

Miljömässigt hållbara material för bostadshus

- En miljösystemanalys med livscykelperspektiv
för material till BoKloks bostäder

Karolina Koch, Karin Lindeberg

Examensarbete 2016
Miljö- och energisystem
Institutionen för Teknik och samhälle
Lunds Tekniska Högskola



LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

Miljömässigt hållbara material för bostadshus
En miljösystemanalys med livscykelperspektiv
för material till BoKloks bostäder

Karolina Koch, Karin Lindeberg

Examensarbete

Juni 2016

Dokumentutgivare, Dokumentet kan erhållas från LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA vid Lunds universitet Institutionen för Teknik och samhälle Miljö- och energisystem Box 118 221 00 Lund Telefon: 046-222 00 00 Telefax: 046-222 86 44	Dokumentnamn
	Examensarbete
	Utgivningsdatum
	Juni 2016
	Författare
	Karolina Koch Karin Lindeberg

Dokumenttitel och undertitel

Miljömässigt hållbara material för bostadshus
- En livscykelanalys med livscykelperspektiv för material till BoKloks bostäder

Sammandrag

Efterfrågan på nyproducerade bostäder är stor i Sverige och bygg- och fastighetssektorn står för en betydande del av samhällets miljöpåverkan. För att minska sektorns miljöpåverkan läggs idag allt större fokus vid att välja byggnadsmaterial med omsorg. Företaget BoKlok bygger bostäder industriellt och vill utreda miljöpåverkan från material som används i stor utsträckning, för att kunna ta större hänsyn till miljöeffekter vid materialval.

Syftet med detta examensarbete är att utreda vilka produkter BoKlok kan använda för att minska byggnadsmaterialens miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv. De stora produktgrupperna isolering och fasad granskas eftersom minskad miljöpåverkan från dessa kan innebära en märkbar reduktion av byggnadernas totala miljöpåverkan. I granskningen jämförs sju isoleringsprodukter och åtta fasadprodukter. Vidare utreds hur BoKlok kan arbeta systematiskt för att göra mer miljömässigt hållbara materialval.

För att bedöma produkternas miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv inkluderas faserna råvaruframställning, tillverkning, transporter, montering, drift och avfallshantering. Miljöpåverkan utreds med avseende på klimatpåverkan, energianvändning och toxicitet, och relateras till de funktionella enheterna 1 m² fasad respektive den mängd isolering som ger värmemotståndet 1 m²K/W för ytan 1 m². Som underlag för beräkningar används miljödeklarationer och byggvarudeklarationer samt kompletterande uppgifter från databasen Ecoinvent.

Resultaten visar att tre cellulosabaserade isoleringsprodukter orsakar lägst miljöpåverkan av de granskade produkterna. Aspekter som isoleringsförmåga och brandklassning medför att konstruktionsändringar kan behövas för att BoKlok ska kunna använda cellulosaisolering. För sprayisolering och hårdskum krävs vidare studier för att avgöra om produkternas relativt stora miljöpåverkan kompenseras av den höga isoleringsförmågan, som medför ett minskat energibehov för byggnaden under driften. Jämförelsen av isoleringsprodukter kan därför med fördel kompletteras med en liknande studie för en hel byggnad, där eventuella konstruktionsändringar och byggnadens miljöpåverkan under driften inkluderas. Resultaten visar vidare att träpanel och skiffer är fasadalternativen som medför lägst miljöpåverkan, även när målning och ommålning av träfasaden inkluderas.

För att underlätta vidare arbete med att bedöma miljöpåverkan för material rekommenderas BoKlok att upprätta en databas över de material och produkter som används. För att systematiskt göra mer miljömässigt hållbara materialval skulle BoKlok även kunna ställa krav på att de produkter som används ska finnas bedömda i exempelvis Byggvarubedömningen.

Nyckelord

Livscykelanalys, miljöpåverkan, byggnadsmaterial, isolering, fasad.

Sidomfång	Språk	ISRN
130	Svenska	ISRN LUTFD2/TFEM-- 16/5109--SE + (1-130)

Organisation, The document can be obtained through LUND UNIVERSITY Department of Technology and Society Environmental and Energy Systems Studies Box 118 SE - 221 00 Lund, Sweden Telephone: int+46 46-222 00 00 Telefax: int+46 46-222 86 44		Type of document Master thesis
		Date of issue June 2016
		Authors Karolina Koch Karin Lindeberg
Title and subtitle Environmentally sustainable materials for residential buildings - An environmental systems analysis with life cycle perspective for materials to BoKlok's housing		
Abstract There is a large need for housing in Sweden and the construction sector generates a significant part of society's environmental impact. To reduce the environmental impact from the sector it is important to choose materials wisely. The company BoKlok builds housing industrially and wants to estimate the environmental impact caused by some of the major material groups. This could lead to more environmentally conscious choices ahead. The purpose of this master thesis is to investigate which products BoKlok can use to reduce the environmental impact caused by the materials in a life cycle perspective. The major product groups, insulation and facade, are reviewed in order to potentially reduce the environmental impact from the buildings. Seven insulation products and eight facade products are compared. It is also investigated how BoKlok systematically can include an environmental perspective when choosing materials. To assess the environmental impact in a life cycle perspective, the phases raw material extraction, manufacturing, transports, installation, use and waste management are included. The environmental impact is estimated with respect to climate impact, energy use and toxicity, and relates to the functional unit 1 m² facade respectively the amount of insulation that provides a thermal resistance of 1 m²K/W for 1 m². Data from construction product declarations and environmental product declarations are used, supplemented by the database Ecoinvent. The results show that three insulation products based on cellulose have the lowest environmental impact. However, aspects like thermal resistance and fire safety could affect the construction if BoKlok would use these alternatives. For spray insulation and rigid foam, further studies are needed in order to determine whether their relatively high environmental impact is compensated by the increased thermal insulation, resulting in lower energy consumption during the use phase of the building. It is therefore advised that a similar study is made for an entire building, where changes in construction and the environmental impact during the use phase of the building are taken into account. The results further show that wood panel and slate cause the lowest environmental impact among the facade options, including painting and repainting of the wood facade. To facilitate further efforts to assess the environmental impact of materials, it is recommended that BoKlok establishes a database for their materials and products. To systematically make more environmentally conscious choices, BoKlok could also require that all used building materials and products shall be evaluated in for example Byggsvarubedömningen.		
Keywords Life cycle assessment, environmental impact, construction materials, insulation, facade.		
Number of pages 130	Language Swedish	ISRN ISRN LUTFD2/TFEM--16/5109--SE + (1-130)

Förord

Detta examensarbete motsvarar 30 högskolepoäng och utgör avslutningen på civilingenjörsutbildningen i ekosystemteknik med inriktning mot miljösystemanalys vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har pågått under perioden januari – juni 2016 på uppdrag av BoKlok, vid Miljö- och energisystem på Lunds Universitet.

Vi vill tacka de som bistått oss med stöd och hjälp under arbetets gång:

BoKlok, som utgjort uppdragsgivare till examensarbetet.

Pål Börjesson, professor vid Miljö- och energisystem på Lunds Universitet, som varit handledare för examensarbetet och som läst utkast och kommit med värdefulla råd och kommentarer under arbetets gång.

Charlott Malmberg, miljöchef på BoKlok Housing, som varit biträdande handledare under examensarbetet och kommit med förslag och idéer samt förmedlat kontakter inom BoKlok.

Lars J Nilsson, professor vid Miljö- och energisystem på Lunds Universitet, som varit examinator.

Helena Ensegård, verksamhetsledare på Miljöbron Skåne, som rekommenderat oss till BoKlok och som läst utkast och kommit med kommentarer under arbetets gång.

Dessutom vill vi tacka våra *familjer* och *vänner* för allt stöd ni gett oss under arbetet.

Lund, juni 2016

Karolina Koch
Karin Lindeberg

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	3
1.1	SYFTE OCH MÅLSÄTTNING	4
1.2	FRÅGESTÄLLNINGAR	4
1.3	DISPOSITION	4
2	VAL AV PRODUKTGRUPPER OCH MILJÖPÅVERKANSKATEGORIER	5
3	METOD	7
4	BAKGRUND	9
4.1	BoKLOK	9
4.2	LIVSCYKELANALYS	10
4.2.1	Mål och omfattning	10
4.2.2	Funktionell enhet	10
4.2.3	Systemgränser	11
4.2.4	Miljöpåverkansbedömning	12
4.2.5	Datakvalitet	15
4.3	UNDERLAG FÖR MILJÖBEDÖMNING	16
4.4	DRIVKRAFTER FÖR MILJÖANPASSAT BYGGANDE	18
4.5	ÖVRIGA EGENSKAPER	21
5	GRANSKADE PRODUKTER	23
5.1	ISOLERING	23
5.2	FASAD	33
6	RESULTAT	43
6.1	ISOLERING	43
6.1.1	Allmänna egenskaper	43
6.1.2	Klimatpåverkan	44
6.1.3	Energianvändning	45
6.1.4	Toxicitet	45
6.1.5	Klimatpåverkan och energianvändning fördelad över livscyklifaser	48
6.2	FASAD	55
6.2.1	Allmänna egenskaper	55
6.2.2	Klimatpåverkan	57
6.2.3	Energianvändning	58
6.2.4	Toxicitet	58
6.2.5	Klimatpåverkan och energianvändning fördelad över livscyklifaser	60
7	ANALYS	69
7.1	ISOLERING	69
7.1.1	Generella analyser	69
7.1.2	Produktspecifika analyser	72
7.2	FASAD	77
7.2.1	Generella analyser	77
7.2.2	Produktspecifika analyser	80

8	DISKUSSION	83
8.1	ALLMÄNT.....	83
8.1.1	<i>Osäkerheter</i>	83
8.1.2	<i>Avfallshantering</i>	84
8.1.3	<i>Aspekter utöver den funktionella enheten</i>	85
8.2	ISOLERING.....	86
8.3	FASAD.....	88
8.4	TILLVÄGAGÅNGSSÄTT FÖR MILJÖMEDVETNA MATERIALVAL	90
9	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....	91
10	FRAMTIDA STUDIER	93
11	REFERENSER.....	95
	BILAGA 1 – BERÄKNINGSUNDERLAG	101
	BILAGA 2 – BERÄKNINGAR FÖR ISOLERING	105
	BILAGA 3 – BERÄKNINGAR FÖR FASADER.....	113
	BILAGA 4 – REFERENSER TILL DATABASER	121

1 Inledning

Under 1900-talet urbaniserades Sverige och befolkningsfördelningen övergick från att 90 % av invånarna bodde på landsbygden, till att 85 % idag bor i tätorter (Svanström 2015). Samtidigt som urbaniseringen fortkred nästintill fördubblades befolkningens mängd. Befolkningsökningen och urbaniseringen har bidragit till dagens stora efterfrågan på bostäder i städer och tätorter. En uppskattning av Statistiska Centralbyrån pekar på att bostadsbehovet i Sverige är 71 000 nya bostäder per år fram till år 2020 (Olofsson & Holmberg 2015).

Byggnation av bostäder ger upphov till miljöpåverkan i form av bland annat förekomst av toxiska ämnen, uppkomst av avfall, användning av naturresurser och utsläpp av växthusgaser. Byggsektorn genererar drygt en tredjedel av Sveriges avfall, om gruvavfallet exkluderas, och en fjärdedel av det farliga avfallet (Naturvårdsverket 2013). Bygg- och fastighetssektorn omsätter 50 % av de råvaror som används i samhället (Lagerström 2015) och står för 40 % av Sveriges energianvändning (Energimyndigheten 2013).

Miljöpåverkan för en byggnad sker i samband med produktion, drift och rivning. Genom medvetna val av bland annat material, byggteknik och energislag kan miljöpåverkan minskas. Driftfasen har tidigare tillskrivits den största delen av byggnadens klimatpåverkan (Liljenström m.fl. 2015). Därför har fokus främst legat på energieffektivisering för att minska energianvändningen under driften och den klimatpåverkan som är kopplad därtill. Förutom att byggnader har blivit mer energieffektiva (Liljenström m.fl. 2015) har energin som används i bostäder sedan 70-talet övergått från mestadels olja till el, fjärrvärme och biobränslen (Energimyndigheten 2013). Klimatpåverkan för byggnader har förskjutits så att den största delen uppkommer i produktionsfasen istället för driftfasen (Liljenström m.fl. 2015). Byggnadsmaterial utgör en central del i produktionen och att välja material med låg miljöpåverkan är viktigt för att bygga mer miljömässigt hållbara bostäder.

Boendekonceptet BoKlok har utvecklats av Ikea och Skanska (BoKlok u.å.a) med idén att bygga kvadratsmarta och prisvärda hem för alla (BoKlok u.å.b). BoKlok bygger radhus och flerfamiljshus i trä och husen tillverkas i form av moduler i fabrik. Vid produktion av många likadana husmoduler påverkar valen av material inte bara ett enskilt byggprojekt, utan samtliga byggnader som tillverkas. BoKlok arbetar löpande med att uppdatera byggmaterialen och önskar nu hitta sätt att minska miljöpåverkan från stora produktgrupper och samtidigt kunna ta större hänsyn till miljö vid materialval. I enighet med den nya standarden för miljöledningssystem ISO 14001:2015, vill BoKlok i större utsträckning tillämpa ett livscykelperspektiv i sitt miljöarbete.

1.1 Syfte och målsättning

Syftet med examensarbetet är att utreda vilka produkter BoKlok kan använda till sina bostäder för att minska miljöpåverkan från byggnadsmaterialen. Studien ska exemplifiera hur BoKlok kan välja material med miljö i åtanke, genom att granska utvalda alternativ inom produktgrupper som används i stor utsträckning. För att ge en så komplett helhetsbild som möjligt ska granskningen göras ur ett livscykelperspektiv.

Målet med examensarbetet är att ge BoKlok råd om hur de kan arbeta systematiskt för att göra mer miljömedvetna materialval. Resultatet i studien ska kunna användas som underlag när BoKlok väljer byggnadsmaterial till bostäderna.

1.2 Frågeställningar

Studien ämnar besvara följande frågeställningar:

- Vilka isolerings- och fasadprodukter bör väljas till BoKloks bostäder för att minimera byggnadsmaterialens miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv?
- Är det möjligt för BoKlok att använda de granskade produkterna med tanke på andra aspekter än miljöpåverkan?
- Hur kan BoKlok arbeta mer systematiskt för att ta större miljöhänsyn vid materialval?

1.3 Disposition

I avsnitt 2 presenteras produktgrupperna som valts ut för granskning samt de miljöpåverkans-kategorier som inkluderas i bedömning av produkternas miljöpåverkan. Avsnitt 3 beskriver den metod som använts i studien, bland annat tillvägagångssätt för datainsamling och bedömning. Företaget BoKlok, verktyget livscykelanalys och annan bakgrund till arbetet presenteras närmare i avsnitt 4. I avsnitt 5 anges information om de granskade produktalternativen inom respektive produktgrupp.

Resultaten från livscykelgranskningarna presenteras i avsnitt 6. I avsnitt 7 analyseras resultaten genom osäkerhets- och känslighetsanalyser. Avsnitt 8 innehåller diskussion kring resultaten samt förslag på hur BoKlok kan arbeta för att ta större hänsyn till miljö vid materialval. Slutsatser och rekommendationer anges i avsnitt 9, vilket följs av uppslag till framtida studier i avsnitt 10. Beräkningsunderlag och de beräkningar som gjorts i granskningarna presenteras som bilagor.

2 Val av produktgrupper och miljöpåverkanskategorier

I detta avsnitt presenteras och motiveras valet av de produktgrupper och miljöpåverkanskategorier som inkluderas i studien.

Produktgrupper

De produktgrupper och produktalternativ som valts ut för vidare studier identifierades genom diskussioner med medarbetare på BoKlok. Utgångspunkten var att välja produktgrupper som används i stor mängd och där det finns intressanta alternativ till den produkt som används för närvarande. Följande två produktgrupper valdes ut för granskning:

- Isolering
- Fasad

Isolering spelar en central roll vid optimering av bostädernas energianvändning och är därför en intressant produktgrupp att analysera. BoKlok använder ett flertal olika fasader till sina bostäder och det är av intresse att utreda vilka alternativ som utgör bättre miljöval (Malmberg 2016). Både isolering och fasader är volymmässigt stora produktgrupper (Danestränd 2016), vilket bidrar till att de har valts ut för granskning, eftersom minskad miljöpåverkan inom produktgrupperna kan göra positivt avtryck på byggnadernas miljöpåverkan. De produktalternativ som används idag inkluderades i granskningen, tillsammans med alternativa produkter som skulle kunna ersätta de nuvarande. Urvalet av alternativa produkter baserades på önskemål från BoKlok och inkluderade framför allt produkter från leverantörer som kontaktat BoKlok i marknadsföringssyfte.

Miljöpåverkanskategorier

Följande miljöpåverkanskategorier inkluderas i studien:

- Klimatpåverkan
- Energianvändning
- Toxicitet

Den ökade växthuseffekten är ett allvarligt globalt miljöproblem (se *Klimatpåverkan* i avsnitt 4.2.4 *Miljöpåverkansbedömning*) varpå klimatpåverkan identifierats som en viktig miljöpåverkanskategori i den här studien.

Energianvändning är nära kopplat till klimatpåverkan eftersom klimatpåverkan uppstår vid elproduktion och vid framställning och användning av fossila bränslen (se *Energianvändning* i avsnitt 4.2.4 *Miljöpåverkansbedömning*). Införandet av Energiprestandadirektivet (2010/31/EU) år 2021 närmar sig och BoKlok utreder sätt att minska bostädernas energianvändning (se *Nära-nollenergibyggnader* i avsnitt 4.4 *Drivkrafter för miljöanpassat byggande*). I samband med att energiprestandan under driftfasen ses över är BoKlok intresserade av att utreda hur

stor energimängd som krävs för att producera byggnadsmaterialen, samt vilken klimatpåverkan som är kopplad därtill.

Toxicitet (se *Toxicitet* i avsnitt 4.2.4 *Miljöpåverkansbedömning*) har inkluderats i studien eftersom det är viktigt för BoKlok att främja en god arbetsmiljö i fabrikerna där husmodulerna tillverkas samt att säkerställa god inomhusmiljö i de färdiga bostäderna (Malmberg 2016).

Andra aspekter, så som användning av markyta och vatten, utreds inte i denna studie. Det beror på att studien har ett svenskt perspektiv och att varken mark eller vatten utgör bristvaror i Sverige. Andra miljöpåverkanskategorier, som förorening, övergödning och biologisk mångfald exkluderas också från studien.

3 Metod

Detta avsnitt beskriver övergripande den metod som använts för att genomföra studien. Specifika metoder för miljöbedömning beskrivs i avsnitt 4.2 Livscykelanalys.

Studiebesök

För att få en uppfattning om hur husmodulerna tillverkas gjordes ett studiebesök i BoKloks fabrik i Gullringen, Småland. Besöket inkluderade en guidad tur i fabriken där produktionskedjan följdes från kapning av träreglar till färdiga husmoduler. Två områden med färdigbyggda BoKlok-bostäder besöktes också för att ge en konkret bild av slutprodukten och sätta studien i ett större sammanhang.

Datainsamling

Genom en litteraturstudie sammanställdes bakgrundsinformation som ansågs relevant för studien och särskilt för den diskussion som förs.

Information från BoKloks inköpsavdelning om vilka material som köps in i störst mängd utgjorde utgångspunkt i valet av granskade produktgrupper. För att bedöma produkternas miljöpåverkan användes främst byggvarudeklarationer och miljödeklarationer. Byggvarubedömningen (Byggvarubedömningen 2014) användes som komplement. För bedömning av toxicitet användes även SundaHus (SundaHus Miljödata 2016).

I fall där data för råvaruframställning saknades användes databasen Ecoinvent (Ecoinvent 2016), som innehåller uppgifter om miljöpåverkan vid materialframställning. Omvandlingsfaktorer och emissionsfaktorer för el och bränslen valdes främst från Miljöfaktaboken 2011 (IVL 2011) och Naturvårdsverkets Emissionsfaktorer och Värmevärden (Naturvårdsverket 2015e).

I händelse av brist på data har egna bedömningar tillämpats, vilket framgår i redovisningen av beräkningarna i *Bilaga 1- Bilaga 3*. När källor angett olika uppgifter har generellt medelvärdet använts. Vid tveksamheter har miljöpåverkan överskattats snarare än underskattats. Datakvaliteten har värderats genom granskning av ålder på data och vilket geografiskt område som avses samt vilken organisation som ligger bakom uppgifterna. De källor som bedömts som mer tillförlitliga har använts i första hand.

Bedömning av miljöpåverkan

Som utgångspunkt i miljöpåverkansbedömningarna användes livscykelanalys (LCA), se avsnitt 4.2 *Livscykelanalys*. Miljöpåverkan under livscykelfaserna råvaruframställning, tillverkning, transporter, montering, drift och avfallshantering inkluderades i bedömningen. Insamlad data användes för att beräkna produkternas klimatpåverkan, energianvändning och toxicitet under livscykeln. Beräkningarna utfördes i Excel och resultatet för klimatpåverkan och energianvändning sammanställdes i stapeldiagram, medan toxiciteten sammanställdes i tabellform. För klimatpåverkan och energianvändning utfördes kvantitativa beräkningar och bedömningar av produkterna. Produkternas toxiska egenskaper har granskats mer kvalitativt, på grund av brist på standardiserade bedömningsmetoder.

Osäkerhets- och känslighetsanalyser gjordes för att identifiera nyckelparametrar och för att bedöma i hur stor utsträckning slutresultatet påverkas av osäkerheter och variationer i indata. Analyserna syftar till att säkerställa studiens vetenskapliga kvalitet, samt att tydliggöra de osäkerheter som påträffats.

Utifrån resultaten och den bakgrund som presenterats fördes en diskussion om de granskade produkternas miljöpåverkan. Resonemanget som förts i diskussionen ledde fram till de slutsatser och rekommendationer som slutligen presenteras.

4 Bakgrund

I detta avsnitt presenteras relevant bakgrundsinformation om bland annat företaget BoKlok, verktyget livscykelanalys, underlag som används vid miljöbedömning och drivkrafter för miljöanpassat byggande.

4.1 BoKlok

Boendekonceptet BoKlok utvecklades av Skanska och Ikea år 1996 med grundidén att alla ska ha möjlighet att bo bra (BoKlok u.å.a). Skanska bidrog med byggkunskaper och Ikea stod för kvadratsmart planlösning och fast inredning så som förvaring, köks- och badrumsinredning och vitvaror. Idag har BoKlok omkring 300 anställda och producerar runt 1000 nya bostäder om året. Sedan starten har BoKlok byggt ungefär 7000 bostäder (BoKlok u.å.a).

BoKloks bostäder byggs inomhus i fabriker i form av tredimensionella moduler innehållande cirka två rum. I fabriken monteras och färdigställs allt, inklusive målning, kakel, golvläggning och VVS (Herrström 2016). De färdiga modulerna transporteras med lastbil till byggplatsen där de monteras samman till bostäder. Att modulerna tillverkas inomhus innebär att risken för fuktskador under byggfasen minimeras och att arbetsmiljön för montörerna förbättras jämfört med konventionella byggmetoder. Montering på byggplatsen går relativt snabbt, vilket innebär att sämre väderförutsättningar som nederbörd och hård vind kan undvikas i större utsträckning än vid traditionella byggen (Herrström 2016).

Idag bygger BoKlok tre modeller av bostadshus; Classic, Flex och Radhuset (BoKlok u.å.b). Flerfamiljshuset Classic är BoKloks första modell och utgörs av tvåvåningshus där lägenheterna har två till fyra rum. Radhuset byggs i två våningar och kan konstrueras som radhus, parhus eller kedjehus. Flex är ett flerfamiljshus med lägenheter på två till fyra rum som byggs upp till fyra våningar högt och vars form kan anpassas efter den aktuella tomten. Flex tillverkas i BoKloks fabrik i Gullringen i Småland. Radhuset tillverkas av Anebygruppen i Åseda, Småland (Malmberg 2016). De Flex-hus som produceras för den norska marknaden tillverkas i Polen och modellen Classic tillverkas i Estland (Malmberg 2016).

Bostädernas prissättning baseras på aktuella löner i områdena där husen byggs, så att en ensamstående förskollärare med två barn ska kunna köpa en bostad (BoKlok u.å.b). Precis som vid starten 1996 ligger BoKloks främsta fokus på att erbjuda bra bostäder till låga priser. Men idag, 20 år senare, tar miljöaspekter allt större plats i BoKloks arbete och företaget profilerar sig som ett ”miljöbra” val (BoKlok u.å.b). Förutom att bygga i trä, används bland annat snålspolande kranar, FTX-ventilation, A-klassade vitvaror, uppvärmning via fjärrvärme eller värmepump och grusgångar kring husen för infiltrering av dagvatten (Malmberg 2016). Husens planlösning är anpassad för att minimera uppvärmningsbehovet (BoKlok u.å.b). Lägenheterna är relativt små och för att undvika onödig uppvärmning finns inga trapphus i de lägre flerfamiljshusen, utan de övre våningarna nås via loftgångar. I några områden används gröna tak på förrådsbyggnader och det finns planer på att i framtiden införa bilpooler och verktygspooler för de boende (Malmberg 2016).

4.2 Livscykelanalys

Bedömningen av miljöpåverkan i denna studie utgår från livscykelanalys (LCA). Livscykelanalys är ett beprövat verktyg som används för att utreda miljöpåverkan som uppkommer i samtliga livscykelfaser hos en produkt eller tjänst (Rydh m.fl. 2002). Livscykelanalyser kan användas för att identifiera de faser som ger upphov till särskilt stor miljöpåverkan så att åtgärder kan vidtas för att förbättra de specifika momenten. Det är också möjligt att jämföra två eller flera produktalternativ som uppfyller samma syfte för att välja det bästa alternativet ur ett miljöperspektiv (Rydh m.fl. 2002). Den internationella standarden ISO 14040:2006 beskriver principerna och strukturen för en livscykelanalys och ISO 14044:2006 kompletterar med krav och riktlinjer. ISO-standarderna definierar livscykelanalysens ingående delar, men beskriver inte metoden i detalj och specificerar inte heller hur de olika delarna ska utredas.

Ramarna för de beräkningar som görs i denna studie beskrivs nedan i avsnitt 4.2.1 - 4.2.5. Om inget annat anges gäller det som presenteras för samtliga analyser av isolering och fasad.

4.2.1 Mål och omfattning

Målet med analysen är att utreda miljöpåverkan för ett antal olika isolerings- och fasadprodukter som används eller skulle kunna användas i BoKloks bostäder. Livscykeln motsvarar ”vagga till grav”, där faserna råvaruframställning, tillverkning, transporter, montering, drift och avfallshantering inkluderas. Analysen syftar till att möjliggöra jämförelse mellan de alternativa produkterna och avser att användas av BoKlok när de beslutar vilka material som ska användas i deras bostäder.

4.2.2 Funktionell enhet

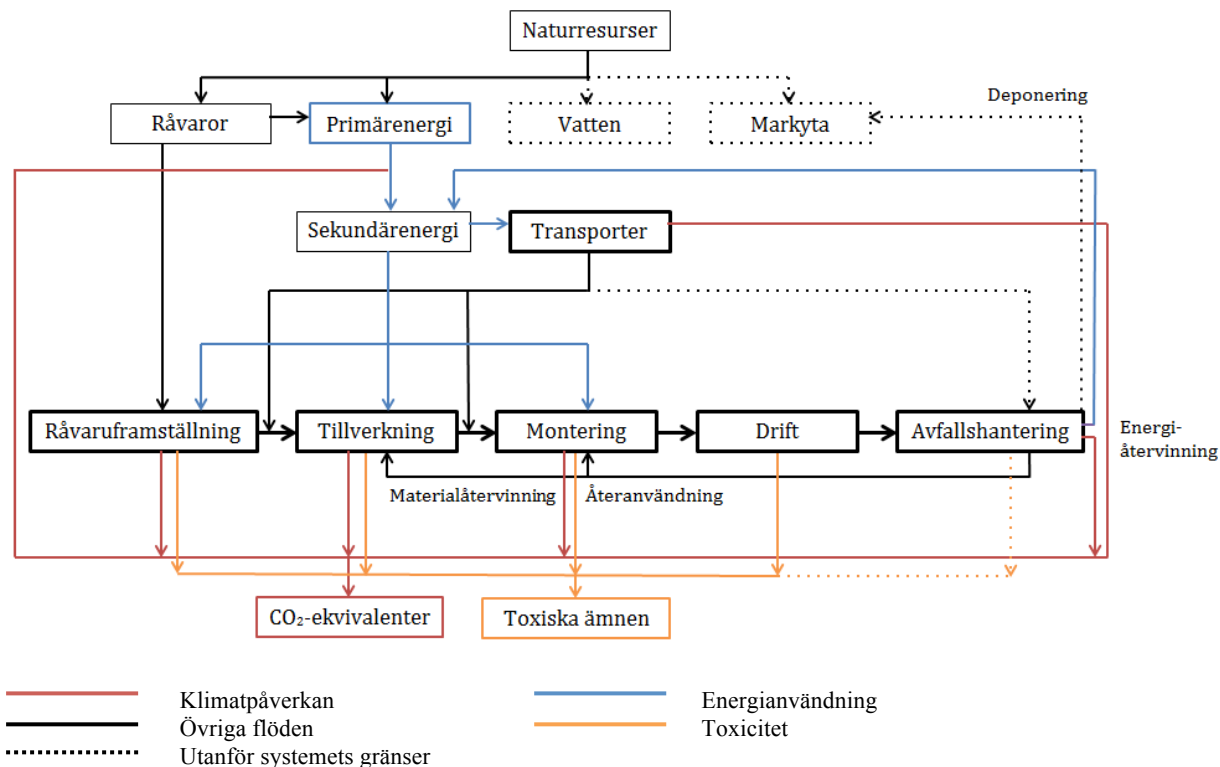
I en livscykelanalys definieras en funktionell enhet, vilken miljöpåverkan för den granskade produkten eller tjänsten relateras till (Rydh m.fl. 2002). Den funktionella enheten ska enligt ISO 14044:2006 spegla produktens syfte och utgå från den tjänst eller funktion som produkten uppfyller. Det är viktigt att den funktionella enheten väljs så att resultatet i livscykelanalysen blir jämförbart med resultatet i andra analyser (Rydh m.fl. 2002).

För granskningen av isoleringsprodukter valdes den funktionella enheten till den mängd isolering (kg) som behövs för att åstadkomma värmeresistansen $1 \text{ m}^2\text{K/W}$ för ytan 1 m^2 . För fasader användes 1 m^2 fasad som funktionell enhet. För mer information om de funktionella enheterna, se avsnitt 5 *Granskade produkter*. Tillverkarna av de granskade produkterna anger i de flesta fall att livslängden motsvarar byggnadens livslängd, vilken antas vara 50 år. Därmed är tidsramen för den funktionella enheten satt till 50 år, och eventuellt underhåll som krävs under den angivna tiden inkluderas i bedömningen.

En del viktiga aspekter inkluderas inte i de funktionella enheterna. För isolering och fasad inkluderas exempelvis inte brandsäkerhet, hållfasthet, arbetsmiljö eller fuktegenskaper. Dessa aspekter diskuteras vidare i avsnitt 4.5 *Övriga egenskaper*. I studien inkluderas inte heller eventuella konstruktionsändringar som behövs för att vissa produkter ska kunna användas i BoKloks bostäder, se avsnitt 8 *Diskussion*.

4.2.3 Systemgränser

En övergripande och generell bild av de analyserade systemen presenteras i Figur 1. I figuren framgår vilka aspekter som ligger utanför systemets gränser och som därmed inte inkluderas i bedömningen (markerat med streckade linjer). Livscykelns faser är markerade med svarta ramar (råvaruframställning, transporter, tillverkning, montering, drift och avfallshantering).



Figur 1 Generellt flödesschema för systemen som granskats i studien.

I analysen gjordes följande avgränsningar:

Tid

Tidsramen för den funktionella enheten är 50 år. Eventuellt underhåll som krävs under den tiden inkluderas i bedömningen av produkternas miljöpåverkan. Klimatpåverkan bedöms för tidsperioden 100 år, varpå den tidsramen sätts för samtliga miljöpåverkanskategorier.

Geografiskt

Geografiskt har studien avgränsats till Sverige och svenska förhållanden, eftersom majoriteten av BoKloks bostäder tillverkas i Sverige och går till den svenska marknaden. För respektive granskad produkt har hänsyn tagits till ort för råvaruframställning och tillverkning i så stor utsträckning som möjligt, genom anpassning av transportsträckor och elmix.

Indirekt påverkan

Indirekt miljöpåverkan från tillverkning av fabriker, maskiner eller fordon som används vid råvaruframställning eller produkttillverkning inkluderas inte i analysen. Inte heller slitage på vägar och övrig infrastruktur inkluderas. Vidare har även förpackningar och emballage exkluderats, samt tillbehör som krävs för montering. Gränsdragningarna motiveras med att

analysen syftar till jämförelse mellan alternativen och att påverkan från dessa aspekter troligen är likvärdig för de olika produktalternativen.

Transporter

Transporter från råvaruframställning till tillverkningsplats för de olika produkterna inkluderas i beräkningarna för energianvändning och klimatpåverkan. Färdiga värden användes då de fanns att tillgå, annars uppskattades transportsträckan med hjälp av vägbeskrivningsfunktionen i Google Maps (Google Maps 2016). Utifrån sträckan beräknades sedan klimatpåverkan och energianvändning för transporterna.

Transport av färdiga produkter inkluderas endast i beräkningarna för de varor som produceras utomlands. Transport fram till Sveriges gräns inkluderas, men inte transporter inom Sverige. Denna gränsdragning gjordes för att vissa produkter (exempelvis skifferfasad) transporteras direkt till byggplatser, spridda över Sverige, medan andra produkter (bland annat isolering) transporteras till BoKloks fabriker, där de monteras i modulerna.

I transportberäkningarna görs inga allokeringar utan det antas att endast den specifika råvaran eller produkten transporteras varpå den tillskrivs hela miljöpåverkan som transporten orsakar. Vidare antas att fordonen nyttjas för annat bruk efter leveransen och att inga tomma returtransporter sker. Därmed räknas sträckan endast enkel väg och inte tur och retur.

4.2.4 Miljöpåverkansbedömning

I en livscykelanalys granskas en produkts påverkan utifrån ett antal olika miljöpåverkanskategorier (Rydh m.fl. 2002). Genom inventering (datainsamling), klassificering (indelning av påverkan i olika miljöpåverkanskategorier) och karakterisering (omräkning av utsläpp till en gemensam enhet för varje miljöpåverkanskategori) bestäms miljöpåverkan för produkterna i varje livscykelfas.

I denna studie bedöms produkternas miljöpåverkan utifrån kategorierna klimatpåverkan, energianvändning och toxicitet, vilka identifierades i avsnitt 2 *Val av produktgrupper och miljöpåverkanskategorier* och beskrivs närmare nedan.

Klimatpåverkan

Växthuseffekten innebär att särskilda gaser i Jordens atmosfär, så kallade växthusgaser, låter kortvägigt inkommande solljus passera, men absorberar och reflekterar långvägig utåtgående värmestrålning (SMHI 2012). Temperaturen på Jorden hålls därmed högre och jämnare än hos planeter som saknar atmosfär med växthusgaser. Sedan 1800-talet har halten av växthusgaser i atmosfären ökat till följd av ökade antropogena utsläpp. En högre andel växthusgaser i atmosfären innebär en ökad medeltemperatur på jorden, vilket resulterar i de aktuella klimatförändringarna (SMHI 2012).

Olika gaser påverkar växthuseffekten i varierande grad. Ett gram metan innebär lika stor klimatpåverkan som 25 gram koldioxid och lustgas är 298 gånger mer potent som växthusgas än koldioxid (IPCC 2007). Dessa karakteriseringsindex presenteras i Tabell 1 och benämns som "global warming potential" eller GWP. Enheten för klimatpåverkan är koldioxid-ekvivalenter (CO₂e). Det innebär att utsläpp av klimatpåverkande gaser omräknats till den mängd koldioxid som innebär motsvarande klimatpåverkan som de faktiska utsläppen.

Tabell 1 Karaktiseringsindex för ”global warming potential” (GWP) under 100 år (IPCC 2007).

Växthusgas	GWP, 100 år (CO ₂ e)
Koldioxid (CO ₂)	1
Metan (CH ₄)	25
Lustgas (N ₂ O)	298

Vid förbränning av fossila bränslen uppkommer utsläpp av fossil koldioxid (Naturvårdsverket 2015f). Fossila bränslen består av organiska kol- och väteföreningar från sediment eller berggrund, exempelvis kol och olja. Föreningarna har bildats då rester från döda organismer på sjö- och havsbotten täckts med sedimentlager som med tiden vuxit tjockare, varpå tryck och temperatur ökat. Fossila bränslen nybildas fortfarande men det tar hundra tusentals år, vilket skiljer de fossila bränslena från de förnybara som nybildas i betydligt snabbare takt (Naturvårdsverket 2015f).

När biobränslen förbränns emitteras biogen koldioxid (Energimyndigheten 2015). Till skillnad från de fossila bränslena, som hållits utanför kolets kretslopp under mycket lång tid, utgörs biobränslen av förnybart organiskt material som exempelvis trä. Utsläpp av biogen koldioxid innebär ingen nettoökning av koldioxidhalten i atmosfären, och bidrar därmed inte till den globala uppvärmningen så som utsläpp av fossila växthusgaser gör. Den biogena koldioxiden som släpps ut vid förbränning av biomassa, exempelvis trä, har tagits upp under tillväxtfasen och kan därmed kvittas bort i livscykelberäkningar av klimatpåverkan.

Vid beräkning av klimatpåverkan i denna studie inkluderas utsläpp av fossil koldioxid samt metan och lustgas, omräknat till koldioxidekvivalenter. Utsläpp av biogen koldioxid exkluderas från beräkningarna eftersom de inte bidrar till klimatförändringarna.

Energianvändning

Energianvändning avser i denna studie användning av primärenergi. Vid omvandling av primärenergi till sekundärenergi sker vissa omvandlingsförluster. Förlusterna skiljer sig mellan olika produktionssystem för el och bränsle, vilket har tagits hänsyn till genom beräkning av primärenergin via omvandlingsfaktorer. Omvandlingsfaktorerna för de elmixer som används i beräkningarna presenteras i Tabell 2.

Elproduktionssystemen skiljer sig åt mellan olika länder. Vilka energislag som används beror på vilka som finns tillgängliga i landet, men också på politiska beslut. I Sverige produceras omkring 42 % av elen genom vattenkraft och 41 % genom kärnkraft (SCB 2016). Övrig elproduktion sker främst via vindkraft (7,5 %) och biobaserad kraftvärme i fjärrvärmesystem och industri (9,5 %) (SCB 2016). Sveriges elmix ger upphov till utsläpp av en viss mängd växthusgaser per producerad mängd el, vilken skiljer sig från klimatpåverkan från andra länders elmixer. De elmixer som används i beräkningarna, med tillhörande klimatpåverkan och omvandlingsfaktorer visas i Tabell 2.

Tabell 2 Klimatpåverkan och omvandlingsfaktorer för olika elmixer.

Elmix	Klimatpåverkan (g CO ₂ e/kWh)	Omvandlingsfaktor (kWh primärenergi/kWh sekundärenergi)
Svensk elmix (IVL 2011)	36,4	2,1
Europeisk elmix (IVL 2009)	400	2,1 (antagande)

Toxicitet

Det saknas standardiserade metoder för utredning av toxicitet i livscykelanalyser (IVL 2003). Svenska miljöinstitutet, IVL, har framtagit förslag på en metod för bedömning av ämnen med avseende på human- och ekotoxicitet. Humantoxicitet kan bedömas genom att det dagliga intaget för människor i den granskade produktens omgivning divideras med ett tolerabelt dagligt intag av ämnet. För ekotoxicitet kan utsläpp normaliseras på liknande sätt genom att den förväntade koncentrationen av ämnet i miljön divideras med det årligen acceptabla utsläppet. På så vis kan utsläpp av toxiska ämnen jämföras samtidigt som subjektiva värderingar undviks (IVL 2003).

I denna studie bedöms toxicitet genom granskning av toxiska ämnen som förekommer i slutprodukternas innehåll, vid råvaruframställning och tillverkning samt under driftfasen i form av egenemissioner. Med toxiska ämnen avses i denna granskning ämnen som klassas som utfasningsämnen eller prioriterade riskminskningsämnen i Kemikalieinspektionens databas PRIO (Kemikalieinspektionen 2015), vilken beskrivs vidare i avsnitt 4.3 *Underlag för miljöbedömning*. Underlag från tillverkaren, som byggvarudeklarationer och miljödeklarationer, samt SundaHus bedömning (SundaHus Miljödata 2016) används för att identifiera toxiska ämnen som förekommer under produkternas livscykler.

Toxiska ämnen som förekommer i mindre mängder än 1 mg per kg färdig produkt, inkluderas inte i analysen. Denna gränsdragning görs för att insamlad data ska kunna hanteras praktiskt och motiveras med att mindre mängder än 1 mg per kg produkt bedöms ha en mycket liten inverkan på slutresultatet.

Där det varit möjligt bedöms toxicitet genom att flöden (egenemissioner) av toxiska substanser till omgivningen dividerats med tolerabla intag eller utsläppsmängder. Ju högre kvot som erhålls, desto allvarigare anses de toxiska effekterna vara. För humantoxicitet beräknas kvoter i de fall gränsvärden finns tillgängliga. Ekotoxicitet bedöms inte, då gränsvärden för de aktuella ämnena saknas.

För vissa produkter anger tillverkaren hur stora mängder VOC-ämnen, flyktiga organiska kolväten, som avges till luften under driftfasen genom egenemissioner. Många av VOC-ämnena är hälsofarliga varpå de inkluderas i bedömningen av produkternas toxicitet. TVOC avser den sammanlagda VOC-koncentrationen i en luftvolym. Exempel på VOC:s är utfasningsämnet formaldehyd och det prioriterade riskminskningsämnet fenol. Egenemissioner representerar ett flöde från materialet till den omgivande luften. De gränsvärden som studiens resultat relateras till har valts till de gränser som gäller för att en byggprodukt ska klassas som ”Undviks” i Byggvarubedömningen (Byggvarubedömningen 2014). Byggvarubedömningen, eller BVB, presenteras närmare i avsnitt 4.3 *Underlag för miljöbedömning*. En byggprodukt klassas som ”Undviks” i BVB när emissionen av formaldehyd överstiger 124 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. För TVOC gäller gränsen 400 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. För VOC anges inga gränsvärden i Byggvarubedömningen.

4.2.5 Datakvalitet

Den maximalt tillåtna åldern för data från produktleverantörerna har satts till 5 år, men mer aktuell data har valts om möjligt. I fall där endast data som är äldre än 5 år funnits tillgänglig har den använts under förutsättning att tillverkningsmetoderna anses vara mogna, alltså att mycket små förändringar sker över tid.

För råvaruframställning tillåts data som är upp till 15 år gammal, eftersom värden från Eco-invent ofta är av högre ålder än produktspecifik data från leverantörerna. Ännu äldre data från Ecoinvent för råvaruframställning har tillåtits i vissa fall, efter bedömning av huruvida framställningsprocesserna har utvecklats över tid. Mer aktuella värden för exempelvis emissionsfaktorer vid elproduktion har använts för att aktualisera data som används.

Osäkerhetsanalyser görs för att bedöma hur stor påverkan osäkerheter i indata data har på slutresultatet, se avsnitt 7 *Analys*.

4.3 Underlag för miljöbedömning

I detta avsnitt presenteras de dokumenttyper och bedömningssystem som används i studien för att bedöma de granskade produkternas miljöpåverkan.

För att jämföra miljöpåverkan från byggvaror kan lämpligen miljödeklarationer, byggvarudeklarationer och säkerhetsdatablad granskas. Dessa dokument ligger till grund för bedömning av produkterna i bedömningssystemen Byggvarubedömningen och SundaHus Miljödata. För att bedöma miljö- och hälsorisker för ingående kemiska ämnen kan Kemikalieinspektionens prioriteringsguide PRIO användas.

Miljödeklaration

En miljödeklaration av typ III, eller Environmental Product Declaration (EPD), innehåller information om en produkts miljöpåverkan under dess livscykel. Standarden ISO 14025:2006 beskriver de principer som en miljödeklaration ska upprättas enligt. I standarden framgår att producenten ska försäkra att de data som används och presenteras i deklarationen är granskade och verifierade internt eller externt. En extern tredjepartsgranskning är ett krav om miljödeklarationen ska presenteras till konsumenter. Det är inget krav att producenter ska presentera en miljödeklaration, men dokumentet kan vara praktiskt att använda vid kommunikation mellan företag, och eventuellt till konsumenter, eftersom de möjliggör jämförelse mellan olika produkters miljöpåverkan. När en produkt ska miljöcertifieras är det krav på att det ska finnas en miljödeklaration av typ III som är upprättad enligt ISO 14025:2006.

Byggvarudeklaration

Föreningen för byggvarudeklarationer har utvecklat formulär och riktlinjer för byggvarudeklarationer (BVD) inom ramen för Kretsloppsrådets arbete (Kretsloppsrådet 2007). Systemet med byggvarudeklarationer infördes 1997 och är ett frivilligt åtagande inom den svenska byggsektorn som bygger på ett gemensamt format för hur miljöinformation om byggvaror ska presenteras. En byggvarudeklaration upprättas vanligen av producenten och ska innehålla information om varans miljöpåverkan under dess livscykel utifrån perspektiven energihushållning, materialhushållning, utfasning av farliga ämnen samt säkerställande av god inomhusmiljö (Kretsloppsrådet 2007). Syftet med byggvarudeklarationer är att de ska kunna fungera som underlag vid val av byggvaror. Byggvarudeklarationer kan även användas för att dokumentera inbyggda varor i byggnader samt ge anvisningar för hur varorna ska hanteras under byggske, drift och rivning för att minimera negativ miljöpåverkan.

Säkerhetsdatablad

Ett säkerhetsdatablad, Safety Data Sheet (SDS), innehåller information om en kemisk produkt och dess farliga egenskaper samt lämpliga skyddsåtgärder för att undvika skador på hälsa och miljö (Kemikalieinspektionen 2015b). Enligt EU-förordningen REACH (EG 1907/2006) är leverantören av en kemisk produkt skyldig att lämna säkerhetsdatablad till den som yrkesmässigt använder produkterna, bland annat om de är klassificerade som farliga alternativt som ofarliga men innehåller minst 1 % farliga ämnen. I REACH presenteras sexton obligatoriska avsnitt som ska inkluderas i säkerhetsdatablad. Däribland ingår produktens fysikaliska och kemiska egenskaper, brandbekämpningsåtgärder, toxikologisk information samt avfallshantering (Kemikalieinspektionen 2015b).

Kemikalieinspektionens prioriteringsguide PRIO

Tillsynsmyndigheten Kemikalieinspektionen bevakar kemikaliekontrollen hos svenska företag och i samhället (Kemikalieinspektionen u.å.a). De har tagit fram en prioriteringsguide, PRIO, som innehåller drygt 5000 ämnen med miljö- och hälsofarliga egenskaper. PRIO är inte en förbudslista, utan anger snarare vilka ämnen som bör prioriteras för att minimera risker (Kemikalieinspektionen u.å.b).

Enligt kunskapskravet bland de allmänna hänsynsreglerna (Miljöbalken 2 kap 2§) är alla som bedriver en verksamhet eller vidtar en åtgärd skyldiga att skaffa sig den kunskap som behövs för att undvika skador på människors hälsa och miljön. Kravet innebär därmed att de som tillverkar, importerar, säljer eller använder kemiska varor och produkter är skyldiga att skaffa sig kunskap om miljö- och hälsorisker som kan uppstå. Kemikalieinspektionens PRIO kan användas för att avgöra vilka risker som finns för de ämnen som hanteras av verksamheter och privatpersoner (Kemikalieinspektionen u.å.c).

Ämnena i PRIO klassificeras som utfasningsämnen eller prioriterade riskminskningsämnen (Kemikalieinspektionen u.å.c). Utfasningsämnen har egenskaper som bedöms som så allvarliga att de inte bör förekomma oberoende av hur de används. Ämnen som ingår i denna grupp baseras på kriterierna i det nationella miljömålet *Giftfri miljö* och överensstämmer till stor del med kriterierna i EU-lagstiftningen REACH. Prioriterade riskminskningsämnen har sådana egenskaper att de bör ges särskild uppmärksamhet, vilket Kemikalieinspektionen har satt kriterierna för. Riskminskningsämnen ska bedömas utifrån de risker som kan uppstå vid den aktuella användningen (Kemikalieinspektionen u.å.c).

Byggvarubedömningen

Byggvarubedömningen (BVB) är en förening skapad av bygg- och fastighetsbranschens stora aktörer, och bedömer byggvaror utifrån miljö- och hälsoaspekter (Byggvarubedömningen 2014). Bedömningarna är i första hand baserade på det kemiska innehållet i produkten och det finns även ett antal livscykelkriterier. Bedömningarna baseras på underlag från leverantörer, vilket främst består av byggvarudeklarationer och säkerhetsdatablad. Även producentintyg, produktfaktablad, FSC-dokumentation, dokumentation om CE-märkning och emissionsanalyser används vid bedömning. De bedömda produkterna klassas enligt ”Rekommenderas”, ”Accepteras” eller ”Undviks” (Byggvarubedömningen 2014).

SundaHus Miljödata

Bolaget SundaHus arbetar för hållbar utveckling inom bygg- och fastighetssektorn genom att tillhandahålla information om ingående material och ämnen i produkter (SundaHus 2013). Systemet SundaHus Miljödata kan användas som stöd för att göra medvetna materialval och för att undvika produkter med farliga ämnen. Systemet innehåller omkring 34 000 bedömda produkter och 7000 kemiska ämnen. De bedömda produkterna delas in i klasserna A, B, C+, C- och D. Bedömningskriterierna är baserade på Kemikalieinspektionens KEFS 2005:7 om klassificering och märkning, Europaparlamentets och rådets CLP förordning (EG) nr 1272/2008 och Kemikalieinspektionens prioriteringsguide PRIO. Bedömningsunderlaget utgörs av dokumentation från leverantörerna (SundaHus 2013).

4.4 Drivkrafter för miljöanpassat byggande

Det finns många drivkrafter för miljöanpassning av byggsektorn. Nedan presenteras några av de drivkrafter och styrmedel som är särskilt kopplade till denna studie, BoKlok och byggbranschen i stort.

De svenska miljömålen

Sveriges miljöarbete baseras på ett generationsmål och sexton miljökvalitetsmål som beskriver det tillstånd som ska nås i den svenska miljön (Naturvårdsverket 2012). Flera av målen kan kopplas till bygg- och konstruktionsbranschen. Miljökvalitetsmålet *Giftfri miljö* innebär att användningen av särskilt farliga ämnen så långt som möjligt ska upphöra och att information om miljö- och hälsofarliga ämnen i material, kemiska produkter och varor ska finnas tillgänglig (Naturvårdsverket 2015a). Miljökvalitetsmålet *God bebyggd miljö* innebär bland annat att byggnader ska utformas på ett miljöanpassat sätt för att främja en långsiktigt god hushållning av naturresurser (Naturvårdsverket 2015b). Miljökvalitetsmålet *Begränsad klimatpåverkan* innebär att utsläppen av växthusgaser till atmosfären ska minska för att minimera människans påverkan på klimatsystemet (Naturvårdsverket 2015c).

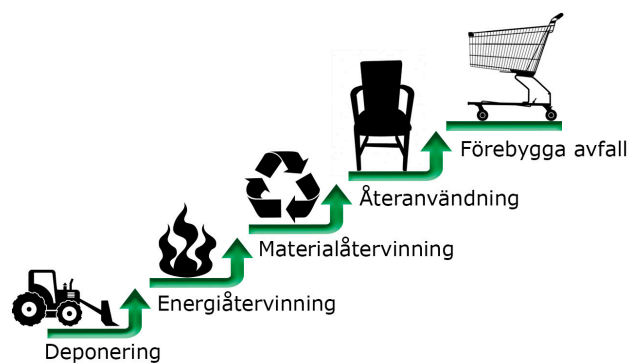
För att underlätta att nå generationsmålet och miljökvalitetsmålen finns även 24 etappmål (Naturvårdsverket 2012). Etappmålen syftar till att vara vägledande i regeringens, myndigheters och övriga aktörers miljöarbete (Naturvårdsverket 2016a). Ett av etappmålen, *Ökad resurshushållning i byggsektorn*, är särskilt riktat till bygg- och konstruktionsbranschen. Målet anger att minst 70 % av allt icke-farligt bygg- och rivningsavfall ska förberedas för återanvändning, materialåtervinning och annat materialutnyttjande senast år 2020 (Naturvårdsverket 2016a).

Avfallsdirektivet och avfallshierarkin

Enligt avfallsdirektivet (2008/98/EG) ska alla EU:s medlemsstater ha en avfallsförebyggande plan med mål och åtgärder för att minska mängden avfall och farliga ämnen. Sveriges program för att förebygga avfall för perioden 2014–2017 fokuserar på fyra områden, varav bygg- och rivningsavfall är ett av dessa fokusområden (Naturvårdsverket 2013).

Avfall definieras i avfallsdirektivet som de föremål eller ämnen som innehavaren vill göra sig av med eller är skyldig att göra sig av med (2008/98/EG). Direktivet innehåller en avfallshierarki (se Figur 2) som innebär att uppkomsten av avfall i första hand ska förebyggas, därefter ska återanvändning ske, följt av materialåtervinning, energiåtervinning och slutligen, om inga andra alternativ finns, deponering (Avfall Sverige 2015a).

Det översta steget, förebyggande av avfall, innebär den största miljövinsten av alternativen i avfallshierarkin (Avfall Sverige 2015a). En produkt som aldrig produceras innebär alltid den minsta miljöpåverkan. Återanvändning innebär att en produkt istället för att kasseras används igen för att fylla väsentligt samma funktion som den ursprungligen var avsedd för. Ingen bearbetning utöver rengöring eller reparation får ske för att hanteringen ska räknas som återanvändning.



Figur 2 Avfallshierarkin i EU:s avfallsdirektiv (Lunds kommun 2015).

Materialåtervinning omvandlar avfall till resurs och innebär att material från avfall ersätter andra produktions- eller konstruktionsmaterial (Avfall Sverige 2015b). Därmed minskar mängden uttaget jungfruligt material. Kompostering är en typ av materialåtervinning för näringsämnen, som innebär att biologiskt nedbrytbart avfall kan användas för gödsling av odlingsmark.

Energiåtervinning sker genom förbränning av avfall i förbränningsanläggning med effektiv energiutvinning, varpå energin i avfallet omvandlas till el och fjärrvärme (Avfall Sverige 2015c). Vid svensk fjärrvärmeproduktion eldas förutom avfall även biobränslen (Svensk fjärrvärme u.å.).

Med deponi avses en kontrollerad upplagsplats för avfall som inte avses flyttas (SFS 2001:1063). Deponering är det sista steget i avfallshierarkin och ska bara väljas som avyttringsmetod när ingen annan hanteringsmetod är lämplig (Avfall Sverige 2015a). Förordning 2001:512 om deponering av avfall reglerar för vilka sorters avfall deponering är tillåten och vad som inte får deponeras. Utsorterat brännbart avfall samt organiskt avfall får inte deponeras (9§, 10§). De senaste tjugo åren har mängden avfall som deponeras i Sverige minskat rejält till följd av de hårdare deponireglerna (Sveriges Avfallsportal u.å.), vilket medfört att större mängder avfall går till förbränning och materialåtervinning.

Bygg- och rivningsavfall hamnar ibland på deponi eller förbränns i blandade avfallsfraktioner, trots att delar av det skulle kunna tillvaratas genom återanvändning eller materialåtervinning (Naturvårdsverket 2015g). Som materialåtervinning av bygg- och rivningsavfall räknas konventionell återvinning där materialet återvinns som ursprungligt material, men även återvinning som anläggningsmaterial eller täckmassor för deponi. För att undvika missförstånd menar Naturvårdsverket (2015g) att det är lämpligt att skilja på de två användningsområdena, exempelvis genom att benämna konventionell materialåtervinning som högvärdig återvinning och användning av avfall till anläggningsmassor som lågvärdig återvinning. En stor del av Sveriges bygg- och rivningsavfall går idag till lågvärdig återvinning i form av anläggningsmassor. På längre sikt kan vi nå ett stadie där massor för deponitäckning inte efterfrågas i lika stor utsträckning som idag (Naturvårdsverket 2015g), varpå alternativa användningsområden för massorna behövs.

Nära-nollenergibyggnader

EU-direktivet om byggnaders energiprestanda (Energiprestandadirektivet 2010/31/EU) innebär att alla nya byggnader ska vara nära-nollenergibyggnader senast den 31 december år 2020. EU:s medlemsländer ska även vidta åtgärder för att se till att byggnader som renoveras omvandlas till nära-nollenergibyggnader (Energimyndigheten 2014). Syftet med direktivet är att generera teknisk utveckling och positiva samhällsekonomiska effekter i och med minskad energianvändning.

Som nära-nollenergibyggnad räknas ”en byggnad med mycket hög energiprestanda” där den låga mängd energi som krävs i mycket hög grad tillförs från förnybara energikällor (Energiprestandadirektivet 2010/31/EU). Boverket har fått i uppdrag att föreslå vad nära-nollenergi för byggnader ska innebära i Sverige (Boverket 2015). Som systemgräns föreslås att kravet ska gälla levererad (köpt) energi som används för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och för byggnadens fastighetsdrift.

Fritt flödande energi som kan tillvaratas på plats eller i närheten omfattas inte av kravet, vilket innebär att byggnader får lov att använda obegränsad mängd energi från sol, vind, mark, luft och vatten om den omvandlas till värme, el eller kyla på plats. För att undvika att främja användandet av elenergi för uppvärmning föreslås att viktningsfaktorer används så att uppvärmning via bergvärme och fjärrvärme främjas (Boverket 2015).

Gränserna för tillåten energiprestanda justeras utifrån klimatet, vilket innebär att byggnader i norra Sverige tillåts använda mer energi än byggnader i söder (Boverket 2015). Boverket föreslår att de maximalt tillåtna nivåerna för Stockholm blir 55 kWh/m²år för flerbostadshus och 80 kWh/m²år för småhus (Boverket 2015).

BoKlok ser över vad som krävs för att anpassa bostäderna efter Energiprestandadirektivet och de krav som ställs för nära-nollenergibyggnader. Då isolering spelar en central roll i byggnaders energiprestanda, ses valet av isolering över. Den här studiens bidrag i arbetet är att utreda miljöpåverkan för nuvarande och alternativa isoleringsprodukter så att välinformerade beslut kan tas med hänsyn till materialens miljöpåverkan.

Miljöledningssystem och marknadsföring

För BoKlok, liksom för många andra företag, är det viktigt att kunna visa kunderna att företaget kontinuerligt utvecklar och förbättrar sitt miljöarbete. Sådan utveckling kan visas genom certifiering enligt ISO-standarden för miljöledningssystem, ISO 14001. Standarden har uppdaterats under 2015 till den nya versionen ISO 14001:2015. Den nya versionen utmärker sig från den föregående genom att det ställs tydliga krav på att livscykelperspektiv ska tillämpas i företagets miljöarbete.

BoKlok är certifierade enligt ISO 14001:2004 och för att omcertifieras enligt den nya versionen av standarden behöver företaget tillämpa livscykelperspektiv i större utsträckning i sitt miljöarbete. Att göra medvetna materialval där miljöpåverkan från materialens hela livscykel inkluderas är ett steg i riktning mot att uppfylla kraven i den nya standarden och därmed kunna omcertifieras.

Företags miljöarbete kan kommuniceras till kunderna på många sätt, varav certifiering av miljöledningssystem är ett. BoKlok vill framstå som ett företag som bidrar till ett mer hållbart byggande på flera plan (Malmborg 2016). Denna studie kan vägleda BoKlok i vilka fasadprodukter som kan marknadsföras som bättre miljöval. Valet av fasad påverkas ofta av krav eller önskemål från kommunerna där husen konstrueras och resultaten i studien kan med fördel användas i dialog med kommuner om vilka fasader som bör väljas ur miljösynpunkt.

4.5 Övriga egenskaper

Egenskaper som arbetsmiljö, fukttålighet, hållfasthet och brandklassning inkluderas inte i den funktionella enheten (se avsnitt 4.2.2 *Funktionell enhet*), men är viktiga för BoKlok vid val av material. Brandsäkerhet och arbetsmiljö förklaras vidare nedan och återkommer i resultat och diskussion. Hållfasthet och fukttålighet inkluderas inte i denna studie. Underhåll inkluderas till viss del i den funktionella enheten, då hänsyn tas till målning och ommålning av fasader. Annat underhåll, som exempelvis rengöring, inkluderas inte i studien.

Brandsäkerhet

BoKloks bostäder utgörs av träkonstruktioner, där balkar, reglar och ofta även fasader utgörs av trä istället för alternativ av stål, betong eller tegel. För att säkerställa brandsäkerheten hos konstruktionerna är det viktigt att de material som används har tillräckligt hög brandtålighet (Malmberg 2016).

Brandklassning av byggnadsmaterial sker enligt den europeiska standarden ISO 13501-1:2007, kallad Euroklass-systemet. Standardiserade tester som innebär att produkten eller konstruktionen utsätts för särskild temperaturpåverkan, avgör produkternas klassificering (SP u.å.). Klassificeringssystemet är huvudsakligen riktat mot ytskikt, isolering, golvbeläggning, rörisolering och kablar. Efter test tilldelas konstruktionen eller produkten en av de sju huvudklasserna A1, A2, B, C, D, E och F som anger grad av brännbarhet (SP u.å.), se Tabell 3. Tilläggsklasserna s1, s2, s3, d0, d1 och d2 beskriver rökutveckling och droppbildning (Paroc u.å.), se Tabell 4.

Produktgrupperna isolering och fasad innefattas av Euroklass-systemet och de granskade produkternas brandklassning anges i resultatet under avsnitt 6.1.1 respektive 6.2.1.

Tabell 3 Huvudklasser i Euroklass-systemet (SP u.å.).

Huvudklass	
A1	
A2	
B	
C	
D	
E	
F	
	Brännbart

Tabell 4 Tilläggsklasser i Euroklass-systemet (Paroc u.å.).

	Tilläggsklass	
Rökutveckling	s1	Mycket begränsad mängd brandgaser får avges.
	s2	Begränsad mängd brandgaser får avges.
	s3	Inget krav på begränsad mängd brandgaser.
Brinnande droppar	d0	Brinnande partiklar eller droppar får inte avges.
	d1	Brinnande partiklar eller droppar får avges i begränsad mängd.
	d2	Inget krav på begränsning av brinnande partiklar och droppar.

Arbetsmiljö

Arbetsmiljön i BoKloks fabrik i Gullringen är en viktig parameter vid val av material till bostäderna (Malmborg 2016).

Isolering monteras för hand i fabriken och det är av stor vikt att eventuella införanden av nya isoleringsprodukter inte försämrar, men gärna förbättrar, arbetsmiljön i fabriken (Malmborg 2016). Det är särskilt önskvärt att använda isoleringsprodukter som inte dammar eller orsakar hudirritation. För att undvika allt för stora förändringar i produktionskedjan föredrar BoKlok om skyddsåtgärder utöver de som används idag, kan undvikas. Skulle en isoleringsprodukt upptäckas som har många fördelaktiga egenskaper men kräver åtgärder i fabriken för att säkerställa god arbetsmiljö, kan BoKlok behöva införa exempelvis utsug (extra ventilation i delar av fabriken) eller ytterligare skyddsklädsel för montörerna. Rekommenderade skyddsåtgärder vid hantering av de granskade isoleringsprodukterna anges i avsnitt *6.1.1 Allmänna egenskaper*.

Fasader monteras i fabriken i Gullringen för de BoKlok-bostäder som kläs med träfasad, medan övriga varianter som skiffer, skivor och puts, monteras på byggplatsen. Information om arbetsmiljö saknas för flera av fasadalternativen och för produkter där arbetsmiljö och skyddsåtgärder inkluderas i underlaget anges generellt att inga särskilda åtgärder krävs. Då fasaderna appliceras utomhus (undantaget träpanelerna) bedöms att arbetsmiljöaspekter som damning och ventilation inte är aktuella att utreda, varpå arbetsmiljö inte inkluderas i resultatet för fasadgranskningen.

5 Granskade produkter

Detta avsnitt innehåller mer utförliga beskrivningar av de produkter som inkluderas i studien. Information presenteras för respektive produktgrupp, varefter de specifika alternativen inom gruppen presenteras. För varje produktalternativ anges det beräkningsunderlag som använts och de antaganden som gjorts. Information om beräkningarna finns i Bilaga 1 - 3.

5.1 Isolering

BoKlok arbetar med att se över bostädernas energianvändning för att anpassa dem till det nya Energiprestandadirektivet, se *Nära-nollenergibyggnader* i avsnitt 4.4. En del i anpassningen är att utvärdera den isolering som används idag och utreda huruvida det finns bättre lämpade alternativ på marknaden. Isoleringsförmågan är en mycket viktig parameter vid val av isoleringsprodukt, men valet påverkas även av andra faktorer som brandsäkerhet och arbetsmiljö i BoKloks fabrik. Materialens miljöpåverkan kan också påverka valet av isolering och resultatet i denna studie kan ge BoKlok underlag för att göra mer miljömedvetna val av isoleringsprodukter. Isolering är en av de största produktgrupperna som används i BoKloks bostäder (Danestrand 2016), varpå minskad miljöpåverkan från isoleringen skulle kunna ge avtryck på husens totala miljöpåverkan.

Isolering används som skydd mot bland annat kyla, drag, fukt, buller och brand (NE u.å.a). Värmeisolering uppnås med hjälp av porösa material, där stillastående luft i materialens porer och hålrum gör att värmemotstånd uppstår (NE u.å.b).

Ett materials förmåga att leda värme kallas värmeledningsförmåga eller värmekonduktivitet, och betecknas med lambda, λ (NE u.å.c.). För att åstadkomma god värmeisolering, det vill säga högt värmemotstånd (R), krävs att materialet har tillräcklig tjocklek (d) och låg värmeledningsförmåga (λ) (NE u.å.b). För isolering är ett högt värmemotstånd önskvärt, vilket beräknas genom att tjockleken (d) divideras med värmekonduktiviteten (λ) och arean (A). God värmeisolering kännetecknas också av låg värmegenomgångskoefficient (U) (NE u.å.c), vilken utgörs av det inverterade värmemotståndet (Isover u.å.).

λ	värmeledningsförmåga/värmekonduktivitet	(W/mK)	(NE u.å.c)
R	värmemotstånd för en platta med arean A och tjockleken d: $R = d / (\lambda A)$	(m ² K/W)	(Isover u.å.)
U	värmegenomgångskoefficient: $U = 1/R$	(W/m ² K)	(NE u.å.c)

Produktalternativ

Idag använder BoKlok en stenullsisolering som tillverkas av företaget Paroc. Den nuvarande isoleringen samt de alternativa isoleringsprodukter som inkluderas i studien presenteras i Tabell 5. Vissa producenter tillverkar flertalet isoleringsprodukter som skulle kunna vara aktuella för BoKlok att använda, men i studien representeras respektive tillverkare endast av ett produktalternativ, vilket finns angivet under *Produktnamn*.

Tabell 5 Granskade isoleringsprodukter.

Typ av isolering	Benämning i studien	Produktnamn	Leverantör
Stenull	Paroc ¹	PAROC eXtra	Paroc AB
Hårdsaum	Kingspan	Kooltherm K5	Kingspan Insulation B.V.
Cellulosa	ThermoCell lösull	ThermoCell - Lösull	Svenska ThermoCell AB
Cellulosa	FeelingWood	ThermoCell – Isolerskiva (FeelingWood)	Svenska ThermoCell AB
Cellulosa	iCell	iCell Lösull	iCell AB
Glasull	Isover	ISOVER glasull	Saint-Gobain ISOVER AB
Sprayisolering	Ecofoam	Ecofoam AL 800	Ecofoam Sverige AB

¹Nuvarande produkt.

Funktionell enhet

För bedömning av miljöpåverkan valdes den funktionella enheten (FE) till den mängd isolering (kg) som behövs för att åstadkomma värmemotståndet (R) 1 m²K/W för ytan 1 m², enligt ekvation 1 - 3. Den funktionella enheten har valts enligt en standardmetod för miljödeklarationer av isolering (EPD-Norge 2012). Den beräknade mängd isolering som krävs för att uppfylla den funktionella enheten för respektive isoleringsprodukt presenteras i Tabell 6.

$$FE = A \cdot R \cdot \rho \cdot \lambda \quad (\text{ek. 1})$$

R, värmemotstånd [m²K/W]

$$\rightarrow FE = 1 \cdot 1 \cdot \rho \cdot \lambda \quad (\text{ek. 2})$$

A, area [m²]

$$\rightarrow FE = \rho \cdot \lambda \quad (\text{ek. 3})$$

ρ, densitet [kg/m³]

λ, värmeledningsförmåga [W/mK]

Tabell 6 Densitet, värmeledningsförmåga och beräknad mängd isolering som utgör den funktionella enheten (FE). I de fall tillverkarna anger att densitet och värmeledningsförmåga kan variera anges ett intervall.

Isoleringsprodukt	Densitet (ρ) [kg/m ³]	Värmeledningsförmåga (λ) [W/mK]	Källa	Mängd isolering per FE [kg]
Paroc	28	0,036	Paroc 2012a	1,01
Kingspan	35	0,020	Kingspan Insulation 2014a	0,70
ThermoCell lösull	40 (30-50)	0,038	ThermoCell u.å.a	1,52
FeelingWood	40 (35-45)	0,038	ThermoCell u.å.a	1,52
iCell	40 (24-65)	0,040 (0,039-0,041)	iCell 2014a	1,60
Isover	17	0,035	Saint-Gobain ISOVER AB 2014	0,60
Ecofoam	40	0,026	PU Europe 2014	1,04

Stenull: Paroc

Idag använder BoKlok traditionell stenullsisolering i sina byggnader. Isoleringen tillverkas av Paroc och en av produkterna som används är Paroc eXtra, vilken representerar Parocs stenullsisolering i studien. Vissa av Parocs produkter är täckta med ytskikt, men i denna studie utreds varianten utan ytskikt. Övergripande information om produkten och antaganden för beräkningarna presenteras i Tabell 7. Fullständigt underlag för beräkningar finns i Bilaga 2, Tabell B2.1. Bedömningen utgår från två byggvarudeklarationer (Paroc 2005, 2012b). I byggvarudeklarationerna saknas information om miljöpåverkan från råvaruframställning, varpå Ecoinvent använts.

I beräkningarna inkluderas transporter från råvaruframställning i Europa till sluttillverkning i fabriker i Hällekis och Hässleholm. Sluttillverkningen innebär att råmaterialen smälts och fibreras, varpå bindemedel och olja tillsätts (Paroc 2012b). Isoleringen formas och värms så att bindemedlet härdar till en bakelitliknande plast och isoleringen blir formstabil.

Isoleringsspill som uppkommer vid montering i fabriken i Gullringen returneras till Paroc där det utgör råvara till lösfallnadsisoleringen REWOOL (Paroc 2005). Stenullsisolering är inte brännbar, varpå uttjänta produkter antas gå till materialåtervinning i form av anläggningsmassor som exempelvis täckningsmassor på deponier. Då produkten i teorin skulle kunna återanvändas görs en känslighetsanalys om 50 % återanvändning.

Tabell 7 Information om stenullsisoleringen Paroc.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	Paroc eXtra	
Leverantör	Paroc AB	
Innehåll	Mineraler (95-99 %) Bakelit (1-5 %) Mineralolja (0,1-0,5 %)	
Råvaror	Stenråvara (diabas, basalt m.fl.) (85,8 %) Dolomit (23,6 %) Fenolformaldehydharts inkl. urea (6 %) Mineralolja (3,4 %) Internt stenullsspill som återvinns (46 %)	Basalt Paraffinolja
Ursprung för råvaror	50 % Sverige 50 % Europa	Europeisk data från Ecoinvent. Europeisk elmix. Svensk fjärrvärme.
Ort för tillverkning	Hällekis och Hässleholm i Sverige (tillverkning i Finland, Polen och Litauen förekommer).	Sverige
Avfallshantering	Rent byggspill kan återanvändas eller granuleras till lösull. Rent rivningsspill kan materialåtervinnas. Energiåtervinning är inte möjlig.	Återvinning i form av anläggningsmassor. Känslighetsanalys med 50 % återanvändning.
Underlag	BVD (Paroc 2005) BVD (Paroc 2012b)	

Hårdskum: Kingspan

Hårdskumisoleringen Kooltherm tillverkas av Kingspan Insulation i Tiel, Nederländerna. Isoleringsskivan består av fenolharts och glasfiber, se Tabell 8. Fullständigt underlag för beräkningar återfinns i Bilaga 2, Tabell B2.2. I denna studie representeras Kingspans isolering av produkten Kooltherm K5. Information om produkten baseras på en byggvarudeklaration och en miljödeklaration från tillverkaren (Kingspan Insulation 2014a, 2014b). Miljödeklarationen innehåller data för klimatpåverkan och energianvändning under livscykel faserna. För bedömning av toxicitet vid råvaruframställningen används data från Ecoinvent.

Produkten kan enligt tillverkaren återanvändas om den demonteras försiktigt från byggnaden, varpå en känslighetsanalys för miljöpåverkan vid 50 % återanvändning gjorts. Energiåtervinning är möjlig och anses vara den mest troliga avfallshanteringen för produkten.

Tabell 8 Information om hårdskumisoleringen Kingspan.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	Kooltherm K5	
Leverantör	Kingspan Insulation B.V.	
Innehåll och råvaror	Fenolharts (97 %) Glasfiber (3 %)	
Ursprung för råvaror	Ingen specifik information	
Ort för tillverkning	Tiel, Nederländerna	
Avfallshantering	Vid försiktig demontering kan delar återanvändas. Energiåtervinning är möjlig.	Energiåtervinning. Känslighetsanalys med 50 % återanvändning.
Underlag	BVD (Kingspan Insulation 2014b) EPD (Kingspan Insulation 2014a)	

Cellulosa: ThermoCell lösull

ThermoCell lösull är en cellulosaisolering som tillverkas av pappersmassa framställd av träfiber. Sluttillverkningen sker i Västerås. Lösullen monteras i konstruktionen genom att den blåses in i slutna eller öppna celler. Övergripande information om produkten och antaganden för beräkningarna finns i Tabell 9. Fullständigt underlag för beräkningarna presenteras i Bilaga 2, Tabell B2.3. I byggvarudeklarationen (ThermoCell 2009a) listas de material som ingår i produkten, men då miljöpåverkan från råvaruframställning saknas används data från Ecoinvent.

Producenten anger att återanvändning är möjlig, varpå miljöpåverkan vid 50 % återanvändning gjorts som känslighetsanalys. Tillverkaren menar vidare att isoleringen är komposterbar samt att energiåtervinning är möjlig. Förbränning med energiåtervinning anses vara den mest troliga avyttringsformen och antas i beräkningarna.

Tabell 9 Information om cellulosaisoleringen ThermoCell lösull.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	ThermoCell – Lösull	
Leverantör	Svenska ThermoCell AB	
Innehåll och råvaror	Pappersmassa (CTMP ¹) (96 %) Ammoniumpolyfosfat (5 %)	
Ursprung för råvaror	Pappersmassa från Sundsvall, okänt ursprung för ammoniumpolyfosfat.	
Ort för tillverkning	Västerås	
Avfallshantering	Återanvändning och energiåtervinning är möjlig. Komposterbar.	Energiåtervinning. Känslighetsanalys med 50 % återanvändning.
Underlag	BVD (ThermoCell 2009a) Produktblad (ThermoCell u.å.a) Hemsida (ThermoCell u.å.b)	

¹ Chemi-thermomechanical pulp

Cellulosa: FeelingWood

Isoleringsskivan FeelingWood tillverkas av ThermoCell och dess innehåll liknar det i ThermoCell lösull. FeelingWood består av pappersmassa samt brandhämmande medel, se Tabell 10. Fullständigt underlag för beräkningar återfinns i Bilaga 2, Tabell B2.4. En byggvarudeklaration (ThermoCell 2009b) utgör underlag för beräkningarna. Då miljöpåverkan från råvaruframställning saknas i byggvarudeklarationen används data från Ecoinvent.

Liksom för ThermoCell lösull anger producenten att återanvändning är möjlig, varpå miljöpåverkan vid 50 % återanvändning har gjorts som känslighetsanalys. Energiåtervinning bedöms dock vara den mest troliga avyttringsmetoden och antas därför i beräkningarna.

Tabell 10 Information om cellulosaisoleringen FeelingWood.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	ThermoCell – Isolerskiva (FeelingWood)	
Leverantör	Svenska ThermoCell AB	
Innehåll och råvaror	Pappersmassa (CTMP ¹) (82-88 %)	85 %
	Ammoniumpolyfosfat (6-9 %)	7,5 %
	Polyetenfiber (6-9 %)	7,5 %
Ursprung för råvaror	Pappersmassa från Sundsvall, okänt ursprung för övriga råvaror.	
Ort för tillverkning	Västerås	
Avfallshantering	Återanvändning och energiåtervinning är möjlig.	Energiåtervinning. Känslighetsanalys med 50 % återanvändning.
Underlag	BVD (ThermoCell 2009b) Produktblad (ThermoCell u.å.a) Hemsida (ThermoCell u.å.b)	

¹ Chemi-thermomechanical pulp

Cellulosa: iCell

Cellulosaisoleringen iCell består av återvunna dagstidningar som behandlats med brandskyddsmedel, se Tabell 11. Fullständigt underlag för beräkningarna återfinns i Bilaga 2, Tabell B2.5. Sluttillverkningen sker i Älvdalen i Sverige, där tidningarna behandlas mekaniskt i en torr, kall process och bildar lösull och isoleringsskivor (iCell u.å.). I studien representeras iCell av lösullsvarianten, då isoleringsskivan är en ny produkt som ännu saknar byggvarudeklaration. Information om iCell lösull har hämtats från två byggvarudeklarationer (iCell 2014a, 2014b). I studien har data från Ecoinvent använts för att bestämma miljöpåverkan från råvaruframställningen, då det saknas i underlaget från leverantören.

Enligt producenten är återanvändning möjlig, varpå miljöpåverkan vid 50 % återanvändning beräknas som känslighetsanalys. Då produkten är brännbar antas förbränning med energiåtervinning vara den mest troliga avyttringsmetoden.

Tabell 11 Information om cellulosaisoleringen iCell.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	iCell Lösull	
Leverantör	iCell AB	
Innehåll och råvaror	Återvunna dagstidningar (90 %) Brandhämmande medel Halcit 210 (10 %) ¹ : Aluminiumhydroxid, Ammoniumpolyfosfat, Ammoniumsulfat	Lika delar av de ingående ämnena i Halcit (3,33 % vardera)
Ursprung för råvaror	Ingen specifik information	Sverige (tidningar), Europa (övrigt)
Ort för tillverkning	Älvdalen	
Avfallshantering	Återanvändning och energiåtervinning är möjlig. Kan återvinnas inom cellulosaindustrin.	Energiåtervinning. Känslighetsanalys med 50 % återanvändning.
Underlag	BVD (iCell 2014a) BVD (iCell 2014b) Broschyr (iCell u.å.)	

¹ Information om ingående ämnen är hämtad från Byggvarubedömningen (BVB 2015).

Glasull: Isover

Isover glasullsskivor består delvis av återvunnet glas, se Tabell 12. Fullständigt underlag för beräkningar återfinns i Bilaga 2, Tabell B2.6. För att bedöma produktens miljöpåverkan har en miljödeklaration och en byggvarudeklaration från producenten använts (Saint-Gobain ISOVER AB 2014, 2015). Produkten tillverkas i Billesholm, Sverige. Ecoinvent används för bedömning av toxicitet vid råvaruframställning.

Rent byggspill kan enligt leverantören återanvändas eller materialåtervinnas till lösull. Då glasull är ett inert material är energiåtervinning inte möjlig. Producenten anger att återanvändning av rivningsspill är möjlig förutsatt att avfallet är rent och torrt. Det bedöms dock som mer troligt att den använda glasullen materialåtervinns i form av anläggningsmassor, vilket antas i beräkningarna. Som känslighetsanalys har miljöpåverkan vid 50 % återanvändning beräknats.

Tabell 12 Information om glasullsisoleringen Isover.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	ISOVER glasull	
Leverantör	Saint-Gobain ISOVER AB	
Innehåll	Glasull (> 90 %) Bakelit (< 10 %) Paraffinolja (< 1 %)	10 %
Råvaror	Sand, borax, soda, fältspat (197 g/kg) Mangandioxid (8 g/kg) Natriumnitrat (5 g/kg) Fenolformaldehydharts (46 g/kg) Urea (15 g/kg) Paraffinolja (5 g/kg) Återvunnet hushållsglas (717 g/kg) Återvunnet bilglas (125 g/kg) Återvunnet externt glasullsspill (1 g/kg)	
Ursprung för råvaror	Återvunnet hushållsglas från Svensk Glasåtervinning	
Ort för tillverkning	Billesholm, Sverige	
Avfallshantering	Rent byggspill kan återanvändas eller granuleras till lösull. Rent rivningsspill kan återvinnas. Energiåtervinning är inte möjlig.	Återvinning i form av anläggningsmassor. Känslighetsanalys med 50 % återanvändning.
Underlag	BVD (Saint-Gobain ISOVER AB 2015) EPD (Saint-Gobain ISOVER AB 2014)	

Sprayisolering: Ecofoam

Sprayisoleringen Ecofoam består av skumplasten polyuretan, som vanligen används som isolering i kylanläggningar och centralvärmeledningar (Naturvårdsverket 2016b). Produktens innehåll presenteras i Tabell 13 och underlag för beräkningar återfinns i Bilaga 2, Tabell B2.7. I denna studie baseras Ecofoams miljöpåverkan på en byggvarudeklaration från producenten Ecofoam (Ecofoam u.å.) samt en generell miljödeklaration för polyuretanisolering från organisationen PU Europe (PU Europe 2014). Den sistnämnda har bidragit med data för miljöpåverkan, eftersom det inte anges i byggvarudeklarationen. Det medför att beräknad miljöpåverkan snarare gäller för generell europeisk polyuretanisolering, än specifikt för Ecofoam.

Vid montering av Ecofoams isolering transporteras råvarorna till byggplatsen i flytande form (Strandlind 2016). Vanligen används tankbilar där ämnen som kan reagera med varandra hålls åtskilda. Via en slang blandas reagenterna och sprutas på byggkonstruktionen. Därefter härdar blandningen till ett hårt polyuretanskum. För BoKlok skulle en fast monteringsstation i fabriken kunna användas för att applicera sprayisoleringen istället för tankbilar (Strandlind 2016).

Som blåsmedel i Ecofoam används HFCs (HydroFluoroCarbons), även kallat fluor-kolväten (Naturvårdsverket 2016b). HFC-ämnena är inte skadliga för ozonlagret, till skillnad från deras föregångare CFCs, men de är potenta växthusgaser. I enighet med EU:s förordning 517/2014 om fluorerade växthusgaser ska HFC-ämnen fasas ut framöver. Ecofoam har för avsikt att byta ut det nuvarande blåsmedlet, HFCs, mot ett nytt, Solstice Liquid Blowing Agent (Strandlind 2016). Bytet medför omkring 700 gånger lägre klimatpåverkan än det nuvarande blåsmedlet (Honeywell 2013). Som känslighetsanalys görs beräkningar för Ecofoams klimatpåverkan med det nya blåsmedlet.

Den levererade varan klassas som farligt avfall innan härdning, men det gör inte den inbyggda, härdade varan. Leverantören anger att varan inte kan återanvändas, men att materialåtervinning är möjlig. Isoleringen är även brännbar och energiåtervinning bedöms vara mest troliga avfallshanteringen, vilket antas i beräkningarna.

Tabell 13 Information om sprayisoleringen Ecofoam.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	Ecofoam AL 800	
Leverantör	Ecofoam Sverige AB	
Innehåll	Polyuretanskum (Polyolkomponent och isocyanatkomponent, fullständigt härdad) (100 %) Enligt EPD: Methylene diphenyl diisocyanate, MDI (50 %), Polyols (31 %), HFC (5 %), Additives (14 %)	Produktens innehåll antas överensstämma med den EPD som företaget hänvisat till från PU Europe. Känslighetsanalys görs med nytt blåsmedel som är på gång att ersätta HFC.
Råvaror	Enligt BVD: Tris phosphate (25-50 %), 2,6-Bis nonylphenol (5-10 %), Polyether based on aromatic amine (10-20 %), 2,2-iminodiethanol (1-3 %), 1,1,1,3,3-Pentaflourobutane (1-10 %), 2-dimethylaminoethano (1-5 %)	
Ursprung för råvaror	Ingen specifik information	
Ort för tillverkning	Sverige	
Avfallshantering	Återanvändning är inte möjlig. Materialåtervinning är möjlig genom malning, kemlys och syntetisk gasproduktion. Energiåtervinning är möjlig.	Energiåtervinning
Underlag	BVD (Ecofoam u.å.) EPD (PU Europe 2014)	

5.2 Fasad

Fasaden utgör en byggnads yttre barriär och ska skydda konstruktionen mot påfrestningar som väta och vind (NE u.å.d). Till BoKloks bostäder används fasader av träpanel, skivor, skiffer och puts (Danestrand 2016). I de fall träfasader används monteras och målas de i fabriken i Gullringen, så att färdigbehandlade moduler levereras till byggplatsen. I fabriken används obehandlad träpanel från Ingarp's Trävaror och brandskyddad panel från Moelven Wood. Den brandskyddade varianten krävs för byggnader som är högre än två våningar. De övriga fasadalternativen (skivor, skiffer och puts) köps in av de specifika projekten och monteras på byggnaderna efter att de upprättats på byggplatsen (Danestrand 2016).

Valet av fasad påverkas bland annat av fasadernas tekniska egenskaper och ekonomiska kostnader. Önskemål och krav från kommuner spelar också stor roll, då det är viktigt att ny bebyggelse passar i stadsbilden (Malmberg 2016).

Då fasaden utgör en relativt stor del av materialen som används till bostäderna (Danestrand 2016) har en minskad miljöpåverkan från fasaden potential att märkbart minska byggnadens totala miljöpåverkan. Denna studie avser att avgöra vilka fasadalternativ som medför lägst miljöpåverkan, vilket BoKlok kan använda som underlag bland annat i kommunikation med kommuner.

Produktalternativ

I denna studie jämförs fem fasadalternativ som BoKlok använder idag samt ytterligare tre alternativ som finns på marknaden. De granskade produkterna har valts i samråd med BoKlok och baseras till stor del på vilka leverantörer som varit i kontakt med BoKlok. Produkterna som inkluderas i granskningen presenteras i Tabell 14. Liksom för isoleringsprodukterna erbjuder en del leverantörer flera olika produktvarianter som kan vara intressanta för BoKlok. Vilka produktvarianter som representerar respektive tillverkarens fasadprodukter samt hur de benämns i studien framgår i tabellen nedan.

Tabell 14 Granskade fasadprodukter.

Typ av fasad	Benämning i studien	Produktnamn	Leverantör
Skiva	Ivarsson ¹	EQUITONE Tectiva	Ivarsson Sverige
Skiffer	Nordskiffer ²	Samaca 49	Nordskiffer AB
Puts	Sto ¹	StoVentec Fasadsystem	Sto Scandinavia AB
Träpanel	Ingarp ¹	Trävaror	Ingarp's Trävaror AB
Träpanel	Moelven ¹	Brandskyddat Trä BT impregnerat med Fireguard	Moelven Wood AB
Skiva	Formica	VIVIX (EDS, EGS)	Formica Skandinavien AB
Skiva	Cembrit	Cembrit fasadskiva Urbannature	Cembrit Holding A/S
Skiva	Neolife	Clad	Neolife

¹Nuvarande

²Nuvarande, men har endast använts i enstaka projekt.

Funktionell enhet

Fasadens funktion är att täcka byggnadens väggar, varpå den funktionella enheten sätts till 1 m² fasad. Miljöpåverkan ur aspekterna klimatpåverkan, energianvändning och toxicitet bedöms därmed per kvadratmeter av de granskade fasadprodukterna.

Skiva: Ivarsson

Till vissa projekt använder BoKlok fibercementskivan Equitone Tectiva från Ivarsson Sverige. Skivan tillverkas i Belgien och de ingående materialen presenteras i Tabell 15. Fullständigt underlag för beräkningarna finns angivet i Bilaga 3, Tabell B3.1. För bedömning av klimatpåverkan och energianvändning används en miljödeklaration för Equitone Tectiva (Eternit nv 2013). Egna beräkningar har gjorts för att uppskatta klimatpåverkan och energianvändning vid transporter från tillverkningen i Belgien till Sveriges gräns. För att bedöma toxicitet har SundaHus Miljödata och Byggvarubedömningen använts, då miljödeklarationen saknar uppgifter om produktens eventuella toxiska egenskaper.

Tabell 15 Information om fasadskivan från Ivarsson.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	EQUITONE Tectiva	
Leverantör	Ivarsson Sverige	
Innehåll och råvaror	Sand (> 30 %) Cement (> 30 %) Cellulosa (< 10 %) Pigment (< 10 %) Wollastonite (< 10 %) Lera (< 10 %) Kalk (< 10 %)	
Ursprung för råvaror	Ingen information	
Ort för tillverkning	Belgien	
Avfallshantering	Leverantören anger att produkten kan återanvändas och återvinnas i form av fyllnadsmassor. Energiåtervinning är inte möjlig.	Materialåtervinning i form av anläggningsmassor. Känslighetsanalys med 50 % återanvändning.
Underlag	BVD (Ivarsson 2013) EPD (Eternit nv 2013) Produktblad Equitone Tectiva (Ivarsson u.å.)	

Skiffer: Nordskiffer

BoKlok har även använt skifferfasaden Samaca 49 från leverantören Nordskiffer AB. Tillverkningen sker genom att skiffer bryts i Spanien och kapas till önskad storlek. I Tabell 16 ges en sammanfattande produktbeskrivning. Fullständigt underlag för beräkningar återfinns i Bilaga 3, Tabell B3.2.

En byggvarudeklaration (Nordskiffer 2015) och en broschyr som anger klimatpåverkan per kilo producerat skiffer (Nordskiffer u.å.) har använts som underlag för miljöpåverkansbedömningen. Den angivna klimatpåverkan antas inkludera råvaruframställning och tillverkning. Tillverkningen innebär eldriven kapning av skiffer, varpå den klimatpåverkan som anges antas utgöra indirekta utsläpp från produktion av elen som används.

Då leverantören inte anger hur stor mängd energi som används under produktens livscykel beräknas energianvändningen baserat på de angivna koldioxidutsläppen med hjälp av emissionsfaktorer för europeisk elmix. Klimatpåverkan och energianvändning som uppstår i samband med båttransport från Spanien till Sverige beräknas separat.

Tabell 16 Information om skiffer från Nordskiffer.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	Samaca 49	
Leverantör	Nordskiffer AB	
Innehåll	Natursten (100 %)	
Ursprung för råvaror	Spanien	
Ort för tillverkning	Spanien	
Avfallshantering	Återanvändning och materialåtervinning är möjlig. Energiåtervinning är inte möjlig.	Materialåtervinning i form av anläggningsmassor. Känslighetsanalys med 50 % återanvändning.
Underlag	BVD (Nordskiffer 2015) Broschyr (Nordskiffer u.å.)	

Puts: Sto

Till de bostäder som kläs med putsfasad använder BoKlok det ventilerade fasadsystemet StoVentec från Sto Scandinavia AB. I denna studie har fasadsystemets konstruktion antagits överensstämma med den som anges i en systembeskrivning från leverantören (Sto 2015). Fasadsystemet antas därmed bestå av en fasadskiva, grundputs, armeringsväv, ytputs och färg.

Som underlag för miljöbedömningen används separata miljödeklarationer för fasadsystemets olika delar; fasadskiva (Sto 2013), grundputs (Sto 2011a), ytputs (Sto 2011b) och färg (Sto 2011c). För armeringsväven anges ingen information om miljöpåverkan. Då armeringsväven utgör en mycket liten del av fasadsystemet (160 g/m^2 jämfört med 11 kg/m^2 för fasadskivan) antas dess bidrag till systemets totala miljöpåverkan vara litet och den exkluderas ur studien.

Det finns flera olika produktalternativ för systemets respektive delar. I denna studie baseras miljöbedömningen på ett system bestående av fasadskivan StoVentec 20 mm, grundputsen StoArmat Classic Plus, ytputsen Stolit och färgen StoSilco Color. Övergripande information om produkten samt antaganden som gjorts i beräkningarna presenteras i Tabell 17. Underlag för beräkningar återfinns i Bilaga 3, Tabell B3.3.

Tabell 17 Information om putsfasad från Sto.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	StoVentec Fasadsystem	
Leverantör	Sto Scandinavia AB	
Innehåll och råvaror	<i>StoVentec Fasadskiva</i> Expanderat glasgranulat (< 85 %), fyllnads-material (< 10 %), drivmedel och hydrofoba medel (< 1 %), reaktiv polymerharts (< 10 %), härdare (< 2 %), glasfiber (< 7 %), flamskydds-medel baserat på aluminiumhydroxid. <i>Grundputs StoArmat Classic Plus:</i> Polymerdispersion (12-30 %), stendamm (52-66 %), pigment (0-0,2 %), fyllnadsmaterial (0-20 %), vatten (8-14 %) <i>Ytputs Stolit</i> Polymerdispersion (9-13 %), aggregat (50-75 %), pigment (0-2 %), hydrofoba medel (0,2-5 %), natriumsilikat (4-6 %), fyllnadsmaterial (2,5-20 %), vatten (6-13 %) <i>Färg StoSilco Color</i> Polymerdispersion (6-28 %), stendamm (28-61 %), pigment (2-20 %), hydrofoba medel (0,9-5 %), natriumsilikat (13-20 %), vatten (14-26 %)	
Ursprung för råvaror	Inom 600 km från ort för tillverkning	
Ort för tillverkning	Lauingen, Tyskland	
Avfallshantering	De olika komponenterna hanteras tillsammans. Återanvändning och återvinning inte möjligt, då produkten kan överarbetas.	Materialåtervinning i form av anläggningsmassor.
Underlag	Systembeskrivning (Sto 2015a) EPD Fasadskiva (Sto 2013) EPD Grundputs (Sto 2011a) EPD Ytputs (Sto 2011b) EPD Färg (Sto 2011c) Datablad Fasadskiva (Sto 2015b)	

Träpanel: Ingarp

Den obehandlade träpanel som används till vissa av BoKloks fasader kommer från Ingårps Trävaror i Eksjö. Som tidigare nämnt kan obehandlad träpanel användas till byggnader som är en eller två våningar höga.

Övergripande information om produkten och de antaganden som gjorts i beräkningarna finns i Tabell 18. Fullständigt underlag för beräkningarna presenteras i Bilaga 3, Tabell B3.4. Generell information om produkten har hämtats från en byggvarudeklaration (Ingårps Trävaror 2014). Då information om miljöpåverkan saknas i byggvarudeklarationen har data från Ecoinvent (Ecoinvent 2016) använts. Miljöpåverkan från råvaruframställningen baseras på data från Ecoinvent för avverkning av gran och furu. Tillverkningen antas utgöras av torkning (Skogssverige u.å.) och sågning (Ecoinvent 2016).

Till skillnad från vissa andra typer av fasader behöver träpanel målas. BoKlok använder färgen Nordica Eko 3300 till träfasaderna som monteras i fabriken i Gullringen. Uppgifter saknas om miljöpåverkan vid framställning av färgen, varpå klimatpåverkan och energi-användning approximeras till densamma som för färgen StoSilco Color, som används till putssystemet från Sto. För att bedöma toxiciteten används den innehållsförteckning som anges i säkerhetsdatabladet för Nordica Eko 3300 (Teknos 2011) samt SundaHus bedömning av färgen respektive träpanelen (SundaHus Miljödata 2016).

Träpanelen behöver målas om efter 8-12 år (Danestrand 2016). Då byggnadens livslängd antas vara 50 år innebär det att runt fem målningar sker under panelens livscykel, vilket inkluderas i bedömningen av miljöpåverkan.

Tabell 18 Information om träpanel från Ingårps Trävaror.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	Trävaror	
Leverantör	Ingårps Trävaror AB	
Innehåll och råvaror	Gran eller furu	50 % gran, 50 % furu
	<i>Färg Nordica Eko:</i> Polymerdispersion (20-30 %) Titandioxid (10-20 %) Vatten (50-60 %) 2(2-Butoxi)etanol (1-3 %)	
Ursprung för råvaror	Småland	
Ort för tillverkning	Eksjö, Sverige	
Avfallshantering	Energiåtervinning är möjlig. Återanvändning och materialåtervinning är möjlig beroende på användningsområde och krav.	Energiåtervinning. Känslighetsanalys med 50 % återanvändning.
Underlag	BVD (Ingårps Trävaror 2014) EPD Färg (Teknos 2011)	

Träpanel: Moelven

Den brandimpregnerade träfasaden som BoKlok använder tillverkas av Moelven Wood AB. Övergripande information om produkten och antaganden för beräkningarna presenteras i Tabell 19. Fullständigt underlag för beräkningar återfinns i Bilaga 3, Tabell B3.5.

Generell information om produkten och information om påverkan vid tillverkningen har hämtats från en byggvarudeklaration (Moelven 2013). Ecoinvent har använts för att bedöma miljöpåverkan vid råvaruframställningen.

Ingen information om klimatpåverkan och energianvändning vid framställning av komponenterna till brandskyddsmedlet Fireguard har hittats. Då dessa råvaror utgör en mycket liten del av den färdiga produkten har de försummats vid beräkning av klimatpåverkan och energianvändning. Istället antas produkten bestå till 100 % av trämaterial, varpå klimatpåverkan och energianvändning från råvaruframställningen blir densamma som för Ingarp. För att beräkna toxiciteten har SundaHus bedömningar av den brandimpregnerade panelen respektive färgen Nordica Eko använts.

Miljöpåverkan vid transport av färdig produkt från tillverkningsorten Moelv i Norge till Sveriges gräns beräknas separat. Träpanelen behöver ommålas efter 8-12 år (Moelven 2015). För detta görs samma beräkningar och antaganden som för obehandlad träpanel från Ingarp.

Tabell 19 Information om träpanelen från Moelven.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	Brandskyddat Trä BT impregnerat med Fireguard	
Leverantör	Moelven Wood AB	
Innehåll och råvaror	Gran eller furu (90 %) <i>Fireguard FG-IV:</i> Ammonium (2-4 %) Guanylureafosfat (0,5-2 %) Vatten (4-7,5 %) <i>Färg Nordica Eko:</i> Polymerdispersion (20-30 %) Titandioxid (10-20 %) Vatten (50-60 %) 2(2-Butoxietoxi)etanol (1-3 %)	100 % (50 % gran, 50 % furu)
Ursprung för råvaror	Norden	
Ort för tillverkning	Moelv, Norge	
Avfallshantering	Energiåtervinning är möjlig. Återanvändning och materialåtervinning är möjlig beroende på användningsområde och krav.	Energiåtervinning. Känslighetsanalys med 50 % återanvändning.
Underlag	BVD (Moelven 2013) Certifikat (SP 2013) EPD Färg (Teknos 2011)	

Skiva: Formica

Ett möjligt alternativ till den nuvarande fasadskivan från Ivarsson är skivan VIVIX från Formica. Skivan är baserad på kraftpapper och är därmed brännbar. I denna studie representeras VIVIX-skivan av varianten EDS/EGS som är 6 mm tjock. Underlaget utgörs av en byggvarudeklaration (Formica 2012) och ett produktblad (Formica 2011). Övergripande information om produkten och de antaganden som gjorts i beräkningarna presenteras i Tabell 20. Fullständigt underlag för beräkningarna återfinns i Bilaga 3, Tabell B3.6.

För bedömning av miljöpåverkan under råvaruframställningen används data från Ecoinvent (Ecoinvent 2016). I brist på data antas påverkan från dekorpapper överensstämma med påverkan vid kraftpappersproduktion. Klimatpåverkan och energianvändning vid tillverkning av plexiglas försummas, då data saknas och plexiglas utgör en liten del av råvarorna. Plexiglasets eventuella toxiska egenskaper har dock inte försummats utan SundaHus (SundaHus Miljödata 2016) används för att identifiera utfasnings- och riskminskningsämnen.

Transport av råvaror försummas på grund av bristande information. Påverkan från transport av färdig produkt från tillverkning i Spanien till Sveriges gräns beräknas och inkluderas. Den eventuellt överskattade transportsträckan för färdig produkt (tillverkning i Finland, Spanien eller England) antas väga upp för de försummade råvarutransporterna.

Leverantören anger inte hur fasadskivan tillverkas. Därför uppskattas att miljöpåverkan som uppkommer under tillverkningen motsvarar medelvärdet av energianvändning respektive klimatpåverkan för tillverkning av skivorna från Ivarsson och Cembrit.

Förbränning med energiåtervinning anses vara den mest troliga metoden för avfallshantering och avfallet antas motsvara en blandning av 70 % träbränsle och 30 % fossil avfallsfraktion. Då endast biogen koldioxid inkluderas, baseras klimatpåverkan endast på den fossila fraktionen.

Tabell 20 Information om skivfasad från Formica.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	VIVIX (EDS, EGS)	
Leverantör	Formica Skandinavien AB	
Innehåll och råvaror	Oblekt kraftpapper (65-72 %)	71 %
	Dekorpapper (1-4 %)	0 %
	Melamin (1-4 %)	2,5 %
	Fenolharts (26-28 %)	27 %
	Plexiglas (1-2 %)	0 %
Ursprung för råvaror	Ingen information	
Ort för tillverkning	Finland, Spanien eller England	Spanien
Avfallshantering	Återanvändning är inte möjligt. Energiåtervinning är möjlig.	Energiåtervinning.
Underlag	BVD (Formica 2012) Produktblad (Formica 2011)	

Skiva: Cembrit

BoKlok skulle kunna använda fibercementskivan från Cembrit till bostädernas fasader. Information om produkten presenteras i Tabell 21. Fullständigt underlag för beräkningar finns i Bilaga 3, Tabell B3.7.

Bedömning av klimatpåverkan och energianvändning utgår från en miljödeklaration som representerar Cembrits samtliga fibercementskivor (Cembrit 2012) samt en byggvarubedömning för skivorna i serien Urbannature (Cembrit 2014). I byggvarudeklarationen inkluderas transport av råvaror samt transport av färdig produkt från okänd tillverkningsort i Europa till en potentiell byggplats i Tyskland. Transporten av färdig produkt antas för enkelhetens skull motsvara transport till Sveriges gräns.

Tabell 21 Information om skivfasad från Cembrit.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	Cembrit fasadskiva Urbannature	
Leverantör	Cembrit Holding A/S	
Innehåll och råvaror	Portland-cement (55-60 %) Inert fyllnadsmaterial (kalk, mica) (30 %) Cellulosa (5-10 %) Polyvinylalkohol (PVA) (0,5 %) Pigment (0-0,5 %) Puzzolanartat fyllnadsmaterial (2-5 %)	
Ursprung för råvaror	Cellulosa från Skandinavien, PVA från Asien	
Ort för tillverkning	Europa	
Avfallshantering	Oskadade skivor kan återanvändas. Materialåtervinning möjlig genom antingen pulverisering för användning vid produktion av fibercement, eller genom användning i form av anläggningsmassor.	Materialåtervinning i form av anläggningsmassor. Känslighetsanalys med 50 % återanvändning.
Underlag	EPD (Cembrit 2012) BVD Cembrit Urbannature (Cembrit 2014)	

Skiva: Neolife

En alternativ skivfasad är träfiberskivan Clad från Neolife. Information om produkten kan ses i Tabell 22. Fullständigt underlag för beräkningarna presenteras i Bilaga 3, Tabell B3.8.

En miljödeklaration från leverantören (Neolife 2015) utgör utgångspunkten för bedömning av klimatpåverkan och energianvändning. Den angivna produktionsfasen i miljödeklarationen antas inkludera faserna råvaruframställning och tillverkning. Råvarutransporter exkluderas då de inte redovisas i miljödeklarationen och sträckan antas vara kort då både råvaruframställning och tillverkning sker i Frankrike. Transport av färdig produkt från tillverkning i Frankrike till Sveriges gräns beräknas och inkluderas i resultatet.

Trolig avfallshanteringsmetod antas vara energiåtervinning och beräkningar görs för avfall bestående av 91 % trädbränsle och 9 % fossil avfallsfraktion. Då biogen koldioxid exkluderas ur klimatpåverkan i denna studie, bidrar den biogena fraktionen endast till energiutvinning men inte till klimatpåverkan.

Tabell 22 Information om skivfasad från Neolife.

	Uppgifter från leverantören	Antaganden
Produktnamn	Clad	
Leverantör	Neolife	
Innehåll och råvaror	Träfiber (91 %) Mineraloljebaserad harts Oorganiskt pigment	
Ursprung för råvaror	Frankrike	
Ort för tillverkning	Frankrike	
Avfallshantering	Materialåtervinning och energiåtervinning är möjlig. Inga uppgifter om återanvändningsmöjligheter.	Energiåtervinning.
Underlag	EPD (Neolife 2015)	

6 Resultat

I detta avsnitt presenteras resultaten från granskningen av isolering och fasader. Först presenteras produkternas allmänna egenskaper, följt av produkternas totala klimatpåverkan, energianvändning och toxicitet. Därefter anges fördelning av klimatpåverkan och energianvändning över livscykelfaserna för respektive produkt.

6.1 Isolering

6.1.1 Allmänna egenskaper

Information som beskriver isoleringsprodukternas prestanda och egenskaper som inte ingår i den funktionella enheten presenteras i Tabell 23. Produkternas bedömning i Byggvarubedömningen (BVB) och SundaHus inkluderas också i jämförelsen. Tabellen kan användas som utgångspunkt vid jämförelse mellan de granskade produkterna.

I tabellen framgår att Kingspan har lägst värmeledningsförmåga och därmed bäst isoleringsförmåga, medan iCell har högst värmeledningsförmåga. De livslängder som anges är i de flesta fall omkring 50 år. För Ecofoam anges dock att livslängden är 25-50 år, vilket innebär att isoleringen kan behöva bytas under byggnadens livstid. Paroc och Isover uppnår den högsta brandklassen A1, vilket innebär att de inte brinner, medan FeelingWood och iCell har lägst brandklass av de granskade produkterna. För flera produkter rekommenderas användning av skyddsutrustning vid hantering. ThermoCell lösull och FeelingWood är inte bedömda i BVB. Ecofoam har fått bedömningen ”Undviks”, medan övriga alternativ klassas som ”Accepteras”. SundaHus har givit Paroc, ThermoCell lösull, FeelingWood och Isover bedömningen A, vilket är den högsta nivån. Kingspan, iCell och Ecofoam har fått betyget B.

Tabell 23 Jämförelse av isoleringsprodukternas allmänna egenskaper.

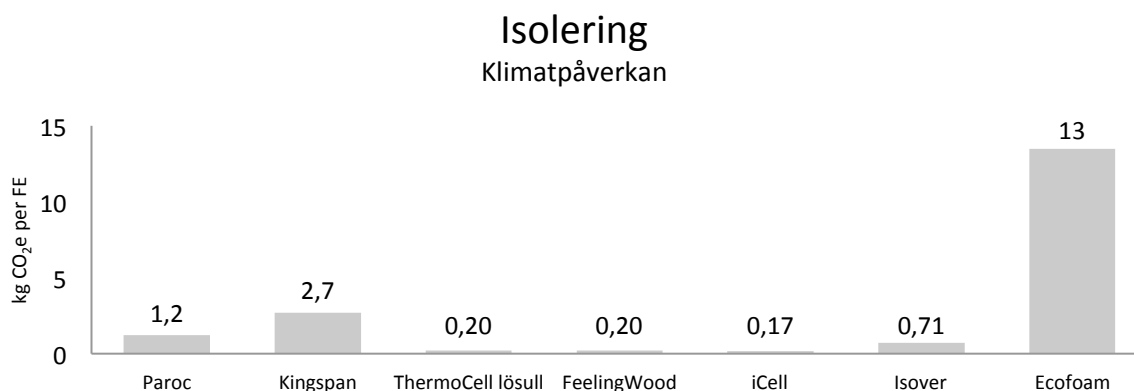
Isolerings- produkt	Värme- lednings- förmåga λ (W/mK)	Livs- längd	Brand- klassning	Arbetsmiljö	Betyg i BVB	Betyg i Sunda- Hus
Paroc	0,036	50 år	A1	Ansiktsmask. Täck utsatt hud.	Accepteras	A
Kingspan	0,020	75 år	B-s1, d0	Ansiktssmask, utsug, handskar, ögonskydd	Accepteras	B
ThermoCell lösull	0,038	Anges ej	D-s2, d0	Ingen information.	Ej bedömd	A
Feeling-Wood	0,038	Anges ej	E	Ingen information.	Ej bedömd	A
iCell	0,040	> 50 år	E	Andningsfilter.	Accepteras	B
Isover	0,035	50 år	A1	Ansiktsmask. Täck utsatt hud.	Accepteras	A
Ecofoam	0,026	25-50 år	B-s1, d0	Ingen information.	Undviks ¹	B

¹Bedömningen beror delvis på ofullständig information om ämnesinnehåll (Byggvarubedömningen 2016).

6.1.2 Klimatpåverkan

I Figur 3 presenteras total klimatpåverkan under livscykeln för de granskade isoleringsprodukterna. Ur figuren framgår att Ecofoam orsakar störst klimatpåverkan, nämligen utsläpp av 13 kg koldioxidequivallter (CO₂e) per funktionell enhet (FE). Det är ungefär fem gånger den mängd växthusgaser som Kingspan, isoleringsprodukten med näst störst klimatpåverkan, orsakar. Den produkt som släpper ut minst mängd växthusgaser under livscykeln är iCell, för vilken klimatpåverkan beräknas till 0,17 kg CO₂e per FE.

För Paroc står tillverkningsfasen för den största delen av klimatpåverkan. Hos Ecofoam uppkommer påverkan främst under monteringsfasen, då blåsmedlet har hög klimatpåverkan. För övriga produkter orsakar råvaruframställningen majoriteten av klimatpåverkan. I avsnitt 6.1.5 beskrivs mer utförligt hur klimatpåverkan är fördelad över livscykelfaserna för respektive produkt.

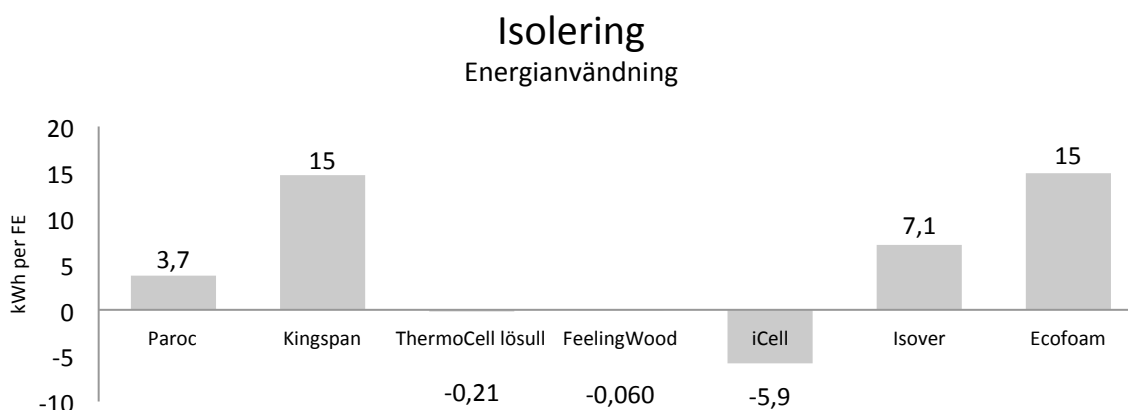


Figur 3 Total klimatpåverkan (kg CO₂e) för isoleringsprodukterna under hela livscykeln.

6.1.3 Energianvändning

I Figur 4 presenteras total energianvändning för de granskade isoleringsprodukterna under hela livscykeln. Figuren visar att Ecofoam och Kingspan står för störst energianvändning, 15 kWh per funktionell enhet (FE). ThermoCell lösull, FeelingWood och iCell resulterar i nettoenergiutvinning under livscykeln. För ThermoCell lösull och FeelingWood är värdena dock så små att energianvändningen kan approximeras till noll. I Figur 10, Figur 12 respektive Figur 14 framgår att energiutvinningen uppstår i avfallssteget, vilket beror på antagandet om avyttring genom förbränning med energiåtervinning. Samma antagande görs för Kingspan och Ecofoam, men eftersom energianvändningen är betydligt högre i övriga livscykelfaser för de produkterna, blir den totala energianvändningen positiv. Detta kan ses i Figur 8 respektive Figur 18.

För Paroc står tillverkningsfasen för störst energianvändning. För ThermoCell lösull, FeelingWood och iCell ger avfallshanteringsfasen störst avtryck, enligt tidigare resonemang. Den större energiutvinningen för iCell förklaras med att en mycket liten mängd energi används vid råvaruframställningen, då råvaran tidningspapper behandlas som en restprodukt i beräkningarna. För Kingspan är råvaruframställningen den mest energikrävande livscykelfasen och för Isover och Ecofoam kommer majoriteten av påverkan från de sammanslagna faserna råvaruframställning, transporter och tillverkning. I avsnitt 6.1.5 beskrivs energianvändningens fördelning över livscykelfaserna mer utförligt.



Figur 4 Total energianvändning (kWh) för isoleringsprodukterna under hela livscykeln.

6.1.4 Toxicitet

I Tabell 24 presenteras de utfasningsämnen och prioriterade riskminskningsämnen som förekommer under isoleringsprodukternas livscykler. Den största mängden av utfasningsämnet formaldehyd används vid råvaruframställning för Kingspan, där 103 g formaldehyd per funktionell enhet (FE) används vid tillverkning av fenolharts. I samma process används dessutom 645 g/FE av det prioriterade riskminskningsämnet fenol.

För Paroc och Isover används formaldehyd och fenol vid framställning av råvaran bakelit, men i mindre mängder än vid råvaruframställningen för Kingspan. Detta beror främst på att en mindre mängd bakelit (6 % respektive <10 %) används i Paroc och Isover, medan fenolharts utgör 97 % av innehållet i Kingspans isolering. Utsläpp av formaldehyd och fenol sker även i tillverkningsfasen för Paroc. Vid tillverkning av Ecofoam används utfasningsämnet etylenoxid, men det sker inga utsläpp av ämnet. Under Ecofoams livscykel förekommer även det prioriterade riskminskningsämnet MDI (Metylendifenyldiisocyanat), se Tabell 24.

I Tabell 24 anges att Paroc, Kingspan och Isover avger emissioner i driftfasen. Dessa emissioner, kallade egenemissioner, presenteras mer utförligt i Tabell 25.

Tabell 24 Sammanställning av de utfasningsämnen (U) och prioriterade riskminskningsämnen (R) som förekommer under isoleringsprodukternas livscyklar. Observera att endast ämnen som förekommer i större mängd än 1 mg/kg produkt inkluderas.

Isoleringsprodukt	Ämne	Mängd (g/FE)	Mängd (µg/m ² h)
Paroc	<i>Användning vid råvaruframställning (bakelit)</i>		
	Formaldehyd (U)	30,7	
	Fenol (R)	Anges ej	
	<i>Utsläpp vid råvaruframställning (bakelit)</i>		
	Formaldehyd (U)	0,063	
	<i>Utsläpp vid tillverkning</i>		
	Formaldehyd (U)	< 0,31	
Kingspan	Fenol (R)	< 0,31	
	<i>Utsläpp vid drift (egenemissioner)</i>		< 15
	Formaldehyd (U)		
	<i>Användning vid råvaruframställning (fenolharts)</i>		
	Formaldehyd (U)	103	
	Fenol (R)	645	
	<i>Utsläpp vid råvaruframställning (fenolharts)</i>		
ThermoCell lösull	Formaldehyd (U)	0,39	
	Fenol (R)	2,45	
FeelingWood			
iCell	<i>Innehåll</i>		
	Ospecificerat ämne (R)	< 0,016	
Isover	<i>Användning vid råvaruframställning (bakelit)</i>		
	Formaldehyd (U)	29,2	
	Fenol (R)	Anges ej	
	<i>Utsläpp vid råvaruframställning (bakelit)</i>		
	Formaldehyd (U)	0,06	
Ecofoam	<i>Utsläpp vid drift (egenemissioner)</i>		< 15
	Formaldehyd (U)		
	<i>Användning vid tillverkning</i>		
	Etylenoxid (U)	< 14,6	
	<i>Innehåll</i>		
	Metylendifenyldiisocyanat, MDI (R)	27-520 ¹	

¹ Enligt SundaHus (SundaHus Miljödata 2016) används 27 g MDI/FE vid tillverkningen, men finns inte kvar i den färdiga produkten. Enligt generell EPD (PU Europe 2014) innehåller produkten 520 g MDI/FE.

I Tabell 25 presenteras emissioner under driftfasen (egenemissioner) av formaldehyd, TVOC och enskilda VOC. Egenemissionerna anges i enheten $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$, vilket representerar ett flöde från isoleringsprodukterna till den omgivande luften. För formaldehyd och TVOC relateras egenemissionerna till de gränsvärden som innebär att byggprodukter klassas som "Undviks" i Byggvarubedömningen (Byggvarubedömningen 2014). De aktuella egenemissionerna har dividerats med gränsvärdet och kvoten indikerar hur stor del av gränsvärdena som emissionerna utgör. För enskilda VOC finns inga gränsvärden i Byggvarubedömningen varpå ingen liknande jämförelse gjorts.

För Paroc och Isover utgör egenemissionerna av formaldehyd $15 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$, vilket motsvarar 12 % av gränsvärdet $124 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. TVOC-emissionerna är $20 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$, vilket innebär ett högre flöde av TVOC till omgivningen än formaldehyd, men TVOC-emissionerna utgör endast 5 % av gränsvärdet på $400 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$.

För ThermoCell lösull och FeelingWood anger producenten att inga egenemissioner avges, men produkterna är inte bedömda i Byggvarubedömningen. iCell och Ecofoam är bedömda i Byggvarubedömningen, men där anges att uppgifter om VOC saknas. Producenterna anger dock att inga egenemissioner avges.

Tabell 25 Egenemissioner från isoleringsprodukterna, gränsvärden för klassningen "Undviks" i Byggvarubedömningen, samt kvoten mellan egenemissionerna och respektive gränsvärde.

Isoleringsprodukt	Ämne	Egenemissioner ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	Gränsvärde BVB ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	Kvot (%)
Paroc	Formaldehyd (U)	< 15	124	12
	TVOC	< 20	400	5
	Enskilda VOC	< 5	-	-
Kingspan	TVOC	9	400	2
ThermoCell lösull	Inga emissioner ¹			
FeelingWood	Inga emissioner ¹			
iCell	Inga emissioner ²			
Isover	Formaldehyd (U)	< 15	124	12
	TVOC	< 20	400	5
	Enskilda VOC	< 5	-	-
Ecofoam	Inga emissioner ²			

¹ Producent anger att inga egenemissioner avges. Produkten är inte bedömd i Byggvarubedömningen.

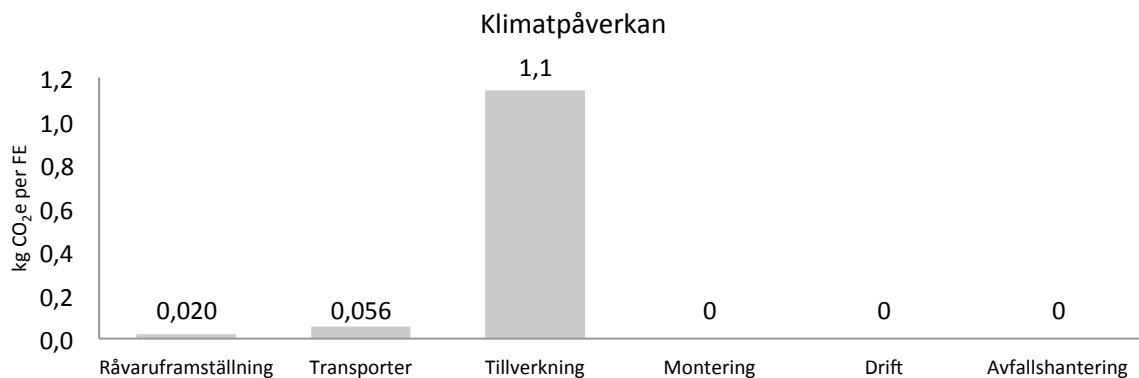
² Producent anger att inga egenemissioner avges. Enligt Byggvarubedömningen saknas uppgifter om VOC.

6.1.5 Klimatpåverkan och energianvändning fördelad över livscyklfaser

I detta avsnitt presenteras fördelningen av klimatpåverkan och energianvändningen över livscyklfaserna för varje isoleringsprodukt. De livscyklfaser med störst påverkan på resultatet diskuteras vidare i produktspecifika osäkerhets- och känslighetsanalyser i avsnitt 7 *Analys*.

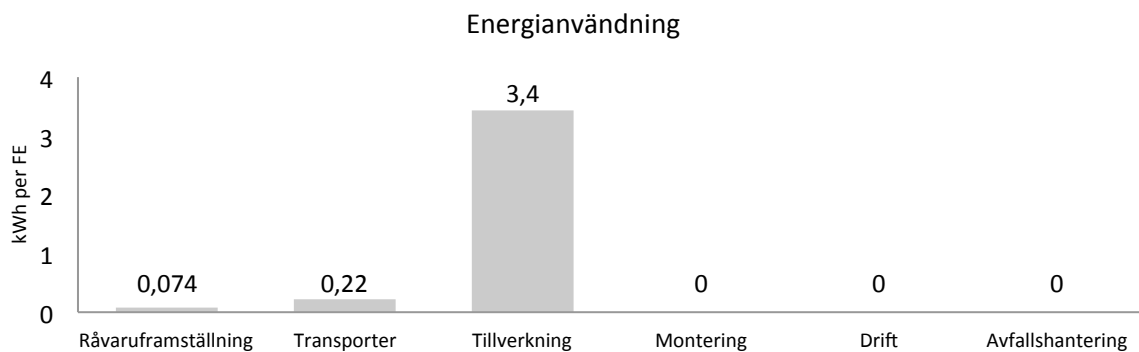
Stenull: Paroc

Klimatpåverkan från hela livscykeln uppgår till 1,2 kg CO₂e per FE för stenullsisoleringen Paroc, se Figur 3. I Figur 5 nedan framgår att tillverkningsfasen står för majoriteten (1,1 kg CO₂e) av klimatpåverkan. Inga klimatpåverkande utsläpp har identifierats i faserna montering, drift och avfallshantering. Klimatpåverkan från råvaruframställning och transporter är mycket små i jämförelse med tillverkningsfasen. Att klimatpåverkan i avfallsfasen approximeras till noll beror på att stenullsisoleringen utgörs av inerta material som antas gå till materialåtervinning i form av anläggningsmassor.



Figur 5 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för stenullsisolering från Paroc, fördelad över livscyklfaserna.

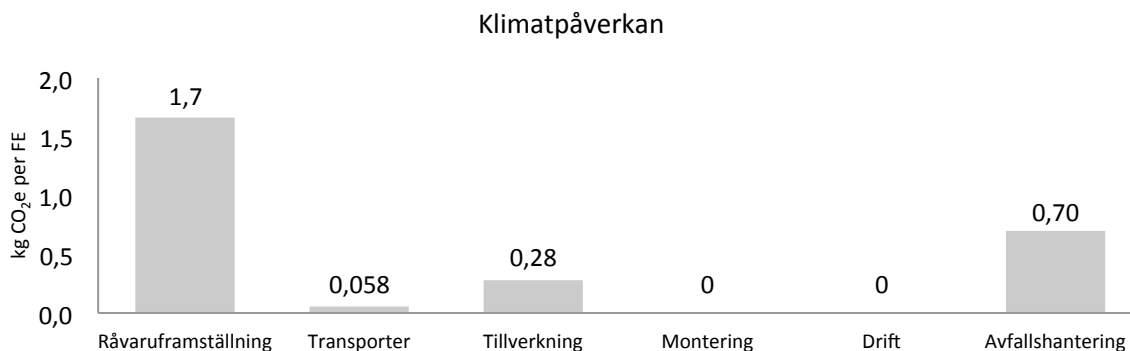
Den totala energianvändningen under hela livscykeln beräknades till 3,7 kWh per FE för Paroc, se Figur 4. I likhet med klimatpåverkan används den största delen av energin (3,4 kWh) i tillverkningssteget, vilket demonstreras i Figur 6. Försumbara mängder energi används under montering, drift och avfallshantering för produkten.



Figur 6 Energianvändning (kWh) för stenullsisolering från Paroc, fördelad över livscyklfaserna.

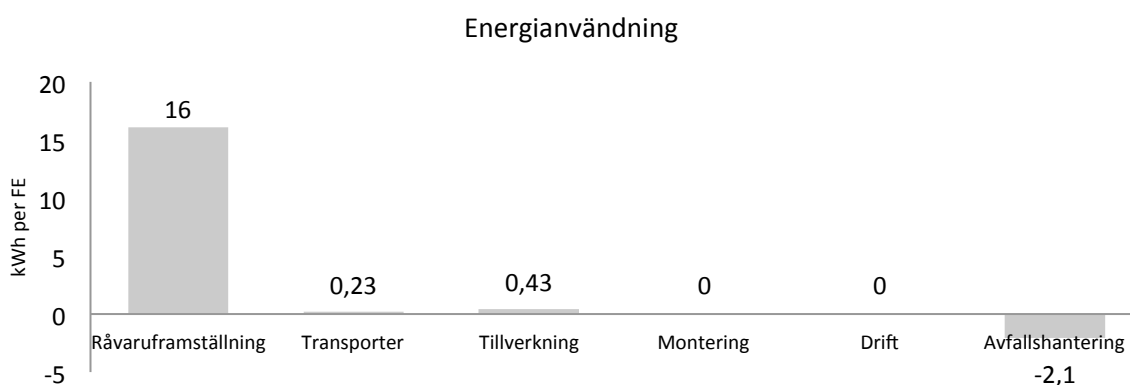
Hårdskum: Kingspan

Klimatpåverkan under hela livscykeln uppgår till 2,7 kg CO₂e per FE för Kingspan, se Figur 3. De klimatpåverkande utsläppen kommer främst från råvaruframställningen, vilket framgår i Figur 7. Då produkten består av 97 % fenolharts bidrar framställningen av den råvaran troligen till majoriteten av klimatpåverkan. Transporter, tillverkning och avfallshantering bidrar också till produktens utsläpp. Endast försumbar klimatpåverkan uppkommer under montering och drift.



Figur 7 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för hårdskumisolering från Kingspan, fördelad över livscykel-faserna.

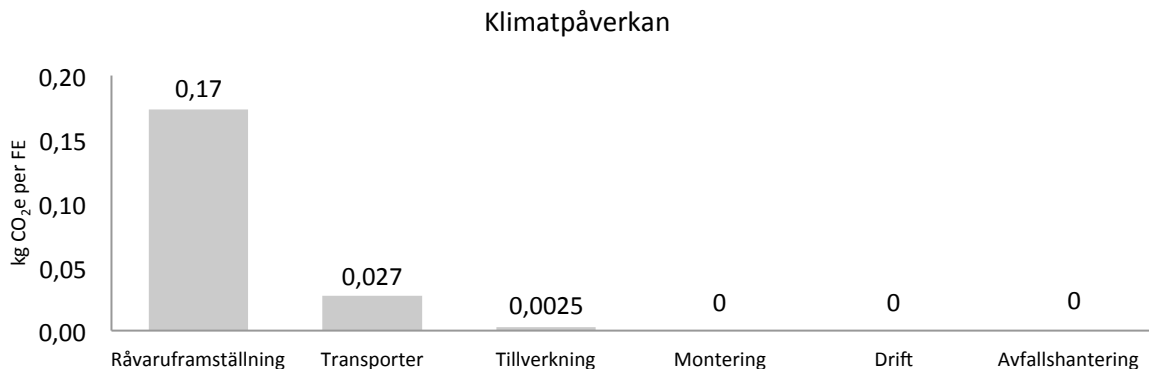
Tillsammans med Ecofoam är Kingspan den isoleringsprodukt som medför störst energi-användning under livscykeln. Figur 8 visar att råvaruframställningen står för användning av 16 kWh per FE, vilket överstiger den totala energimängd som beräknats för hela livscykeln. Energiutvinning vid avfallsförbränning minskar den totala energianvändningen till 15 kWh per FE, se Figur 4. Vid transporter och tillverkning används små mängder energi, medan energianvändningen under montering och drift är försumbar.



Figur 8 Energianvändning (kWh) för hårdskumisolering från Kingspan, fördelad över livscykel-faserna.

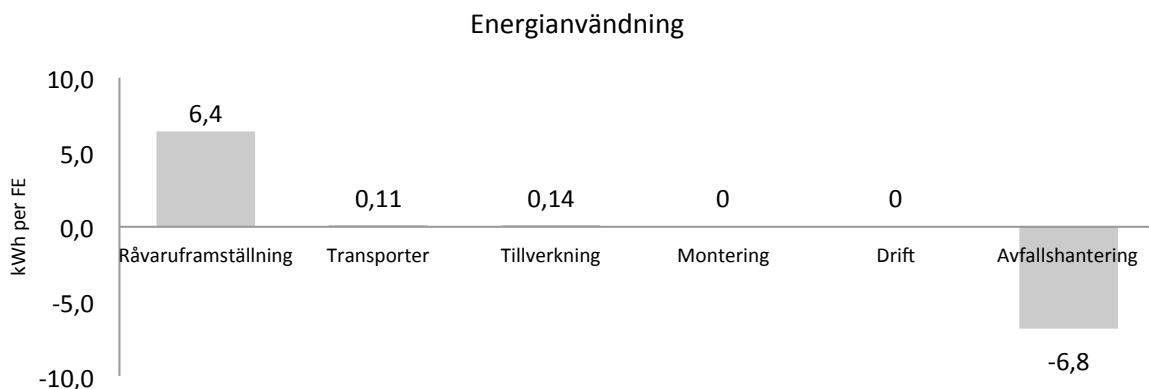
Cellulosa: ThermoCell lösull

Klimatpåverkan beräknades till 0,20 kg CO₂e per FE för ThermoCell lösull, se Figur 3. Till-sammans med övriga cellulosaisoleringar (FeelingWood och iCell) är ThermoCell lösull där-med en av de granskade isoleringsprodukterna som medför lägst klimatpåverkan. Majoriteten av utsläppen sker under råvaruframställningen, vilket illustreras i Figur 9. Vidare orsakar tran-sporter och tillverkning små mängder växthusgasutsläpp medan montering, drift och avfalls-hantering har försumbar klimatpåverkan. Att ingen klimatpåverkan antas uppstå i avfalls-fasen, trots antagandet att produkten förbränns, förklaras med att biogen koldioxid inte anses medföra någon klimatpåverkan.



Figur 9 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för cellulosaisoleringen ThermoCell lösull, fördelad över livs-cykelfaserna.

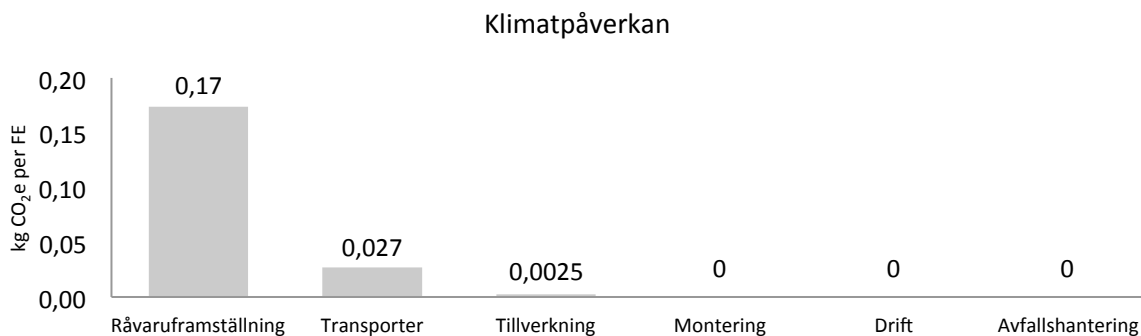
ThermoCell lösull är en av tre isoleringsprodukter i studien där den totala energianvändningen under livscykeln beräknats till ett negativt värde, i detta fall - 0,21 kWh per FE, se Figur 4. I Figur 10 presenteras energianvändningen fördelad över produktens livscykel-faser. Där fram-går att den energi som används framför allt vid råvaruframställning, vägs upp av energin som utvinns i avfallssteget. Totalt medför ThermoCell lösull en energiutvinning under livscykeln.



Figur 10 Energianvändning (kWh) för cellulosaisoleringen ThermoCell lösull, fördelad över livs-cykelfaserna.

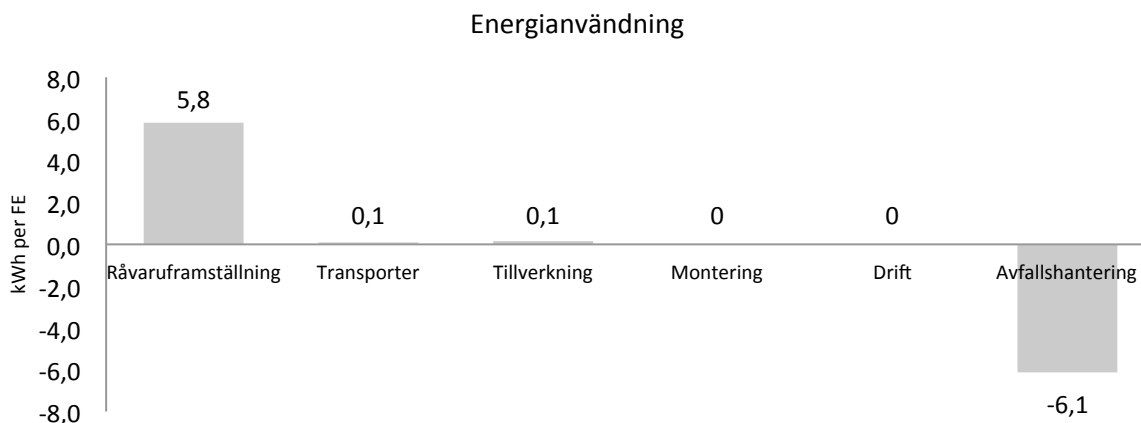
Cellulosa: FeelingWood

För isoleringsskivan FeelingWood, liksom för ThermoCell lösull, beräknades den totala klimatpåverkan till 0,20 kg CO₂e per FE, se Figur 3. Därmed är FeelingWood en av produkterna i studien med lägst klimatpåverkan. Utsläpp av klimatpåverkande gaser sker främst under råvaruframställningen, men även vid transporter och till viss del vid tillverkning, se Figur 11. Liksom för ThermoCell lösull försummas klimatpåverkan från faserna montering, drift och avfallshantering.



Figur 11 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för cellulosaisoleringen FeelingWood, fördelad över livscykel-faserna.

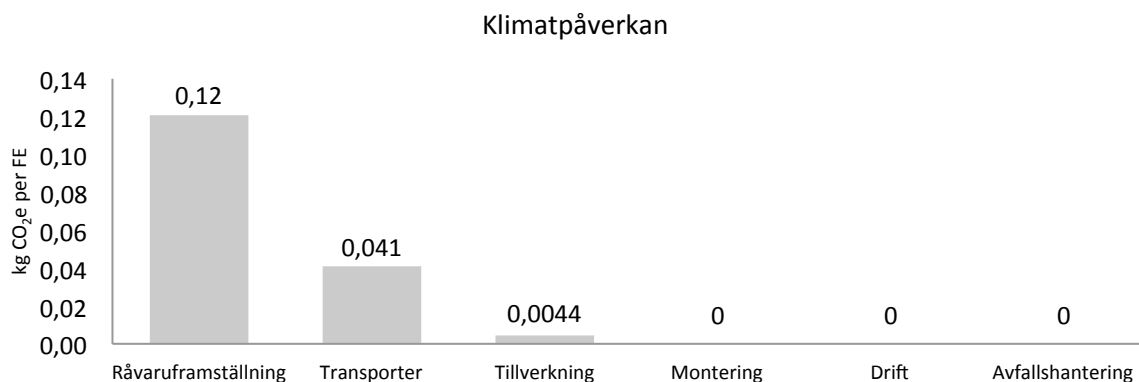
Den totala energianvändningen för FeelingWood resulterar i värdet - 0,060 kWh per FE, se Figur 4. Den energi som används vid råvaruframställning, samt de små mängderna som används för transporter och tillverkning, vägs upp av den energiutvinning som uppstår vid avfallshanteringen, se Figur 12.



Figur 12 Energianvändning (kWh) för cellulosaisoleringen FeelingWood, fördelad över livscykel-faserna.

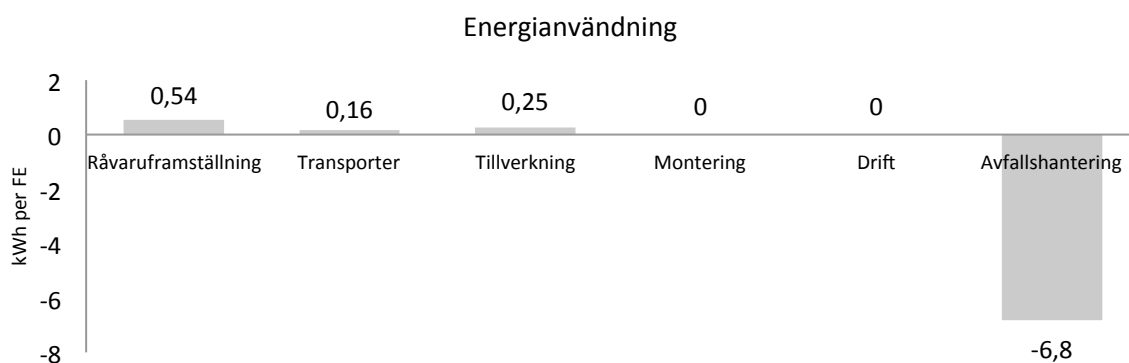
Cellulosa: iCell

I Figur 3 framgår att den totala klimatpåverkan för iCell uppgår till 0,17 kg CO₂e per FE, vilket gör iCell till en av produkterna med lägst klimatpåverkan i studien. I Figur 13 framgår att klimatpåverkan huvudsakligen uppstår under råvaruframställningen, men även vid transporter och till viss del vid tillverkning. Endast marginell klimatpåverkan uppkommer under montering, drift och avfallshantering. Liksom för ThermoCell lösull och FeelingWood beror frånvaron av klimatpåverkan under avfallshanteringen på att den koldioxid som släpps ut vid förbränning är biogen och därmed inte bidrar till klimatpåverkan.



Figur 13 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för cellulosaisolering från iCell, fördelad över livscykelstadierna.

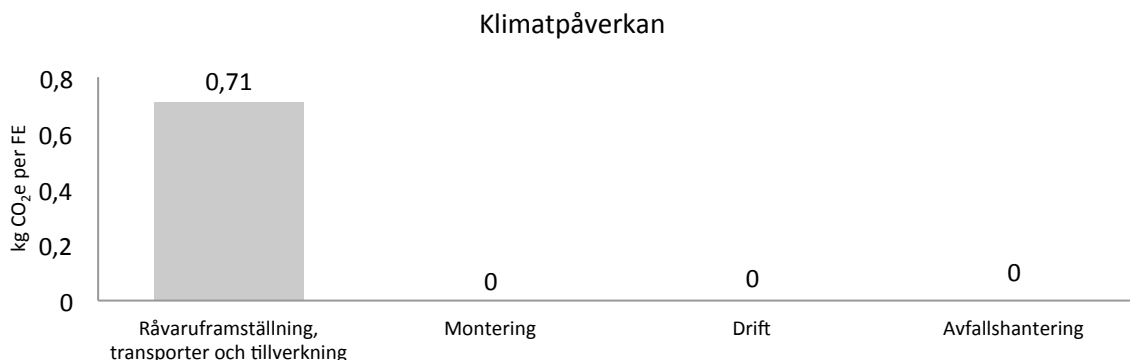
Vid jämförelse av de granskade isoleringsprodukternas totala energianvändning i Figur 4 framkom att iCell står för den lägsta energianvändningen, - 5,9 kWh per FE. I Figur 14 framgår att energiutvinningen i avfallssteget överstiger den energi som används i faserna råvaruframställning, transporter och tillverkning, vilket resulterar i en total energiutvinning under livscykeln.



Figur 14 Energianvändning (kWh) för cellulosaisolering från iCell, fördelad över livscykelstadierna.

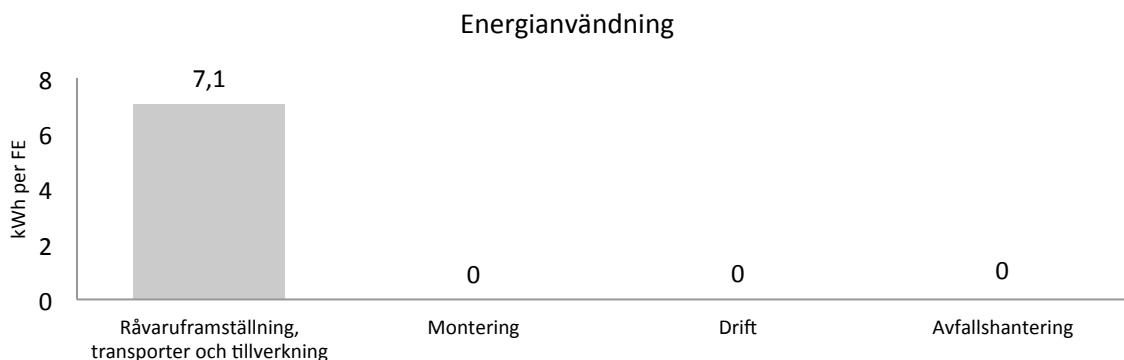
Glasull: Isover

Isover orsakar utsläpp av 0,71 kg CO₂e per FE under livscykeln, se Figur 3. Enligt Figur 15 står de sammanslagna faserna råvaruframställning, transporter och tillverkning för samtliga klimatpåverkande utsläpp, medan montering, drift och avfallshantering endast orsakar marginell klimatpåverkan. Avfallshanteringen medför ingen påverkan då produkten är inert och antas gå till materialåtervinning i form av anläggningsmassor.



Figur 15 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för glasullsisolering från Isover, fördelad över livscykelstadierna. Faserna råvaruframställning, transporter och tillverkning presenteras tillsammans då producenten redovisar data på detta sätt.

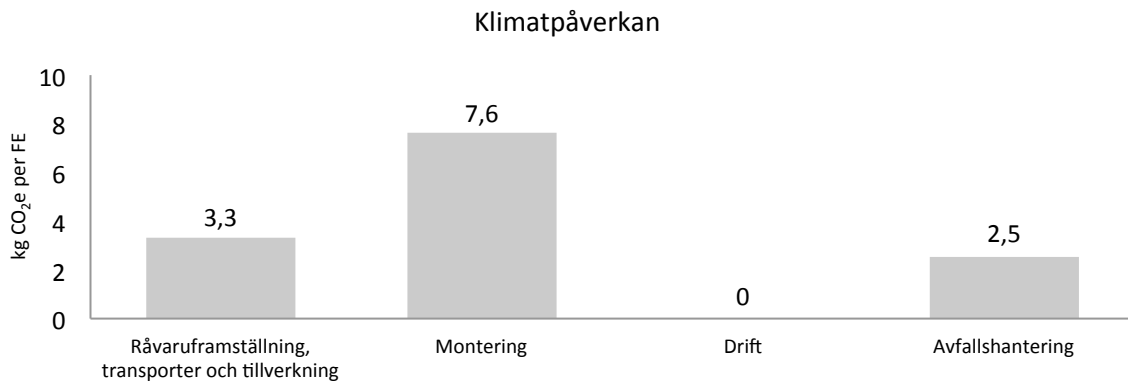
Den totala energianvändningen för Isover beräknades till 7,1 kWh per FE, se Figur 4. Figur 16 illustrerar hur energianvändningen är fördelad över produktens livscykel. Ur figuren framgår att energianvändningen sker under de sammanslagna faserna råvaruframställning, transporter och tillverkning, medan faserna montering, drift och avfallshantering inte bidrar till den totala energianvändningen.



Figur 16 Energianvändning (kWh) för glasullsisolering från Isover, fördelad över livscykelstadierna. Faserna råvaruframställning, transporter och tillverkning presenteras tillsammans då producenten redovisar data på detta sätt.

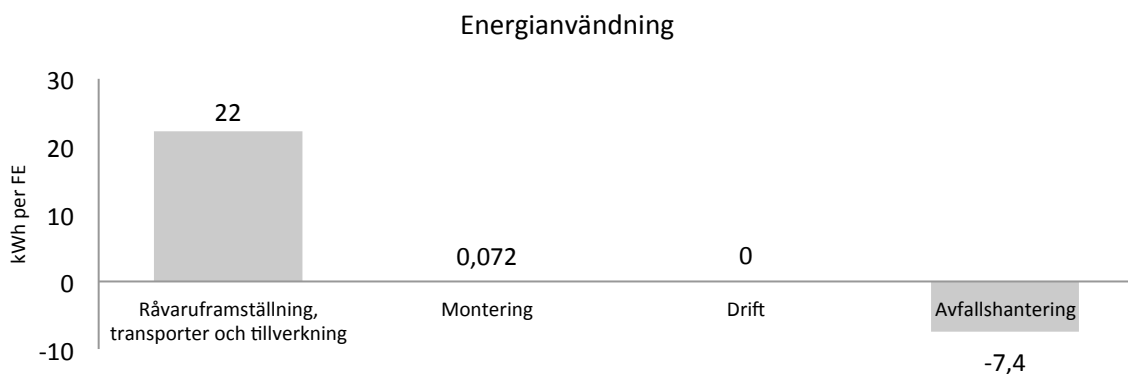
Sprayisolering: Ecofoam

I Figur 3 presenteras att Ecofoam orsakar den största klimatpåverkan av de granskade isoleringsprodukterna, 13 kg CO₂e per FE. Drygt hälften av de klimatpåverkande utsläppen uppstår under monteringen, vilket framgår i Figur 17. Även avfallshanteringen samt de sammanslagna faserna råvaruframställning, transporter och tillverkning bidrar till Ecofoams klimatpåverkan. Under driftfasen uppstår endast försumbara klimatpåverkande utsläpp.



Figur 17 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för sprayisolering från Ecofoam, fördelad över livscykelstadierna. Faserna råvaruframställning, transporter och tillverkning presenteras tillsammans då producenten redovisar data på detta sätt.

Vid jämförelse av de granskade produkternas energianvändning i Figur 4 framgår att Ecofoam, tillsammans med Kingspan, står för störst energianvändning, 15 kWh per FE. Figur 18 visar att majoriteten av energin används under faserna råvaruframställning, transporter och tillverkning. Monteringen står för en mycket liten del av energianvändningen medan endast försumbar energimängd används under driftfasen. Vid avfallsförbränning utvinns energi, vilket minskar produktens totala energianvändning.



Figur 18 Energianvändning (kWh) för sprayisolering från Ecofoam, fördelad över livscykelstadierna. Faserna råvaruframställning, transporter och tillverkning presenteras tillsammans då producenten redovisar data på detta sätt.

6.2 Fasad

6.2.1 Allmänna egenskaper

I Tabell 26 presenteras information som beskriver fasadprodukternas prestanda samt några egenskaper som inte ingår i den funktionella enheten. Den bedömning produkterna fått i Byggvarubedömningen (BVB) och SundaHus inkluderas också. Tabellen kan användas som översiktlig utgångspunkt vid jämförelse mellan de granskade produkterna.

För de flesta produkter anges livslängder på runt 50 år. För Cembrit anges dock att livslängden är 25 år, vilket kan betyda att fasaden behöver bytas eller underhållas under byggnadens livstid. För skivfasaderna från Ivarsson, Formica och Cembrit anges att inget underhåll utöver rengöring krävs. Neolife och Nordskiffer är enligt producenterna underhållsfria fasader. Träpanelerna behöver målas om efter 8-12 år. För Sto anges inte huruvida putsfasaden kräver underhåll. Den relativt korta livslängden för färgen som ingår i fasadsystemet från Sto (1-25 år) antyder att ommålning behövs.

Bäst brandklassning anges för skivfasaderna Ivarsson och Cembrit. För Nordskiffer anges ingen brandklass, men då materialet är inert kan brandmotståndet antas vara mycket bra i förhållande till övriga produkter. För Neolife anges brandklass E, vilket innebär att fasaden är brännbar. För Ingarp anges ingen brandklassning, men då det handlar om obehandlat trä kan fasaden antas vara brännbar, med låg brandklassning.

Samtliga fasadprodukter, förutom Neolife, finns bedömda i både BVB och SundaHus. Ingen produkt har fått bedömningen ”Undviks”. Fasaderna från Nordskiffer, Moelven och Formica rekommenderas av BVB. Komponenterna i fasadsystemet från Sto, undantaget färgen, finns bedömda i BVB med betyget ”Accepteras”, varpå fasadsystemet anses få den bedömningen.

I SundaHus får de flesta produkter bedömningen A, vilket är det högsta betyget. Färgen Nordica Eko, som används till träpanelerna från Ingarp och Moelven har fått betyget B. De ingående komponenterna i Stos fasadsystem har fått bedömningen B och C, vilket indikerar att Sto är ett sämre val ur miljösynpunkt än övriga granskade produkter.

Tabell 26 Jämförelse av fasadernas allmänna egenskaper.

Fasad-produkt	Livslängd	Brand-klassning	Underhåll	Betyg i BVB	Betyg i SundaHus
Ivarsson	50-60 år	A2-s1,d0	Normalt inget underhåll utöver rengöring.	Accepteras	A
Nordskiffer	50-150 år	Anges ej	Underhållsfri.	Rekommenderas	A
Sto	Fasadskiva 50 år, färg 1-25 år	Fasadskiva A2-s2,d0, grundputs och ytputs A2-s1,d0, färg B-s1, d0	Anges ej.	Accepteras ¹	Fasadskiva C+, grundputs B, ytputs B, färg C-
Ingarp	20-200 år	Anges ej	Ommålning efter 8-12 år.	Accepteras	A ²
Moelven	40-50 år	B-s2,d0	Ommålning efter 8-12 år.	Rekommenderas	A ²
Formica	40-50 år	B-s1, d0	Normalt inget underhåll utöver rengöring.	Rekommenderas	A
Cembrit	25 år ³	A2-s1, d0	Normalt inget underhåll utöver rengöring.	Accepteras	A
Neolife	Anges ej	E	Underhållsfri.	Ej bedömd	Ej bedömd

¹ Färgen finns inte i BVB, övriga produkter får bedömningen Accepteras.

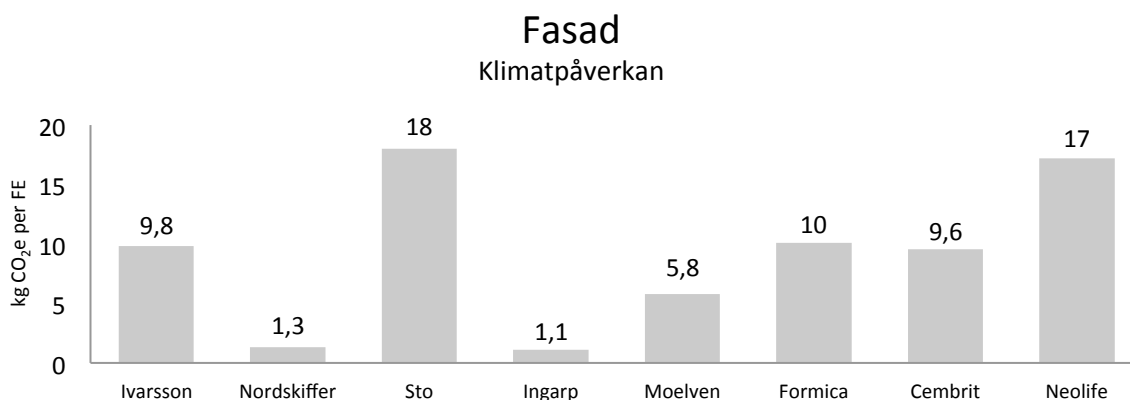
² Fasadfärgen Nordica Eko har bedömts med betyget B.

³ Avser ytskiktet.

6.2.2 Klimatpåverkan

I Figur 19 presenteras fasadprodukternas totala klimatpåverkan. Figuren visar att putsfasaden från Sto och skivfasaden från Neolife står för störst klimatpåverkan av de granskade produkterna, med 18 respektive 17 kg koldioxidequivallenter (CO₂e) per funktionell enhet (FE). Ingårps obehandlade träfasad och skifferfasaden från Nordskiffer står för den lägsta klimatpåverkan, med 1,1 respektive 1,3 kg CO₂e per FE. Den brandimpregnerade träpanelen från Moelven står också för relativt låg klimatpåverkan (5,8 kg CO₂e per FE). Klimatpåverkan för skivfasaderna från Ivarsson, Cembrit och Formica bedöms vara likvärdiga, då de orsakar utsläpp av omkring 10 kg CO₂e per FE.

För de flesta granskade produkter uppstår majoriteten av klimatpåverkan vid råvaruframställningen, alternativt under de sammanslagna faserna råvaruframställning och tillverkning. För Ingårps obehandlade träpanel uppkommer klimatpåverkan huvudsakligen under driftfasen, vilket beror på ommålning var 8-12 år. Moelvans brandimpregnerade träpanel ommålas också, men på grund av impregneringen står tillverkningen för huvuddelen av produktens klimatpåverkan. I avsnitt 6.2.5 beskrivs mer utförligt hur klimatpåverkan är fördelad över livscykelfaserna för respektive produkt.



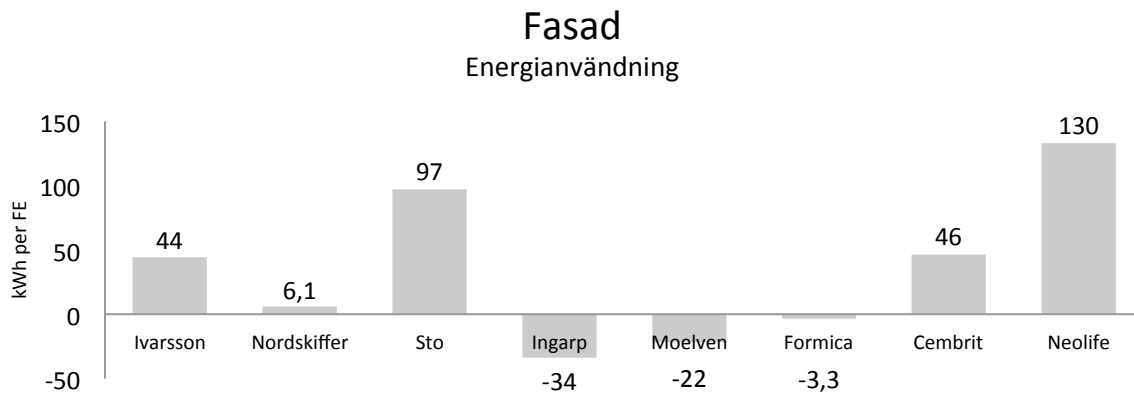
Figur 19 Total klimatpåverkan (kg CO₂e) för fasadprodukterna under hela livscykeln.

6.2.3 Energianvändning

I Figur 20 presenteras fasadprodukternas totala energianvändning. Neolife använder störst mängd energi, 130 kWh per FE. För att bedöma Neolifes energianvändning har färdig data från tillverkaren använts, med sammanslagna livscyklfaser, varpå det är svårt att avgöra anledningen till den höga energianvändningen. Putsfasaden från Sto står också för relativt hög energianvändning under livsyteln (97 kWh per FE).

Träpanelerna från Ingarp och Moelven samt skivfasaden från Formica ger upphov till energiutvinning eftersom de huvudsakligen består av brännbart material och antas förbrännas i avfallssteget. Ingarp's träpanel står för den lägsta energianvändningen (största energiutvinningen) under livsyteln, - 34 kWh per FE.

Fibercementskivorna från Ivarsson och Cembrit använder ungefär 45 kWh per FE under hela livsyteln, varav störst andel härstammar från råvaruförframställningen. I avsnitt 6.2.5 beskrivs mer utförligt hur energianvändningen är fördelad över livsytelfaserna för respektive produkt.



Figur 20 Total energianvändning (kWh) för fasadprodukterna under hela livsyteln.

6.2.4 Toxicitet

I Tabell 27 presenteras de utfasningsämnen och prioriterade riskminskningsämnen som förekommer under de granskade fasadernas livsytler. Då fasaderna avses att användas utomhus utreds inte egenemissioner, som framför allt är av intresse vid användning i inomhusmiljö.

I färgen som används till träpanelerna från Ingarp och Moelven förekommer prioriterade riskminskningsämnen. Detsamma gäller för färgen, grundputsen och ytputsen som ingår i fasadsystemet från Sto. Vid framställning av polymerharts som ingår i fasadskivan i Stos fasadsystem används ett utfasningsämne och ett prioriterat riskminskningsämne. Gällande framställning av råvarorna till Formicas fasadskiva sker enligt SundaHus utsläpp av ett utfasningsämne och ett prioriterat riskminskningsämne vid tillverkning av fenolharts och ett riskminskningsämne används vid framställning av plexiglas.

För Ivarsson, Nordskiffer och Sto anger varken leverantörerna eller SundaHus att utfasningsämnen eller prioriterade riskminskningsämnen förekommer. Neolife är inte bedömd i SundaHus och producenten anger bristfällig information, vilket gör det osäkert om toxiska ämnen förekommer under produktens livsytel.

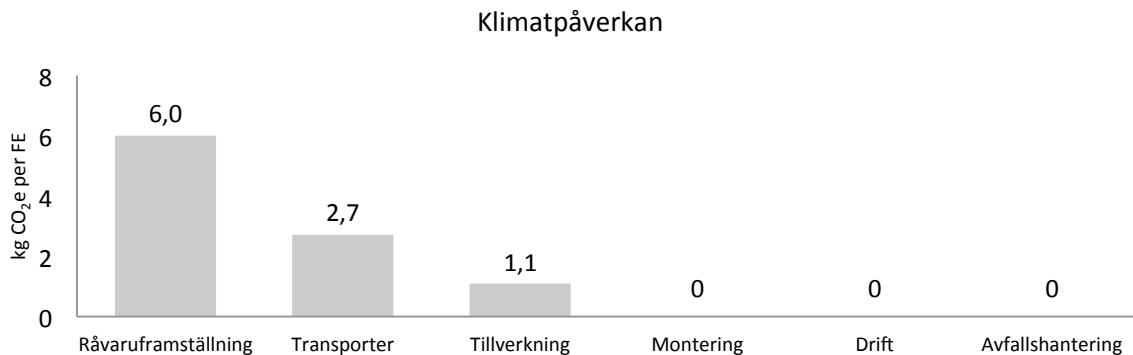
Tabell 27 Sammanställning av de utfasningsämnen (U) och prioriterade riskminskningsämnen (R) som förekommer under fasadprodukternas livscyklar. Observera att endast ämnen som förekommer i större mängd än 1 mg/kg produkt inkluderas.

Fasad-produkt	Ämne	Mängd (g/FE)
Ivarsson		
Nordskiffer		
Sto	<i>Användning vid råvaruframställning (fasadskiva, polymerharts)</i>	
	Bisfenol A (R)	< 770
	Epiklorhydrin (U)	< 330
	<i>Innehåll (grundputs)</i>	
	Fyra ospecificerade ämnen (R)	< 0,1
	<i>Innehåll (ytputs)</i>	
	Blandning av 5-klor-2-metyl-2H-isotiazol-3-on och 2-metyl-2H-isotiazol-3-on (R)	< 3
	1,2-Benzisotiazol-3(2H)-on (R)	< 3
	2-oktyl-2H-isotiazol-3-on (R)	< 1,5
	<i>Innehåll (färg)</i>	
	1,2-benzisotiazol-3-on (R)	0,24
	3-(4-isopropylfenyl)-1,1-dimetylurea (R)	0,57
Ingarp	<i>Innehåll (färg)</i>	
	1,2-Benzisotiazol-3(2H)-on (R)	1,88
	Blandning av 5-klor-2-metyl-2H-isotiazol-3-on och 2-metyl-2H-isotiazol-3-on (R)	0,038
Moelven	<i>Innehåll (färg)</i>	
	1,2-Benzisotiazol-3(2H)-on (R)	1,88
	Blandning av 5-klor-2-metyl-2H-isotiazol-3-on och 2-metyl-2H-isotiazol-3-on (R)	0,038
Formica	<i>Utsläpp vid råvaruframställning (fenolharts)</i>	
	Formaldehyd (U)	1,3
	Fenol (R)	7,9
	<i>Användning vid råvaruframställning (fenolharts)</i>	
	Formaldehyd (U)	332
	Fenol (R)	2078
	<i>Användning vid råvaruframställning (plexiglas)</i>	
	Metylmetakrylat (R)	Anges ej
Cembrit		
Neolife	Otillräcklig information	

6.2.5 Klimatpåverkan och energianvändning fördelad över livscyklfaser

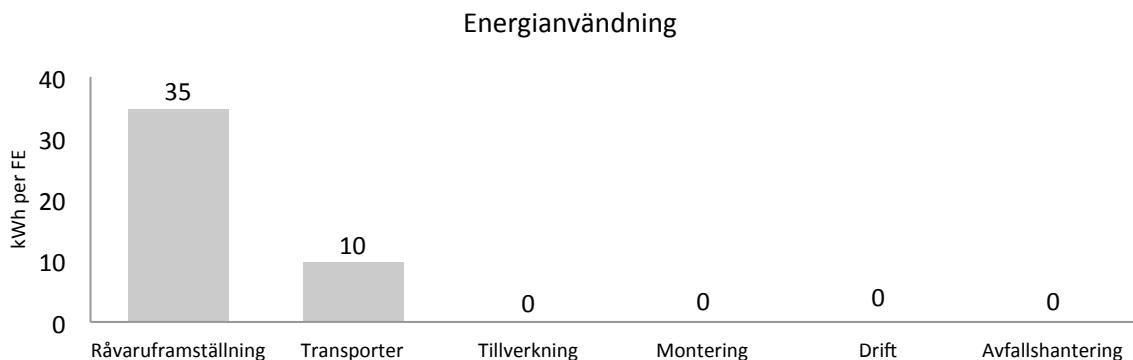
Skiva: Ivarsson

Figur 21 presenterar fördelningen av klimatpåverkan över livscyklfaserna för fasadskivan från Ivarsson. Ur figuren framgår att råvaruframställningen är den mest påverkande livscyklfasen. Transporter och tillverkning bidrar också till produktens klimatpåverkan, medan försumbara klimatpåverkande utsläpp uppkommer under faserna montering, drift och avfallshantering.



Figur 21 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för skivfasad från Ivarsson, fördelad över livscyklfaserna.

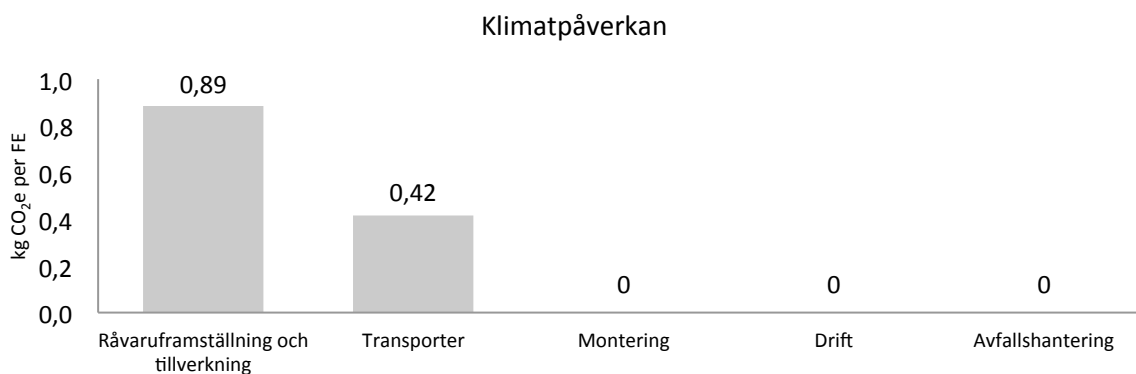
Figur 22 presenterar energianvändningens fördelning över livscyklfaserna för Ivarssons fasadskiva. Liksom för klimatpåverkan är råvaruframställningen fasen som har störst inverkan på produktens totala energianvändning. Energi används dessutom vid transporter. Resterande livscyklfaser bidrar inte nämnvärt till produktens totala energianvändning. Skivan är inert och energiutvinning är inte möjlig i avfallssteget.



Figur 22 Energianvändning (kWh) för skivfasad från Ivarsson, fördelad över livscyklfaserna.

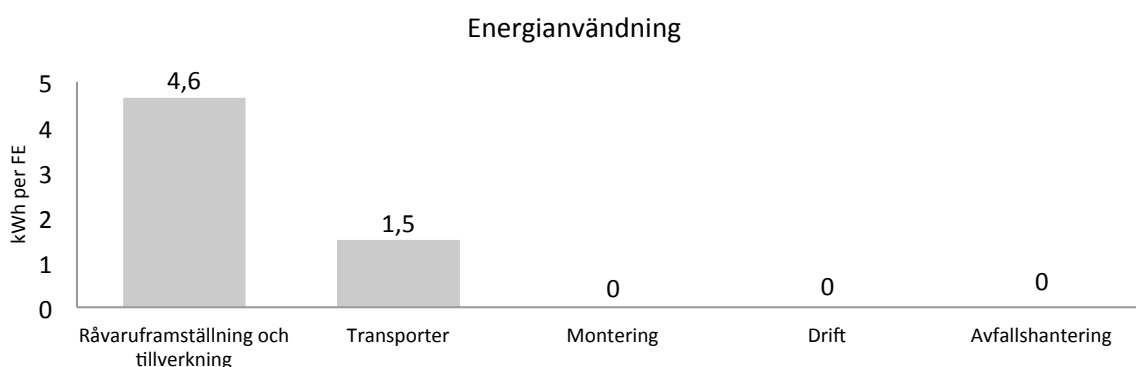
Skiffer: Nordskiffer

Klimatpåverkans fördelning över livscykel faserna för skifferfasaden från Nordskiffer presenteras i Figur 23. De sammanslagna faserna råvaruframställning och tillverkning står för den största delen av klimatpåverkan. Även transport av färdig produkt från tillverkningsorten i Spanien till Sveriges gräns bidrar. Endast marginell klimatpåverkan uppkommer i faserna montering, drift och avfallshantering.



Figur 23 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för skiffer från Nordskiffer, fördelad över livscykel faserna. Faserna råvaruframställning och tillverkning presenteras tillsammans då producenten redovisar data på detta sätt.

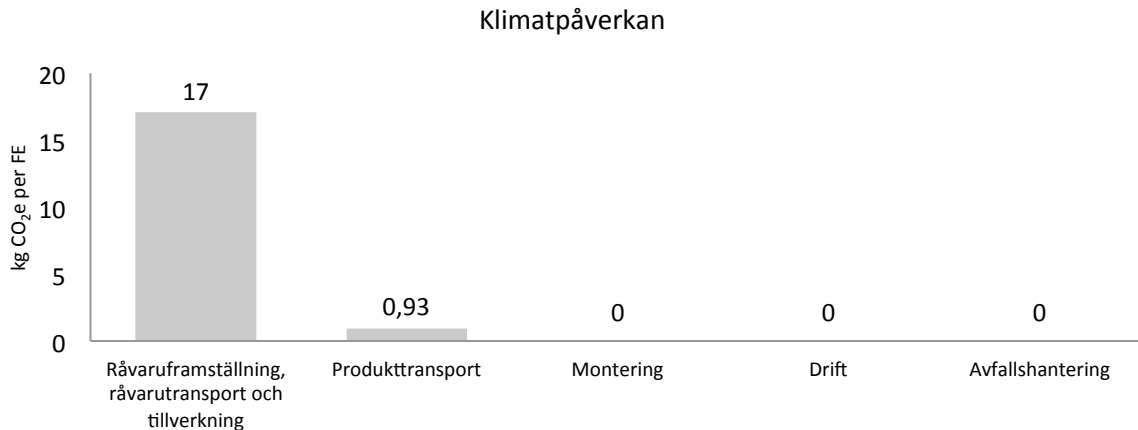
Energianvändningens fördelning för Nordskiffers fasad presenteras i Figur 24. Liksom för klimatpåverkan uppkommer majoriteten av energianvändningen vid råvaruframställning och tillverkning. Energianvändning sker även vid transport av färdig produkt. Endast försumbara mängder energi används vid montering, drift och avfallshantering. Då produkten är inert antas den användas som anläggningsmassor i avfallssteget, vilket inte anses ge upphov till energianvändning.



Figur 24 Energianvändning (kWh) för skiffer från Nordskiffer, fördelad över livscykel faserna. Faserna råvaruframställning och tillverkning presenteras tillsammans då producenten redovisar data på detta sätt.

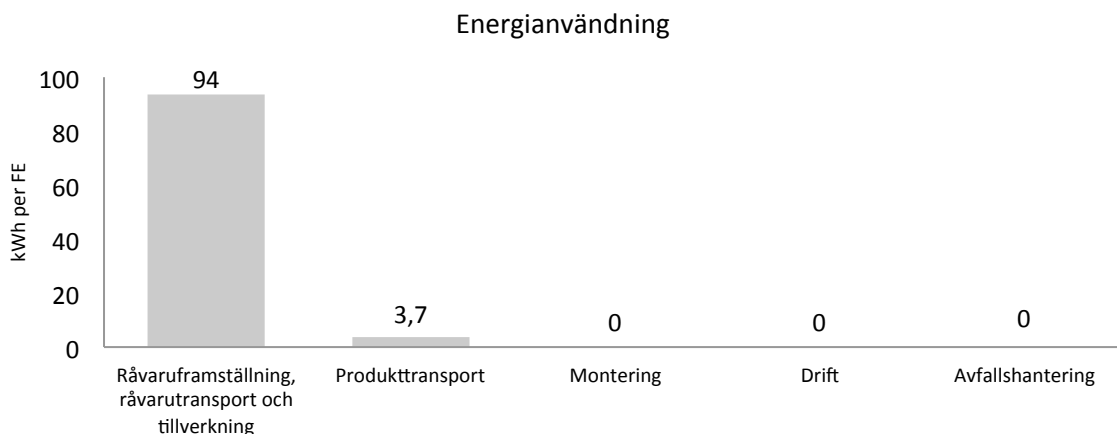
Puts: Sto

Klimatpåverkans fördelning över livscykelfaserna för putsfasaden från Sto presenteras i Figur 25. De sammanslagna faserna råvaruframställning, råvarutransport och tillverkning står för majoriteten av påverkan. Transporter av den färdiga produkten från tillverkningsorten Launing i Tyskland till Sveriges gräns bidrar också till produktens klimatpåverkan. I övriga livscykelfaser uppstår endast marginell klimatpåverkan.



Figur 25 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för putsfasad från Sto, fördelad över livscykelfaserna. Faserna råvaruframställning, råvarutransport och tillverkning presenteras tillsammans då producenten redovisar data på detta sätt.

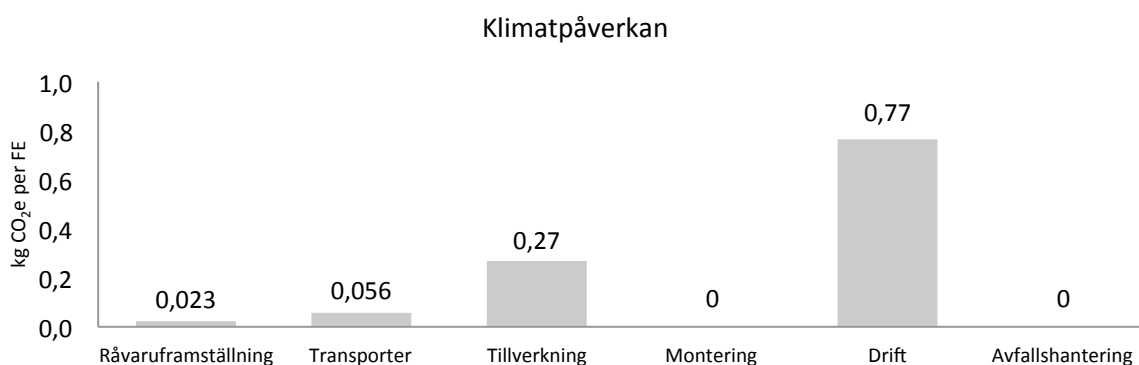
Energianvändningens fördelning över livscykelfaserna presenteras i Figur 26. Liksom för klimatpåverkan står faserna råvaruframställning, råvarutransport och tillverkning för majoriteten av energianvändningen. Viss energianvändning sker också vid transport av färdig produkt, men endast marginella mängder energi används i övriga livscykelfaser.



Figur 26 Energianvändning (kWh) för putsfasad från Sto, fördelad över livscykelfaserna. Faserna råvaruframställning, råvarutransport och tillverkning presenteras tillsammans då producenten redovisar data på detta sätt.

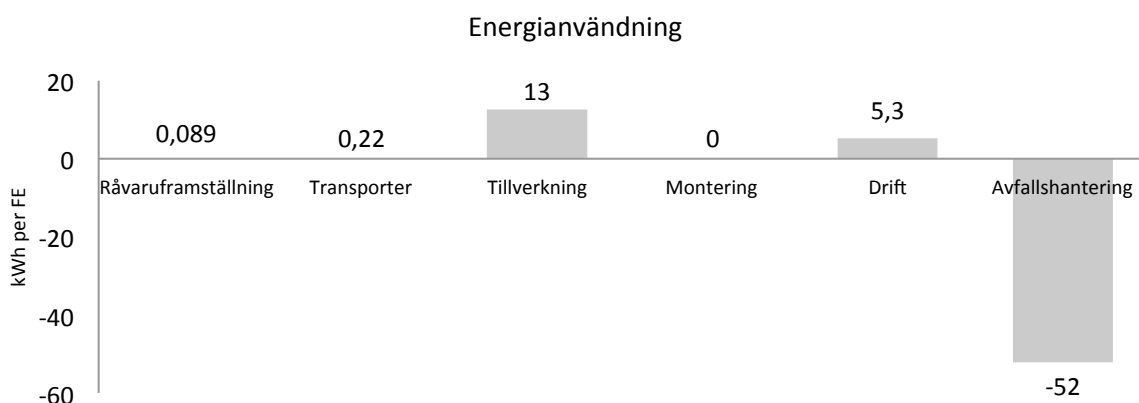
Träpanel: Ingarp

Ingarp's obehandlade träpanel ger upphov till klimatpåverkan motsvarande 1,1 kg CO₂e per FE, vilket är lägst av de granskade produkterna, se Figur 19. Träfasaden kräver ommålning var 8-12 år, vilket har inkluderats som påverkan under driftfasen. Driftfasen står för majoriteten av Ingarp's klimatpåverkan, se i Figur 27. Råvaruframställning, transporter och tillverkning bidrar också med klimatpåverkande utsläpp. I avfallssteget uppstår endast försumbar klimatpåverkan eftersom produkten antas bestå av förnybart material som ger upphov till biogen koldioxid vid förbränning.



Figur 27 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för obehandlad träpanel från Ingarp, fördelad över livscykel-faserna.

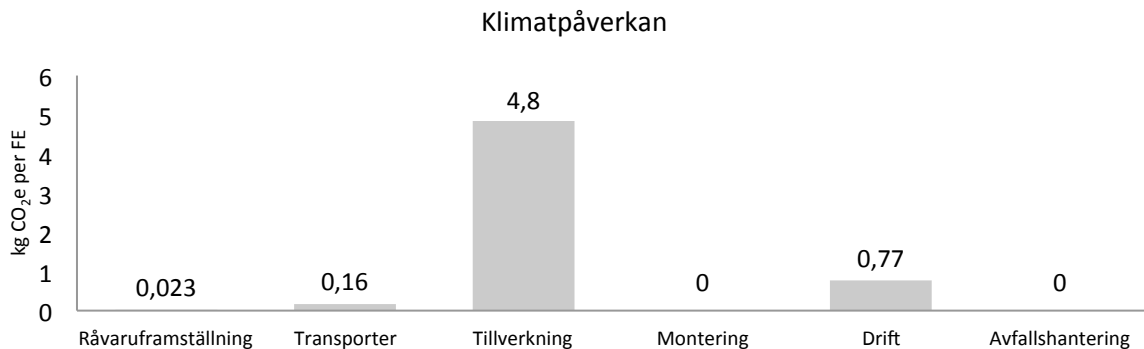
Energiutvinningen som uppstår under avfallssteget gör att Ingarp är fasadprodukten som ger upphov till lägst energianvändning av de granskade produkterna (-34 kWh per FE), se Figur 20. I Figur 28 framgår att förbränning av produkten ger utvinning av 52 kWh per FE. Vid tillverkning och drift används energi, men mängderna understiger energin som utvinns, vilket resulterar i en total energiutvinning för produkten. I faserna råvaruframställning, transporter och montering används endast försumbara mängder energi.



Figur 28 Energianvändning (kWh) för obehandlad träpanel från Ingarp, fördelad över livscykel-faserna.

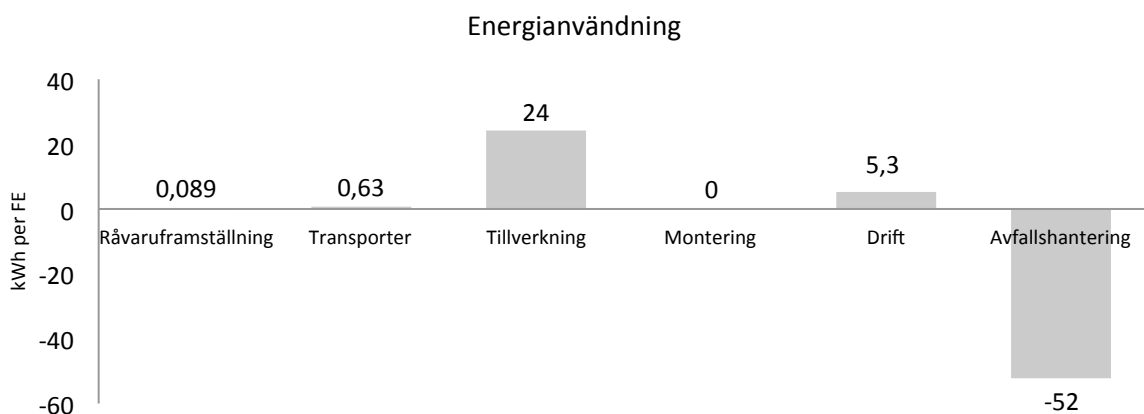
Träpanel: Moelven

Klimatpåverkans fördelning över livscykelfaserna för den brandimpregnerade träpanelen från Moelven presenteras i Figur 29. Av figuren framgår att tillverkningsfasen ger upphov till majoriteten av produktens klimatpåverkan. Råvaruframställning och transport av den färdiga produkten från Moelv i Norge till Sveriges gräns genererar en liten mängd klimatpåverkande utsläpp. Målning och ommålning var 8-12:e år ger klimatpåverkan under driftfasen. Endast försumbar klimatpåverkan uppkommer under monteringen och avfallshanteringen. Trots att träpanelen förbränns, uppkommer ingen klimatpåverkan i avfallssteget eftersom endast biogen koldioxid frigörs.



Figur 29 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för brandimpregnerad träpanel från Moelven, fördelad över livscykelfaserna.

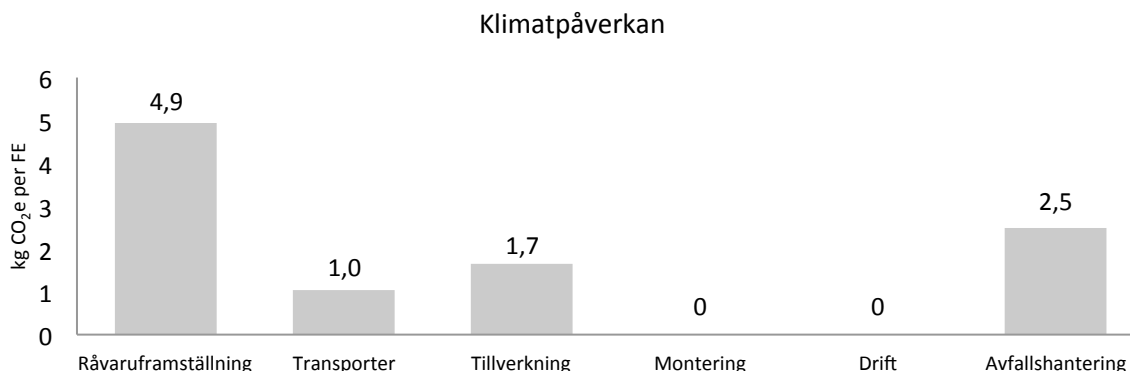
Energianvändningens fördelning över livscykelfaserna presenteras i Figur 30. Avfallshanteringen är fasen som till störst del påverkar produktens energianvändning. Liksom för Ingarps träpanel antas förbränning vara den mest troliga avyttringsmetoden, varpå energiutvinning uppstår i avfallssteget. I driftfasen används en del energi, vilket beror på målning och ommålning. Den energi som används vid tillverkning och drift är mindre än energin som utvinns i avfallsfasen, varpå produkten totalt sett medför energiutvinning. Vid råvaruframställning, transporter och montering används endast försumbara mängder energi.



Figur 30 Energianvändning (kWh) för brandimpregnerad träpanel från Moelven, fördelad över livscykelfaserna.

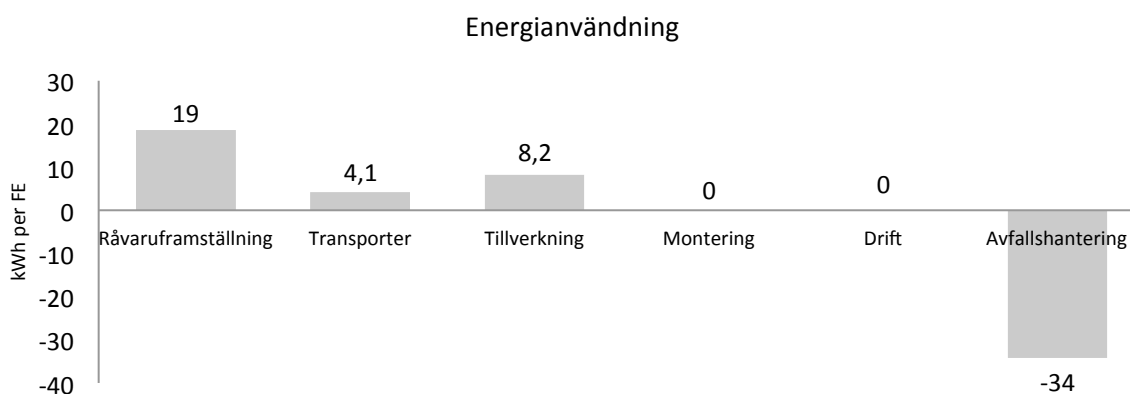
Skiva: Formica

Klimatpåverkans fördelning över livscykel faserna för fasadskivan av pappersmassa från Formica presenteras i Figur 31. Majoriteten av klimatpåverkan uppstår vid råvaruframställningen, men även transporter, tillverkning och avfallshantering ger upphov till klimatpåverkande utsläpp. Faserna montering och drift bidrar inte till Formicas klimatpåverkan. Klimatpåverkan som uppstår i avfallssteget beror på att skivan är brännbar och består av 30 % fossila material, vilka antas ge upphov till klimatpåverkande utsläpp motsvarande förbränning av samma mängd fossilt avfall. Den förnybara delen av produkten (70 %) ger däremot upphov till utsläpp av biogen koldioxid, vilka inte anses bidra till produktens klimatpåverkan.



Figur 31 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för skivfasad från Formica, fördelad över livscykel faserna.

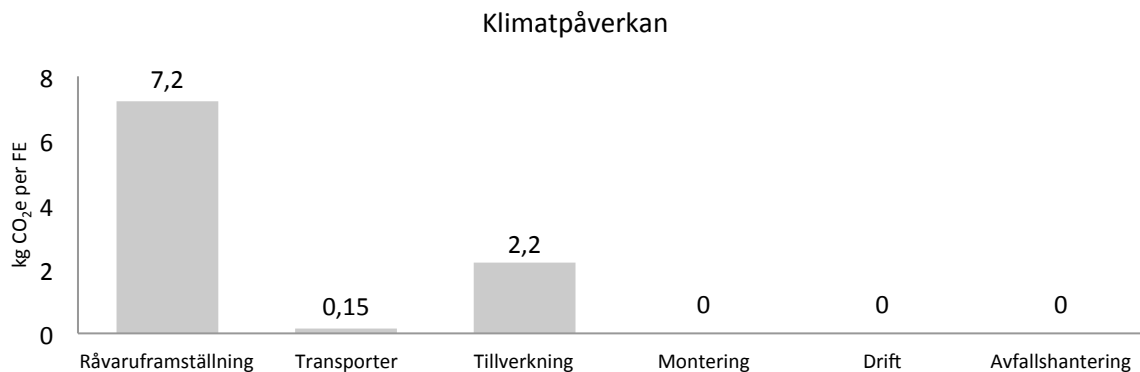
Energianvändningens fördelning över livscykel faserna presenteras i Figur 32. Avfallshandlingen är den fas som har störst påverkan på produktens energianvändning. Den negativa stapeln representerar den energiutvinning som sker då varan förbränns. Faserna råvaruframställning, transporter och tillverkning ger upphov till energianvändning, men energiutvinningen i avfallssteget överstiger användningen i de tidigare stegen. I faserna montering och drift används endast försumbara mängder energi.



Figur 32 Energianvändning (kWh) för skivfasad från Formica, fördelad över livscykel faserna.

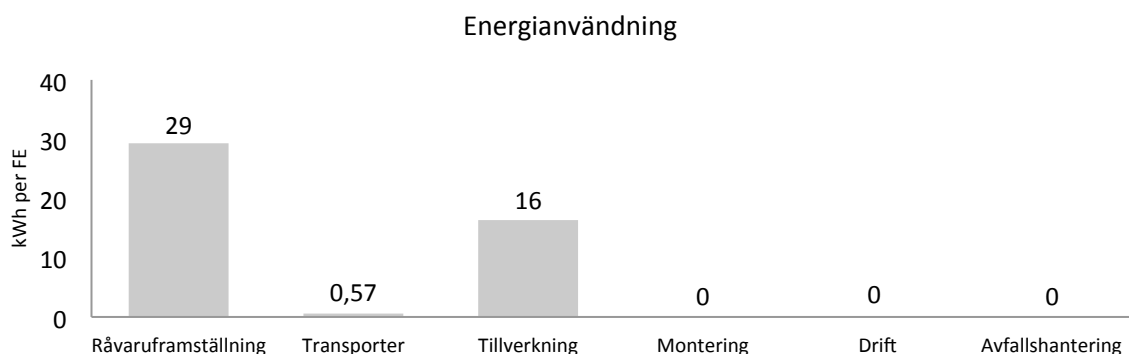
Skiva: Cembrit

Klimatpåverkan för fibercementskivan från Cembrit presenteras i Figur 33. Produktens klimatpåverkan uppstår framför allt vid råvaruframställningen, men även transporter och tillverkning bidrar. Faserna montering, drift och avfallshantering bidrar inte nämnvärt till produktens klimatpåverkan.



Figur 33 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för skivfasad från Cembrit, fördelad över livscykel faserna.

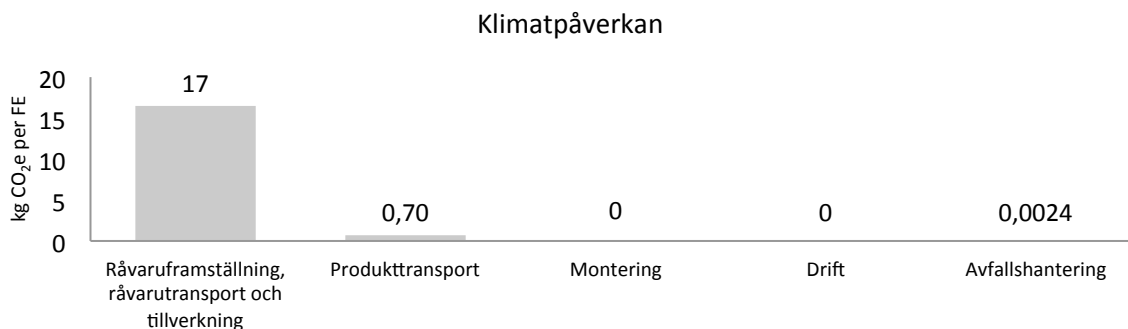
Energianvändningen för fibercementskivan från Cembrit presenteras i Figur 34. Samma resonemang som för klimatpåverkan gäller för energianvändningen. Den mest påverkande fasen är råvaruframställningen. Även tillverkning och transporter bidrar till energianvändning, medan påverkan från faserna montering, drift och avfallshantering är marginell.



Figur 34 Energianvändning (kWh) för skivfasad från Cembrit, fördelad över livscykel faserna.

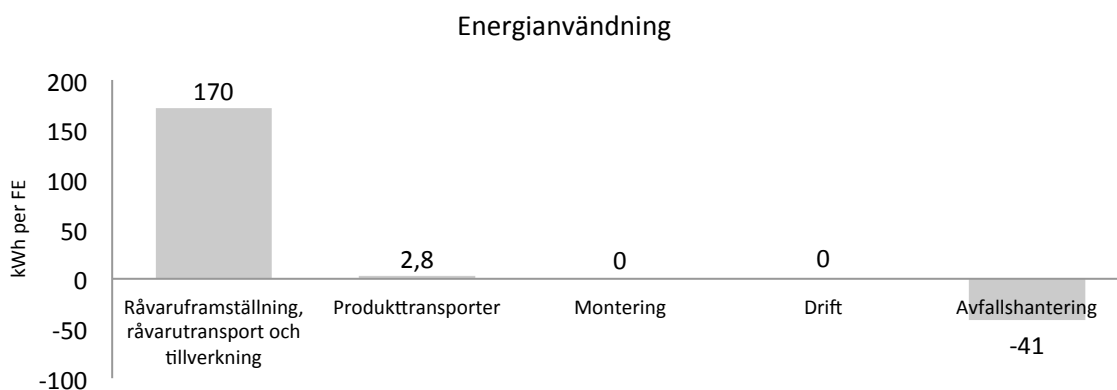
Skiva: Neolife

För träfiberskivan från Neolife uppstår den största delen av klimatpåverkan i de sammanslagna faserna råvaruframställning, råvarutransport och tillverkning, se Figur 35. Transport av den färdiga produkten från tillverkningsorten i Frankrike till Sveriges gräns ger också upphov till små mängder klimatpåverkande utsläpp. Endast försumbar klimatpåverkan uppstår under montering, drift och avfallshantering.



Figur 35 Klimatpåverkan (kg CO₂e) för skivfasad från Neolife, fördelat över livscykelstadierna. Faserna råvaruframställning, råvarutransport och tillverkning presenteras tillsammans då producenten redovisar data på detta sätt.

Figur 36 visar att den största delen av energianvändningen sker i de sammanslagna faserna råvaruframställning, råvarutransport och tillverkning. Vid produkttransport används endast en liten mängd energi, och montering och drift ger endast upphov till marginell energianvändning. I avfallsskedet utvinns energi eftersom produkten kan förbrännas, vilket visas genom en negativ stapel i figuren.



Figur 36 Energianvändning (kWh) för skivfasad från Neolife, fördelat över livscykelstadierna. Faserna råvaruframställning, råvarutransport och tillverkning presenteras tillsammans då producenten redovisar data på detta sätt.

7 Analys

I detta avsnitt tolkas resultatet genom osäkerhets- och känslighetsanalyser. Lämpliga analyser görs generellt inom produktgrupperna och specifikt för respektive produkt.

En osäkerhetsanalys syftar till att fastställa inom vilket intervall som resultatet i en livscykelanalys kan variera beroende på den samlade effekten av variationer i inventeringsdata (Rydh m.fl. 2002). Osäkerhetsanalysen innebär därmed en kvantitativ uppskattning av osäkerheter i data. En känslighetsanalys utgör en systematisk bedömning av de valda metodernas och datas effekter på resultatet (Rydh m.fl. 2002). Det är vanligt att ett fåtal parametrar har stor inverkan på resultatet och genom känslighetsanalyser identifieras dessa nyckelparametrar.

7.1 Isolering

7.1.1 Generella analyser

I detta avsnitt presenteras två generella känslighetsanalyser som påverkar slutresultatet för flera av isoleringsprodukterna. Analyserna utreder hur resultatet påverkas av 50 % återanvändning av de produkter där det bedöms vara möjligt samt variation i densitet och värmeledningsförmåga (λ).

50 % återanvändning

Vissa producenter anger att isoleringen kan återanvändas. Ofta gäller det med särskilda restriktioner, som att isoleringen inte får vara fuktig eller smutsig. Dessutom måste det finnas en marknad för återanvänd isolering och en fungerande logistik för att föra isoleringen vidare till nästa användare. Det är därmed inte troligt att all isolering som är teoretiskt möjlig att återanvända faktiskt återanvänds.

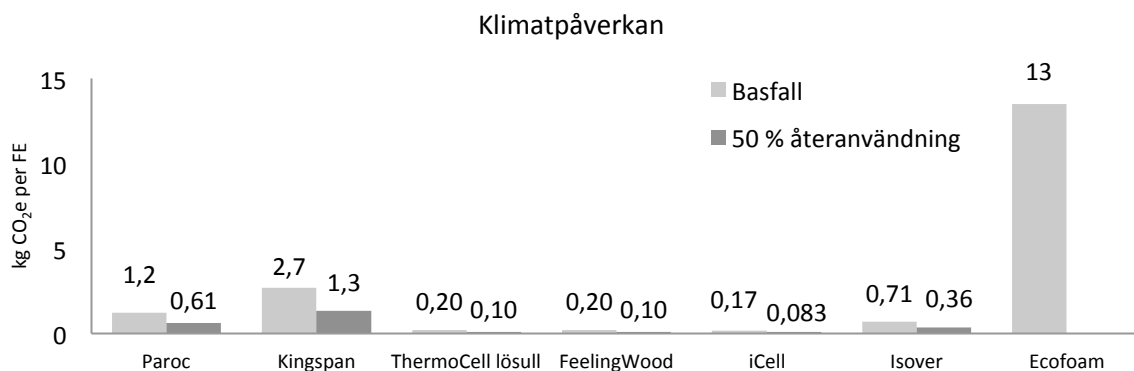
För att visa hur resultatet påverkas när en del av isoleringen återanvänds, görs en känslighetsanalys för 50 % återanvändning av de isoleringsprodukter där producenten anger att återanvändning är möjlig. Att uppnå 50 % återanvändning är mer rimligt för vissa isoleringsprodukter än för andra, varpå resultatet av känslighetsanalysen bör ses som ungefärligt. Resultatet presenteras i Figur 37 och 38.

Ecofoam kan inte återanvändas varpå dess miljöpåverkan från basfallet kvarstår i känslighetsanalysen. Övriga produkter kan återanvändas, men det är mer eller mindre troligt att återanvändning sker. För Paroc och Isover anges i byggvarudeklarationerna att rent byggspill kan återanvändas, medan rivningsspill kan materialåtervinnas om det är tillräckligt rent. 50 % återanvändningsgrad kan därmed vara en överskattning. För Kingspan anges att delar av isoleringen kan återanvändas vid försiktig demontering, vilket indikerar att återanvändningsgraden kan ha överskattats även för den produkten. ThermoCell lösull, FeelingWood och iCell ska däremot vara möjliga att återanvända och ett antagande om 50 % återanvändning bedöms som mer rimligt för dessa produkter.

Vid 50 % återanvändning antas att isoleringen som återanvänds ersätter nyproducerad isolering, varpå energianvändning och klimatpåverkan vid råvaruframställning, tillverkning

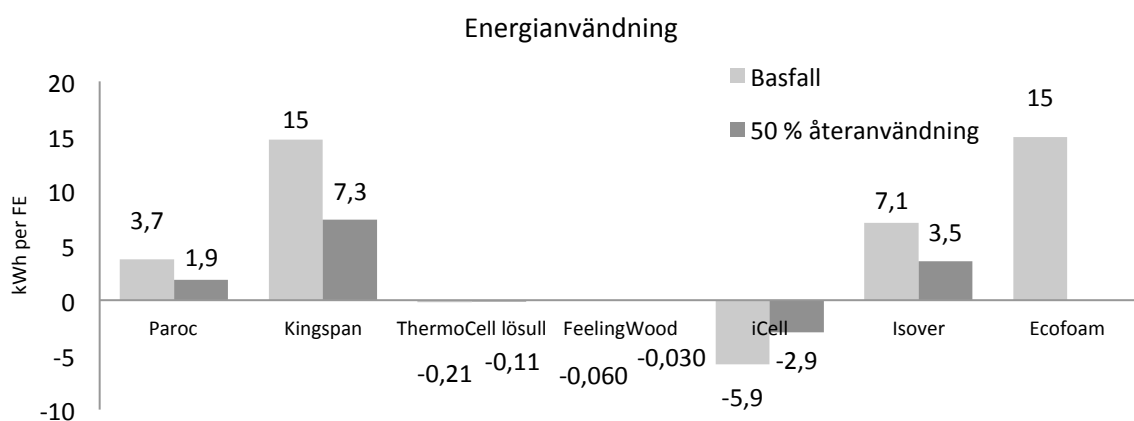
och avfallshantering halveras. Påverkan som uppstår vid montering och drift antas vara densamma som i basfallet. Transporternas miljöpåverkan skulle kunna öka i och med att de återanvända produkterna transporteras till ett nytt byggprojekt. Det antas att isoleringen återanvänds inom Sverige, varpå den eventuellt ökade miljöpåverkan från transporter hamnar utanför studiens avgränsningar.

För isoleringsprodukterna vars klimatpåverkan och energianvändning beräknats vara liten i basfallet innebär 50 % återanvändning endast marginell skillnad. Detta gäller främst för ThermoCell lösull och FeelingWood. I jämförelse med Ecofoam, som inte kan återanvändas och därför presenteras med samma resultat i känslighetsanalysen som i basfallet, är dock samtliga förändringar i klimatpåverkan marginella, se Figur 37.



Figur 37 Känslighetsanalys vid 50 % återanvändning för de produkter som är möjliga att återanvända. Total klimatpåverkan (kg CO₂e) för isoleringsprodukterna.

I känslighetsanalysen för 50 % återanvändning minskar Kingspans energianvändning till omkring hälften av Ecofoams, till skillnad från basfallet då produkterna gav upphov till lika stor energianvändning. För iCell minskar energiutvinningen i avfallssteget i och med att endast hälften av materialet går till förbränning. Denna ”energiförlust” bör dock inte ses som en förlust, då återanvändning enligt avfallshierarkin är att föredra framför energiåtervinning. Materialet kan förbrännas efter att det återanvänts, vilket innebär att energin utvinns men att energivinsten förskjuts till nästa användning.

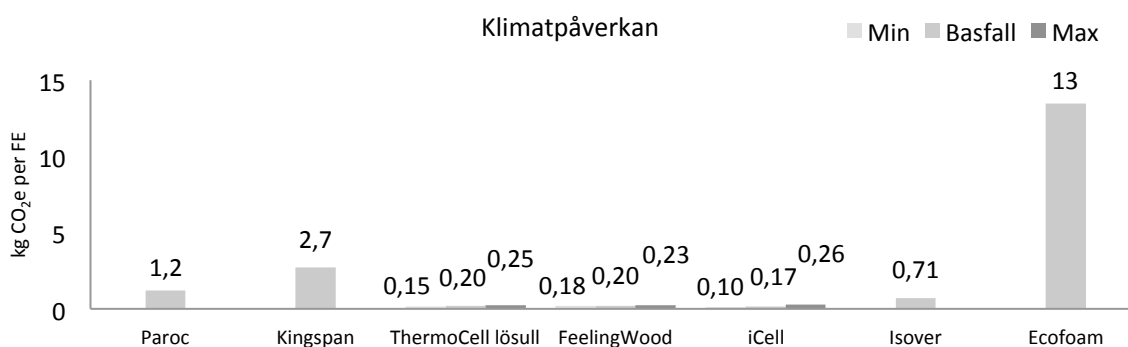


Figur 38 Känslighetsanalys vid 50 % återanvändning för de produkter som är möjliga att återanvända. Total energianvändning (kWh) för isoleringsprodukterna.

Variation i densitet och värmeledningsförmåga

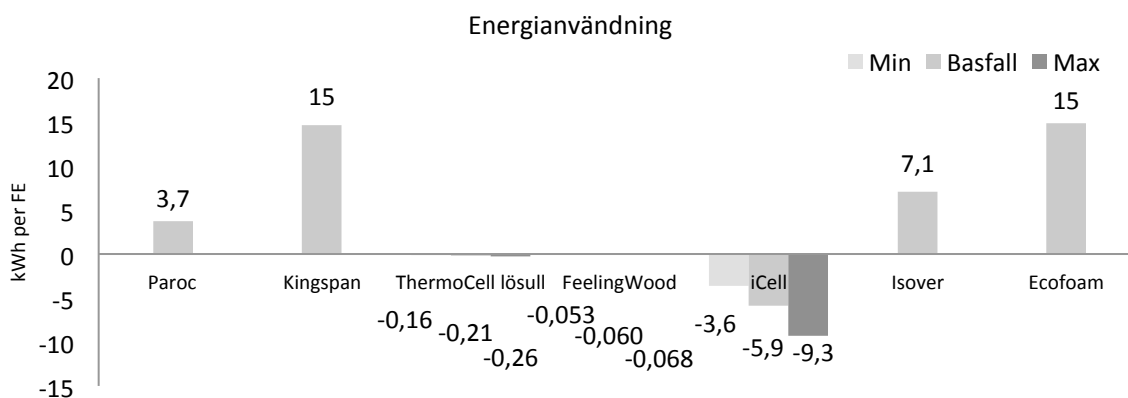
För vissa isoleringsprodukter anger producenten att densitet och värmeledningsförmåga (λ) kan variera, se Tabell 6. Dessa parametrar används för att beräkna mängden isolering som krävs för att uppfylla den funktionella enheten, varpå variationen kan påverka slutresultatet. I Figur 39 och Figur 40 varieras densitet och värmeledningsförmåga enligt producenternas angivelser. För de produkter där tillverkaren angivit variationer (ThermoCell lösull, FeelingWood och iCell) presenteras basfallet samt ett maximalt och ett minimalt värde för klimatpåverkan och energianvändning. För övriga produkter anger inte producenten variationer och enbart basfallet presenteras.

Figur 39 visar att variation i densitet och värmeledningsförmåga enbart gör skillnad om de produkter som varieras jämförs med varandra. Skillnaderna är så små att de bedöms ligga inom osäkerhetsintervallet och därmed inte bör tolkas som skillnader. I jämförelse med övriga produkter kvarstår den inbördes ordningen.



Figur 39 Känslighetsanalys vid variation i densitet och värmeledningsförmåga (λ). Total klimatpåverkan (kg CO₂e) för isoleringsprodukterna.

Variationen medför mycket liten skillnad för ThermoCell lösulls och FeelingWoods energianvändning, se Figur 40. För iCell ger variationerna större utslag och det maximala värdet, som medför energiutvinningen -9,3 kWh per FE, uppnås då densiteten är 65 kg/m³ och värmeledningsförmågan är 0,039 W/mK. Mängden isolering som krävs för att uppfylla den funktionella enheten är då 2,54 kg istället för 1,6 kg per FE som i basfallet. Ur miljösynpunkt kan det dock diskuteras om det är eftersträvänsvärt att öka mängden isolering per kvadratmeter för att öka energivinsterna vid förbränning.



Figur 40 Känslighetsanalys vid variation i densitet och värmeledningsförmåga (λ). Total energianvändning (kWh) för isoleringsprodukterna.

7.1.2 Produktspecifika analyser

I detta avsnitt görs framför allt kvalitativa bedömningar av osäkerheterna för respektive produkt. Kvantitativa osäkerhetsanalyser har inte gjorts, eftersom osäkerheter generellt inte presenteras i underlaget.

Stenull: Paroc

I Figur 5 och Figur 6 framgår att tillverkningen ger upphov till den största delen av Parocs klimatpåverkan och energianvändning. Resultatet baseras på uppgifter i en byggvarudeklaration från producenten (Paroc 2005) och tillförlitligheten bedöms därför vara hög.

Producenten anger att tillverkningen ger upphov till en viss mängd koldioxidutsläpp per kg produkt. Utsläppen antas utgöra direkta utsläpp från förbränning av koks och eldningsolja. Vidare antas att indirekta utsläpp från elproduktion och bränsleframställning inte är inkluderade, varpå klimatpåverkan för el- och bränsleproduktion beräknas separat och inkluderas i slutresultatet. Om producentens angivna utsläpp inkluderar indirekta utsläpp innebär det beräknade värdet en överskattning av klimatpåverkan. Den eventuella överskattningen påverkar inte slutresultatet nämnvärt, då den inbördes ordningen mellan produktalternativens klimatpåverkan kvarstår även om de beräknade indirekta utsläppen inte inkluderas i resultatet.

Råvaruframställningen ger störst avtryck på produktens toxicitet, då formaldehyd och fenol används vid framställning av råvaran bakelit, se Tabell 24. För bakelit har data från Ecoinvent använts, som gäller europeisk bakelitproduktion och baseras på litteraturkällor från 1995 och 2000 (Ecoinvent 2016). Geografiskt bedöms källan vara representativ, då Paroc anger att 50 % av råvarorna har europeiskt ursprung. Den relativt höga åldern på data gör dock att tillförlitligheten minskar något. Framställning av bakelit är en välbeprövad teknik och har funnits sedan 1907 (NE u.å.e). Det är dock möjligt att tekniken på senare tid har utvecklats för att minska utsläppen av formaldehyd, men någon indikation på detta har inte påträffats. Det är först sedan år 2015 som formaldehyd klassas som cancerframkallande, enligt EU-förordning 605/2014, och därmed blev klassat som utfasningsämne (Kemikalieinspektionen 2015c). Det är svårt att bedöma om det påverkar användningen av formaldehyd vid tillverkning av bakelit, men det är möjligt att producenter kommer att anpassa tillverkningen efter den nya klassificeringen framöver.

Hårdskum: Kingspan

Som syns i Figur 7 och Figur 8 medför råvaruframställningen störst påverkan på Kingspans totala klimatpåverkan och energianvändning. Kingspan består till 97 % av fenolharts och följaktligen står produktionen av denna råvara för den största delen av miljöpåverkan under råvaruframställningen. Beräkningarna baseras på en miljödeklaration från producenten (Kingspan Insulation 2014b). Källan antas vara tillförlitlig och osäkerheterna är svåra att uppskatta, då de inte anges i miljödeklarationen. Däremot anges att de data som presenteras är uppmätta vid den aktuella råvaruframställningen, varpå data bedöms representera produktens tillverkningsmetod väl.

Även avfallshanteringen har stor inverkan på produktens totala klimatpåverkan. I studien antas energiåtervinning som avyttringsmetod och i beräkningar har energiinnehåll och utsläpp (339,5 g CO₂/kWh) för fossil avfallsfraktion använts (Naturvårdsverket 2015e). Huruvida denna avfallsfraktion överensstämmer med isoleringsmaterialet kan diskuteras. Ett alternativ är att istället använda en emissionsfaktor för blandad avfallsfraktion. Enligt Avfall Sverige motsvarar förbränning av blandat avfall 95 g CO₂/kWh (90), vilket är en betydligt lägre emissionsfaktor än vad som använts i beräkningarna. Byggvarubedömningen anger att

Kingspan till mer än 50 % består av fossila råvaror (Byggvarubedömningen 2016). Därför bedöms fossil avfallsfraktion bäst representera förbränningen av isoleringen.

För miljöpåverkanskategorin toxicitet har råvaruframställningen störst påverkan, då formaldehyd och fenol används och släpps ut vid framställning av fenolharts (se Tabell 24). För att bedöma toxiciteten användes data från Ecoinvent för produktion av fenolharts (Ecoinvent 2016). Dessa uppgifter gäller europeisk produktion av fenolharts och källan är från 2000. Geografiskt bedöms data representera verkligheten väl, då Kingspan tillverkas i Nederländerna och ingen specifik ort för råvaruframställning anges. Åldern på data är dock relativt hög, vilket minskar tillförlitligheten. Här görs en bedömning likt den för fenolformaldehydharts (bakelit) i Paroc. Vid framställning av fenolharts används utfasningsämnet formaldehyd och riskminskningsämnet fenol. Inga indikationer på omställning av fenolhartsproduktionen sedan formaldehyd blev klassat som utfasningsämne år 2015 har hittats, varpå tekniken bedöms som mogen och representativ trots den relativt höga åldern på data.

Cellulosa: ThermoCell lösull

För ThermoCell lösull orsakar råvaruframställningen majoriteten av klimatpåverkan, se Figur 9. Produktens energianvändning påverkas huvudsakligen av råvaruframställningen samt avfallshanteringen, se Figur 10. Inga utfasningsämnen eller prioriterade riskminskningsämnen har identifierats under produktens livscykel, se Tabell 24.

ThermoCell lösull består till 95 % av pappersmassa och miljöpåverkan vid råvaruframställningen uppkommer främst under massaproduktionen. Pappersmassan tillverkas enligt byggvarudeklarationen i Sverige av svensk gran och tall i en så kallad CTMP-process (Chemi-ThermoMechanical Pulp) (ThermoCell 2009a). För att bestämma miljöpåverkan vid produktion av pappersmassa användes data från Ecoinvent för massatillverkning i en CTMP-process (Ecoinvent 2016). Informationen i Ecoinvent baseras på data från svenska Naturvårdsverket samt en norsk producent, varpå den geografiska representationen bedöms vara god. Åldern på data är dock relativt hög (från år 2000), vilket minskar tillförlitligheten något. För att aktualisera data används uppdaterade utsläppskoefficienter och primärenergifaktorer för svensk fjärrvärme och el.

Förutom pappersmassa utgörs råvarorna till 5 % av ammoniumpolyfosfat. Miljöpåverkan vid framställning av ammoniumpolyfosfat antogs motsvara produktion av diammoniumfosfat. Approximationen gjordes då data saknades för den faktiska kemikalien, vilket innebär en grov uppskattning. Den data från Ecoinvent som använts är relativt gammal (från 1999) och motsvarar framställning av diammoniumfosfat för användning som gödningsmedel inom jordbruk. Osäkerheterna i approximationen ger troligen en relativt liten påverkan på slutresultatet då ammoniumpolyfosfat endast utgör 5 % av de ingående råvarorna.

Produktens energianvändning påverkas förutom av råvaruframställningen också av avfallshanteringen. Då ThermoCell lösull är brännbar antas trolig avyttringsметод vara förbränning med energiåtervinning. För utvinning av energi har ett värmevärde för trädbänsle använts (Naturvårdsverket 2015e), vilket bedöms vara en rimlig approximation för papper och annan cellulosa (Stockholmsregionens Avfallsråd 2007).

Cellulosa: FeelingWood

För isoleringsskivan FeelingWood står råvaruframställningen för majoriteten av klimatpåverkan (se Figur 11), medan energianvändningen huvudsakligen påverkas av råvaruframställning och avfallshantering (se Figur 12). Inga utfasningsämnen eller prioriterade riskminskningsämnen har identifierats under FeelingWoods livscykel (se Tabell 24).

Liksom ThermoCell lösull består FeelingWood av pappersmassa och ammoniumpolyfosfat. Utöver det innehåller FeelingWood även polyetenfiber (6-9 % av råvarorna). För bedömning av miljöpåverkan vid framställning av polyetenfiber användes data från Ecoinvent för produktion av PET (Ecoinvent 2016), där data är hämtad från flera europeiska fabriker under 1999-2000. Mer aktuell europeisk elmix har använts för att uppdatera de relativt gamla uppgifterna från Ecoinvent. Polyetenfibers ursprung anges inte i byggvarudeklarationen, varpå det antagits att framställningen sker i Europa. Det är inte säkert att påverkan vid produktion av PET överensstämmer med påverkan vid produktion av polyetenfiber, men då polyetenfiber utgör en relativt liten del av de ingående råvarorna anses approximationen vara godtagbar.

Cellulosa: iCell

För iCell orsakar råvaruframställningen majoriteten av klimatpåverkan (se Figur 13), medan avfallshanteringen huvudsakligen påverkar produktens energianvändning (se Figur 14). SundaHus anger att små mängder av ett ospecificerat riskminskningsämne ingår i produkten (se Tabell 24). Då ämnet är okänt är det svårt att bedöma dess toxiska egenskaper, vilket innebär en osäkerhet.

iCell består till 90 % av återvunnet tidningspapper, vars framställning faller utanför analysens systemgränser då det behandlas som en restprodukt. Enligt detta resonemang finns inga osäkerheter kring huruvida en del av miljöpåverkan från framställning av tidningspapper bör allokeras till iCell, men om systemgränserna dras annorlunda kan resultatet förändras.

Klimatpåverkan från råvaruframställningen kommer från framställning av flamskyddsmedlet som består av aluminiumhydroxid, ammoniumpolyfosfat och ammoniumsulfat. Beräkningarna baseras på data från Ecoinvent (Ecoinvent 2016) för framställning av dessa komponenter. För ammoniumpolyfosfat används liksom för ThermoCell lösull istället data för framställning av diammoniumfosfat, då denna ansågs mest lämplig bland alternativen i databasen. För resonemang kring tillförlitligheten på denna källa, se tidigare analys för ThermoCell lösull. Källan för aluminiumhydroxid använder global data som till viss del är baserad på europeisk data. Då ingen information finns om ursprung för flamskyddsmedlet bedöms detta vara en rimlig utgångspunkt. Källan för ammoniumsulfat är från 1998 och utgår från ett antal europeiska fabriker för framställning av gödningsmedel. Att källan är från 1998 sänker tillförlitligheten. Då framställning av ammoniumsulfat står för den största delen av klimatpåverkan vid råvaruframställning för iCell, är denna källa den största osäkerheten i resultatet för klimatpåverkan. För att uppdatera data har mer aktuella primärenergifaktorer och emissionsfaktorer använts för el och fjärrvärme.

För avfallsförbränningen görs antagandet att energin i isoleringsmaterialet motsvarar energiinnehållet i trädbränsle. Antagandet bedöms vara rimligt då iCell till största del består av tidningspapper som är gjort av pappersmassa. Se resonemang om förbränning av pappersmassa under tidigare analys för ThermoCell lösull.

Glasull: Isover

Bedömning av klimatpåverkan (se Figur 15) och energianvändning (se Figur 16) för Isover baseras på en miljödeklaration där faserna råvaruframställning, transporter och tillverkning slagits samman till en livscykel (Saint-Gobain ISOVER AB 2014). Den sammanslagna fasen orsakar produktens huvudsakliga klimatpåverkan och energianvändning. Då miljödeklarationen är framtagen relativt nyligen av producenten bedöms den vara relevant och trovärdig. Osäkerheter är svåra att bedöma, då de inte redovisas i miljödeklarationen.

Råvaruframställningen står för störst påverkan av Isovers toxicitet genom användning och utsläpp av formaldehyd och fenol (se Tabell 24). För bakelit används samma Ecoinvent-data som för Paroc, varpå det resonemang kring osäkerheter som förts tidigare i analysen gäller även för Isover. Till skillnad från Paroc anger Isovers tillverkare inte att toxiska ämnen släpps ut i tillverkningsfasen. Detta bedöms vara osäkert eftersom de toxiska ämnena i Parocs tillverkning beror på användningen av bakelit, vilket också används för Isover.

Sprayisolerings: Ecofoam

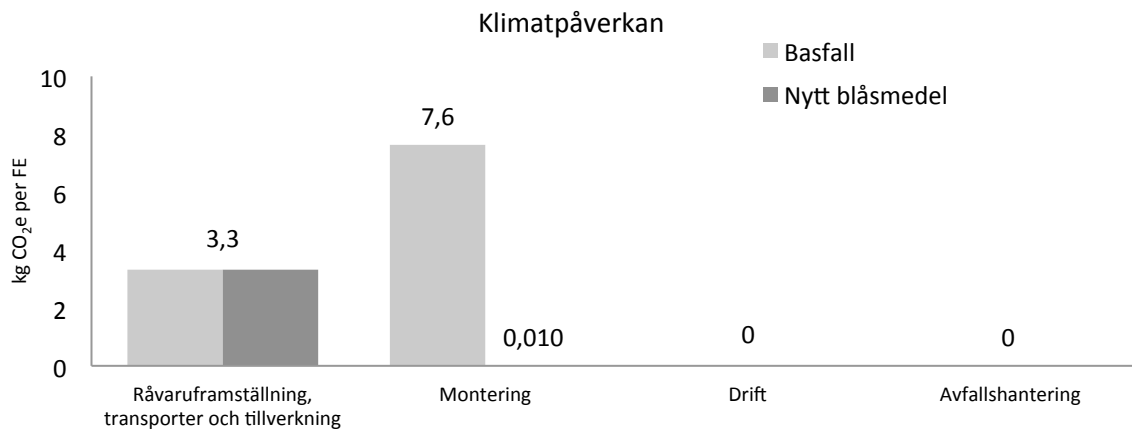
För sprayisoleringen Ecofoam står monteringen för den största delen av klimatpåverkan, se Figur 17. Även de sammanslagna faserna råvaruframställning, transport och tillverkning samt avfallsfasen bidrar till viss del till produktens totala klimatpåverkan. De sistnämnda faserna har störst påverkan på energianvändningen (se Figur 18).

Bedömningen av klimatpåverkan och energianvändning baseras på en generell miljödeklaration för europeisk polyuretanisolering (PU Europe 2014), eftersom specifik data för Ecofoam inte funnits tillgänglig. Huruvida dessa generella data kan anses vara representativa för Ecofoam kan diskuteras, men då tillverkaren hänvisat till den generella deklarationen bedöms approximationen vara rimlig. Approximationen utgör dock en osäkerhet och resultatet bör ses som ungefärligt, eftersom det är möjligt att Ecofoam skiljer sig från den generella polyuretanisoleringen vad gäller exempelvis råvaror, transporter och tillverkning.

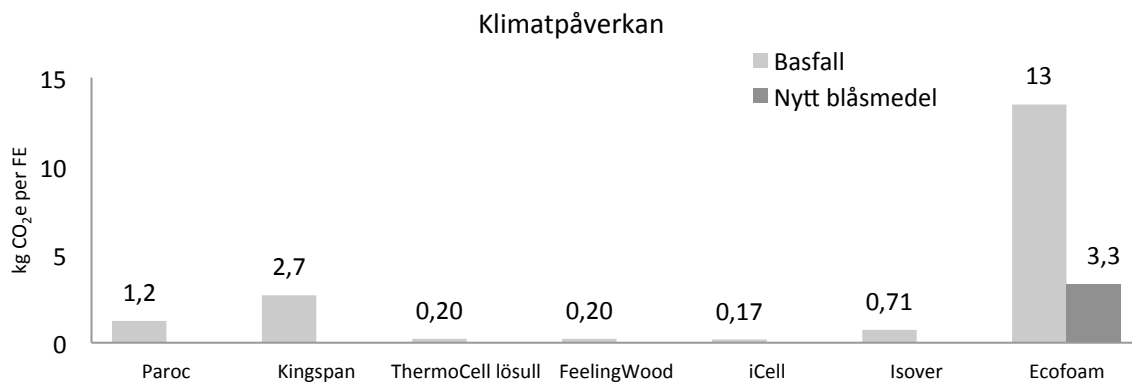
För Ecofoam antas förbränning vara trolig avfallshanteringsmetod. För att beräkna klimatpåverkan och energiutvinning vid förbränning approximerades polyuretanisoleringen till fossil avfallsfraktion, varpå värden från Naturvårdsverket (2015e) användes. Liksom för Kingspan är ett alternativ att istället utgå från en emissionsfaktor för blandad avfallsfraktion, varpå klimatpåverkan för avfallssteget blir lägre, men mängden utvunnen energi förblir densamma. Byggvarubedömningen anger att Ecofoam till mer än hälften utgörs av fossila råvaror, varpå fossil avfallsfraktion bedöms representera Ecofoam bättre än blandat avfall.

Toxiciteten påverkas främst av tillverkningsfasen, då utfasningsämnet etylenoxid används. Uppgiften om förekomst av etylenoxid har hämtats från SundaHus bedömning av Ecofoam och får anses vara tillförlitlig. Däremot finns stora osäkerheter kring riskminskningsämnet MDI, som enligt SundaHus endast förekommer i liten mängd vid tillverkning, men inte finns kvar i den färdiga produkten (SundaHus Miljödata 2016). En generell EPD för polyuretanisolering (PU Europe 2014) anger däremot att produktens innehåll till hälften utgörs av MDI.

Ecofoam planerar att ersätta nuvarande blåsmedel med ett nytt som har betydligt lägre klimatpåverkan (Strandlind 2016). Skillnaden i produktens klimatpåverkan beroende på vilket blåsmedel som används illustreras i känslighetsanalysen i Figur 37. Figuren visar att klimatpåverkan från monteringsfasen sjunker till nära noll med det nya blåsmedlet. Vid jämförelse med övriga isoleringsprodukter (se Figur 38) framgår att Ecofoam fortfarande är isoleringsprodukten som orsakar störst klimatpåverkan, men att den nu befinner sig i samma storleksordning som övriga produkter. Med det nya blåsmedlet minskar Ecofoams totala klimatpåverkan med omkring tre fjärdedelar jämfört med basfallet.



Figur 37 Känslighetsanalys för nytt blåsmedel i Ecofoam. Klimatpåverkan (kg CO₂e) för Ecofoam, fördelad över livscykelfaserna.



Figur 38 Känslighetsanalys för nytt blåsmedel i Ecofoam. Total klimatpåverkan (kg CO₂e) för isoleringsprodukterna.

7.2 Fasad

7.2.1 Generella analyser

I detta avsnitt presenteras två generella känslighetsanalyser som påverkar slutresultatet för flera av fasadprodukterna. Analyserna behandlar 50 % återanvändning för de produkter där det bedöms möjligt samt variation i densitet och åtgång av puts och färg.

50 % återanvändning

Liksom för isolering anges för vissa av fasadprodukterna att återanvändning är möjlig om produkterna inte skadas vid demontering eller rivning. Som känslighetsanalys har klimatpåverkan och energianvändning beräknats vid 50 % återanvändning för de fasader där tillverkaren anger att det är möjligt. Resultatet presenteras i Figur 43 och Figur 44.

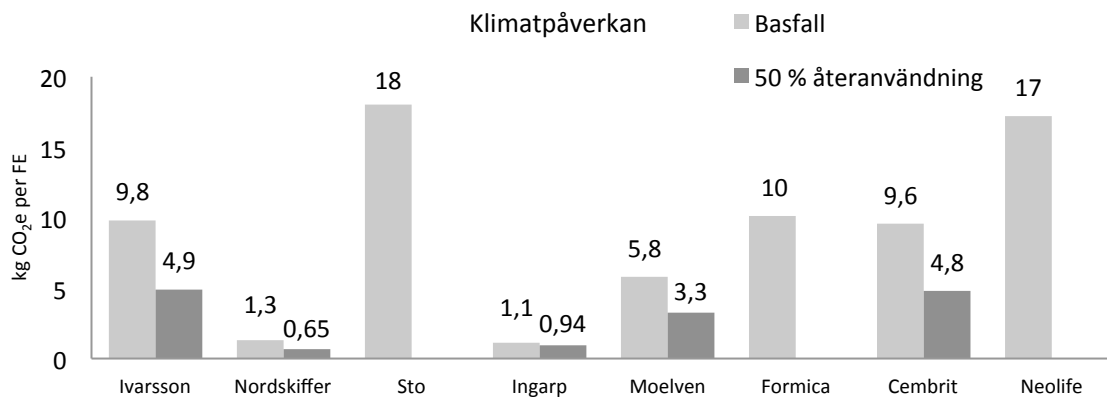
Skivfasaderna från Ivarsson och Cembrit, skifferfasaden från Nordskiffer och träpanelerna från Ingarp och Moelven är enligt leverantörerna möjliga att återanvända. Putsfasaden från Sto och skivfasaden från Formica kan däremot inte återanvändas. För Neolife anges inte huruvida fasaden kan återanvändas eller inte. Däremot anges att produkten kan material- och energiåtervinnas, varpå det antas att återanvändning inte är möjlig.

Vid 50 % återanvändning antas att fasaderna som återanvänds ersätter nyproducerade fasadprodukter varpå energianvändning och klimatpåverkan vid råvaruframställning, tillverkning och avfallshantering halveras. Därmed kan endast hälften av den energi som utvanns i basfallet för träfasaderna från Ingarp och Moelven utvinnas när hälften av fasaderna återanvänds. Påverkan under montering och drift, från exempelvis färg till ommålning, antas förbli densamma som i basfallet. Transporternas miljöpåverkan skulle kunna öka i och med att de återanvända produkterna transporteras till ett nytt byggprojekt. Det antas att fasadprodukterna återanvänds inom Sverige, varpå den eventuellt ökade miljöpåverkan från transporter hamnar utanför studiens avgränsningar.

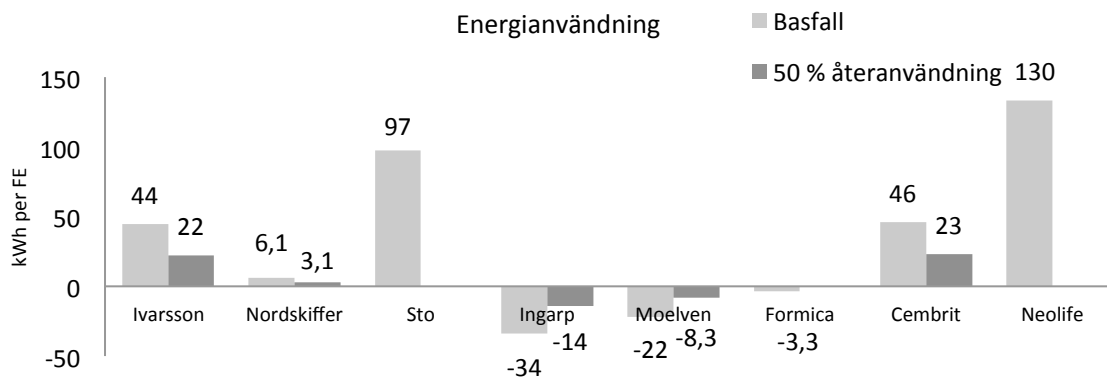
Från resultatet av känslighetsanalysen i Figur 43 och Figur 44 framgår att Sto och Neolife förblir produkterna med störst klimatpåverkan och energianvändning. De produkter som redan i basfallet hade liten klimatpåverkan och energianvändning minskar sin påverkan ytterligare när 50 % återanvändning antas. Det innebär att den inbördes ordningen mellan produkterna generellt kvarstår, om än med något större spridning mellan produkterna med stor påverkan och de med liten.

I basfallet framgick att klimatpåverkan för de två fibercementskivorna från Ivarsson och Cembrit var likvärdig med klimatpåverkan för pappersfiberskivan från Formica. Känslighetsanalysen visar att klimatpåverkan blir betydligt lägre för Ivarsson och Cembrit vid 50 % återanvändning, då de kan återanvändas, till skillnad från Formica. Oavsett antagande om återanvändning är Formica dock ett bättre alternativ ur energianvändningssynpunkt, eftersom den kan förbrännas med energiutvinning medan Ivarsson och Cembrit är inerta produkter. Resultatet för Formica är dock osäkert, eftersom data för tillverkningen saknats och därför approximerats till medelvärde för Ivarsson och Cembrit.

Troligen är möjligheterna att återanvända skifferfasaden från Nordskiffer större än för skivfasaden från Ivarsson och Cembrit och träpanelerna från Ingarp och Moelven, eftersom skiffer är ett tåligt material som inte slits nämnvärt över tid. Det innebär att 50 % återanvändning troligen är en underskattning för Nordskiffer, men en överskattning för Ivarsson, Cembrit, Ingarp och Moelven. Därmed är det möjligt att miljöpåverkan för Nordskiffer är ännu lägre i praktiken än vad som beräknats både i basfallet och i känslighetsanalysen för 50 % återanvändning.



Figur 43 Känslighetsanalys vid 50 % återanvändning för de produkter som är möjliga att återanvända. Total klimatpåverkan (kg CO₂e) för fasadprodukterna.

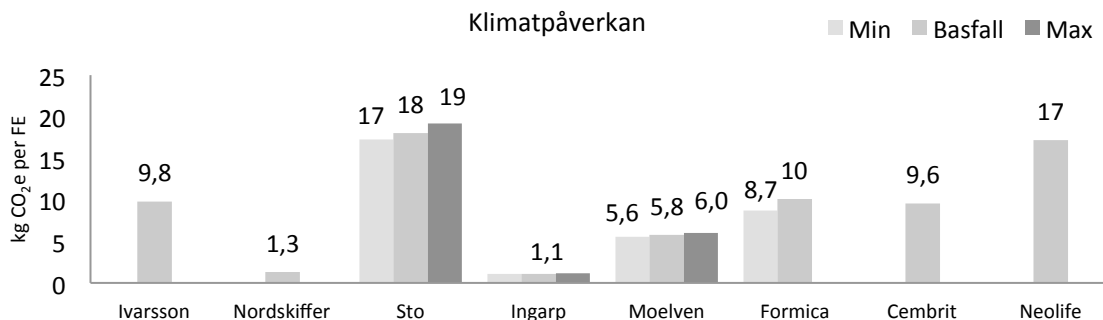


Figur 44 Känslighetsanalys vid 50 % återanvändning för de produkter som är möjliga att återanvända. Total energianvändning (kWh) för fasadprodukterna.

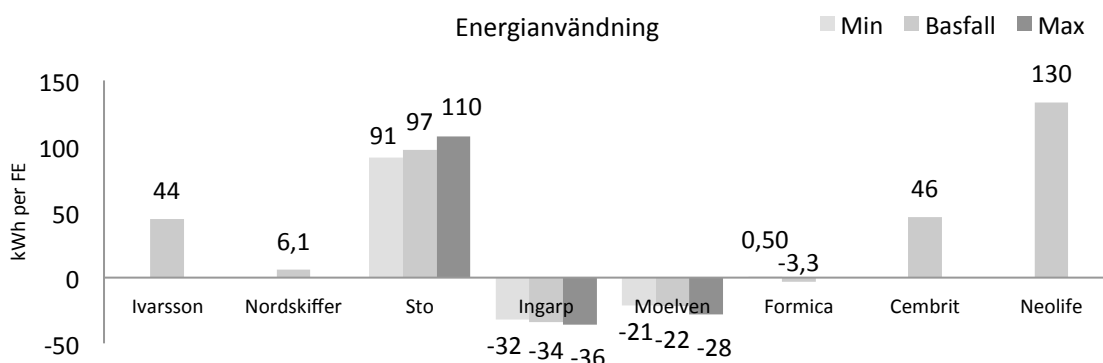
Variation i densitet och åtgång av puts och färg

För vissa av fasadprodukterna anges densiteten som ett intervall. För puts och färg anges även intervall för åtgång av produkterna vid applicering. I basfallet har medelvärden antagits. Här görs en känslighetsanalys för att visa hur slutresultatet påverkas när densitet och åtgång av puts och färg varierar enligt producenternas angivna intervall.

Figur 45 och Figur 46 visar att variationerna endast medför marginella skillnader för slutresultatet. Eventuellt felaktiga antaganden för dessa aspekter utgör därmed inga större osäkerheter i resultatet.



Figur 45 Känslighetsanalys för variation i densitet och åtgång av puts och färg. Total klimatpåverkan (kg CO₂e) för fasadprodukterna.



Figur 46 Känslighetsanalys för variation i densitet och åtgång av puts och färg. Total energianvändning (kWh) för fasadprodukterna.

7.2.2 Produktspecifika analyser

I detta avsnitt görs framför allt kvalitativa bedömningar av osäkerheterna för respektive produkt. Kvantitativa osäkerhetsanalyser har inte gjorts, eftersom osäkerheter generellt inte presenteras i underlaget.

Skiva: Ivarsson

I Figur 21 och Figur 22 framgår att råvaruframställningen medför störst påverkan på Ivarssons totala klimatpåverkan och energianvändning. Påverkan i samtliga livscyklifaser, förutom transporter av färdig produkt, baseras på data från en miljödeklaration från producenten (Eternit nv 2013). Data anses representera produkten väl, då miljödeklarationen är från 2013 och gäller den specifika produkten. Då inga osäkerheter anges i underlaget är det svårt att bedöma osäkerheter i resultatet.

Underlaget från producenten anger inte innehållet på ämnesnivå, utan istället ges samlingsnamn som ”pigment”, vilket försvårar bedömningen av produktens toxicitet. SundaHus bedömer dock att inga utfasningsämnen eller riskminskningsämnen förekommer i produkten, varpå osäkerheterna i resultatet för toxicitet bedöms vara små.

Skiffer: Nordskiffer

För att bedöma miljöpåverkan för skifferfasaden från Nordskiffer har en broschyr från leverantören (Nordskiffer u.å.) använts. I källan saknas information om hur data framtagits och vilka livscyklifaser som inkluderas, varpå det antagits att samtliga livscyklifaser förutom transport till Sveriges gräns ingår. Källan anger endast klimatpåverkan, men inte energianvändning. Energianvändningen har beräknats utifrån den angivna klimatpåverkan, med antagandet att samtliga klimatpåverkande utsläpp uppstår i samband med produktion av elen som används i råvaruframställning och tillverkning. Vidare antas att den enda energikälla som används är el, vilket är en grov uppskattning. Den största osäkerheten i resultatet för Nordskiffers fasad är därmed den beräknade energianvändningen, eftersom det är möjligt att andra bränslen än el har använts. Osäkerheterna kring produktens toxicitet bedöms vara små, eftersom varken producenten eller SundaHus anger förekomst av utfasningsämnen eller prioriterade riskminskningsämnen.

Puts: Sto

För putsfasaden från Sto är den största osäkerheten antagandet om hur fasadsystemet är uppbyggt. Sto erbjuder olika fasadlösningar, varav StoVentec är en. Inom den valda fasadlösningen finns flera möjliga produktalternativ, varpå det är möjligt att andra produkter än de som valts till granskning kan användas. De granskade produkterna får därmed ses som approximativa representanter till Stos fasadsystem.

Data som använts kommer från produktspecifika miljödeklarationer från år 2011-2013 (Sto 2011a, 2011b, 2011c, 2013), vilket bedöms som tillförlitlig och representativ data, under förutsättning att rätt produkter valts ut för granskning.

För grundputsen anges inte specifikt ämnesinnehåll i underlaget från leverantören, vilket gör det svårt att urskilja eventuella toxiska substanser. SundaHus har bedömt att flertalet riskminskningsämnen, samt ett utfasningsämne förekommer under produktens livscykel, men inte heller i SundaHus anges namnen för samtliga ingående ämnen. Den största mängden toxiska ämnen i fasadsystemets livscykel används vid framställning av polymerharts, som ingår i fasadskivan. Osäkerheter kring mängderna av dessa ämnen utgör den största osäkerheten gällande toxiciteten för Stos fasadsystem.

Träpanel: Ingarp

Enligt Figur 27 uppkommer majoriteten av klimatpåverkan för träpanelen från Ingarp under driftfasen. Det beror på att färgen Nordica Eko 3330 från Teknos antas användas fem gånger under fasadens livstid (ommalning efter 8-12 år). Underlaget för Nordica Eko innehåller ingen information om klimatpåverkan eller energianvändning, utan data för färgen StoColor Silco har använts. Det innebär att den energianvändning och klimatpåverkan som beräknats är osäker, men troligen inom rätt storleksordning. För att bedöma toxiciteten har ett säkerhetsdatablad (Teknos 2011) och SundaHus bedömning av Nordica Eko använts, varpå resultatet för toxicitet bedöms vara representativt med små osäkerheter.

Enligt Figur 28 står tillverkningen (sågning och torkning) för den största delen av energianvändningen men denna livscykelphas utgör en osäkerhet. Ecoinvent har använts för att uppskatta klimatpåverkan och energianvändning vid sågning. Ecoinvent data om sågning är global, vilket innebär en osäkerhet eftersom sågningen sker i Sverige. För att anpassa data till svenska förhållanden har svensk elmix använts. För torkning av virke har data från Skogs-sverige (Skogssverige u.å.) använts, eftersom producenten inte anger någon information.

Vid avfallshanteringen anses ingen klimatpåverkan uppkomma, då produkten antas bestå av 100 % trädbränsle. Detta är en approximation, eftersom panelen vid förbränning även till viss del består av fasadfärgen. Mängden färg i förhållande till mängden förnybart trämaterial är dock liten, vilket motiverar approximationen.

Träpanel: Moelven

Även för Moelvens träpanel har klimatpåverkan och energianvändning för färgen Nordica Eko approximerats till påverkan för StoColor Silco. Därmed gäller osäkerheterna kring färgen som nämndes för Ingarp även för Moelven.

Moelvens träpanel utgörs till 10 % av brandskyddsmedlet Fireguard. Information om råvaruframställning och tillverkning av brandskyddsmedlet anges inte av producenten och finns inte heller i Ecoinvent, varpå klimatpåverkan och energianvändning från brandskyddsmedlet har försummats. Detta är en osäkerhet i resultatet, men då produkten till 90 % består av trä antas approximationen vara godtagbar. I SundaHus bedömning anges att inga utfasningsämnen eller prioriterade riskminskningsämnen förekommer i den brandskyddade panelen, varpå resultatet för produktens toxicitet bedöms vara relativt säkert.

Tillverkningsfasen står för majoriteten av klimatpåverkan och energianvändningen för Moelven, enligt Figur 29 och Figur 30. Påverkan från tillverkningsfasen baseras på en byggvarudeklaration från tillverkaren (Moelven 2013), vilken bedöms som tillförlitlig och representativ. Osäkerheter anges dock inte i byggvarudeklarationen, vilket försvårar osäkerhetsanalysen.

Liksom för Ingarp antas inga klimatpåverkande utsläpp uppkomma vid avfallsförbränningen, då produkten antas bestå av trädbränsle. Eftersom panelen delvis består av brandhämmande medel och färg, utgör denna approximation en osäkerhet.

Skiva: Formica

Figur 31 och Figur 32 visar att råvaruframställningen har störst inverkan på Formicas klimatpåverkan och energianvändning. Då tillverkaren inte anger data för råvaruframställning eller tillverkning har Ecoinvent använts för att bedöma miljöpåverkan vid råvaruframställning. Data från Ecoinvent för produktion av kraftpapper, melamin och fenolharts från år 1995-2000 har använts. Data är relativt gammal, men då inga indikationer hittats på större förändringar

inom tillverkning av råvarorna, används data tillsammans med uppdaterad elmix. Då kraftpapper utgör 71 % av råvarorna bedöms det vara den mest betydande råvaran, varpå dess osäkerheter troligen spelar störst roll för osäkerheter i råvaruframtställningen för Formica.

Producenten anger varken hur fasadskivan tillverkas eller hur stor klimatpåverkan och energianvändning som tillverkningen ger upphov till. Som approximativa värden har medelvärden för fasadskivorna från Ivarsson och Cembrit använts. Vid beräkning av medelvärden har inte skivan från Neolife inkluderas, då dess tillverkning inte anges som en separat livscykel. Approximationen för påverkan i samband med Formicas tillverkning innebär en stor osäkerhet, då Formica tillverkas av kraftpapper och inte fibercement, som Ivarsson och Cembrit. Formicas tillverkningsprocess kan därmed vara mycket olik tillverkningsprocesserna för Ivarsson och Cembrit. Det är inte möjligt att avgöra huruvida approximationen innebär en överskattning eller underskattning av Formicas miljöpåverkan i tillverkningsfasen.

För bedömning av toxicitet har Ecoinvent och SundaHus bedömning av fasadskivan använts, varpå resultatet bedöms vara representativt med små osäkerheter.

I avfallssteget har förbränning antagits som den mest troliga avyttringsmetoden. Beräkning av energiutvinning och klimatpåverkan baseras på 70 % trädbränsle och 30 % fossil avfallsfraktion. I detta bedöms en viss osäkerhet ligga, vilken till viss del kan påverka slutresultatet.

Skiva: Cembrit

Bedömningen av fibercementskivan från Cembrit baseras på en miljödeklaration från leverantören (Cembrit 2012). Påverkan i samtliga livscykelaser, förutom transporter, baseras på data från miljödeklarationen. Data anses representera produkten väl, då miljödeklarationen är från 2012 och gäller den specifika produkten. Då inga osäkerheter anges är det svårt att bedöma osäkerheterna i indata.

I underlaget anges inte produktspecifika ämnen, utan endast övergripande ämnesgrupper som ”fyllnadsmaterial” och ”pigment”, vilket försvårar utredningen av produktens toxicitet. SundaHus bedömer att inga utfasningsämnen eller prioriterade riskminskningsämnen förekommer i produkten, varpå osäkerheterna kring fasadskivans toxicitet bedöms vara små.

Skiva: Neolife

Bedömningen av träfiberskivan från Neolife baseras på en miljödeklaration från producenten (Neolife 2015). Den största klimatpåverkan och energianvändningen uppstår i fasen som benämns som ”produktion”, vilken antas motsvara råvaruframtställning, transport av råvaror och tillverkning. Det är osäkert om antagandet är korrekt och miljöpåverkan kan ha underskattats i studien om produktion istället avser endast tillverkning. Otydligheten i källan minskar dess trovärdighet något. I övrigt anses data representera produkten väl, eftersom miljödeklarationen gäller för just Neolifes fasadskivor.

Miljödeklarationen saknar en tydlig innehållsdeklaration, varpå produktens toxicitet är svår att bedöma på ämnesnivå. Produkten finns inte heller bedömd i SundaHus. Det är därmed möjligt att toxiska ämnen förekommer under Neolifes livscykel utan att det uppmärksammats i denna studie.

8 Diskussion

I detta avsnitt diskuteras de resultat som erhållits i studien. Först förs en allmän diskussion kring studiens metod, de osäkerheter som finns och antaganden som gjorts. Därefter följer diskussioner för de granskade isolerings- respektive fasadprodukterna. Slutligen diskuteras hur BoKlok systematiskt kan göra mer miljömedvetna materialval till sina bostäder.

8.1 Allmänt

I studien utreds miljöpåverkan för de utvalda produkterna ur ett livscykelperspektiv, utan att hänsyn tas till materialens påverkan på byggnadens totala miljöpåverkan. Genom att utvidga systemet och göra livscykelanalyser för en större enhet, såsom ett väggelement, en modul eller en hel byggnad, skulle miljöpåverkan kunna bedömas på ett mer komplett sätt. En sådan granskning skulle inkludera den förändring i byggnadens energianvändning under driftfasen som byte av isolering kan innebära. Att studera större system än enskilda produkter bedömdes dock vara alltför omfattande för detta examensarbete, med tanke på studiens tidsmässiga begränsning.

För vissa av de granskade produkterna krävs förändringar i konstruktionen för att de ska vara möjliga att använda i BoKloks bostäder. I studien tas inte hänsyn till eventuella konstruktionsändringar, vilket utgör en osäkerhet i resultatet. Det medför dock att resultaten kan användas för samtliga av BoKloks husmodeller och även i andra sammanhang där jämförelse av de studerade alternativen är intressant. Det är viktigt att resultaten för de granskade produkterna inte används fristående, utan endast för intern jämförelse mellan produktalternativen. Detta beror främst på gemensamma osäkerheter i indata och de antaganden som gjorts i studien.

Metoderna som använts för att bedöma klimatpåverkan och energianvändning följer i stort de standarder och normer som gäller för livscykelberäkningar. För bedömning av toxicitet finns ingen standardiserad metod, varpå egna bedömningskriterier ofta tillämpas. I studien har bedömningen av toxicitet baserats på förekomst av utfasningsämnen och prioriterade riskminskningsämnen. Begreppet toxicitet kan dock vara betydligt bredare än så, vilket bör beaktas vid tolkning av resultatet. Noteras bör även att begreppet miljöpåverkan kan inkludera fler miljöpåverkanskategorier än de som bedömts i denna studie. För en mer komplett bild av miljöpåverkan bör även andra aspekter utredas, som vattenanvändning, förorening, övergödning, markanvändning och biologisk mångfald.

8.1.1 Osäkerheter

De största osäkerheterna i studien utgörs av osäkerheter i indata och varierande kvalitet och omfattning i underlaget som har använts för bedömning. I första hand har miljödeklarationer enligt ISO 14025 använts för direkt jämförelse mellan produkter. Att miljödeklarationerna är gjorda enligt samma standardiserade metod innebär generellt att osäkerheterna är små. I andra fall har miljöbedömningar som inte är baserade på samma metod använts, varpå osäkerheterna är större. Bedömning av osäkerheter i studien försvåras av att osäkerheter och antaganden inte redovisas i miljödeklarationer och byggvarudeklarationer. Ibland har tveksamma eller motstridiga fakta angivits i dessa dokument, vilket tyder på bristande kunskap

hos de som framtagit data som presenteras. Den varierande kvaliteten är ett problem eftersom vissa produkters miljöpåverkan kan överskattas medan andra underskattas.

När information från producenten saknats har databasen Ecoinvent använts för bedömning av miljöpåverkan från råvaruframställning. Det finns osäkerheter kring hur väl använd data från Ecoinvent överensstämmer med de framställningsprocesser som avses.

Bristfällig redovisning av produkternas innehåll på ämnesnivå försvårar bedömningen av toxicitet. Svårigheter att urskilja toxiska ämnen i bedömningsunderlaget gör att utfasnings- och riskminskningsämnen riskerar att inte identifierats. För att minimera risken för att toxiska ämnen förbises har produkternas bedömning i SundaHus granskats, eftersom SundaHus bland annat bedömer produkternas kemiska innehåll. Därmed anses osäkerheterna i toxicitetsbedömningarna vara relativt små.

Eventuella osäkerheter i grundläggande data som primärenergifaktorer, värmevärden och klimatpåverkan för olika elmixer, skulle kunna medföra osäkerheter i slutresultatet. Sådana osäkerheter innebär dock att resultatet för flera eller samtliga produkter påverkas på liknande sätt. Resultaten för de granskade produkterna bör därmed inte användas fristående, utan endast för intern jämförelse mellan produktalternativen.

8.1.2 Avfallshantering

För inerta material har materialåtervinning i form av anläggningsmassor antagits som avyttringsmetod. Det gäller isoleringsprodukterna av stenull (Paroc) och glasull (Isover), samt för fasader i form av fibercementskivor (Ivarsson, Cembrit), skiffer (Nordskiffer) och puts (Sto). Att återvinna material till anläggningsmassor är en lågvärdig form av materialåtervinning. Som tidigare nämnts finns idag ett behov av täckningsmassor för deponier, men i takt med att fler deponier blir sluttäckta kommer behovet att minska. För att massorna ska komma till användning även i framtiden behövs alternativa användningsområden, exempelvis att massorna används som utfyllnad vid infrastrukturprojekt som vägar och järnvägar. Även sådan användning utgör lågvärdig materialåtervinning men ställer ofta högre krav på materialens kvalitet än vid användning som täckningsmassor på deponier. Högvärdig materialåtervinning, där materialen används till nya produkter, är dock alltid att föredra framför lågvärdig materialåtervinning.

Ett sätt att minska mängden inert avfall som materialåtervinns i form av anläggningsmassor är att öka återanvändningen. Eftersom ingen produkt håller för evigt uppstår slutligen avfall även vid återanvändning. Men återanvändning minskar behovet av nyproduktion samtidigt som uppkomsten av avfall minskar, vilket innebär positiva miljöeffekter. För att öka återanvändningen av byggnadsmaterial som isolering och fasad är det viktigt att byggnader konstrueras med rivningsförfarandet i åtanke. Om konstruktionen enkelt kan demonteras och materialen separeras minskar risken för skador på byggnadsdelarna, vilket ökar möjligheterna till återanvändning. Dessutom förenklas sortering av rivningsavfallet, vilket ökar möjligheten till högvärdig materialåtervinning. Det är viktigt att de material som byggs in i nya konstruktioner dokumenteras. Dokumentation kan användas vid rivning för att välja rätt avfallshanteringsmetod och för att vidta lämpliga försiktighetsåtgärder vid hantering av material som kan innebära hälsorisker.

8.1.3 Aspekter utöver den funktionella enheten

BoKlok vill kunna erbjuda välfungerande bostäder till priser som möter deras målgrupp. Att hålla nere priserna, bland annat vid val av material, är därför mycket viktigt. Ett ekonomiskt perspektiv har inte inkluderats i denna studie. Det beror på att priserna som eventuellt finns tillgängliga gäller betydligt mindre volymer än vad som är aktuellt för BoKlok att köpa in. Det lämnas därför till BoKloks inköpsavdelning att förhandla om och jämföra priser för de produkter i granskningen som eventuellt är av intresse.

En översiktlig granskning av produkternas brandklassning och rekommendationer kopplade till arbetsmiljö har inkluderats i studien och diskuteras för var och en av produkterna i avsnitt 8.2 *Isolering* och 8.3 *Fasad*. Aspekterna hållfasthet och fukttålighet har inte inkluderats i studien. Då produkternas egenskaper inom dessa områden är viktiga för BoKlok vid val av isolering och fasad bör de utredas innan materialval görs.

8.2 Isolering

I detta avsnitt diskuteras resultatet för de granskade isoleringsprodukterna. De alternativa produkterna jämförs med den nuvarande stenullsisoleringen från Paroc, som har värmeledningsförmågan 0,036 W/mK och brandklass A1.

Cellulosa

De tre isoleringsprodukterna baserade på cellulosa ger upphov till betydligt lägre klimatpåverkan och energianvändning under livscykeln än stenullsisoleringen från Paroc. Klimatpåverkan uppgår till ungefär en sjättedel av den klimatpåverkan Paroc orsakar. Energi-användningen för framställning av cellulosaisolering är liten och produkterna antas gå till avfallsförbränning, varpå netto-energiutvinning sker under livscykeln för iCell, ThermoCell lösull och FeelingWood. Inga toxiska ämnen har identifierats under livscykeln för ThermoCell lösull eller FeelingWood, varken vid råvaruframställning, tillverkning eller drift (egenemissioner). SundaHus anger dock att iCell innehåller ett ospecificerat riskminskningsämne i relativt liten mängd. De tre cellulosaisoleringarna bedöms vara likvärdiga ur miljösynpunkt, då iCell medför störst energiutvinning men innehåller ett prioriterat riskminskningsämne.

Cellulosaisoleringarna iCell, ThermoCell lösull och FeelingWood har högre värmeledningsförmåga och därmed sämre isoleringsförmåga än den nuvarande stenullsisoleringen, vilket innebär att det krävs en större mängd cellulosaisolering för att uppnå likvärdig isoleringsförmåga. Det medför att det kan behövas konstruktionsändringar för att det ska vara möjligt att använda cellulosaisolering i BoKloks bostäder.

Varken iCell, ThermoCell lösull eller FeelingWood har lika hög brandklass som Paroc. Då BoKlok bygger i trä har de höga krav på brandsäkerhet och föredrar isolering med hög brandtålighet. Några tillverkare av de granskade isoleringsprodukterna anger att anpassning av konstruktionen kan göra att brandklassningen för den färdiga konstruktionen blir högre än för den specifika isoleringsprodukten. Det är möjligt att ändringar i konstruktionen kan höja byggnadens brandklassning något steg över produktens angivna brandklass, men det bedöms inte som troligt att brandklassen kan höjas från E eller D till A, vilket kan behövas för att cellulosaisoleringarna ska vara lämpliga alternativ.

Det saknas information om arbetsmiljö för ThermoCell lösull och FeelingWood. För iCell anges liknande rekommendationer som för den nuvarande stenullsisoleringen. För att bedöma vilken produkt som är att föredra ur arbetsmiljösynpunkt krävs mer information.

Glasull

Glasullsisoleringen från Isover bedöms vara likvärdig Paroc ur avseendena brandklass, arbetsmiljö och värmeledningsförmåga. Isover består delvis av återvunnet glas, vilket bidrar till att produktens klimatpåverkan är omkring hälften så stor som den för Paroc. Däremot används drygt dubbelt så mycket energi under Isovers livscykel. För Isover avges egenemissioner under driftfasen i lika stor mängd som för Paroc och toxiska ämnen förekommer under råvaruframställningen för båda produkterna. Till skillnad från Paroc anger Isovers tillverkare inte att toxiska ämnen släpps ut i tillverkningsfasen, men detta bedöms vara osäkert.

Den ringa miljöförbättring, främst med avseende på klimatpåverkan och den något förbättrade isoleringsförmågan, anses inte vara tillräckligt för att motivera byte till produkten. Isovers högre energianvändning under livscykeln talar också emot en övergång från Paroc till Isover.

Hårdskum

Hårdskumisoleringen från Kingspan har mycket låg värmeledningsförmåga (0,020 W/mK) och har därmed bättre isoleringsförmåga än Paroc. Brandklassen (B-s1, d0) är något sämre än för Paroc, men högre än för många av de andra studerade produkterna. Förutom ansiktsskydd och handskar, som även Paroc rekommenderar vid hantering, anger Kingspans tillverkare att utsug bör användas vid dammbildning för att minska arbetsmiljöriskerna.

Kingspan har ungefär dubbelt så stor klimatpåverkan och ger upphov till fyra gånger så stor energianvändning under livscykeln jämfört med Paroc. Vid råvaruframställningen för Kingspan används och emitteras större mängder av utfasningsämnet formaldehyd och riskminskningsämnet fenol, än för Paroc. Kingspan ger dock upphov till mindre utsläpp av toxiska ämnen vid tillverkningen och mindre egenemissioner under driftfasen.

Kingspans fördelaktiga isoleringsförmåga kan innebära minskad energianvändning under byggnadens driftfas. För att avgöra om det är motiverat att övergå till Kingspan krävs fortsatta studier som tar hänsyn till energianvändningen för hela byggnaden under dess livscykel, och den miljöpåverkan som är kopplad därtill.

Sprayisolering

Sprayisoleringen från Ecofoam har en märkbart lägre värmeledningsförmåga (0,026 W/mK) än Paroc, vilket ger bättre isoleringsförmåga. Brandklassen (B-s1, d0) är något sämre än Parocs, men högre än för många andra av de studerade produkterna. Ingen information om arbetsmiljö har angivits av tillverkaren.

Ecofoams klimatpåverkan är i nuläget ungefär elva gånger så stor som för Paroc. Det beror till stor del på blåsmedlet som används i monteringsfasen. Energianvändningen under livscykeln är knappt fyra gånger större för Ecofoam än för Paroc. Vid tillverkning av Ecofoam används utfasningsämnet etylenoxid, men inga emissioner av toxiska ämnen har noterats.

Om blåsmedlet som används vid montering byts ut till en variant med lägre klimatpåverkan kan Ecofoam vara ett alternativ som är värt att utreda vidare. I nuläget bedöms klimatpåverkan vara alltför hög. I känslighetsanalysen för användning av ett alternativt blåsmedel blir Ecofoams klimatpåverkan knappt tre gånger så stor som Parocs, istället för elva gånger så stor i basfallet. Därmed konstateras, likt för Kingspan, att vidare studier krävs för att avgöra den sammantagna klimatpåverkan och energianvändningen för hela byggnadens livscykel.

Med ett nytt blåsmedel hamnar Ecofoam och Kingspan i samma storleksordning vad gäller energianvändning och klimatpåverkan. Kingspan har lägre värmeledningsförmåga (0,020 jämfört med 0,026 W/mK för Ecofoam), vilket skulle kunna leda till större miljövinster under byggnadens driftfas. Detta leder till en rekommendation om att i första hand utreda Kingspan snarare än Ecofoam, med hänsyn till hela byggnadens miljöpåverkan under dess livscykel.

Kingspan ger upphov till användning och utsläpp av utfasningsämnet formaldehyd och riskminskningsämnet fenol medan Ecofoam medför användning av utfasningsämnet etylenoxid och riskminskningsämnet MDI. Vilken produkt som är att föredra ur toxisk synvinkel är svårt att bedöma i denna studie. Att information om arbetsmiljö och skyddsutrustning blir tillgänglig är också en förutsättning för att Ecofoam ska kunna väljas.

8.3 Fasad

I detta avsnitt diskuteras resultatet från granskningen av fasader, genom att produktalternativen inom respektive typ av fasad jämförs med varandra.

Skiva

Skivfasaden av träfiber från Neolife står för störst klimatpåverkan och energianvändning av de granskade skivfasaderna. Värdena är bland de högsta även i jämförelse med övriga fasadtyper. Därmed bedöms Neolife vara ett mindre lämpligt alternativ för BoKlok. Övriga skivfasader (Ivarsson, Formica, Cembrit) bedöms vara likvärdiga vad gäller klimatpåverkan.

Vid framställning av kraftpapper som ingår i fasadskivan från Formica används och emitteras utfasningsämnet formaldehyd och riskminskningsämnet fenol. Vid tillverkning av den ingående komponenten plexiglas förekommer dessutom riskminskningsämnet metylmetakrylat. Under övriga skivfasaders livscyklar har inga utfasnings- eller riskminskningsämnen identifierats. Osäkerheterna kring Neolifes toxicitet är dock stora, då produkten inte finns bedömd i SundaHus.

Ur energisynpunkt är skivfasaden från Formica att föredra, då produkten är brännbar vilket medför potentiell energiutvinning i samband med avfallshantering. Ivarsson och Cembrit består av inert fibercement, varpå de inte kan förbrännas. Ivarsson och Cembrit är däremot möjliga att återanvända, vilket inte gäller för Formica. Ivarsson och Cembrit ger upphov till betydligt lägre energianvändning än Neolife, men högre energianvändning än många av de andra granskade fasadprodukterna. Med tanke på de stora osäkerheter som finns kring klimatpåverkan och energianvändning i tillverkningssteget för Formica, är det lämpligt att BoKlok ställer krav på att producenten ska presentera information om tillverkningen innan användning av produkten övervägs.

Livslängden för Cembrit anges vara 25 år, vilket kan innebära att fasaden behöver bytas eller underhållas inom byggnadens livstid. Leverantören anger dock att livslängden avser ytskiktet, vilket antyder att inte hela fasaden skulle behöva bytas. För Neolife anges ingen livslängd, vilket innebär en osäkerhet.

Ivarsson och Cembrit bedöms vara likvärdiga vad gäller klimatpåverkan, energianvändning och toxicitet. För att avgöra om byte från den nuvarande skivfasaden Ivarsson till Cembrit kan motiveras bör andra aspekter granskas än de som utretts i denna studie, exempelvis kostnad.

Skiffer

Skifferfasaden från Nordskiffer presterar bra i granskningarna av klimatpåverkan, energianvändning och toxicitet. Nordskiffer är en av fasadprodukterna som står för lägst klimatpåverkan och medför relativt låg energianvändning. Nordskiffer är den fasad som använder minst mängd energi under de första livscyklernas, men då produkten är inert kan energiutvinning inte ske i avfallsteget, vilket medför att Nordskiffer inte har lägst total energianvändning. Att Nordskiffer inte är brännbar är dock inte negativt, eftersom produkten är möjlig att återanvända, vilket värderas högre i EU:s avfallshierarki.

Med tanke på Nordskiffers fördelaktiga resultat inom de granskade miljöpåverkanskategorierna bedöms produkten vara ett lämpligt alternativ för BoKlok. Möjligheten till återanvändning av produkten värderas också högt, särskilt med tanke på att skifferfasaden bedöms vara tåligare och mer beständig än andra fasadalternativ, vilket sannolikt ökar möjligheterna till återanvändning.

Puts

Fasadsystemet från Sto är en av fasadprodukterna som beräknas orsaka störst klimatpåverkan. Energianvändningen för putsfasaden är näst högst i studien. Flertalet riskminskningsämnen, samt utfasningsämnet epiklorhydrin, förekommer under putsfasadens livscykel. Med detta som grund kan putsfasaden från Sto inte rekommenderas utifrån ett miljöperspektiv, eftersom det finns andra fasadalternativ med lägre miljöpåverkan som BoKlok kan använda.

Träpanel

Träpanelerna från Ingarp och Moelven presterar bra i granskningarna av klimatpåverkan och energianvändning, trots att påverkan från målning och ommålning var 8-12:e år inkluderas. Den obehandlade träpanelen från Ingarp är en av de fasadprodukter som medför lägst klimatpåverkan, och som dessutom står för den största energiutvinningen. Den brandskyddade träpanelen från Moelven placerar sig också bra gentemot övriga produkter.

Skillnaden mellan de två träfasaderna beror framförallt på att Moelvens produkt är behandlad med det brandhämmande medlet Fireguard. Data saknas för råvaruframställningen av Fireguard, vilket medför att råvaruframställningen för Moelven approximeras till densamma som för Ingarp. Moelvens högre klimatpåverkan och energianvändning beror på tillverkningsprocessen, och antas uppkomma när träet behandlas med brandskyddsmedlet. Ur toxisk synvinkel bedöms de två träfasaderna vara likvärdiga, då inga toxiska ämnen har påträffats i själva panelerna, men två riskminskningsämnen förekommer i fasadfärgen.

I denna studie bedöms Ingarps obehandlade träpanel vara ett bättre alternativ ur miljösynpunkt än Moelvens brandskyddade panel. Dock kan de två produktalternativen inte anses vara helt utbytbara, då brandskyddad panel krävs för byggnader som är högre än två våningar (Danestränd 2016). Rekommendationen är därmed att BoKlok bör välja Ingarps obehandlade trä framför Moelvens brandskyddade där det är möjligt.

8.4 Tillvägagångssätt för miljömedvetna materialval

Byggvarubedömningen och SundaHus kan användas för att kontrollera om produkterna är bedömda och vilken bedömning de fått. BoKlok använder redan till viss del Byggvarubedömningen, varpå den kan användas som utgångspunkt medan SundaHus kan utgöra ett komplement. Vid upphandlingar av material kan BoKlok förslagsvis ställa krav på att leverantören ska se till att produkten finns bedömd i Byggvarubedömningen. Det bör krävas särskilda skäl för att en produkt med klassningen ”Undviks” i Byggvarubedömningen ska få användas i BoKloks bostäder. Sådana skäl skulle kunna vara, som i fallet med Ecofoam, att Byggvarubedömningen och SundaHus ger olika bedömningar.

För att bedöma kemiska produkter använder BoKlok ibland Skanskas kemikaliedatabas. Utgångspunkten för att en kemisk produkt ska få användas i BoKloks bostäder skulle kunna vara att produkten finns i databasen. För att minimera förekomsten av toxiska ämnen skulle BoKlok också kunna krävställa att inga utfasningsämnen eller prioriterade riskminskningsämnen får förekomma i de produkter som används. För att en produkt som innehåller sådana ämnen ska få användas bör särskilda skäl finnas, exempelvis att det i dagsläget inte finns alternativ som kan ersätta produkten.

För att göra en fullständig miljömässig bedömning av BoKloks bostäder behövs uppgifter om miljöpåverkan för alla material, exempelvis i form av byggvarudeklarationer eller miljödeklarationer. Att ställa krav på att sådant underlag ska finnas tillgängligt för samtliga produkter som ingår i bostäderna bedöms inte vara rimligt, vare sig för BoKlok eller för leverantörerna, med tanke på den tid och de kostnader som krävs för att sammanställa och granska underlaget. BoKlok skulle istället kunna ställa krav på att miljödeklarationer eller byggvarudeklarationer ska finnas tillgängliga för de största produktgrupperna, som troligen orsakar majoriteten av byggnadernas totala miljöpåverkan. Vidare bör BoKlok avsätta resurser till att analysera underlaget och jämföra olika produktalternativ när det är aktuellt att uppdatera de material och produkter som används.

För att systematiskt värdera materialen som används och kunna göra mer miljömedvetna materialval bör BoKlok prioritera att sammanställa information om de material som används idag i en lättillgänglig databas. Databasen bör innehålla uppgifter om i vilka mängder material används samt placering i modulerna. Mängden behövs för att bedöma byggnadens miljöpåverkan, medan information om placering kan användas för att lokalisera återanvändnings- och återvinningsbara material vid rivning. Dessutom kan eventuella toxiska ämnen lokaliseras varpå lämpliga åtgärder kan vidtas för att undvika miljö- och hälsorisker. Kunskap om ämnens toxicitet kan uppkomma långt efter byggnationen och dokumentation om materialens placering kan därmed förenkla eventuella saneringar.

BoKlok skulle kunna krävställa att de produkter som används i bostäderna ska vara möjliga att återanvända, materialåtervinna eller energiåtervinna. Högvärdig materialåtervinning bör prioriteras framför lågvärdig, så som anläggningsmassor. För att högvärdig materialåtervinning ska vara möjlig krävs att produkterna är isärtagbara så att materialen kan sorteras.

Genom användning av byggprodukter som till viss del består av återvunna material kan klimatpåverkan från materialen minskas. Isoleringsprodukterna Isover och iCell består till viss del av återvunnet glas respektive återvunna tidningar. Miljöpåverkan för råvaruframställningen blir därmed lägre än när enbart jungfruligt material används. För att öka användningen av återvunna material skulle BoKlok kunna ställa krav på att återvunna material ska användas där det bedöms vara möjligt. Det är dock inte troligt att kravet skulle påverka särskilt många av de produktgrupper som används i bostäderna.

9 Slutsatser och rekommendationer

Isolering

Studiens resultat visar att cellulosaisoleringarna ThermoCell lösull, FeelingWood och iCell medför lägst miljöpåverkan av de studerade isoleringsprodukterna, med hänsyn till klimatpåverkan, energianvändning och toxicitet under produkternas livscyklar. Ur miljösynpunkt är därmed någon av cellulosaisoleringarna att föredra.

Cellulosaisoleringarna har lägre brandklass och lägre isoleringsförmåga än BoKloks nuvarande stenullsisolering från Paroc. Det innebär att det behövs en större mängd cellulosaisolering än stenull för att uppnå motsvarande isoleringsförmåga. Tjockare isolering och anpassning för att uppfylla brandkrav medför att det kan behövas konstruktionsändringar för att BoKlok ska kunna använda cellulosaisolering i bostäderna. För mer korrekt jämförelse av isoleringsprodukterna behövs därför analyser av miljöpåverkan från en vägg, modul eller en hel byggnad, istället för enskilda produkter.

Isoleringsprodukterna med bäst isoleringsförmåga är hårdskumisolering från Kingspan och sprayisolering från Ecofoam. De står dock för stor miljöpåverkan jämfört med övriga granskade produkter. För att avgöra om det är möjligt att minska bostädernas energianvändning under driften genom att använda Kingspan eller Ecofoam, samt om minskad energianvändning kan väga upp för den relativt stora miljöpåverkan som uppkommer under produkternas övriga livscykelfaser, krävs även i dessa fall kompletterande analyser för en modul eller byggnad.

För att avgöra huruvida något av de granskade alternativen utgör en bättre helhetslösning än den nuvarande stenullsisoleringen från Paroc behövs dessutom kompletterande studier som kostnadsanalyser och tekniska utredningar om exempelvis hållfasthet, fukt- och brandtålighet.

Fasad

De fasadprodukter som presterar bäst i granskningen av miljöpåverkan är obehandlad träpanel från Ingarp och skiffer från Nordskiffer. Ur miljösynpunkt rekommenderas därmed BoKlok att välja något av de alternativen till sina bostäder. Med hänsyn till toxicitet är skifferfasad att föredra eftersom färgen som används till träfasaderna innehåller riskminskningsämnen. Andra fördelar med skifferfasad är att den är underhållsfri och inte påverkas av restriktioner om brandkrav, till skillnad från obehandlad träpanel. Eftersom de två produkterna bedöms vara relativt likvärdiga ur miljösynpunkt kan valet dem emellan avgöras av andra faktorer, så som kostnad, fukt- och brandtålighet samt estetik.

Tillvägagångssätt för miljömedvetna materialval

BoKlok skulle kunna arbeta mer systematiskt för att välja miljömässigt hållbara material till sina bostäder. Grunden i arbetet bör vara att upprätta en materialdatabas där information om de inbyggda materialen samlas. För att en produkt ska få användas kan BoKlok förslagsvis ställa krav på att leverantörer ska se till att produkten finns bedömd i Byggvarubedömningen, alternativt i SundaHus. För produkter med lågt betyg bör särskilda skäl anges för att de ska få lov att användas.

10 Framtida studier

I underlaget för de granskade produkterna har flertalet dataluckor identifierats. Det finns därmed utrymme för kompletteringar och förbättringar av produktspecifika data, vilket skulle underlätta granskningar av detta slag och göra resultaten i framtida studier mindre osäkra.

I denna studie utreds miljöpåverkan för de utvalda produkterna, utan hänsyn till materialens inverkan på byggnadens totala miljöpåverkan. Miljöpåverkan skulle kunna bedömas på ett mer komplett sätt genom att utvidga systemet så att det omfattar ett väggelement, en modul eller en hel byggnad.

Denna studie av byggprodukters miljöprestanda kan med fördel kompletteras med utredningar av de granskade produkternas tekniska egenskaper och ekonomiska kostnader. Det skulle ge BoKlok ett mer fullständigt underlag för att välja lämpliga material.

För att på ett mer komplett sätt utreda miljöpåverkan som orsakas av materialen i BoKloks bostäder kan fler produktgrupper granskas. För att utredningarna ska vara av betydelse är det lämpligt att prioritera större produktgrupper, som troligen står för majoriteten av byggnadernas miljöpåverkan.

Resultaten i studien kan bland annat användas i framtida utredningar om huruvida det är möjligt och motiverat för BoKlok att certifiera byggnader enligt lämpliga miljöcertifierings-system.

11 Referenser

- Avfall Sverige (2015a) *Förebyggande av avfall*
<http://www.avfallsverige.se/avfallshantering/foerebyggande-av-avfall/> [2016-03-15]
- Avfall Sverige (2015b) *Materialåtervinning gör avfall till resurs*
<http://www.avfallsverige.se/avfallshantering/materialaatervinning/> [2016-03-22]
- Avfall Sverige (2015c) *Energiåtervinning*
<http://www.avfallsverige.se/avfallshantering/energiaatervinning/> [2016-03-22]
- BoKlok (u.å.a) *Om BoKlok*. <http://www.boklok.se/om-boklok/om-boklok/> [2016-01-20]
- BoKlok (u.å.b) *Om våra bostäder* <http://www.boklok.se/boletare/bostader/> [2016-01-20]
- Boverket (2015) *Förslag till svensk tillämpning av nära-nollenergibygnader*.
<http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2015/forslag-till-svensk-tillampning-av-nara-nollenergibygnader-2.pdf> [2016-02-08]
- Byggvarubedömningen (2014) *Byggvarubedömningens Bedömningskriterier 3.0*
https://www.byggvarubedomningen.se/globalassets/information/bedomningskriterier_bvb_2015-04-30-2.pdf [2016-01-29]
- Byggvarubedömningen (2016) <https://www.byggvarubedomningen.se/> (se också Bilaga 4)
- Cembrit (2012) *Environmental Product Declaration Fibre Cement Flatboard Products*
http://construction-environment.com/download/C4f37a652X1365375f564X6f35/EPD_CEM_2012111_E.pdf [2016-04-22]
- Cembrit (2014) *Byggvarudeklaration BVD 3 Urbannature – Cembrit Metro och Cembrit Zenit*
<http://www.cembrit.se/media/4300/bvdplusurbannatureplusmetroplusopluszenit.pdf> [2016-04-22]
- Danestrand, C. (2016) Inköpare BoKlok, personlig kommunikation 2016-02-02
- Ecofoam (u.å.) *Byggvarudeklaration BVD 3 Ecofoam AL 800 foam*, via
<https://www.byggvarubedomningen.se/>
- Ecoinvent (2016) <http://www.ecoinvent.org/> (se också Bilaga 4)
- Ecotransit (u.å.) *Calculation* <http://www.ecotransit.org/calculation.en.html> [2016-05-05]
- Energimyndigheten (2013) *Energiläget 2013* s. 17 <https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=2785> [2016-03-14]
- Energimyndigheten (2014) *Energimyndighetens arbete med nära-nollenergibyggande 2014-06-18 – 2017-06-30*. <http://www.energimyndigheten.se/globalassets/energieffektivisering/program-och-uppdrag/programbeskrivning-nne.pdf> [2016-02-08]
- Energimyndigheten (2015) *Biobränsle* <http://www.energimyndigheten.se/statistik/tillforsel/biobransle/> [2016-03-14]
- EPD-Norge (2012) Product-Category Rules – NPCR 012 rev1 Insulation materials [http://www.epd-norge.no/getfile.php/PDF/PCR/NPCR%20012%20Insulation%20materials\(2\).pdf](http://www.epd-norge.no/getfile.php/PDF/PCR/NPCR%20012%20Insulation%20materials(2).pdf) [2016-03-21]
- Eternit nv (2013) *Environmental Product Declaration Equitone Tectiva*
<http://www.equitone.com/sites/default/files/downloads/EPD%20EQUITONE%20%5Btectiva%5D.pdf> [2016-04-01]

Miljömässigt hållbara material för bostadshus

- Formica (2011) *VIVIX* <http://www.formica.com/sv/se/products/vivix-architectural-panels-by-formica-group#documentsTab> [2016-04-02]
- Formica (2012) *Byggvarudeklaration VIVIX* <http://www.formica.com/sv/se/products/vivix-architectural-panels-by-formica-group#documentsTab> [2016-04-02]
- Google Maps (2016) <https://www.google.se/maps>
- Herrström, U. (2016) KMA-resurs BoKlok, personlig kommunikation 2016-01-26
- Honeywell (2013) *Honeywell Solstice Liquid Blowing Agent* <https://www.honeywell-blowingagents.com/?document=solstice-liquid-blowing-agent-product-overview-europe&download=1> [2016-03-11]
- iCell (2014a) *Byggvarudeklaration iCell – Lösull* <http://icell.ax7c0.eu/141008%20Byggvarudeklaration.pdf> [2016-02-16]
- iCell (2014b) *Byggvarudeklaration BVD 3 iCell Lösull* <http://www.isolerarna.se/wp-content/uploads/2016/01/141218-BVD3.pdf> [2016-02-16]
- iCell (u.å.) *Miljövänlig cellulosaisolering sparar energi och pengar* <http://icell.ax7c0.eu/160404-iCell-broschyr-hemsida.pdf> [2016-02-16]
- Ingarp Trävaror (2014) *Byggvarudeklaration Trävaror*, via <https://www.byggvarubedomningen.se/> (Se också Bilaga 4)
- IPCC (2007) *Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing* <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf> (s 212) [2016-03-09]
- Isover (u.å.) *Värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar U* <http://www.isover.se/u-vardesberakning> [2016-03-15]
- Ivarsson (2013) *Byggvarudeklaration EQUITONE Tectiva* <http://www.ivarssonsverige.se/EQUITONE-tectiva-18270.aspx> [2016-04-01]
- IVL (2003) *Miljö kvalitetsmålet giftfri miljö i en livscykelanalys – normaliseringsmetod för human- och ekotoxicitet* https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEwjUxqv1htLLAhWiK5oKHSqRALIQFggzMAM&url=http%3A%2F%2Fwww.traskydd.com%2F1.0.2.0%2F112%2Fdownload_322.php&usg=AFQjCNEigp-MzBKw-TTJWKeuzs_EbbxcBw [2016-03-21]
- IVL (2009) *Miljövärdering av el ur systemperspektiv* <http://www.svenskfjarrvarme.se/Global/Energieffektivisering/%C3%96vriga%20dokument/Milj%C3%B6v%C3%A4rdering%20av%20el%20IVL%20B1882.pdf> [2016-03-09]
- IVL (2011) *Miljöfaktaboken 2011 Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter* <http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/sokmotor/Rapport1183.pdf> [2016-03-09]
- Jansson, B. (2016) Nordskiffer, personlig kommunikation 2016-04-21
- Kemikalieinspektionen (2015a) *Sök i PRIO* <http://www.kemi.se/prio-start/sok-i-prio> [2016-03-20]
- Kemikalieinspektionen (2015b) *Säkerhetsdatablad* <http://www.kemi.se/hitta-direkt/lagar-och-regler/reach-forordningen/sakerhetsdatablad> [2016-02-03]
- Kemikalieinspektionen (2015c) *Översiktstabell* <http://www.kemi.se/prio-start/kriterier/oversiktstabell> [2016-04-12]
- Kemikalieinspektionen (u.å.a) *Verksamhet* <http://www.kemi.se/om-kemikalieinspektionen/verksamhet> [2016-01-29]
- Kemikalieinspektionen (u.å.b) *PRIO startsida* <http://www.kemi.se/prio-start> [2016-01-29]
- Kemikalieinspektionen (u.å.c) *En hjälp att prioritera* <http://www.kemi.se/prio-start/innan-du-borjar> [2016-01-29]

- Kretsloppsrådet (2007) *Byggvarudeklarationer – Kretsloppsrådets riktlinjer*.
http://www.byggvarudeklarationer.se/wp-content/uploads/2013/04/071008_BVD_3_Riktlinjer_kompl_080404.pdf [2016-02-03]
- Kingspan Insulation (2014a) *Environmental product declaration Kooltherm K5*
http://www.kingspaninsulation.se/getattachment/Miljo-och-hallbarhet/Kooltherm-K5---EPD_KSI_20130227_IAC1_EN.PDF.aspx [2016-04-01]
- Kingspan Insulation (2014b) *Building product declaration BPD 3 Kooltherm K5* via
<https://www.byggvarubedomningen.se/> (Se också Bilaga 4)
- Lagerström, M. (2015) *Nu tar byggsektorn miljön på allvar*
<http://miljoforskning.formas.se/sv/Nummer/Juni-2002/Innehall/Notiser/Nu-tar-byggsektorn-miljon-pa-allvar/> [2016-01-22]
- Liljenström, C., Malmqvist, T., Erlandsson, M., Fredén, J., Adolfsson, I., Larsson, G. & Brogren, M. (2015) *Byggandets klimatpåverkan: Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong*
http://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76c4/1445517730807/B2217_ME.pdf [2016-01-21]
- Lunds Kommun (2015) *Avfallstrappan* <http://www.lund.se/Medborgare/Bygga-bo--miljo/Avfall--atervinning/Lunds-Renhallningsverk/Framtid-nu---ar-du-med/Avfallstrappan/> [2016-03-15]
- Malmborg, C. (2016) Miljöchef BoKlok, personlig kommunikation 2016-01-26
- Moelven (2013) *Byggvarudeklaration Brandskyddat Trä BT impregnerat med Fireguard*
http://www.moelven.com/PageFiles/307083/303_130218_BVD3_Moelven_Brandskyddat_FG-IV_tra.pdf [2016-04-01]
- Moelven (2015) *BT Brandskyddat Trä, impregnerat med Fireguard – Träfasad granpanel*
<https://www.moelven.com/Global/Wood/BT%20Brandskyddat%20Tr%C3%A4/Moelven%20BT%20Brandskyddat%20Tr%C3%A4%20-%20Fireguard%20-%20Produktinstruktion%20Tr%C3%A4fasad%20granpanel%202015-09-28.pdf> [2016-04-01]
- Naturvårdsverket (2012) *De svenska miljömålen – en introduktion*
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-8619-0.pdf?pid=6760> [2016-03-15]
- Naturvårdsverket (2013) *Tillsammans vinner vi på ett giftfritt och resurseffektivt samhälle. Sveriges program för att förebygga avfall 2014-2017* <http://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/avfall/avfallsforebyggande-programmet/avfallsforebyggande-programmet-giftfritt-resurseffektivt-samhalle.pdf> [2016-01-27]
- Naturvårdsverket (2015a) *Giftfri miljö* <http://miljomal.se/sv/Miljomalen/4-Giftfri-miljo/> [2016-01-20]
- Naturvårdsverket (2015b) *God bebyggd miljö* <http://miljomal.se/sv/Miljomalen/15-God-bebyggd-miljo/> [2016-01-20]
- Naturvårdsverket (2015c) *Begränsad klimatpåverkan* <http://miljomal.se/sv/Miljomalen/1-Begransad-klimatpaverkan/> [2016-01-20]
- Naturvårdsverket (2015d) *Ökad resurshushållning i byggsektorn*
<http://www.miljomal.se/sv/etappmalen/Avfall/Okad-resurshushallning-i-byggsektorn/> [2016-01-20]
- Naturvårdsverket (2015e) *Emissionsfaktorer och värmevärden 2015*
<https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/uppdelat-efter-omrade/utslapp/emissionsfaktorer-och-varmevarden-vaxthusgaser-och-luftfororeningar-2015-Rev4.xlsx> [2016-03-02]
- Naturvårdsverket (2015f) *Fossila bränslen* <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Fossila-branslen/> [2016-03-14]

Miljömässigt hållbara material för bostadshus

- Naturvårdsverket (2015g) *Analys av lämpliga åtgärder för att öka återanvändning och återvinning av bygg- och rivningsavfall* <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6660-4.pdf?pid=14683> [2016-03-22]
- Naturvårdsverket (2016a) *Etappmålen* <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Etappmal/> [2016-03-15]
- Naturvårdsverket (2016b) *Alternativ till ozonnedbrytande ämnen* <https://www.naturvardsverket.se/Samar-miljon/Klimat-och-luft/Ozonskiktet/Ozonnedbrytande-amnen/Alternativ-till-ozonnedbrytande-amnen/> [2016-03-17]
- NE (u.å.a) *Isolermaterial* <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/isolermaterial> [2016-02-08]
- NE (u.å.b) *Värmeisolering* <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/v%C3%A4rmeisolering> [2016-02-08]
- NE (u.å.c) *Värmeledningsförmåga* <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/v%C3%A4rmeledningsf%C3%B6rm%C3%A5ga> [2016-02-08]
- NE (u.å.d) *Fasadbeklädnad* <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/fasadbekl%C3%A4dnad> [2016-04-21]
- NE (u.å.e) www.ne.se/bakelit *Bakelit* [2016-03-02]
- Neolife (2015) *Environmental Product Declaration* <http://www.neolife-solutions.com/outlife/7/clad-4-clad-14-cladding> [2016-04-03]
- Nordiskiffer (2015) *Byggvarudeklaration Takskiffer SAMACA*, via <https://www.byggvarubedomningen.se/> (Se också Bilaga 4)
- Nordiskiffer (u.å.) *Skifferbok 2016* http://www.nordiskiffer.com/wp-content/uploads/2016/03/skifferbok_2016_web.pdf [2016-04-08]
- Ny Teknik (2008) *Mercedes snålast bland tungviktarna* http://www.nyteknik.se/nyheter/fordon_motor/motor/article248493.ece [2016-04-14]
- OKQ8 (2010) *Diesel miljöklass 1* https://www.fmv.se/FTP/M7789-000193/datablad/M0754-410000_OKQ8_Diesel_MK1_B0.pdf [2016-04-14]
- Olofsson, C., Holmberg, J., Bjurenvall, T. (2015) *Bostadsbyggandet ökar kraftigt* http://www.scb.se/sv/_Hitta-statistik/Artiklar/Bostadsbyggandet-okar-kraftigt/ [2016-01-22]
- Paroc (2005) *Byggvarudeklaration för stenuil från Paroc AB* http://www.isolerproffs.se/wp-content/uploads/2013/03/Bvd_Paroc_Stenuil_20050705.pdf [2016-03-23]
- Paroc (2012a) *Isolering av mellanväggar* <https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj4iZmTsfdMAhVGGZoKHTKGDAMQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.paroc.se%2F%2Fmedia%2FFiles%2FBrochures%2FSweden%2FInsulation-partitioned-walls-SE.ashx&usg=AFQjCNHPSpZp25uh2Y2CT59ATeD9I92wZA&sig2=7Eyii3JSVyOSN7ELAywV-A&cad=rja> [2016-03-23]
- Paroc (2012b) *Byggvarudeklaration BVD 3 PAROC eXtra* via <https://www.byggvarubedomningen.se/> (Se också Bilaga 4)
- Paroc (u.å.) *Brandklassificering* http://paroc.se/knowhow/brand/brandklassificering?sc_lang=sv-SE [2016-03-23]
- PU Europe (2014) *Environmental product declaration Polyurethane thermal insulation spray foam (closed-cell; density 40 kg/m³)* http://www.poluiuretano.it/pdf_EPD/PU_thermal_insulation_spray_foam_closed-cell_density_40_kg_m3_.pdf [2016-02-25]

- Rydh, C. J., Lindahl, M. & Tingström, J. (2002) *Livscykelanalys, en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster* 7:1 uppl., Lund: Studentlitteratur
- Saint-Gobain ISOVER AB (2014) *Environmental product declaration ISOVER UNI-skiva 35*
http://www.isover.se/sites/isover.se/files/assets/documents/bvd_isover_ultimate.pdf [2016-02-22]
- Saint-Gobain ISOVER AB (2015) *Byggvarudeklaration BVD 3 ISOVER glasull*
http://www.isover.se/sites/isover.se/files/assets/documents/bvd3_isover_glasull_1.pdf [2016-02-22]
- SCB (2013) *Industrins årliga energianvändning 2013*
http://www.scb.se/Statistik/EN/EN0113/2013A01/EN0113_2013A01_SM_EN23SM1402.pdf
 [2016-04-14]
- SCB (2016) *Tillförsel och användning av el 2001-2014* http://www.scb.se/sv/_Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Energi/Tillforsel-och-anvandning-av-energi/Arlig-energistatistik-el-gas-och-fjarrvarme/6314/6321/24270/ [2016-03-03]
- Skogssverige (u.å.) *Torkning av virke* <http://www.skogssverige.se/tra/fakta-om-tra/torkning-av-virke>
 [2016-03-28]
- SMHI (2012) *Växthuseffekten* <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/vaxthuseffekten-1.3844> [2016-03-14]
- SP (2013) *Certificate of constancy of performance - Fireguard impregnated solid wood*
<http://www.sp.se/en/index/services/certprod/certprodprofil/bygg/fasader/fasadbekl/Sidor/default.aspx?certsearch=AX20068> [2016-04-19]
- SP (u.å.) *Europeisk brandklassning av konstruktioner*
<https://www.sp.se/sv/index/information/fireclassification/sidor/default.aspx> [2016-03-17]
- Strandlind, M. (2016), Ecofoam, personlig kommunikation 2016-03-11
- Sto (2011a) *Environmental Product Declaration Adhesive compounds and fillers (organic)*
http://construction-environment.com/download/CY1fbe7cb8X136965c5787X36c6/EPD_STO_2011311_E.pdf
 [2016-04-19]
- Sto (2011b) *Environmental Product Declaration Exterior plaster (organic)* http://construction-environment.com/download/CY1fbe7cb8X136965c5787X36ce/EPD_STO_2011331_E.pdf
 [2016-04-19]
- Sto (2011c) *Environmental Product Declaration Primers and façade paints (organic)*
http://construction-environment.com/download/CY1fbe7cb8X136965c5787X36cb/EPD_STO_2011321_E.pdf
 [2016-04-19]
- Sto (2013) *Environmental Product Declaration StoVentec particle board* http://bau-umwelt.de/download/C795d3ac7X1429e24fb15X4752/EPD_STO_2013431_E.pdf [2016-04-19]
- Sto (2015a) *StoVentec Fasadsystem*
http://www.sto.se/webdocs/0208/sto_se/Documents_Facade_SE/Systembeskrivning_generell_StoVentec_SE_2015_ver1.pdf [2016-04-19]
- Sto (2015b) *Sustainability data sheet StoVentec Fasadskiva*
http://www.sto.se/webdocs/0000/SDB/N_07002-001_0001_SV_01_00.PDF [2016-04-19]
- Stockholmsregionens Avfallsråd (2007) *Brännbart avfall*
<http://www.atervinningscentralen.se/web/page.aspx?refid=173> [2016-04-13]
- SundaHus (2013) *SundaHus Miljödata* <https://www.sundahus.se/tjanster/miljodata/> [2016-04-05]
- SundaHus Miljödata (2016) www.sundahus.se (se också Bilaga 4)

Miljömässigt hållbara material för bostadshus

- Svanström, S. (2015) *Urbanisering – från land till stad* http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Artiklar/Urbanisering—fran-land-till-stad/ [2016-01-22]
- Svensk fjärrvärme (u.å.) *Om fjärrvärme* <http://www.svenskfjarrvarme.se/Fjarrvarme/> [2016-05-06]
- Sveriges Avfallsportal (u.å.) *Deponering* <http://www.sopor.nu/En-sopas-vaeg/Andra-sopor/Deponering> [2016-04-05]
- Teknos (2011) *Miljödeklaration, Måleri Nordica Eko*
[http://web.teknos.se/apps/environment/teknosenvironment.nsf/weblookupallbyunid/24e91bec71db6e6cc125746d003dcf3d/\\$file/nordica%20eko.pdf?openelement](http://web.teknos.se/apps/environment/teknosenvironment.nsf/weblookupallbyunid/24e91bec71db6e6cc125746d003dcf3d/$file/nordica%20eko.pdf?openelement) [2016-04-20]
- ThermoCell (2009a) *Byggvarudeklaration Thermocell träfiberisolering*, via <https://www.byggvarubedomningen.se/> (Se också Bilaga 4)
- ThermoCell (2009b) *Byggvarudeklaration Feelingwood träfiberisolering*
<http://www.feelingwood.se/byggvarudeklaration.htm> [2016-02-15]
- ThermoCell (u.å.a) *ThermoCell Miljöbyggsystem* <http://www.feelingwood.se/pdf/FeelingWood2.pdf> [2016-02-15]
- ThermoCell (u.å.b) *Företaget* <http://www.thermocell.se/> [2016-03-08]
- Transportstyrelsen (u.å.) *Bruttovikter för fordon*
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Yrkestrafik/Gods-och-buss/Matt-och-vikt/Bruttovikter-for-fordon/> [2016-04-14]

Bilaga 1 – Beräkningsunderlag

I denna bilaga presenteras data och beräkningar som är gemensamma för isolerings- och fasadprodukterna, samt antaganden och källhänvisningar.

Bränslen

Tabell B1.1 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för bränslen.

Bränsle	Använda värden				Antaganden	Källa
Värme	Svensk fjärrvärme	GWP	88,6	g CO ₂ e/kWh		IVL 2011
		Omvandlingsfaktor	0,79	kWh primärenergi/kWh fjärrvärme		
Diesel (industri)		Omvandlingsfaktor	1,09	kWh primärenergi/kWh bränsle	0 vol% RME	IVL 2011
	Framställning och distribution	CO ₂	5,78	g/MJ		
		CH ₄	0,034	g/MJ		
		N ₂ O	5,55 E-05	g/MJ		
	Förbränning	CO ₂	72,01	g/MJ		Naturvårdsverket 2015e
		CH ₄	0,004	g/MJ		
		N ₂ O	3,08	g/MJ		
	Totalt	GWP	3559	g CO ₂ e/kWh		
Eldningsolja 1 (lätt)		Omvandlingsfaktor	1,11	kWh primärenergi/kWh bränsle		IVL 2011
		Energiinnehåll	35,82	GJ/m ³		Naturvårdsverket 2015e
		Densitet	840	kg/m ³		OKQ8 2010
	Framställning och distribution	CO ₂	5,31	g/MJ		IVL 2011
		CH ₄	0,029	g/MJ		
		N ₂ O	5,26 E-05	g/MJ		
	Förbränning	CO ₂	74,3	g/MJ	Användning i storskaligt värmeverk	IVL 2011
		CH ₄	0,001	g/MJ		
		N ₂ O	6,0 E-04	g/MJ		
	Totalt	GWP	288	g CO ₂ e/kWh		

Miljömässigt hållbara material för bostadshus

Bränsle	Använda värden				Antaganden	Källa
Eldningsolja 2-5 (tung)		Omvandlingsfaktor			Samma som för eldningsolja 1	
		Energiinnehåll	38,16	GJ/m ³		Naturvårdsverket 2015e
		Densitet	900	kg/m ³		SCB 2013
	Framställning och distribution				Samma som för eldningsolja 1	
	Förbränning	CO ₂	76,2	g/MJ	Användning i storskaligt värmeverk	IVL 2011
		CH ₄	0,002	g/MJ		
		N ₂ O	0,005	g/MJ		
	Totalt	GWP	299	g CO ₂ e/kWh		
Stenkol		Omvandlingsfaktor	1,06	kWh primärenergi/kWh bränsle		IVL 2011
		Energiinnehåll	27,21	GJ/ton		
	Framställning och distribution	CO ₂	4,15	g/MJ		IVL 2011
		CH ₄	0,562	g/MJ		
		N ₂ O	2,35 E-05	g/MJ		
	Förbränning	CO ₂	334,8	g/kWh		Naturvårdsverket 2015e
		CH ₄	0,007	g/kWh		
		N ₂ O	0,005	g/kWh		
	Totalt	GWP	402	g CO ₂ e/kWh		
Koks		Omvandlingsfaktor			Samma som för stenkol	
		Energiinnehåll				
	Framställning och distribution				Samma som för stenkol	
	Förbränning	CO ₂	370,8	g/kWh		Naturvårdsverket 2015e
		CH ₄	0,007	g/kWh		
		N ₂ O	0,005	g/kWh		
	Totalt	GWP	438	g CO ₂ e/kWh		
Naturgas		Omvandlingsfaktor	1,09	kWh primärenergi/kWh bränsle		IVL 2011
		Energiinnehåll	39,04	MJ/m ³		Naturvårdsverket 2015e
	Framställning och distribution	CO ₂	5,53	g/MJ		IVL 2011
		CH ₄	0,275	g/MJ		
		N ₂ O	2,6 E-12	g/MJ		
	Förbränning	GWP	203	g CO ₂ e/kWh	Användning i kombi-kraftverk	
	Totalt	GWP	247	g CO ₂ e/kWh		

Avfallsförbränning

Tabell B1.2 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för avfallsförbränning.

Avfallssort	Använda värden			Antaganden	Källa
Trädbränsle	Energiinnehåll	16,92	MJ/kg		Naturvårdsverket 2015e
Avfall, fossil fraktion	Energiinnehåll	10,8	MJ/kg		Naturvårdsverket 2015e
	GWP	339	g/kWh		
Polyuretan (PU/PUR)	Energiinnehåll	25,5	MJ/kg		Ecofoam u.å.
	GWP			Samma som för "avfall, fossil fraktion"	

Transporter

Tabell B1.3 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för transporter med lastbil.

Använda värden					Antaganden	Källa
Last			16	ton		Transportstyrelsen u.å.
Bränsleförbrukning			3	liter/mil	Lastbil, 40 ton (diesel)	Ny Teknik 2008
Diesel	Densitet		0,81	kg/liter		OKQ8 2010
	Energiinnehåll		35,28	GJ/m ³		IVL 2011
	Omvandlingsfaktor		1,1	MJ primärenergi/ MJ bränsle		
	Framställning och distribution	CO ₂	6,32	g/MJ	5 vol% RME	
		CH ₄	0,033	g/MJ		
		N ₂ O	0,001	g/MJ		
	Förbränning	CO ₂	69,6	g/MJ	Användning i tung lastbil utan släp	
		CH ₄	0,0008	g/MJ		
		N ₂ O	0,001	g/MJ		
Totalt		GWP	21,66	g CO ₂ e/kWh		
Totalt	Energianvändning		0,00073	MJ per kg last och km		
	GWP		0,0512	g CO ₂ e per kg last och km		

Tabell B1.4 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för transporter med båt.

Använda värden				Antaganden	Källa
Last		100	ton	Havsfartyg, <35k dwt	Ecotransit u.å.
Totalt	Energianvändning	7,96E-5	MJ per kg last och km		
	GWP	0,0062	g CO ₂ e per kg last och km		

Bilaga 2 – Beräkningar för isolering

I denna bilaga presenteras data och beräkningar för respektive isoleringsprodukter, samt antaganden och källhänvisningar.

Stenull: Paroc

Tabell B2.1 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Paroc.

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per kg råvara	per kg isolering		
Råvaru-framställ-ning	Stenråvara (85,8 %)	El	0,006 kWh		Basalt. Europeisk el. Svensk fjärrvärme.	Ecoinvent 2016
		Diesel	0,041 MJ			
		Värme	0,0003 MJ			
	Dolomit (23,6 %)	El	0,032 kWh		Europeisk el. Svensk fjärrvärme.	Ecoinvent 2016
		Diesel	0,018 MJ			
		Värme	0,093 MJ			
	Fenolformaldehyd-harts (6 %)	El	0,013 kWh		Europeisk el. Svensk fjärrvärme.	Ecoinvent 2016
		Värme från naturgas	1,349 MJ			
		Värme	1,445 MJ			
		Formaldehyd	1,0 g	0,06 g		
	Mineralolja (3,4 %)	Koldioxid	311 g		Paraffin-olja. Europeisk el. Svensk fjärrvärme.	Ecoinvent 2016
		El	0,026 kWh			
		Värme från naturgas	2,77 MJ			
		Värme	2,03 MJ			
	Internt stenullspill som återvinns (46 %)				46 % av påverkan från råvaru-framställ-ning bortses från.	Paroc 2005
	Totalt	GWP		39,2 g CO ₂		
		Energi-användning		0,07 kWh		
		Formaldehyd		0,032 g		
Transporter	Europa (råvaror) till Hällekis/ Hässleholm (fabrik)	GWP		55,8 g CO ₂	Transport-sträcka 1500 km	
		Energi-användning		0,22 kWh		

Miljömässigt hållbara material för bostadshus

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per kg råvara	per kg isolering		
Tillverkning		Koldioxid		980 g	Från förbränning av koks och eldningsolja	Paroc 2005
		El		0,40 kWh	Svensk el	
		Koks		2,00 kWh		
		Eo1		0,40 kWh		
		Formaldehyd		< 0,3 g	0,3 g	
		Fenol		< 0,3 g	0,3 g	
	Totalt	GWP		1985 g CO ₂		
		Energi-användning		3,40 kWh		
		Formaldehyd		< 0,3 g		
		Fenol		< 0,3 g		
Montering					Ingen påverkan	
Drift	Egenemissioner	Formaldehyd < 15 µg/m ² h				Paroc 2005
		TVOC < 20 µg/m ² h				
		Enskilda VOC < 5 µg/m ² h				
Avfalls-hantering					Material-återvinning i form av anläggnings-massor	

Hårdskum: Kingspan

Tabell B2.2 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Kingspan.

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per m ² (d = 100 mm)	per kg isolering		
Råvaru-framställ-ning	Fenolharts (97 %)	Formaldehyd		0,56 g	GWP och energian-vändning ingår i ”Totalt”	Ecoinvent 2016
		Fenol		3,50 g		
	Glasfiber (3 %)				GWP och energian-vändning ingår i ”Totalt”	
	Totalt	GWP	8,32 g CO ₂	2377 g CO ₂		Kingspan Insulation 2014b
		Energi-användning	80,33 kWh	22,95 kWh		
		Formaldehyd		0,56 g		
		Fenol		3,50 g		
Transporter	Råvaror till fabrik	GWP	147 g CO ₂	42 g CO ₂		Kingspan Insulation 2014b
		Energi-användning	0,57 kWh	0,16 kWh		
	Tiel, Nederländerna (fabrik) till Malmö (Sveriges gräns)	GWP		41 g CO ₂	Transport-sträcka 800 km	
		Energi-användning		0,16 kWh		
	Totalt	GWP		83 g CO ₂		
		Energi-användning		0,32 kWh		
Tillverkning		GWP	1390 g CO ₂	397 g CO ₂		Kingspan Insulation 2014b
		Energi-användning	2,16 kWh	0,62 kWh		
Montering					Ingen påverkan	
Drift	Egenemissioner	TVOC 9 µg/m ² h				Kingspan Insulation 2014a
Avfalls-hantering		GWP		996 g CO ₂	Energi-återvinning (fossil fraktion)	
		Energi-användning		-2,93 kWh		

Cellulosa: ThermoCell lösull

Tabell B2.3 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för ThermoCell lösull.

Livscykel-fas	Underkategori		Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
				per kg råvara	per kg isolering		
Råvaru-framställning	Pappers-massa (CTMP) (96 %)	Furu /gran	Diesel	0,033 MJ		50 % furu, 50 % gran	Ecoinvent 2016
		Pappers-massa-tillverkning	El	1,93 kWh		Svensk el. Svensk fjärrvärme	Ecoinvent 2016
			Värme från naturgas	0,21 MJ			
			Värme	1,23 MJ			
	Ammonium-polyfosfat (5 %)		El	0,03 kWh		Europeisk el	Ecoinvent 2016
			Värme från naturgas	0,29 MJ			
	Totalt		GWP		142 g CO ₂		
			Energi-användning		4,2 kWh		
Transporter	Sundsvall (råvaror) till Västerås (fabrik)		GWP		17,8 g CO ₂	Transport-sträcka 350 km	
			Energi-användning		0,07 kWh		
Tillverkning			El		0,045 kWh	Svensk el	Thermo-Cell 2009a
	Totalt		GWP		1,64 g CO ₂		
			Energi-användning		0,095 kWh		
Montering						Ingen påverkan	
Drift						Ingen påverkan	
Avfalls-hantering			Energi-användning		-4,5 kWh	Energi-återvinning (trädbränsle)	

Cellulosa: FeelingWood

Tabell B2.4 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Feeling-Wood.

Livscykel-fas	Underkategori		Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
				per kg råvara	per kg isolering		
Råvaru-framställ-ning	Pappers-massa (CTMP) (82-88 %)	Furu /gran	Diesel	0,033 MJ		Pappers-massa 85 %. 50 % furu, 50 % gran	Ecoinvent 2016
			Pappers-massa-tillverk-ning	El	1,93 kWh		Svensk el. Svensk fjärrvärme
		Värme från naturgas		0,21 MJ			
		Värme		1,23 MJ			
	Ammonium-polyfosfat (6-9 %)	El	0,03 kWh		Ammonium polyfosfat 7,5 %. Europeisk el.	Ecoinvent 2016	
		Värme från naturgas	0,29 MJ				
	Polyetenfiber (6-9 %)	El	0,19 kWh		Polyeten-fiber 7,5 %. Europeisk el. Svensk fjärrvärme.	Ecoinvent 2016	
		Värme från naturgas	0,67 MJ				
		Värme	0,97 MJ				
	Totalt		GWP		139 g CO ₂		
			Energi-användning		3,82 kWh		
Transporter	Sundsvall (råvaror) till Västerås (fabrik)		GWP		17,8 g CO ₂	Transport-sträcka 350 km	
			Energi-användning		0,07 kWh		
Tillverkning			El		0,045 kWh	Svensk el	Thermo-Cell 2009a
	Totalt	GWP		1,64 g CO ₂			
		Energi-användning		0,095 kWh			
Montering						Ingen påverkan	
Drift						Ingen påverkan	
Avfalls-hantering			Energi-användning		-4,0 kWh	Energi-återvinning (trädbränsle)	

Cellulosa: iCell

Tabell B2.5 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för iCell.

Livscykel-fas	Underkategori		Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
				per kg råvara	per kg isolering		
Råvaru-framställ-ning	Återvunna dagstidningar (90 %)					Eftersom råvaran är en restprodukt antas ingen påverkan vid fram-ställning.	
	Brand-hämm-ande medel Halcit 210 (10 %)	Alumi-nium-hydroxid	El	0,06 kWh		Europeisk el	Ecoinvent 2016
			Värme från naturgas	1,76 MJ			
			Värme från tung eldningsolja	1,15 MJ			
			Värme från lätt eldningsolja	0,003 MJ			
			Värme från stenkolk	2,15 MJ			
		Ammon-ium-poly-fosfat	El	0,03 kWh		Europeisk el	Ecoinvent 2016
			Värme från naturgas	0,29 MJ			
		Ammon-iumsulfat	Diesel	0,02 MJ		Europeisk el. Svensk fjärrvärme	Ecoinvent 2016
			El	0,15 kWh			
			Värme från naturgas	22,3 MJ			
	Totalt						
		GWP		75,9 g CO ₂			
		Energi-användning		0,34 kWh			
Transporter	Sverige (råvaror) till Älvdalen (fabrik)		GWP		25,6 g CO ₂	Transport-sträcka 500 km	
			Energi-användning		0,10 kWh		
Tillverkning			El		0,075 kWh	Svensk el	iCell 2014b
	Totalt	GWP		2,73 g CO ₂			
		Energi-användning		0,158 kWh			
Montering						Ingen påverkan	
Drift						Ingen påverkan	
Avfalls-hantering			Energi-användning		-4,26 kWh	Energi-återvinning (trädbränsle)	

Glasull: Isover

Tabell B2.6 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Isover.

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per kg råvara	per kg isolering		
Råvaru-framställning, transport och tillverkning	Glasull (> 90 %)				90 %, 10 % respektive 1 %. GWP och energi-användning ingår i ”Totalt”.	Ecoinvent 2016
	Bakelit (< 10 %)	Formaldehyd	1 g	0,1 g		
	Paraffinolja (< 1 %)					
	Totalt	GWP	710 g CO ₂	1193 g CO ₂		Saint-Gobain ISOVER AB 2014
		Energi-användning	7,08 kWh	11,9 kWh		
		Formaldehyd		0,1 g		
Montering					Ingen påverkan	
Drift	Egenemissioner	Formaldehyd < 15 µg/m ² h				Saint-Gobain ISOVER AB 2015
		TVOC < 20 µg/m ² h				
		Enskilda VOC < 5 µg/m ² h				
Avfalls-hantering					Material-återvinning i form av anläggnings-massor	

Sprayisolering: Ecofoam

Tabell B2.7 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Ecofoam.

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per m ² (d = 13 cm)	per kg isolering		
Råvaru-framställning, transporter och tillverkning		GWP	16600 g CO ₂	3192 g CO ₂		PU Europe 2014
		Energi-användning	111 kWh	21,4 kWh		
		Etylenoxid		< 14 g		
Montering		GWP	38 200 g CO ₂	7346 g CO ₂		PU Europe 2014
		Energi-användning	0,36 kWh	0,07 kWh		
Drift					Ingen påverkan	
Avfalls-hantering		GWP		2424 g CO ₂	Energi-återvinning (polyuretan)	
		Energi-användning		- 7,14 kWh		

Bilaga 3 – Beräkningar för fasader

I denna bilaga presenteras data och beräkningar för respektive fasadprodukter, samt antaganden och källhänvisningar.

Skiva: Ivarsson

Tabell B3.1 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Ivarsson.

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per kg råvara	per m ² fasad		
Råvaru-framställ-ning	Sand (>30%), cement (>30%), cellulosa (<10%), pigment (<10%), wollastonite (<10%), lera (<10%), kalk (<10%)	GWP		6000 g CO ₂	8 mm tjocklek	Eternit nv 2013
		Energi-användning		34,72 kWh		
Transporter	Råvaror till fabrik	GWP		980 g CO ₂		Eternit nv 2013
		Energi-användning		3,36 kWh		
	Belgien (fabrik) till Sveriges gräns	GWP		750 g CO ₂	Transport-sträcka 980 km	
		Energi-användning		2,99 kWh		
	Totalt	GWP		1730 g CO ₂		
		Energi-användning		6,35 kWh		
Tillverkning		GWP		1100 g CO ₂		
		Energi-användning		0,0002 kWh		
Montering					Ingen påverkan	
Drift					Ingen påverkan	
Avfalls-hantering					Material-återvinning i form av anläggnings-massor	

Skiffer: Nordskiffer

Tabell B3.2 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Nordskiffer.

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per kg fasad	per m ² fasad		
Råvaru-framställning och tillverkning		GWP	29,5 g CO ₂ e	885 g CO ₂ e	Medelvärde 0,005-0,054 kg CO ₂ e/kg produkt. 30 kg/m ²	Nordskiffer u.å., Jansson 2016
		Energi-användning	0,16 g CO ₂ e	4,6 kWh	All klimat-påverkan antas vara indirekta utsläpp vid elanvändning. Europeisk el.	
Transporter	Transporter från fabrik (Spanien) till Sveriges gräns (Helsingborg)	GWP	13,9 g CO ₂ e	417 g CO ₂ e	Transportsträcka 2200 km (båt)	
		Energi-användning	0,05 kWh	1,5 kWh		
Montering					Ingen påverkan.	
Drift					Ingen påverkan.	
Avfalls-hantering					50 % åter-användning. 50 % material-återvinning i form av anläggningsmassor.	

Puts: Sto

Tabell B3.3 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Sto.

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per kg produkt	per m ² fasad		
Råvaru-framställning, råvaru-transporter och tillverkning	StoVentec Fasadskiva	GWP		14 300 g CO ₂ e	Densitet 510 kg/m ³ . Tjocklek 20 mm.	Sto 2013
		Energi-användning		73 kWh		
	Grundputs StoArmat Classic Plus	GWP	462 g CO ₂ e	1848 g CO ₂ e	Förbrukning 4 kg/m ²	Sto 2011a
		Energi-användning	3 kWh	12 kWh		
	Ytputs Stolit	GWP	235 g CO ₂ e	705 g CO ₂ e	Förbrukning 3 kg/m ²	Sto 2011b
		Energi-användning	2,5 kWh	7,3 kWh		
	Färg StoSilco Color	GWP		232 g CO ₂ e	Förbrukning 0,33 l/m ² (två strykningar)	Sto 2011c
		Energi-användning		1,6 kWh		
	Totalt	GWP		17085 g CO ₂ e		
		Energi-användning		94 kWh		
Transporter	Fabrik (Tyskland) till Sveriges gräns	GWP	53 g CO ₂ e	25 g CO ₂ e	Transportsträcka 1030 km	
		Energi-användning	0,2 kWh	0,1 kWh		
Montering					Ingen påverkan	
Drift					Ingen påverkan	
Avfalls-hantering					Materialåtervinning i form av anläggningsmassor	

Träpanel: Ingarp

Tabell B3.4 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Ingarp.

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per m ³ råvara	per m ² fasad		
Råvaru-framställning	Furu	Diesel	15,8 MJ		50 % furu, 50 % gran, Densitet 500 kg/m ³ , Tjocklek 22 mm	Ecoinvent 2016
	Gran	Diesel	10,7 MJ			Ecoinvent 2016
	Totalt (medel)	GWP	1055 g CO ₂ e	23 g CO ₂ e		
		Energi-användning	4,0 kWh	0,09 kWh		
Transporter	Råvaror till fabrik	GWP		56 g CO ₂ e	Transport-sträcka 100 km	
		Energi-användning		0,22 kWh		
Tillverkning	Torkning av trä	El	250 kWh		Från 75 % till 15 % fukt. Svensk el.	Skogs-Sverige u.å.
	Sågning	Diesel	29,4 MJ			Ecoinvent 2016
		El	19,7 kWh		Svensk el	
	Totalt	GWP		268 g CO ₂ e		
		Energi-användning		12,7 kWh		
Montering					Ingen påverkan	
Drift					Ingen påverkan	
Avfalls-hantering		Energi-användning		- 52 kWh	Energi-återvinning (trädbränsle)	

Träpanel: Moelven

Tabell B3.5 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Moelven.

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per m ³ råvara	per m ² fasad		
Råvaru-framställning	Furu	Diesel	15,8 MJ		90 % (50 % furu, 50 % gran), Densitet 500 kg/m ³ , Tjocklek 22 mm	Ecoinvent 2016
	Gran	Diesel	10,7 MJ			Ecoinvent 2016
	Totalt (medel)	GWP	1055 g CO ₂ e	21 g CO ₂ e		
		Energi-användning	4,0 kWh	0,08 kWh		
Transporter	Fabrik (Norge) till Sveriges gräns	GWP	14,5 g CO ₂ e	159 g CO ₂ e	Transportsträcka 280 km (lastbil).	
		Energi-användning	0,06 kWh	0,63 kWh		
Tillverkning		El	198 kWh		Medelvärde av Eo1 och Eo2-5	
		Olja	683 kWh			
		GWP		4833 g CO ₂ e		
		Energi-användning		24 kWh		
Montering					Ingen påverkan	
Drift					Ingen påverkan	
Avfalls-hantering		Energi-användning		-52 kWh	Energi-återvinning (trädbränsle)	

Skiva: Formica

Tabell B3.6 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Formica.

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per kg råvara	per m ² fasad		
Råvaru- framställ- ning	Oblekt kraftpapper (65-72 %)	El	0,946 kWh		71 % (inkl 2,5 % dekor-papper). Europeisk el. 6 mm tjock-lek. Densitet 1,35 g/cm ³ .	Ecoinvent 2016
		Stenkol	0,00255 kg			
		Tung eldningsolja	0,035 kg		Direkta utsläpp	
		Lätt eldnings-olja	0,00794 kg			
		Naturgas	0,01413 m ³			
		CO ₂	175 g CO ₂			
		CH ₄	0,00651 g CH ₄			
	Dekorpapper (1-4 %)				Oblekt kraftpapper	
	Melamin (1-4 %)	El	0,013 kWh		2,5 %	Ecoinvent 2016
		Värme från naturgas	1,35 MJ		Svensk fjärrvärme.	
		Värme	1,45 MJ			
	Fenolharts (26-28 %)	El	0,333 kWh		27 %	Ecoinvent 2016
		CO ₂	46,8 g CO ₂		Direkta utsläpp	
	Plexiglas (1-2 %)				Försummas	
	Totalt	GWP	4934 g CO ₂ e			
		Energi-användning	18,5 kWh			
Transporter	Transporter från fabrik (Spanien) till Sveriges gräns (Malmö)	GWP		1036 g CO ₂ e	Transport-sträcka 2500 km (lastbil)	
		Energi-användning		4,13 kWh		
Tillverkning		GWP		1652 g CO ₂ e	Medelvärden för tillverk-ning av skiv-fasaderna Cembrit och Ivarsson.	
		Energi-användning		8,19 kWh		
Montering					Ingen påverkan.	
Drift					Ingen påverkan.	
Avfalls-hantering		GWP		2495 g CO ₂ e	Energiåter-vinning. 70 % träd-bränsle, 30 % fossil avfalls-fraktion.	
		Energi-användning		- 34,21 kWh		

Skiva: Cembrit

Tabell B3.7 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Cembrit.

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per kg fasad	per m ² fasad		
Råvaru-framställning		GWP	531,7 g CO ₂ e	7231 g CO ₂ e	Densitet 1700 kg/m ³ , tjocklek 8 mm.	Cembrit 2012
		Energi-användning	2,15 kWh	29 kWh		
Transporter		GWP	10,9 g CO ₂ e	148 g CO ₂ e		
		Energi-användning	0,042 kWh	0,6 kWh		
Tillverkning		GWP	162 g CO ₂ e	2203 g CO ₂ e		
		Energi-användning	1,2 kWh	16 kWh		
Montering					Ingen påverkan.	
Drift					Ingen påverkan.	
Avfalls-hantering					Material-återvinning i form av anläggningsmassor.	

Skiva: Neolife

Tabell B3.8 Underlag för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan (GWP) för Neolife.

Livscykel-fas	Underkategori	Miljöpåverkan			Antaganden	Källa
			per kg råvara	per m ² fasad		
Råvaru-framställning och tillverkning		GWP		16 500 g CO ₂ e		Neolife 2015
		Energi-användning		171,7 kWh		
Transporter	Fabrik (Frankrike) till Sveriges gräns	GWP		704 g CO ₂ e	Transportsträcka 1500 km.	
		Energi-användning		2,8 kWh		
Montering					Ingen påverkan.	
Drift					Ingen påverkan.	
Avfalls-hantering		GWP		2,4 g CO ₂ e	Energi-återvinning. 91 % trädbränsle, 9 % fossil avfallsfraktion	
		Energi-användning		- 36,4 kWh		

Bilaga 4 – Referenser till databaser

I denna bilaga presenteras referenser till databasen Ecoinvent och bedömningssystemen Byggvarubedömningen och SundaHus Miljödata mer utförligt. Informationen kan användas för att söka upp specifik data som har använts i beräkningarna. Observera att samtliga tre verktyg kräver inloggningsuppgifter.

Byggvarubedömningen (2016)

BT Brandskyddat trä, impregnerat med Fireguard, Moelven Wood AB (2014)

Cembrit Urbannature Metro, Edge, Fusion, True (2012)

Ecofoam AL 800 (2013)

Equitone Tectiva / Linea (2015)

iCell lösull (2015)

Isover glasull (2011)

Kingspan Kooltherm K5 (2014)

Nordskiffer (2015)

Paroc eXtra (2013)

Sto Glasfiberväv M (2016)

StoArmat Classic Plus (2014)

StoSilco Color QS bruten (2014)

Stolit K/R (2013)

StoVentec fasadskiva (2013)

Trävaror, Ingarps Trävaror AB (2014)

VIVIX EDS kvalitet, EGS kvalitet, Formica (2012)

Ecoinvent (2016)

Classen, M. (2003) *Basalt quarry operation, RER*

Heil, A. (1998) *Ammonium sulfate production, RER*

Hischier, R. (1995) *Paraffin production, RER*

Hischier, R. (2000) *Chemi-thermomechanical pulp production, RER*

Hischier, R. (2000) *Dolomite production, RER*

Hischier, R. (2000) *Kraft paper production, unbleached, RER*

Hischier, R. (2000) *Phenolic resin production, RER*

Hischier, R. (2000) *Polyethylene terephthalate production, granulate, amorphous, RER*

Nemecek, T. (1999) *Diammonium phosphate production, RER*

Miljömässigt hållbara material för bostadshus

Osses, M. (1995) *Melamine formaldehyde resin production, RER*

Osses, M. (2000) *Urea formaldehyde resin production, RER*

Werner, F. (2012) *Softwood forestry, pine, sustainable forest management, SE*

Werner, F. (2012) *Softwood forestry, spruce, sustainable forest management, SE*

Werner, F. (2013) *Sawing, softwood, GLO*

Wu, L. (2012) *Aluminium hydroxide production, GLO*

SundaHus Miljödata (2016)

BT (Brandskyddat Trä) (2013)

Cembrit Metro Urbannature (2015)

Cembrit True Urbannature (2015)

Ecofoam AL 800 (2014)

Equitone Tectiva (2014)

FeelingWood träfiberisolering (2013)

Formica Vivix fasadskiva (ospecificerad) (2013)

Glasull, Isover (2015)

iCell lösull (2013)

Kooltherm K5 Regelskiva (2015)

Nordica Eko Husfärg (2015)

Paroc eXtra, Vägg/Bjälklagsskiva Trä (2015)

Paroc Stenull (2013)

Skiffer, tak Samaca (2015)

StoArmat Classic Plus (2015)

StoColor Silco (ospecificerad) (2015)

Stolit K/R (ospecificerad) (2015)

StoVentec Fasadskiva (ospecificerad) (2015)

Thermocell träfiberisolering (2013)

Trävaror av gran (2014)