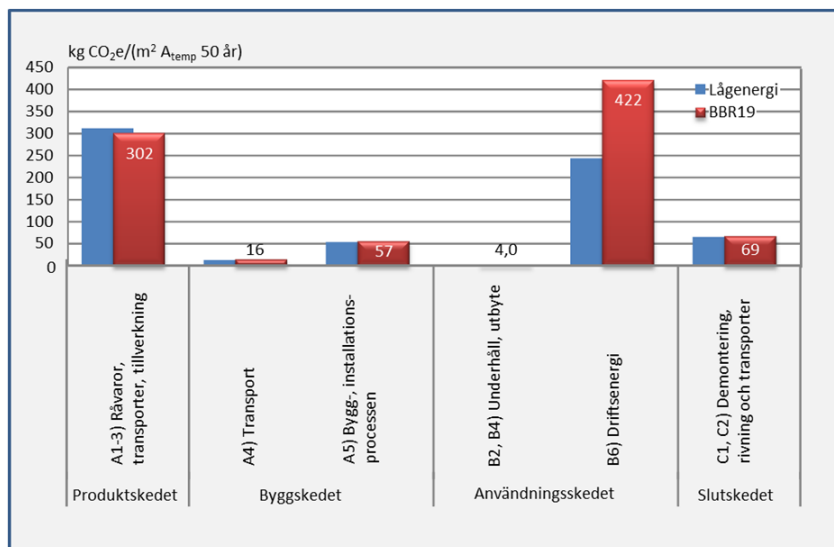
Formaterat: Teckensnitt:11 pt



Figur 57 Klimatpåverkan för flerbostadshuset (F1) med en betongstomme och med lågenergiprestanda under 50 års drift. Vid 30 års drift är driftsenergis klimatpåverkan 148 kg CO₂e/(m² A_{temp}).

I **Figur 6** **Figur 8** redovisas flerbostadshus F1 i BBR19 utförande. Detta utförande jämförs med byggnadens ursprungliga utformning och energiprestanda. Störst förändring är den ökade klimatpåverkan från driftsenergin och en försumbart minskad klimatpåverkan för produktskedet. Denna skillnad kan räknas om till en miljöåterbetalningstid (pay off) motsvarande 4 år.

Formaterat: Teckensnitt:11 pt

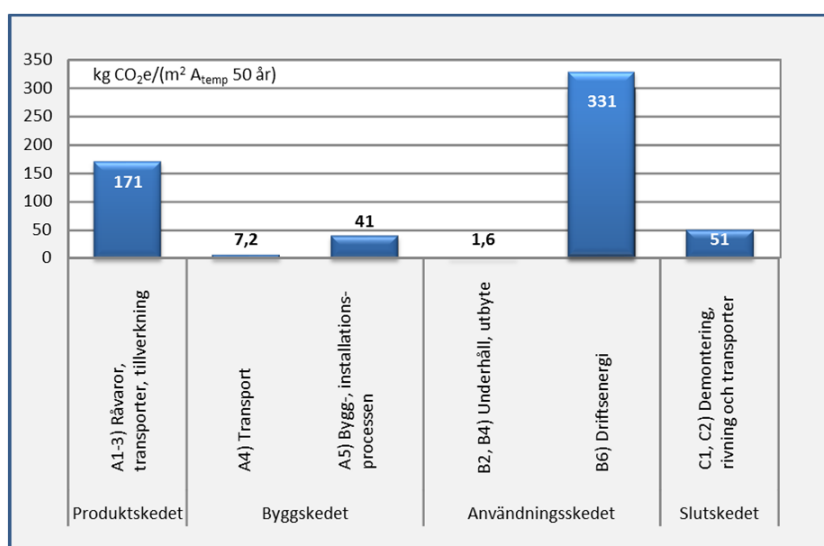


Figur 68 Jämförelse av klimatpåverkan för ett flerbostadshus med en betongtomme (F1) och med lågenergi- och BBR19-prestanda under 50 års drift. (numeriska värdena på blå staplar enligt figur 7)

Småhus med lätt konstruktion och platta på mark

Figur 7 **Figur 9** beskriver småhuset S2 med lätt konstruktion och platta på mark i lågenergiutförande och den totala klimatpåverkan under dess livscykel, uppdelat på ett antal livscykelkedor med inkluderande informationsmoduler. Klimatpåverkan är beräknad för 50 års drift. Produktskedets och byggskedets klimatpåverkan sammantaget utgör omkring 2/3 av driftsenergens klimatpåverkan. I analysen ingår bara yttre underhåll.

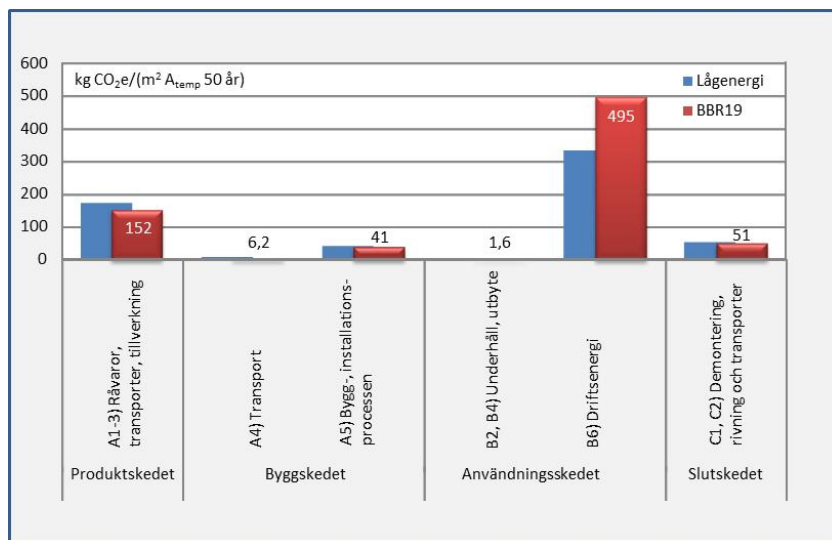
Formaterat: Teckensnitt:11 pt



Figur 79 Klimatpåverkan för småhuset (S2) med en platta på mark och trästomme med lågenergiprestanda under 50 års drift. Vid 30 års drift är driftsenergens klimatpåverkan 198 kg CO₂e/(m² A_{temp}).

I **Figur 8** **Figur 10** redovisas småhuset SP2 i BBR19 utförande. Detta utförande jämförs med byggnadens ursprungliga utformning och energiprestanda. Störst förändring är den ökade klimatpåverkan från driftsenergin och en märkbar, men inte stor, minskning av klimatpåverkan för produktskedet. Denna skillnad kan räknas om till en miljöåterbetalningstid (pay off) motsvarande 6 år. I jämförelse med flerbostadshusen har förändringar i klimatskalet en större betydelse än för småhusen.

Formaterat: Teckensnitt:11 pt



Figur 849 Jämförelse av klimatpåverkan för småhuset (S2) med en platta på mark och trästomme med lågenergi- och BBR19-prestanda under 50 års drift. (numeriska värdena på blå staplar enligt figur 9)

Slutsatser och diskussion

Den analys som gjorts här är unik på så sätt att datatäckningen från inventerade byggnader är extremt hög tack vare det koncept som tillämpas vid miljöberäkningarna (Anavitor-konceptet). Analysen omfattar två olika byggnader med en hög ambition på energiprestanda och byggnader som kan anses representativa för modern energieffektiv byggteknik.

Att bygga med en högre ambition än byggreglerna BBR19, med avseende på byggnadernas energiprestanda, är otvivelaktigt ett välmotiverat beslut ur klimatsynpunkt sett under byggnadernas livscykel. Detta gäller även om en så kort livslängd som 30 år analyseras och förstärks vid en längre livslängd på 50 år. Denna slutsats gäller oavsett vilken byggnadstyp som analyseras. Beräknade avbetalningstider för en hög ambitionsnivå för byggnadernas energiprestanda är under fem år för flerbostadshuset och under 20 år för småhuset.

De beräkningar som genomförts visar att det är andra delar av byggnaden än materialval i ett termiskt bättre klimatskal som bidrar till klimatpåverkan. Eller med andra ord; bättre isolerade byggnader ger ett relativt sett litet ökat bidrag till klimatpåverkan jämfört med sämre isolerade byggnader, i synnerhet om man väger in den nytta de gör under byggnadens livscykel. Beräkningar visar också att;

- den byggteknik som krävs för att bygga ett BBR19-hus är så nära det som krävs för en lågenergibyggnad, att det från ett miljöperspektiv är motiverat med ett högre energiprestandakrav för flerbostadshus än vad som ställs idag.
- För villor så är det också motiverat med ett högre energiprestanda, som ger en miljöbesparing som går att räkna hem under byggnadens livscykel, om än inte lika stor som för flerbostadshusen.

En viktig slutsats är att de beräkningar som gjorts visar att klimatskalats energiprestanda vid nybyggnad av lågenergihus är så bra, så att det är hur installationerna fungerar i praktiken som får en avgörande betydelse för de energibesparingar som kan göras. I praktiken betyder det också att installationer som inte håller måttet och uppfyller den prestanda som utlovats så kommer inte dessa byggnader att klara projekterade värden. På samma sätt är det för lågenergihus viktigt att hantera köldbryggor och att se till att byggnaderna är lufttäta då det relativa bidraget från dessa potentiella felkällor har större betydelse än för en byggnad som bara uppfyller dagens normkrav.

Den studien visar att om syftet med är att bidra till en minskad klimatpåverkan, så måste även byggprocessen hanteras på något sätt. I dagens byggregler finns krav på köpt energi och bara indirekt på energins miljöprestanda, genom att kraven är större för eluppvärmda hus i förhållande till fjärrvärme. Baserat på resultatet från denna studie är det minst lika motiverat att ställa någon form av miljökrav på hur man bygger avseende på materialval och tekniska installationer.

De beräkningar av klimatpåverkan som har gjorts inom ramen för studien utgår från ett framtida energisystem för el och fjärrvärme som utarbetats av Energimyndigheten. LCA beräkningar baserat på ovanstående bränslescenario för år 2030 och har används för att beräkna klimatpåverkan för svensk elmix och fjärrvärmemix. Antagandena som

gjorts här för distributionsförluster skiljer sig från de som ursprungligen använts enligt Energimyndighetens scenarior för 2030, vilket innebär att även miljöpåverkan skiljer sig från scenarierna. Baserat på dessa scenarier kan man konstatera att klimatpåverkan per kWh köpt el är lägre än motsvarande per kWh köpt fjärrvärme, såväl år 2030 som idag. Fjärrvärmens klimatpåverkan kan förbättras exempelvis genom en större utsortering av fossila avfall till återvinning och minskad användning av torv. Förlusterna i framtida fjärrvärmenät kan dessutom öka när energibesparingar görs i den befintliga infrastrukturen och utbyggnaden främst sker till nya områden utanför det befintliga nätet, som därmed utgör ett glest värmeunderlag. Denna utvecklingstrend på fjärrvärmesidan är bristfälligt undersökt i litteraturen och borde därför analyseras mer i detalj.

Förslag på tillkommande analyser

En kompletterande beräkning baserat på samma underlag som används här skulle kunna inkludera:

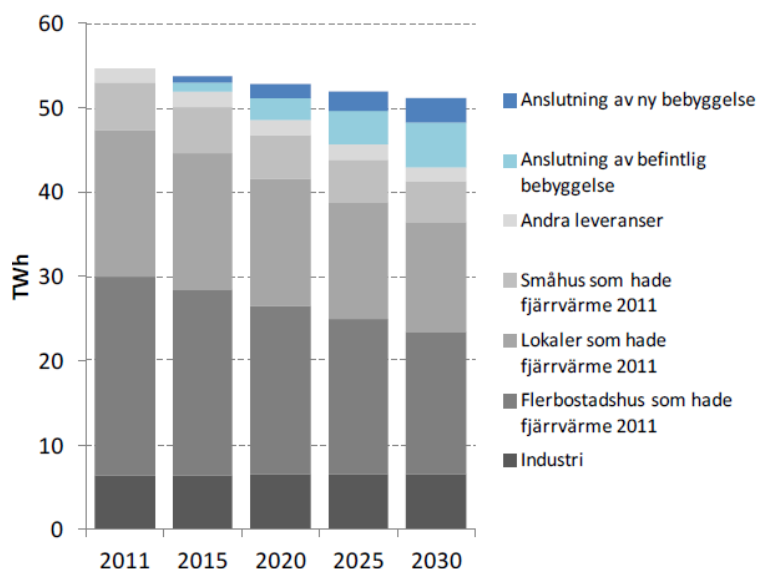
1. flera miljöaspekter
2. en resursindikator som tar hänsyn till resursknapphet¹⁹
3. de installationssystem som ingår i byggnaden
4. betydelsen av ombyggnad
5. en konsekvens-LCA för framtida energisystem

Ovanstående förslag på tillkommande analyser skulle bredda det beslutsunderlag som tagits fram i denna rapport och på så sätt ge en mer heltäckande beskrivning.

¹⁹ Erlandsson M, Sandberg E. Resursindex för energi -konsekvensanalys för byggnader med fjärrvärme. Fjärrsyn, rapport 2011:7, Svensk Fjärrvärme AB, oktober 2011

Appendix: Överslagsberäkningar av framtida framledningsförluster i fjärrvärmenät

Enligt statistiken är framledningsförlusterna i dagens fjärrvärmenät från produktionsenheterna till kundernas anslutningspunkter i genomsnitt 12 procent 2012 (EN 11 SM 1301). I Energimyndighetens framtidsprognos (EN ER 2014:19) antas förenklat att framledningsförlusten är konstant över tiden. I denna rapport görs en överslagsmässig uppskattning av värmeförlusternas utveckling för att inkludera även denna aspekt.

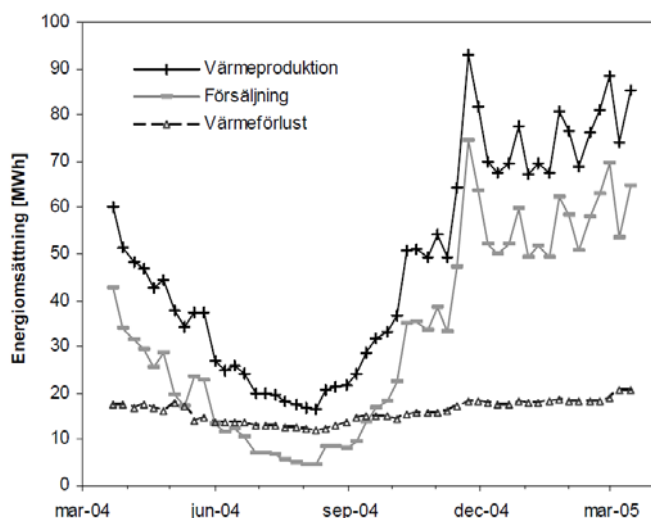


Figur 944 Beräknad utveckling för Sveriges samlade fjärrvärmeleveranser till och med 2030 (Sköldberg 2013)²⁰

Det är rimligt att anta att värmeunderlaget i befintliga områden som är anslutna till fjärrvärme kommer att minska som en konsekvens av energibesparingar som genomförs, se [Figur 9](#) [Figur 11](#). En bedömning är att dessa besparingar till 2030 utgör totalt 12 TWh och att 8 TWh vill tillkomma i nyanslutningar (Sköldberg 2013)²¹. Vi kan på så sätt beräkna framledningsförlusterna i ett framtida system baserat på antagandet att förlusterna i det befintliga nätet i princip är konstant, oavsett värmeproduktionen, se [Figur 10](#) [Figur 12](#).

²⁰ Håkan Sköldberg, Thomas Unger, Anders Göransson. Potentialen för kraftvärme, fjärrvärme och fjärrkyla. Utifrån artikel 14 i energieffektiviseringsdirektivet. Fjärrsyn rapport 2013:15, Svensk Fjärrvärme AB, 2013.

²¹ Håkan Sköldberg, Thomas Unger, Anders Göransson. Potentialen för kraftvärme, fjärrvärme och fjärrkyla. Utifrån artikel 14 i energieffektiviseringsdirektivet. Fjärrsyn rapport 2013:15, Svensk Fjärrvärme AB, 2013.



Figur 1042 Veckovis energisättning för fjärrvärmenätet på Tomtebo med redovisning av värmeförluster som uppstår i distributionsnätet beräknat som differensen mellan producerade värmeenergi och debiterad värme hos kunderna (Henriksson 2007)²²

Förutsatt att värmeunderlaget minskar med 12 TWh i det befintliga nätet kommer distributionsförlusterna i det befintliga systemet kommer öka till 15 procent. Vi antar sedan att 2/3 av nyanslutningen sker till det befintliga nätet och 1/3 till ett nytt nät, med antagen förlust på 15 procent respektive 7,5 procent. Detta kommer att resultera i ett framtida medelvärde för framledningsförlusterna 2030 på 14 procent.

Bedömningen är att detta är ett konservativt antagande om nyanslutningen kommer att ske i mindre tätta områden med ett lågt effektbehov per installerad meter ny ledning. I det nät som redovisas i Figur 1042 är förlusterna 33 procent och i studien bedöms dessa kunna minska till omkring 20 procent om modern teknik används. Även teoretiska beräkningar som utgår ifrån ett nybyggt fjärrvärmenät för byggnader som uppfyller passivhusnormen för fjärrvärme med konventionell teknik skulle ge en förlust på 29 procent i ett sådant nät (Erlandsson, Sandberg 2013)²³. Det är därför rimligt att anta att denna typ av nytillkommande områden i framtiden kommer att ha i alla fall en halverad värmeförlust.

I beräkningarna som görs här fördelas hela nätets framledningsförluster lika på den värme som debiteras kunden, även om den specifika byggnaden som analyseras befinner sig i ett tillkommande nät med ett värmeglest underlag. Detta blir analogt med en elansluten byggnad som ligger perifert i ett eldistributionsnät.

²² Johan Henriksson. Utredning och optimering av Umeå Energis fjärrvärmenät i småhusområden. Civilingenjörsprogrammet i energiteknik vid Umeå universitets tekniska högskola, 2007.

²³ Erlandsson M, Sandberg E. Resursindex för energi. Svensk fjärrvärme, Fjärrsyn rapport 2011:17, alternativt IVL rapport B2156.



IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90
www.ivl.se