

Att bygga hållbara småhus som privatperson

En studie om materialval, kostnad och hinder

Patricia Dahlfors
Sofia Näsström

Civilingenjör, Arkitektur
2024

Luleå tekniska universitet
Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser

[Denna sida har avsiktligt lämnats tom]

FÖRORD

Detta examensarbete är det avslutande momentet för civilingenjör arkitektur med inriktning husbyggnad på Luleå tekniska universitet. Vi valde att skriva om detta ämne delvis av intresse för byggt teknik men också för att vi vill bidra till ett mer hållbart byggande. Under projektets gång har vi lärt oss mycket som vi tar med oss vidare i arbetslivet, samtidigt som vi har haft väldigt roligt under tiden.

Vi vill speciellt tacka vår handledare Petter Lundqvist som hjälpt och stöttat oss under arbetet och även vår examinator Jarkko Erikshammar. Vi vill också tacka ägaren av exempelhuset (småhus A) som bidragit till studie, samt alla personer och företag som tagit sig tid att svara på våra frågor utförligt vilket har gjort projektet möjligt och mer verklighetsbaserat.

Slutligen vill vi tacka alla lärare vi mött på vägen under utbildningen som gett oss en bra grund inför kommande utmaningar i arbetslivet.

Maj 2024 Luleå



Patricia Dahlfors



Sofia Näsström

SAMMANFATTNING

Bygg- och fastighetssektorn representerade år 2021 21,7% av Sveriges inhemska utsläpp (Boverket, 2023a). Detta visar på en stor potential i branschen att minska klimat- och miljöpåverkan som går i linje med FN:s hållbarhetsmål. Företag arbetar aktivt med att bygga mer hållbart, men privatpersoner som bygger småhus har också möjlighet att bidra till en positiv förändring. Detta projekt syftar till att jämföra olika materialval i klimatskalet i småhus ur ett hållbarhetsperspektiv. Ett av de analyserade alternativen är ett befintligt nybyggt exempelhus (småhus A) med mindre vanliga materialval, som har jämförts mot ett konventionellt sätt att bygga svenska småhus på (småhus B) som framtagits genom en enkätundersökning. Frågorna i enkätundersökningen har baserats på befintlig litteratur om vanligt förekommande material som skickats till 53 byggföretag, varav 31 företag svarat. Ett egenutvecklat förslag (småhus C) har även tagits fram med målet att förbättra materialvalen ur ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv.

För att kunna utvärdera miljömässig hållbarhet har en livscykelanalys genomförts där utsläpp av koldioxidekvivalenter studerats under delar av bygg- och användningsskedet. Material- och transportkostnad har även analyserats ekonomiskt med hjälp av en livscykelkostnad. För att ett förslag ska vara hållbart måste den ekonomiska och miljömässiga aspekten balanseras, som kan uppnås om lösningen är miljövänlig samtidigt som den är ekonomisk försvarbar. Det egenutvecklade förslaget är baserat på resultatet av livscykelanalysen och livscykelkostnaden från småhus A och B, samt utefter befintliga hinder som undersökts genom litteratur och ett frågeformulär som skickats ut till några aktörer som är med och påverkar byggprocessen. Två fiktiva småhusmodeller som utgår från den genomsnittliga boarean av småhus i Sverige togs fram, som resultatet av studien applicerades på för att ge en uppfattning om totalt CO₂eq utsläpp och kostnad för ett småhus.

Resultatet visade att småhus B är det billigaste alternativet, men även det som genererar störst koldioxidutsläpp. För 105 000 eller 124 000 kr mer för material- och transportkostnad för de framtagna fiktiva småhusen med area 122 kvm, kan 7,1 respektive 12,1 ton koldioxidekvivalenter sparas in om materialen i småhus C används i stället. Småhus A är mer miljövänligt sett till koldioxidutsläpp än småhus B men sämre än småhus C, och ekonomiskt mer kostsamt än både småhus B och C. Det material som är den största faktorn både ekonomiskt och miljömässigt är valet av isolering i vägg och tak. Resultatet från enkätundersökningen om vanliga materialval i svenska småhus visade att det verkar finnas en branschstandard för materialval i småhus.

ABSTRACT

21,7 % of Sweden's domestic emissions in 2021 was represented by the building and real estate sector (Boverket, 2023a), which highlights a considerable potential to reduce emissions in line with UN's sustainability goals. As well as companies, individuals also have the opportunity to contribute to a positive change by building more sustainable houses. This project aims to compare different material choices in the building envelope of houses from a sustainability perspective. One of the analyzed alternatives is an existing newly built example house (house A) built with less common materials, which was compared to a conventional Swedish house (house B) based on a conducted survey. A literature study of common existing materials were the foundation for survey, which was sent to 53 construction companies were 31 companies responded. An alternative proposition (house C) was developed during the project with the goal of improving material choices from both an economic and environmental perspective.

A life cycle analysis has been conducted to evaluate environmental sustainability by studying carbon dioxide equivalent emissions during material extraction and production, transportation, and the use stage. A life cycle cost assessment has been used to analyze material and transportation cost. The economic and environmental aspects must be balanced in order for a solution to be sustainable. This can be achieved if the solution is environmentally friendly while also being economically justifiable. House C is based on the results of the life cycle analysis and life cycle cost from house A and B, as well as existing obstacles that were examined through literature and questionnaire that was sent to involved stakeholders in the building process. Two fictional house models were created based on the average living area of small houses in Sweden. The result of the study was applied to these models to provide an estimate of the total CO₂e emissions and cost for a small house.

The obtained results showed that the cheapest option is house B, but it also generates the highest carbon dioxide equivalent emissions. For an additional cost of 105 000 sek or 124 000 sek for the fictional houses with an area of 122 square meters, 7,1 and 12,1 tons of carbon dioxide equivalent emissions could be reduced if the material propositions for house C is used instead. House A is more environmentally friendly with regards to house B, but less so than house C. On the other hand, it is more expensive than both house B and C. The biggest factor is the choice of insulation materials in walls and the roof, regarding both the economic and environmental aspect. The result of the survey on common material choices in Swedish small houses indicates that there seems to be an industry standard for material choices on these houses.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 PROBLEMFÖRMULERING	1
1.3 SYFTE OCH MÅL	1
1.4 FRÅGESTÄLLNINGAR	2
1.5 AVGRÄNSNINGAR	2
2. TEORI OCH LITTERATURGENOMGÅNG	3
2.1 BYGGNADSMATERIAL	3
2.2 GENOMSNITTLIG STORLEK PÅ SMÅHUS I SVERIGE	4
2.3 LIVSCYKELANALYS	5
2.4 LIVSCYKELKOSTNAD	7
2.5 HINDER MED HÅLLBART SMÅHUSBYGGANDE	7
2.5.1 AKTÖRER SOM PRIVATPERSONER MÖTER I BYGGPROCESSEN	11
3. METOD	13
3.1 PRESENTATION AV SMÅHUS	13
3.1.1 SMÅHUS A	13
3.1.2 SMÅHUS B	17
3.1.3 SMÅHUS C	23
3.2 U-VÄRDEBERÄKNING	29
3.3 DIMENSIONERING AV SMÅHUSMODELL	31
3.4 LIVSCYKELANALYS	32
3.5 LIVSCYKELKOSTNAD	33
3.6 FÖRFATTARNAS BIDRAG	34
4. RESULTAT OCH ANALYS	35
4.1 SVAR FÖR SMÅHUS B ENKÄTUNDERSÖKNING	35
4.1.1 SVAR VÄGGKONSTRUKTION FRÅN ENKÄTDELTAGARE	35
4.1.2 SVAR GRUNDKONSTRUKTION FRÅN ENKÄTDELTAGARE	36
4.1.3 SVAR TAKKONSTRUKTION FRÅN ENKÄTDELTAGARE	37
4.1.4 SAMMANSTÄLLNING AV MATERIALVAL SMÅHUS B	38
4.2 U-VÄRDE	39
4.3 LIVSCYKELANALYS OCH BYGGSEKTORNS MILJÖBERÄKNINGSVERKTYG (BM)	39
4.3.1 YTTERVÄGG	39
4.3.2 TAK	44
4.3.3 GRUND	48
4.3.4 RESULTAT OCH ANALYS FÖR SAMMANSTÄLLNING KONSTRUKTIONSDELAR	52
4.4 LIVSCYKELKOSTNAD	54
4.4.1 YTTERVÄGG	54
4.4.2 TAK	56
4.4.3 GRUND	57
4.4.4 SAMMANSTÄLLNING	59
4.5 SMÅHUSMODELLER	60
4.5.1 RESULTAT LIVSCYKELANALYS	60
4.5.2 RESULTAT LIVSCYKELKOSTNAD	61
4.5.3 JÄMFÖRELSE OCH ANALYS	62
5. DISKUSSION	63
5.1 METODDISKUSSION	63
5.2 RESULTATDISKUSSION	64
5.2.1 SMÅHUS A	64

5.2.2 SMÅHUS B	65
5.2.3 SMÅHUS C	66
5.2.4 IDENTIFIERADE UTMANINGAR	67
<i>6. SLUTSATS</i>	<i>68</i>
<i>7. FRAMTIDA STUDIER</i>	<i>69</i>
<i>REFERENS- OCH LITTERATURLISTA</i>	<i>70</i>
<i>BILAGOR</i>	<i>74</i>

TECKENFÖRKLARING

<i>Symboler/Förkortningar</i>	<i>Enhet</i>	<i>Förklaring</i>
R	[m ² K/W]	Värmemotstånd
d	[mm]	Tjocklek
λ	[W/mK]	Värmeledningsförmåga
U	[W/m ² K]	U-värde
kg CO ₂ eq	[kg]	Kilo koldioxidekvivalenter
c/c	-	Centrumavstånd
LCA	-	Livcykelanalys
LCC	-	Livscykelkostnad
EPD	-	Miljövarudeklaration (environmental product declaration)
BM	-	Byggsektorn Miljöberäkningsverktyg

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

En privatperson har haft som mål att bygga Norrbottens mest hållbara småhus genom att byta ut de konventionella materialen för ett småhus med trästomme till mer miljömässigt hållbara material som inte är skadliga för hälsan hos de inneboende. Isolering och ångspärr har bytts ut, samt har närproducerat trä använts i stor utsträckning. Trä är det grönaste materialet sett till bland annat koldioxidutsläpp och koldioxid som materialet binder (Falk, 2009). Det är även ett material som säkerställer ett behagligt inomhusklimat (Kuzman & Grošelj, 2012). Småhus med hållbara material kan ha ekonomiska nackdelar, vilket även privatpersonen upplevde. Eftersom hållbara material är en ny förekomst på marknaden är det inte säkert att kompetensen och kunskapen för denna typ av småhus är tillräcklig. Privatpersonens erfarenhet ledde till idén om att analysera huset ur ett hållbarhetsperspektiv jämfört mot ett mer konventionellt sätt att bygga småhus på. Detta undersöktes för att visa på svårigheter för privatpersoner att bygga småhus ur ett hållbarhetsperspektiv, samt för att finna mer miljövänliga byggsätt som fler privatpersoner, med olika förutsättningar, kan nyttja. Detta är ett steg i den hållbara utvecklingen som möjliggör för privatpersoner att vara med och bidra till den gröna omställningen.

Luleå kommuns mål till år 2040 är att Luleå ska vara klimatneutralt (Luleå kommun, 2023), vilket går i linje med FN:s globala mål som syftar till att säkerhetsställa en hållbar utveckling genom att bland annat bekämpa klimatförändringarna. Parisavtalet konstaterar att den globala temperaturökningen måste vara under två grader och för att uppnå detta ska huvudsakligen utsläppen av växthusgaser minska (FN, 2022). Byggbranschen har stor möjlighet att påverka denna utveckling då den står för 21,7% av växthusgasutsläppen i Sverige (Boverket, 2023a).

År 2022 påbörjades bygget av 12 600 nya bostäder i form av småhus i Sverige (Boverket, 2023b). I december 2021 utgjorde småhus 42% av antalet bostadslägenheter i landet, där den absoluta merparten av husen är ägda av privatpersoner (SCB, 2022). Byggföretagen har ett ansvar att göra förändringar i byggprocessen för att möjliggöra att FN:s globala mål kan uppnås, men även privatpersoner kan vara med i omställningen. Det kan finnas utmaningar för enskilda aktörer, och därför genomförs den här studien för att studera materialval i småhus ur ett hållbarhetsperspektiv.

1.2 Problemformulering

Byggandet av mer hållbara småhus kan väsentligt bidra till en hållbar byggbransch, vilket är en viktig del av att uppnå lokala och globala mål för att bekämpa klimatförändringarna. För att detta ska kunna uppnås behöver ett förslag på materialval som främjar miljömässig hållbarhet utvecklas, som även tar hänsyn till befintliga hinder.

1.3 Syfte och mål

Syftet med detta examensarbete är att bidra till en mer hållbar byggprocess genom att utreda vilka hinder som finns för privatpersoner att bygga mer hållbart, samt analysera och jämföra alternativ av materialval utifrån ett miljömässigt och ekonomiskt perspektiv. Förhoppningen är att vidga perspektivet inom byggbranschen för både privatpersoner och företag och skapa en diskussion om ett mer hållbart genomförande i byggprocessen av småhus.

Målet med examensarbetet är att presentera ett förslag på materialval för småhus som är mer miljövänligt och ekonomiskt försvarbart. För att nå detta behöver vanligaste materialen i

svenska småhusbranschen identifieras och miljöpåverkan samt kostnader för det konventionella småhuset och exempelhuset beräknas.

1.4 Frågeställningar

Studiens syfte och mål uppnås genom att besvara följande forskningsfrågor:

- 1. Vilka material ingår i yttervägg, tak och grund för konventionella småhus i Sverige, och hur påverkar de ekonomisk och miljömässig hållbarhet för småhus i Sverige?*
- 2. Hur skiljer sig materialval för nybyggda småhus med hållbarhetsfokus samt vad blir konsekvenserna av valen, sett till ekonomisk och miljömässig hållbarhet från en privatpersons perspektiv?*
- 3. Finns det alternativa material, som skulle kunna användas för att förbättra ekonomisk hållbarhet, samtidigt som den miljömässiga hållbarheten bibehålls i småhus?*

1.5 Avgränsningar

Projektet syftar främst till att utreda privatpersoners perspektiv vid byggande, men stora delar av resultatet kan även användas av företag och andra intressenter.

I hållbar utveckling är den sociala aspekten en viktig del tillsammans med den miljömässiga och ekonomiska. I detta examensarbete kommer inte den sociala aspekten att beaktas då inte möjlighet finns för att utföra en likvärdig kvantitativ undersökning som för de andra två hållbarhetsperspektiven. Alla material i studien är dock godkända ur en hälsoaspekt.

Denna studie beaktar endast bygg- och användningsskedet i en byggnads livscykel, slutskedet undersöks inte.

2. TEORI OCH LITTERATURGENOMGÅNG

2.1 Byggnadsmaterial

En byggnads miljöpåverkan kan kopplas dess till byggnadsmaterial. För att skapa en förståelse för vilka typer av material som kan återfinnas i småhus och hur de kan påverka miljön så inleds litteraturstudien med en översikt av olika typer av byggnadsmaterial. De material som presenteras är främst mindre vedertagna i dagens samhälle och detta avsnitt fokuserar på att ge en översiktlig förståelse för dessa material.

Linisolering

Linfiberisolering är ett isoleringsmaterial som består av linfiber som är för korta för textiltillverkning (Block & Bokalders, 2023). Linfiberisolering är enligt Isolina (2024) ett material som är bionedbrytbart. Produktionen och produkten i sig förorenar inte vattnet eller luften. Materialet har en låg miljöpåverkan och är en förnyelsebar naturresurs med en bra energiförvaltning (Isolina, 2024). Materialet är svårantändligt och naturligt resistent mot skadedjur, röta och mögel. Borsalt eller annat brandhämmande medel kan tillsättas för att stärka de brandskyddsegenskaperna. Materialet har goda fuktbufferingsegenskaper och god ljudisolering förmåga. Linfibrerna limmas i vissa fall samman till mattor med potatisstärkelse varvid 2–18 viktprocent polyesterfiber kan tillsättas för att göra mattorna styvare (Block & Bokalders, 2023).

Stenullisolering

Mineralull är ett samlingsnamn för stenull och glasull. Glasull tillverkas av råvarorna sand, soda, kalk, glasskrot och krossglas, medan stenull utgörs av bergarterna diabas och basalt. Stenull är brandbeständigt och har god ljudisolering förmåga, men saknar fuktbufferande egenskaper. Val av stenull som isolering kräver att byggnaden är luft- och diffusionstät för att fukt inte skall tränga in i konstruktionen. Om materialet är fuktigt kan emissioner av formaldehyd förekomma som vid brand kan generera farliga gaser, främst fenol. Detta kan resultera i att materialet inte går att återvinna. För att öka fuktmotståndet och minska dammbildning tillsätts 1 viktprocent silikon eller mineralolja. Små mängder upp mot 10% av urea, fenol/formaldehydharts och paraffinolja tillsätts som bindemedel i mineralull (Block & Bokalders, 2023).

Träfiberisolering

Träfiberisolering utgörs av träflis som är en restprodukt från sågverk (Hunton, u.å.(a)). Enligt Block & Bokalders (2023) tillverkas träfiberisolering genom att tillsätta vatten till trä som flisas och mals för att sedan sammanpressas under värme och tryck. Trä har ett naturligt bindemedel i form av lignin (Block & Bokalders, 2023). Träfiber, den största råvaran i isoleringsmaterialet, är förnybart med förutsättning att materialet avverkas korrekt (Hunton, u.å.(a)) (Oreholm, 2016). Trä som material lagrar kol genom hela dess livstid till slutskedet då avverkning eller förbränning sker (Naturvårdsverket, 2023), vilket är en egenskap som även träfiberisoleringen besitter. Träfiberisolering har förmågan att uppta och avge fukt, dvs materialet har hygroskopiska egenskaper (Hunton, u.å.(a)). Isoleringen *Hunton Nativo träfiberisolering* (Hunton, u.å.(a)) är impregnerad med brandhämmande medel. Ammoniumpolyfosfat är ett exempel på brandhämmande medel som kan tillsättas i träfiberisolering. Isoleringsskivorna kan vara porösa, medelhårda eller hårda, varvid porösa träfiberskivor främst används för värmeisolering, isolering mot stegljud och som ljudabsorbenter (Block & Bokalders, 2023).

Cellplast XPS

Cellplast extruderad polystyren (XPS) är ett skivbaserat isoleringsmaterial, utan förmåga att ljudreducera, som endast tar upp små mängder fukt och värme. Cellplast XPS består av ungefär 99% polystyren och vid tillverkning kan bland annat 1% difluoetan, en drivhusgas eller koldioxid tillsättas. Utveckling av biobaserad cellplast pågår, men för närvarande är det av fossilt ursprung. Materialet klarar, i förhållande till cellplast EPS, högre krav på hållfasthet och nyttjas ofta i grundkonstruktioner och till vägbanor på garageuppfarter. Cellplast XPS är kapillärbrytande och upptar som mest 3% vatten (Block & Bokalders, 2023).

Hunton vindtät

Träfiberskivor tillverkas genom att vatten tillsätts trä som flisats och mals, för att sedan sammanfogas under värme och tryck. Trä i sig innehåller det naturliga bindemedlet lignin, vilket innebär att lim nödvändigtvis inte behöver tillsättas. I somliga fall tillsätts små mängder lim för att förstärka bindningen (Block & Bokalders, 2023). Hunton vindtät är en vindspärr som huvudsakligen består av träfiber i form av granflis, en restvara från sågverk. Granfliset kommer från norsk skog, en förnyelsebar råvara (Hunton, u.å.(b)). Träfibrererna har en god värmelagringsförmåga och goda hygroskopiska egenskaper, dvs materialet kan absorbera och avge fukt beroende på luftens relativa fuktighet.

Isolina luftspärrpapper

Till skillnad från den vanliga ångspärren av plast är ångbroms ett diffusionsöppet alternativ, som säkerställer lufttätheten i tak, väggar och golv. I vissa fall kan ångtransporten bli dubbelriktad i en sådan konstruktion, vilket möjliggör för eventuell byggfukt att torka inåt. Isolina luftspärrpappret består av nätförstärkt byggpapper i tre olika skikt och lämpar sig bra för andande konstruktioner. Fogarna måste överlappas med minst 20 cm alternativt används luftspärrpapperstejp i skarvarna (Isolina, u.å.).

Koljern Foamglas^R grund

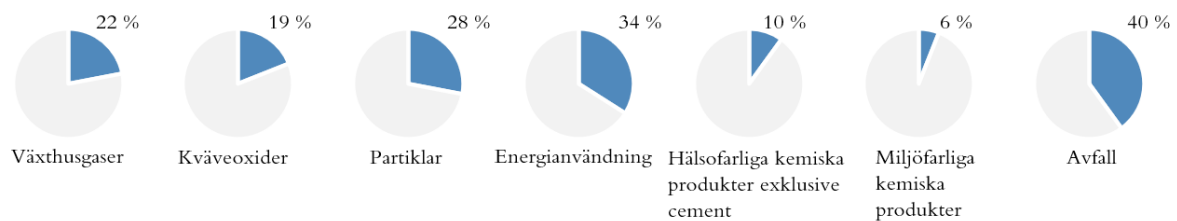
Koljern Foamglas^R grund är en grund som frångår den traditionella grundkonstruktionen av betong och cellplast eftersom den huvudsakligen består av foamglas och delvis plåtlättbalkar (Koljern, 2024). FOAMGLAS^R är tillverkad av särskilt skiktat återvunnet glas och naturliga råvaror exempelvis, sand, dolomit och kalk. Materialet innehåller inte flamskyddande tillsatser eller bindemedel och även inte ozonnedbrytande drivgaser (FOAMGLAS^R, 2024).

2.2 Genomsnittlig storlek på småhus i Sverige

Den genomsnittliga arean av ett småhus är enligt Boverket (2020a) 122 kvadratmeter. Samtliga bostäder där personer vistas mer än tillfälligt skall inneha en rumshöjd som är minst 2,40m (Boverket, 2020b). Boverket (2022) skriver "... fönsterglasarean bör vara minst 10% av golvarean...". Miljöbyggnad 3.0 - *Bedömningskriterier för nyproducerade byggnader* styrker informationen från Boverket (2020b) genom att tillägga att fönsterglasarea motsvarande 10% uppfyller betygskriteriet miljöbyggnad brons, medan 15% av golvarean uppfyller miljöbyggnad silver (Sweden green building council, 2015). I denna studie uppskattas fönsterean utgöra 12,5 % av total golvarean.

2.3 Livscykelanalys

Bygg- och fastighetssektorn representerade år 2021 21,7% av Sveriges inhemska utsläpp av växthusgaser (Boverket, 2024a). Växthusgaser genereras i naturliga processer och i processer skapta av människan. De naturliga processerna är essentiella för att upprätthålla liv i opposition till de mänskliga utsläppsprocesserna som bidrar till påskyndade klimatförändringar. Koldioxid, en av gaserna som ökat kraftigast genom mänskliga processer, genereras i relativt hög grad inom bygg- och fastighetssektorn (Världsfonden WWF, u.å) (Boverket, 2024a). Ett mått på utsläpp av växthusgaser är koldioxidekvivalenter, där andra växthusgaser än koldioxid inkluderats och räknats om till att motsvara mängden koldioxid som skulle ge samma växthuseffekt (Block & Bokalders, 2023). Enligt Boverket (2024a), granskad 23 januari 2024, representerade Bygg- och fastighetssektorn inom Sverige följande miljöpåverkan år 2021, se figur 1.



Figur 1: Miljöpåverkan bygg- och fastighetssektorn 2021 (Boverket, 2024a)

Växthusgaserna som genereras inom sektorn kan globalt enligt Rydh et al. (2002) leda till ökad medeltemperatur, förhöjd vattennivå och förändringar i klimatet. Den ökade medvetenheten om miljöproblemen och dess magnitud har lett till mer omfattande strategier som syftar till ett helhetsperspektiv i stället för ett system som beaktar enskilda delar. Genom att fokusera på ett helhetsperspektiv har livscykelanalys framvuxit som en central del i livscykelanalys (LCA) (Rydh et al., 2002). Livscykelanalys är enligt Boverket (2019a) "...en metod för att beräkna miljöpåverkan under en produkts hela livscykel – från att naturresurser utvinns till dess att produkten inte används längre och måste tas om hand". Miljöpåverkan från respektive skede under en byggnads livslängd kan analyseras vilket innebär att de skeden med högst miljöpåverkan kan detekteras (Boverket, 2019a). Livscykelanalys bidrar med faktaunderlag som medför att suboptimering och problemförflyttning undviks (Rydh et al., 2002). Sker genomförande av analys tidigt i projektet, i projekteringsfasen, ökar möjligheten till att påverka och föreslå alternativa konstruktions- och materiallösningar som kan bidra till miljöförbättringar (Boverket, 2019a). Livscykelanalys ökar även potentialen att minska mängden material och avfall genom en ökad kunskap om resursflöden och miljöpåverkan (Boverket, 2019b).

En livscykelanalys består av tre primära skeden, byggskedet, användningsskedet och slutskedet. Dessa tre primära skeden delas sedan in i informationsmoduler som skildrar processerna under livscykeln (Boverket, 2019a), se tabell 1.

Tabell 1: Livscykelanalys skeden (Boverket, 2019a)

A1-A5 Byggskede	A1-A3 Produktskede	A1	Råvaruförsörjning
		A2	Transport
		A3	Tillverkning
	A4-A5 Byggproduktionsskede	A4	Transport
		A5	Bygg- och installationsprocess
B1-B7 Användningsskede		B1	Användning
		B2	Underhåll
		B3	Reparation
		B4	Utbyte
		B5	Ombyggnad
		B6	Driftsenergi
		B7	Driftens vattenanvändning
C1-C4 Slutskede		C1	Demontering rivning
		C2	Transport
		C3	Restproduktsbehandling
		C4	Bortskaffning
D Fördelar och belastningar utanför systemgränser			

Samtliga skeden i tabell 1 har en bokstavsbeteckning som följer den europeiska standarden EN15978 Hållbarhet för byggnadsverk, byggnaders miljöprestanda (Boverket, 2019a).

Produktskedet (A1-A3) innefattar byggprodukter och andra resurser som produceras och används, dvs utvinning av råmaterial, transport, förädling och tillverkning.

Byggproduktionsskedet (A4-A5) utgörs av transport av byggprodukterna till byggarbetsplatsen och färdigställandet av byggnaden. Användningsskedet (B1-B7) innefattar användning, underhåll, reparation och drift, varvid drift omfattar energi- och vattenanvändning. Slutskedet (C1-C4) inkluderar processer för att demolera och transportera bort byggnadsdelarna till återanvändning, återvinning eller deponering (Boverket, 2019a).

Livscykelanalys visar byggnadens miljöpåverkan baserat på miljöindikationskategorier. Europa har följande, se tabell 2, miljöindikationskategorier (Boverket, 2019c).

Tabell 2: Miljöindikationskategorier (Boverket, 2019c)

Klimatpåverkan växthusgaser	GWP-Global Warming Potential
Försurning	AP-Acidification potential
Övergödning	EP-Eutrophication potential
Utarmning av icke-fossila resurser	ADPe-abioc depletion potential-elements
Utarmning av fossila resurser	ADPF-abioc depletion potential-fossil fuels
Ozonedbrytning	ODP-Ozone depletion potential
Marknära ozon	POCD-Photochemical oxidant creation potential

2.4 Livscykelkostnad

Livscykelkostnad används som ett verktyg för att värdera olika investeringsalternativ genom att se till kostnader och intäkter under en viss period (Luay & Kherun, 2018). Samma skeden som beskrivs för livscykelanalys i avsnitt 2.3 och redovisas i tabell 1 kan appliceras även i det ekonomiska perspektivet. För företag innebär ekonomiskt ansvarstagande att handla på ett sätt som är hållbart i längden ur ekonomisk synvinkel. För att företaget ska kunna fortsätta bidra till ett mer hållbart samhälle behöver verksamheten vara lönsam (Engwall et al., 2020).

Gröndahl & Svanström (2010) säger att ett av målen vi behöver sträva mot för att kunna utveckla ett hållbart samhälle är att "...förändra ekonomin från en som till varje pris ska växa till en som skyddar ekosystemkapitalet mot överutnyttjande". De ekonomiska förutsättningarna i ett projekt kan sägas utgöra en viktig faktor för vilka mer miljövänliga alternativ som är möjliga att genomföra i ett projekt och är därmed en viktig och avgörande aspekt i hållbarhetsperspektivet. De huvudsakliga hindren för en mer utbredd användning av LCC inom byggsektorn anses enligt Luay & Kherun (2018) vara brist på tillförlitliga data samt kostnads- och prestandainformation, osäkerhet kopplat till antaganden om kostnader och kunskapsbrist inom metodik och tillämpning av livscykelkostnadsberäkningar.

2.5 Hinder med hållbart småhusbyggande

Hållbart byggande, är en del av social, ekonomiskt och ekologiskt hållbar utveckling. Den hållbara utvecklingen innebär, bland annat, ett samarbete mellan världens länder för att uppnå mål skapta för att möjliggöra utvecklingen av hållbara samhällen. 2016 trädde Parisavtalet, ett klimatavtal, i kraft för att säkerställa begränsningen av den globala uppvärmningen (Naturvårdsverket, u.å.). Sveriges riksdag har beslutat att Sverige ska inneha en ledande roll i arbetet med Parisavtalets mål. Detta skall uppfyllas genom att bland annat erhålla ett nettonollutsläpp av växthusgaser senast år 2045. 2015 utgjordes 11,1 miljoner ton koldioxidekvivalenter av Sveriges inhemska utsläpp av Bygg- och fastighetssektorn, vilket motsvarade ca 18% av totala inhemska utsläpp. Ungefär 55% av dessa utsläpp genererades genom uppvärmning av byggnader, ca 26% alstrades i byggverksamhetens nyproduktion och rivning och återstående 19% genererades i övrig fastighetsförvaltning, dvs renovering och ombyggnad (Boverket, 2018). Enligt Boverket (2024a), granskad 23 januari 2024, representerade Bygg- och fastighetssektorn år 2021 21,7% av de inhemska växthusgaserna genererade i Sverige. Bygg- och fastighetssektorn utgjorde 2021 en större procentandel av Sveriges totala inhemska växthusgasutsläpp i förhållande till 2015 (Boverket, 2024a) (Boverket, 2018). Detta indikerar en långsam hållbar utveckling, där sektorn avancerar i en lägre hastighet i jämförelse med andra sektorer i Sverige.

Opoku et al. (2019) skriver att byggindustrin vanligtvis nyttjar material som inte är förnyelsebara resurser samtidigt som materialen som ofta används inte är hållbara och har höga värden av inbyggd energi. Hållbart byggande möts ofta av oppositioner och hinder som motverkar implementeringen av hållbart byggande, varvid ett antal hinder presenteras bland annat i artikeln av Osuizugbo et al. (2020). Trots att hållbart byggande möts av särigheter vid implementering, framför Hussin et al. (2013) att fördelar som att maximerad potential för förnyelsebar energiförsörjning, minska totala energiförbrukningen, reducerat avfall, minimera buller- och ljusföroreningar, samt minska de förorenade utsläppen till vatten, luft och jord, medföljer vid tillämpning.

En studie genomförd av Boverket (2014) om hur människor vill bo, utskickad till 25 001 människor i åldrarna mellan 20-79år, varvid 5 153 svarade, genererade bland annat följande

data för föredragen boendeform. Samtliga besvarade undersökningen, med vetskap om att faktorer gällande exempelvis kostnader, inte skulle beaktas (Boverket, 2014).

Tabell 3: Studie om föredragen boendeform (Boverket, 2014).

1. Vilken region i landet skulle du helst vilja bo i? Svarsdata är i andel.						
Stockholm med omnejd	Göteborg med omnejd	Malmö med omnejd	Övrigt	Vet ej, tveksam	Inget svar	
0,24	0,14	0,08	0,40	0,06	0,08	

2. Hur skulle du helst vilja bo? Svarsdata är i andel.						
	Stockholm med omnejd	Göteborg med omnejd	Malmö med omnejd	Övrigt	Vet ej, tveksam	Inget svar
~ Småhus	0,43	0,52	0,52	0,54	0,51	0,55
~ Radhus	0,08	0,07	0,10	0,07	0,07	0,08
~ Lägenhet i flerbostadshus	0,38	0,24	0,24	0,15	0,16	0,13
~ Gård, jordbruksfastighet eller likande	0,06	0,09	0,10	0,18	0,16	0,12
~ Annat, vad?	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04
~ Tveksam vet ej	0,03	0,03	0,01	0,02	0,09	0,08

I tabell 3 går det att utläsa att störst andel av deltagande föredrar att bo i småhus i förhållande till resterande alternativ. Bygg- och fastighetssektorns genererade inhemska växthusgasutsläpp vid nyproduktion och rivning år 2015 och 2021 (Boverket, 2018) (Boverket, 2024a), samt studien av föredragen boendeform (Boverket, 2014) styrker vikten av utvecklingen och appliceringen av hållbart byggande inom byggsektorn, även för privatpersoner som bygger småhus.

Hållbart byggande eftersträvas av samhället och är en förutsättning för att uppnå klimatmålen (Boverket, 2018). Hållbar byggnation med reducering av klimatutsläpp, exempelvis växthusgaser, är i många avseenden ogynnsamt. Boverket (2018) har identifierat ett antal hinder med hållbart byggande, som delvis kan påverka ambitionen att utföra dessa byggprojekt. Följande hinder identifierades av Boverket (2018):

- ~ Bristande kunskap om beräkning av byggnaders klimatutsläpp.
- ~ Kunskapsbrist om livscykelanalys som metod för bedömning av en byggnads klimat- och miljöpåverkan sett till dess livslängd.
- ~ Bristen på affärsnyttan med att bygga med mindre klimatpåverkan.

Samtliga identifierade hinder av Boverket (2018) är faktorer som medför svårigheter för privatpersoner att bygga hållbart. Kunskapsbrist, men främst bristen av affärsnytta kan innebära motvilja att bygga hållbart då det ekonomiskt inte gynnar individen.

Hinder med hållbart byggande har även identifierats ur ett globalt perspektiv av ett antal aktörer, varvid Opoku et al. (2019) skriver att utvecklade länder möter svårigheter vid implementering av miljömässig hållbarhet. Ett antal yrkesverksamma inom den finska byggindustrin identifierade bland annat följande hinder;

- ~ Attityden hos yrkesverksamma
- ~ Kundens kontroll över designen
- ~ Arkitekters kostnadsöverbäganden och designpraxis
- ~ Frånvaron av verktyg som mäter hållbarhet
- ~ Bristande kunskap om hållbar praxis

I den brittiska byggindustrin har följande hinder identifierats;

- ~ Brist på regleringar och byggnormer
- ~ Otillräcklighet av incitament
- ~ Höga investeringskostnader
- ~ Högre slutkostnader
- ~ Brist på utbildning i den brittiska byggindustrin

(Opoku et al., 2019)

Enligt Osuizugbo et al. (2020) har ett flertal forskare från ett antal länder identifierat bland annat följande hinder med hållbart byggande. Tabell 4 visar några av de hinder som identifierats av forskarna.

Tabell 4: Identifierade hindren (Osuizugbo et al., 2020)

Barriärer för hållbart byggande	Ametepay et al. (2015)	Aghimien et al. (2018)	Mosly (2015)	Ahn et al. (2013)	Djokoto et al. (2014)	Enshassi & Mayer (2005)	Drako & Chan (2016)	Abraham & Gundimeda (2018)	Hasan & Zhang (2016)
Bristande statligt stöd för hållbart byggande	x	x	x		x				
Rädsla för kostnaden av att införa hållbart byggande/ rädsla för högre investeringskostnader	x	x		x	x	x	x	x	x
Bristande professionell kunskap	x			x				x	
Brist av relevanta lagar och föreskrifter för att driva hållbart byggande	x	x	x			x	x	x	
Brist på finansiella incitament		x				x	x	x	
Brist av kvalificerad personal			x	x				x	x
Brist på efterfrågan av hållbart byggande från klienter					x	x	x		
Högre initial kostnad					x	x			x
Brist på kunskap om hållbara koncept						x	x	x	

Rädsla för kostnaden som återfinns i tabell 4 och är det hinder som flest forskare uppmärksammat. Det går även att utläsa att brist av relevanta lagar och föreskrifter för att driva hållbart byggande identifierats av ett flertal forskare. Ett flertal upplever även problem med bristande stöd, professionell kunskap och brist av kvalificerad personal.

Hållbarhet omfattar de sociala, ekonomiska och ekologiska aspekterna, varvid samtliga är av vikt för att en byggnad skall anses vara hållbar. Ett flertal artiklar betonar att ekonomin är ett av de större hindren vid hållbart byggande. Brittiska kostnads konsulter har uppfattningen att miljövänliga och energieffektiva byggnader ökar byggkostnaden med 5-10%. Höga investeringskostnader och det låga marknadsvärdet jämfört med konventionella småhus skapar dilemman för inblandade aktörer. (Zhou & Lowe, 2003). Zhou & Lowe (2003) fortsätter med att skriva att hållbarhet och gröna material ökar kostnaden till följd av tillkommande designfunktioner, samt genom den bristande kunskapen om hållbara metoder hos designteamet och entreprenörerna. De tillkommande avgifterna som yrkesverksamma kräver vid hållbara

byggnadsmetoder skapar en motvilja att applicera dessa hos kunder och rådgivare (Zhou & Lowe, 2003). Dessa faktorer påverkar hållbarhet och implementeringen väsentligt då tillkommande kostnader är något inte alla kunder har förmågan att bära vilket i sig motverkar främjandet av hållbart byggande. Att implementera hållbara byggmetoder är ett hinder som, i kombination med det bristande marknadsvärdet Zhou & Lowe (2003), ökar, trots de långsiktiga fördelarna, motviljan att tillämpa hållbara metoder.

Hållbart byggande skapar ofta en rädsla för högre investeringskostnader jämfört med traditionellt byggande, samt risken att tillkommande oförutsägbara kostnader uppkommer (Häkkinen & Belloni, 2011). Häkkinen & Belloni (2011) antyder också att den bristande gemensamma förståelsen för hållbarhet skapar barriärer som medför att det är svårt att avgöra lönsamheten och kostnadseffekterna av hållbart byggande. Detta medför varierande problemformuleringar och att motsägelsefulla lösningar uppkommer som hindrar innovativa lösningar till följd av förhindrat samarbete. Häkkinen & Belloni (2011) identifierade även att bristande erfarenhet och information är ett hinder för hållbart byggande. De påstår även att ett av de största hindren med hållbart byggande är att kunder inte värderar hållbara lösningarna tillräckligt eftersom de anser att det finns en avsaknad av jämförbara, kvantitativa och pålitliga data. Häkkinen & Belloni (2011) observerade även att kunden inte är intresserad att betala för hållbart byggande, trots de många fördelarna, eftersom marknadsvärdet är relativt lågt.

Samtliga identifierade hinder med hållbart byggande, både nationellt och globalt, påverkar i slutändan kunden, varvid en ökad medvetenhet och förståelse för hållbart byggande och fördelarna som medföljer har möjlighet att påverka opinionen, om implementeringen av hållbart byggande, positivt. Ökad information om vad hållbara val innebär och hur kundens val och beteende påverkar miljön och livscykelkostnaden, kan leda till ökad efterfrågan (Häkkinen & Belloni, 2011).

2.5.1 Aktörer som privatpersoner möter i byggprocessen

Privatpersoner som syftar till att genomföra en hållbar byggnation av småhus eller som avser att köpa ett småhus med hållbarhet i åtanke, sammanträffar normalt sett med samtliga eller flera av följande aktörer och verksamheter, kommunen, bank, mäklare och byggföretag. Dessa aktörer påverkar byggnadsprojektet i olika avseenden.

Kommunen inkluderas i byggprocessen genom att bland annat ge bygglov beroende på vad som ska byggas. Kommunen kontrollerar att inkomna ansökningar om bygglov motsvarar samtliga krav (Luleå kommun, 2024). Olika byggnationer medför variation i handlingar som bör bifogas i bygglovsansökningen till kommunen, men i allmänhet förväntas bland annat situationsplan i skala 1:500, planritning i skala 1:100, fasadritning i skala 1:100 och sektionsritning i skala 1:100 inkluderas. Ytterligare dokument, handlingar och ansökningar kan efterfrågas beroende på projekt och dess omfattning (Luleå kommun, 2024).

Banken är en central del i nybyggnation för majoriteten av Sveriges befolkning. En stor del av befolkningen besitter inte kapitalet för att bekosta en byggnation med egna medel. Detta innebär ofta att banken inkluderas som långgivare (Handelsbanken, u.å.). Banken avgör vilken volym de är villiga att bistå med främst utifrån individens betal förmåga.

Mäklare värderar byggnader och bistår med assistans vid köp och försäljning av bostäder (Bjurfors, u.å.). Vid försäljning och en del av antalet nybyggnationer genomförs en värdering av bostaden som ger en uppskattning av bostadens värde (Fastighetsbyrån, u.å.). Mäklaren gör en analys av ett antal faktorer som utgör värderingsvärde.

Byggföretag assisterar projektet genom att ansvara för delvis eller totalt genomförande av byggprojektet. Privatpersonen som ska genomföra projektet kan avgöra hur mycket byggföretaget skall involveras i genomförandet. Byggföretaget utgör, i ett betydande antal av projekten, en stor del av genomförandet och innehar därför ett stort ansvar att säkerställa att byggarbetet utförs hållbart.

Samtliga ovanstående aktörer har förmågan att påverka byggnadsprojektet i olika avseenden och i olika grad. De är på olika sätt avgörande för att projektet ska genomföras. Kommunen kan antingen ge bygglov eller inte, banken kan antingen bevilja lån eller inte, mäklare värderar antingen lågt eller högt och byggföretaget är antingen villig att genomföra projektet eller inte. Hållbart byggande innebär ofta låg affärsnytta (Boverket, 2018) vilket kan innebära bland annat ekonomiska hinder och låg lönsamhet för privatpersonen till följd av svårigheten att motivera hållbart byggande till sofliga av ovanstående aktörer, däribland banker.

3. METOD

Målet och vad forskaren vill ta reda på med studien är väsentligt i valet av metod. Varje problem som är forskningsbart kan lyftas fram och betraktas från två perspektiv, kvalitativt och kvantitativt. I korthet kan en kvalitativ forskning karakteriseras som flexibel, forskaren är subjektiv och resultaten går på djupet och gäller specifika kontexter. I en kvantitativ forskning har frågeställningarna formulerats i förväg, forskaren är objektiv och resultaten är generella (Olsson & Sörensen, 2021). Analysmetoder används som belyser frågor angående exempelvis mängd, samband mellan variabler och frekvens, medan kvalitativa studier fokuserar på ”mjuka” data och att tolka resultatet som exempelvis en persons upplevelser. De två metoderna beskrivs ofta i litteratur som oförenliga, men i praktiskt forskningsarbete kompletterar de många gånger varandra för att djupare belysa ett forskningsproblem (Patel & Davidson, 2019).

Denna studie har främst använt kvantitativa metoder, där småhusen och materialen betraktas som mätbara objekt utifrån ett hållbarhetsperspektiv. Syftet med studien är att ge ett generellt och objektivt resultat. Materialen i småhus A frångår konventionella material och valdes utifrån ett hållbarhetsperspektiv. Småhuset studerades för att skapa en förståelse för hur materialens miljöpåverkan och kostnad skiljer sig mot motsvarande material i ett konventionellt småhus. För att genomföra jämförelsen måste materialen i det konventionella småhuset, småhus B, bestämmas. Det gjordes genom en enkätundersökning som bygger på flervalsoalternativ med många svarande, se underavsnitt 3.1.2. Delen av projektet som utgått från en mer kvalitativ metod är en frågeformuläret som skickades ut till några få aktörer som är med i byggprocessen av småhus med syftet att bidra till motiveringen av materialvalen i småhus C, se underavsnitt 3.1.3. Frågorna är öppett ställda och ger en bild av personliga upplevelser och åsikter från enskilda företag och aktörer. Resultatet av frågeformuläret tillsammans med stöd i litteratur som utgått från mer omfattande undersökningar, ger en djupare grund till materialvalen i småhus C.

3.1 Presentation av småhus

Studien undersöker klimatskalets delar yttervägg, tak och grund per kvadratmeter. Konstruktionsdelarna har förenklats och inga fönster eller dörrar inkluderats då dessa antas vara samma oavsett vilka byggnadsmaterial ett småhus byggs med. Anslutningar till andra konstruktionsdelar, infästningar samt fönster och dörrar har inte beaktats. Mindre beslag såsom spikar och fogar har försumrats då variationen av dessa mellan husen kan antas vara liten. Detta för att samtliga hus har samma trästomme och att uppbyggnaden av materialskikten är lika. Tabellerna som presenterar uppbyggnaden av småhus i detta avsnitt visar materialen från yttersida till insida.

3.1.1 Småhus A

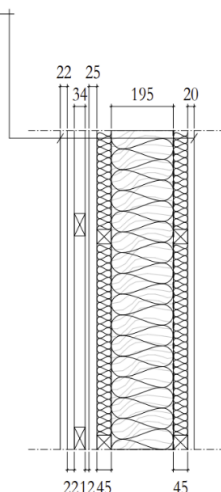
Exempelhuset som privatpersonen byggt benämns i rapporten som småhus A. Följande konstruktionslösningar och material för yttervägg, tak och grund har erhållits från konstruktionsritningar givna av företaget som utfört byggnationen av småhuset. Vart materialen köpts in från är också baserat på uppgifter från detta företag. Beräkningar av mängden material är gjorda i Excel och avser kilo material per kvadratmeter färdig byggnadsdel. Densiteten för de olika materialen är hämtade från aktuell leverantörs produktblad om sådan finns, annars från tabell 11.39 och 11.40 (Pettersson, 2019). Inköpt mängd per kvadratmeter är inklusive spill där procenten spill hämtats från generiska data som finns i Byggföretagets Miljöberäkningsverktyg.

Väggkonstruktion

Figur 2 representerar väggkonstruktionen av småhus A som syftar till att ge en bild av materiallagrena och uppbyggnaden av ytterväggen.

YTTERVÄGG SMÅHUS A

LOCKLÄKT 22X45MM, C/C150MM
 STÅENDE TRÅPANEL 22X145MM, C/C150MM
 LIGGANDE SPIKLÄKT 34X70MM, C/C600MM
 LUFTLÄKT 12X50MM, C/C600MM
 HUNTON VINDTÄT 25X1200MM
 LINISOLERING 45MM, REGLAR 45X45MM C/C600MM
 LINISOLERING 195MM, REGLAR 195X45MM C/C600MM
 LUFTSPÄRRPAPPER 0,25MM
 LINISOLERING 45MM, REGLAR 45X45MM C/C600MM
 STÅENDE TRÅPANEL 20X120MM



Figur 2: Väggsnitt småhus A

Följande tabell 5 visar konstruktionslösningen av yttervägg för småhus A.

Tabell 5: Småhus A uppbyggnad yttervägg

Material	Tjocklek [mm]	Inköpt från	Inköpt mängd per kvm [kg]	Livslängd [år]
Falu rödfärg	-	Falun	0,84	9
Lockläkt	22	Luleå	3,67	> 50
Stående träpanel	22	Luleå	11,81	> 50
Liggande spikläkt	34	Luleå	2,20	> 50
Luftläkt	12	Luleå	0,56	> 50
Hunton vindskiva	25	Gjovik, NO	6,67	> 50
Linisolering 1 c/c 600 mm	45	Södra karelen, FI	1,12	> 75
Horisontell regel 1 c/c 600 mm	45	Luleå	1,88	> 50
Linisolering 2 c/c 600 mm	195	Södra karelen, FI	4,85	> 75
Vertikal regel c/c 600 mm	195	Luleå	8,13	> 50
Isolina luftspärrpapper	0,25	Södra karelen, FI	0,17	> 75
Linisolering 3 c/c 600 mm	45	Södra karelen, FI	1,12	> 75
Horisontell regel 2 c/c 600 mm	45	Luleå	1,88	> 50
Stående granpanel	20	Arnemark	11,11	> 50

Takkonstruktion

Figur 3 representerar takkonstruktionen av småhus A och syftar till att ge en uppfattning om materialskikten.

TAKKONSTRUKTION SMÅHUS A

PANNPLÅT

BÄRLÄKT 45X70MM, C/C500MM

STRÖLÄKT 12X50, C/C600MM

UNDERLAGSTAK BITUMEN 5,4MM

RÅSPONT 22X120MM

TAKSTOL C24 45X70MM, 45X120MM, 45X145MM, C/C900MM

VINDAVLEDARE ROCKWOOL 5,5MM

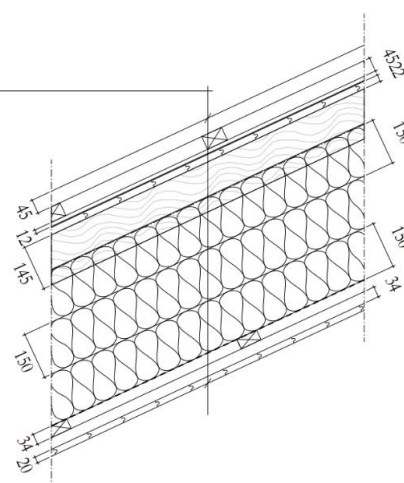
3XLINISOLERING 150MM

LUFTSPÄRRPAPPER ISOLINA 0,25MM

GLESPANEL 34X70MM, C/C600MM

GLESPANEL 34X70MM, C/C600MM

SLÄTSPONTAD GRAN 20X120



Figur 3: Taksnitt småhus A

Takstolsritningar har erhållits och dessa visar att det vanligaste c/c-avståndet är 900 mm i huvuddelen av småhus A. Varje takstol väger 62 kilo och är av virket C24 med en genomsnittlig densitet 420 kg/m³ (Svenskt trä, 2019). Bredden på taket är 5,625 meter vilket medför att varje takstol bär upp 5,625 m² tak. Utifrån dessa uppgifter beräknas volym och inköpt mängd per kvadratmeter. Volymen som takstolarna utgör i taket subtraheras från isoleringen. Följande tabell 6 visar konstruktionslösningen av tak för småhus A.

Tabell 6: Småhus A uppbyggnad tak

Material	Tjocklek [mm]	Inköpt från	Inköpt mängd per kvm [kg]	Livslängd [år]
Pannplåt	0,6	Luleå	6,11	30
Bärläkt c/c 500 mm	45	Luleå	3,50	30
Ströläkt c/c 600 mm	12	Luleå	0,56	30
Underlagstak bitumen	5,4	Okänt, generiska data använd	5,68	30
Råspont	22	Luleå	12,22	> 50
Takstol C24 c/c 900 mm	-	Luleå	12,25	> 50
Vindavledare Rockwool	5,5	Moss, NO (producerat)	0,50	> 50
Linisolering	450	Södra karelen, FI	11,39	> 75
Isolina luftspärrpapper	0,25	Södra karelen, FI	0,17	> 75
Glespanel 1 c/c 600 mm	34	Luleå	2,20	> 50
Glespanel 2 c/c 600 mm	34	Luleå	2,20	> 50
Slätspontad gran	20	Arnemark	11,11	> 50

Grundkonstruktion

Figur 4 representerar grundkonstruktionen av småhus A och syftar till att ge en uppfattning om uppbyggnaden av materiallagrena.

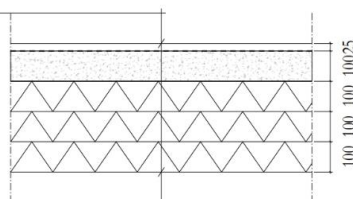
GRUNDKONSTRUKTION SMÅHUS A

GRANGOLV 25MM

PLASTFOLIE 0,2MM

ARMERAD BETONG 100MM

3XCELLPLAST XPS 100MM



Figur 4: Snitt av grund småhus A

Följande tabell 7 visar konstruktionslösningen och dimensioner för grund i småhus A.

Tabell 7: Småhus A uppbyggnad grund

Material	Tjocklek [mm]	Inköpt från	Inköpt mängd per kvm [kg]	Livslängd [år]
XPS Cellplast	3x100	Luleå	6,67	> 50
Betong C25/30	100	Luleå	237,11	> 50
Armering	-	Luleå	4,02	> 50
Plastfolie	0,2	Okänt, generiska data använd	0,17	> 50
Grangolv	25	Sorsele	13,89	> 50

3.1.2 Småhus B

Framtagande av småhus B

Det konventionella småhuset, som i rapporten benämns småhus B, är en konstruktionslösning som skall spegla husbyggnadsbranschens mest använda material i yttervägg, tak och grund. För att ta reda på ingående material i småhus B, som ska motsvara ett konventionellt småhus, kontaktades ett antal byggföretag. Småhus B skall utgöra en jämförelsebar konstruktionslösning gentemot småhus A och därför utgår de från samma grundstomme. En lättare analys av ingående material och uppbyggnad för småhus A har genomförts för att utforma lämpliga frågor till enkätundersökningen. Litteraturunderstöd i (Block & Bokalders, 2023) har använts för att rimliga svarsalternativ till enkäten skall presenteras. I tabell 8-11 presenteras de frågor som skickades till byggföretagen, inklusive följande svarsalternativ.

Tabell 8: Enkätundersökning företagsfrågor

Företagsfrågor	
Nedan följer två frågor riktade mot företaget personen jobbar för.	
1. Vilket företag jobbar du för?	~ Skrivsvar
2. Bygger företaget du jobbar på småhus, enligt definitionen friliggande en- eller tvåbostadshus?	~ Ja ~ Nej

Tabell 9: Enkätundersökning materialfrågor i yttervägg

<i>Material i ytterväggskonstruktion</i>	
Nedan följer 4 frågor om mest använda material i konstruktion av yttervägg.	
3. Vilka/vilket material används oftast som <i>isoleringsmaterial</i> i ytterväggar? Välj upp till 3 alternativ.	<ul style="list-style-type: none"> ~ Glasull ~ Stenull ~ Cellplast ~ Cellglas ~ Träbaserade isoleringsmaterial ~ Annat...
4. Vilka/vilket material används oftast som <i>ångspärr</i> i en yttervägg? Är det andra alternativ än det presentade, skriv då upp dem i alternativet annat.	<ul style="list-style-type: none"> ~ Plastfolie ~ Annat...
5. Vilka/vilket material används oftast som <i>vindskydd</i> i en yttervägg? Välj upp till 3 alternativ. Om inga av alternativen som presenteras är korrekta eller korrekta alternativ saknas, skriv då de/det mest använda alternativet i annat.	<ul style="list-style-type: none"> ~ Gipsskiva ~ Plastfolie ~ Papp ~ Annat...
6. Vilka/vilket material används oftast som <i>innerbeklädnad</i> på en yttervägg? Välj upp till 3 alternativ. Om inga av alternativen som presenterats är korrekta eller korrekta alternativ saknas, skriv då de/det mest använda alternativet i annat.	<ul style="list-style-type: none"> ~ Gipsskiva ~ Spånskiva ~ OSB-skiva ~ MDF-skiva ~ Träskiva + Gipsskiva ~ Kryssfänérskiva ~ Träfiberskiva ~ Annat...

Tabell 10: Enkätundersökning materialfrågor i grund

<i>Material i grundkonstruktion</i>	
Nedan presenteras 3 frågor om mest använda material vid grundläggning av småhus.	
7. Vilka/vilket material används oftast som <i>isolering</i> av en grund? Välj upp till 3 alternativ. Om inga av alternativen som presenterats är korrekta eller korrekta alternativ saknas, skriv då de/det mest använda alternativet i annat.	<ul style="list-style-type: none"> ~ Hård cellplast ~ Cellglas ~ Lättklinker ~ Annat...
8. Vilka material används oftast som <i>golvbeklädnad</i> ? Välj upp till 3 alternativ. Om inga av alternativen som presenterats är korrekta eller korrekta alternativ saknas, skriv då de/det mest använda alternativet i annat.	<ul style="list-style-type: none"> ~ Parkett ~ Laminat ~ Plast ~ Klinker ~ Annat...
9. Vilka/vilket material är vanligast att använda som <i>fuktskydd</i> vid grundläggning? Om det presenterade alternativet inte är korrekt eller korrekta alternativ saknas, skriv då de/det mest använda alternativet i annat.	<ul style="list-style-type: none"> ~ Plastfolie ~ Annat...

Tabell 11: Enkätundersökning materialfrågor i tak

<i>Material i takkonstruktion</i>	
Nedan presenteras 5 frågor om mest använda material vid konstruktion av i småhus/villa.	
10. Vilka/vilket material används oftast som <i>isolering</i> av takkonstruktion? Välj upp till 3 alternativ. Om inga av alternativen som presenterats är korrekta eller korrekta alternativ saknas, skriv då de/det mest använda alternativet i annat.	<ul style="list-style-type: none"> ~ Glasull ~ Stenull ~ Cellulosafibrer ~ Annat...
11. Vilka vilket <i>stommateriäl</i> används oftast vid takkonstruktion? Välj upp till 3 alternativ. Om inga av alternativen som presenterats är korrekta eller korrekta alternativ saknas, skriv då de/det mest använda alternativet i annat.	<ul style="list-style-type: none"> ~ Konstruktionsvirke ~ Limträ ~ KL-trä ~ Stål ~ Annat...
12. Vilka/vilket material används oftast som <i>fuktskydd/ångspärr</i> vid takkonstruktion? Välj upp till 3 alternativ. Om inga av alternativen som presenterats är korrekta eller korrekta alternativ saknas, skriv då de/det mest använda alternativet i annat.	<ul style="list-style-type: none"> ~ Plastfolie ~ Armerad plastväv ~ Annat...
13. Vilket/vilka material används oftast som <i>ytbeklädnad</i> av takkonstruktion? Välj upp till 3 alternativ. Om inga av alternativen som presenterats är korrekta eller korrekta alternativ saknas, skriv då de/det mest använda alternativet i annat.	<ul style="list-style-type: none"> ~ Tegeltakpannor ~ Papp ~ Plåt ~ Annat...
14. Vilka/vilket material används oftast som <i>innerbeklädnad</i> av tak? Välj upp till 3 alternativ. Om inga av alternativen som presenterats är korrekta eller korrekta alternativ saknas, skriv då de/det mest använda alternativet i annat.	<ul style="list-style-type: none"> ~ Träpanel ~ Gipsskiva ~ Plywood ~ Spånskiva ~ Annat...

De utvalda frågorna presenterades för 53 företag inom husbyggnadsbranschen, se tabell 12, genom ett Google-Forms dokument.

Tabell 12: Kontaktade företag inom småhusbranschen

A-hus	Trivselhus AB	Forsgrens timmerhus
Arkitekthus	Vallasjöhus	1:a villan
Fiskarhedenvillan	Villa varm AB	Götenehus
LB-hus	Allmogehus	Gripsholm
Mellby home	Arvesund	Hällingsjö hus AB
Mjögäcksvillan	Åsbo hus AB	Halmstadstenhus
Movehome	Betongvillan	Hem1
Mälarvillan AB	C4 Hus AB	Svenska husgruppen
Rörvikshus	Dala hus	Intressanta hus Sverige AB
Skidstahus produktions AB	Dast stenhus	Jörnträhus
Sköna hus försäljnings AB	Faluhus	Lågenergihus
Västanfors hus	AB Vimmerbyhus	Vittjärvhus
Västkoststugan Borohus	Ö byggen	Myresjöhus
Husföretag	Hjältevadshus	XNvillan
Örmenthus AB	Unika stenhus	Stenbackens trähus
Smålandsvillan	Rejnäsvillan	Reformhus
Modulbyggen	Lövsta trähus AB	Ljusnehus
Lindén villan AB	Larsson hus	

Sammanställning av småhus B

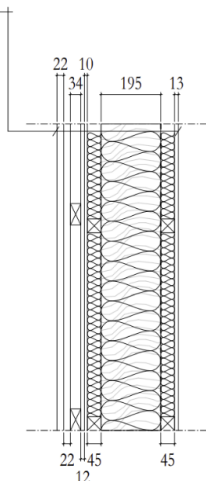
Samtliga konstruktionslösningar och materialval för yttervägg, tak och grund har erhållits med hjälp av en enkätundersökning och genom litteraturunderstöd från *Tillämpad byggnadsfysik* (Pettersson, 2019). Enkätundersökningen skickades med syfte att undersöka de vanligaste materialvalen för ett utvalt antal funktioner/skikt i respektive konstruktionsdel. Undersökningen skickades till 53 företag, varav den besvarats av 52 personer fördelat på 31 olika företag. De erhållna materialen för respektive funktion ersatte motsvarande material i småhus A. Modifikationer av respektive konstruktionsdel har genomförts för att samtliga materialskikt i yttervägg, tak och grund ska motsvara verkliga förhållanden. Densiteten, som används för att beräkna vikt/m², för respektive material är hämtade från tabell 11.39 och 11.40 *Tillämpad byggnadsfysik* (Pettersson, 2019) samt från utvalda företags produktdata. Dimensionerna, kombinerat med bland annat densitet, för respektive material har använts för att beräkna mängd material per kvadratmeter med hjälp av Excel. Detta utgör grunden för genomförda analyser. Småhus B avser inget byggt småhus och har därför ingen dokumentation om från vart materialen är inköpta, utan utgår från generiska data. Den inköpta mängden per kvadratmeter inkluderar en spillprocent genererad i Byggföretagets Miljöberäkningsverktyg (BM). Materialen i respektive konstruktionslösning innehar en livslängd, hämtad från Boverkets klimatdatabas (Boverket, 2024b), som beaktas i livscykelanalysens användningsskede.

Väggkonstruktion

Figur 5 representerar ytterväggskonstruktionen av småhus B och syftar till att ge förståelse för ytterväggen uppbyggnad.

YTTERVÄGG SMÅHUS B

LOCKLÄKT 22X45MM, C/C150MM
 STÄENDE TRÄPANEL 22X145MM, C/C150MM
 LIGGANDE SPIKLÄKT 34X70MM, C/C600MM
 LUFTLÄKT 12X50MM, C/C600MM
 GIPSSKIVA 9,5X1200MM
 STENULLISOLERING 45MM, REGLAR 45X45MM C/C600MM
 STENULLISOLERING 195MM, REGLAR 195X45MM C/C600MM
 PLASTFOLIE 0,2MM
 STENULLISOLERING 45MM, REGLAR 45X45MM C/C600MM
 GIPSSKIVA 12,5X1200MM



Figur 5: Väggsnitt småhus B

Konstruktionslösningen för yttervägg presenteras i tabell 13 och avser materialskikten med anpassning utefter enkätundersökningen.

Tabell 13: Småhus B uppbyggnad yttervägg

Material	Tjocklek [mm]	Inköpt från	Inköpt mängd per kvm [kg]	Livslängd [år]
Slamfärg	-	Generiska data	0,84	9
Lockläkt	22	Generiska data	3,67	> 50
Stående träpanel	22	Generiska data	11,81	> 50
Liggande spikläkt	34	Generiska data	2,20	> 50
Luftläkt	12	Generiska data	0,56	> 50
Gipsskiva vind	9,5	Generiska data	8,18	> 50
Stenull 1 c/c 600 mm	45	Generiska data	1,57	> 50
Horisontell regel 1 c/c 600 mm	45	Generiska data	1,88	> 50
Stenull 2 c/c 600 mm	195	Generiska data	5,62	> 50
Vertikal regel c/c 600 mm	195	Generiska data	8,13	> 50
Plastfolie	0,2	Generiska data	0,17	> 50
Stenull 3 c/c 600 mm	45	Generiska data	1,57	> 50
Horisontell regel 2 c/c 600 mm	45	Generiska data	1,88	> 50
Gipsskiva	12,5	Generiska data	10,23	> 50

Takkonstruktion

Figur 6 visar takkonstruktionen för småhus B och syftar att bidra med en illustration av uppbyggnaden.

TAKKONSTRUKTION SMÅHUS B

TEGELTAKPANNOR ENKUPIGT

BÄRLÄKT 25X48MM, C/C375MM

STRÖLÄKT 25X48, C/C600MM

UNDERLAGSTAK BITUMEN 5,4MM

RÅSPONT 22X120MM

TAKSTOL C24 45X70MM, 45X120MM, 45X145MM, C/C900MM

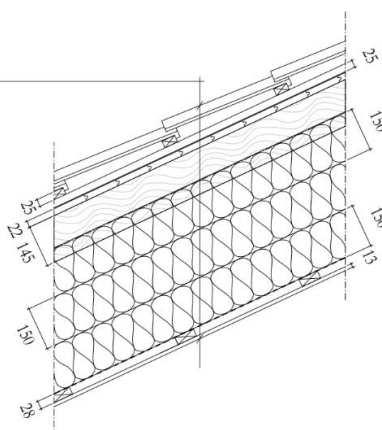
VINDAVLEDARE ROCKWOOL 5,5MM

3XSTENULLISOLERING 150MM

PLASTFOLIE 0,2MM

GLESPANEL 28X70MM, C/C400MM

GIPSSKIVA 12,5X1200MM



Figur 6: Taksnitt småhus B

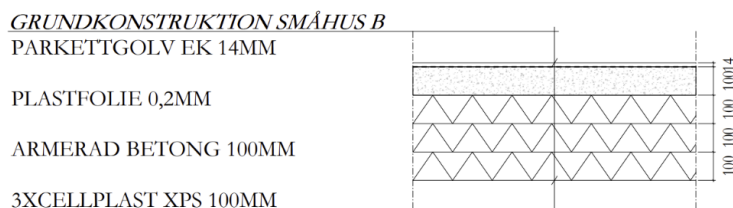
Konstruktionslösningen för tak presenteras i tabell 14 som anger samtliga materialskikt med anpassning utefter enkätundersökningen.

Tabell 14: Småhus B uppbyggnad tak

Material	Tjocklek [mm]	Inköpt från	Inköpt mängd per kvm [kg]	Livslängd
Tegeltakpannor	Variabel	Generiska data	41,13	> 50
Bärläkt c/c 375 mm	25	Generiska data	1,78	30
Ströläkt c/c 600 mm	25	Generiska data	1,11	30
Underlagstak bitumen	5,4	Generiska data	5,68	30
Råspont	22	Generiska data	12,22	> 50
Takstol C24 c/c 900 mm	-	Generiska data	7,66	> 50
Vindavledare Rockwool	5,5	Generiska data	0,5	> 50
Stenullisolering	450	Generiska data	52,4	> 50
Plastfolie	0,2	Generiska data	0,17	> 50
Glespanel 1 c/c 600 mm	28	Generiska data	2,72	> 50
Gipsskiva	12,5	Generiska data	10,23	> 50

Grundkonstruktion

Figur 7 representerar grundkonstruktionen av småhus B och visar uppbyggnaden av grunden.



Figur 7: Snitt av grund småhus B

Konstruktionslösningen för grund presenteras i tabell 15 och visar samtliga materialskikt med anpassning utefter enkätundersökningen.

Tabell 15: Småhus B uppbyggnad grund

Material	Tjocklek [mm]	Inköpt från	Inköpt mängd per kvm [kg]	Livslängd
XPS Cellplast	3x100	Generiska data	6,67	> 50
Betong C25/30	100	Generiska data	237,11	> 50
Armering	-	Generiska data	4,02	> 50
Plastfolie	0,2	Generiska data	0,17	> 50
Parkettgolv	14	Generiska data	7,91	~ 50

3.1.3 Småhus C

Tillvägagångsätt för framtagande av småhus C

Det egenutvecklade förslaget benämns i rapporten som småhus C. Småhus C är ett förslag på en mer miljövänlig utformning som syftar till att inte skilja avsevärt i pris mot småhus B.

Utformningen baseras till stor del på resultatet för småhus A och småhus B, samt även på undersökningar av material med hänsyn till identifierade hinder. I avsnitt 2.5 identifierades ett antal hinder med hållbart byggande varvid ett antal aktörer argumenterar att det förekommer en tro att initial kostnad och investeringskostnaden är högre för dessa projekt. Det har även identifierats att hållbart byggande även har en lägre efterfrågan, samt att marknadsvärdet är lägre.

Privatpersoner som har en vilja att bygga hållbart möter ett antal aktörer i processen mot en färdig bostad. Dessa aktörer är bland annat, bank, mäklare, kommun och byggföretag. En undersökning genomfördes för att identifiera hinder och svårigheter med hållbart byggande. Samtliga av aktörer presenterade i underavsnitt 2.5.1, tillsammans med privatpersonen som byggde småhus A, presenterades med ett antal frågor om hållbart byggande. Dessa besvarades utförligt och är noterade i bilaga C. Tillsammans med litteraturstöd om hinder, samt resultat av genomförda analyser av småhus A och småhus B och utskickade frågor till aktörerna presenterade i underavsnitt 2.5.1, utgjorde dessa en grund för det egenutvecklade förslaget, småhus C. Den genomförda livscykelanalysen och livscykelkostnaden, tillsammans med identifierade hinder med hållbart byggande, gav en indikation om vilka material som efterfrågades. Detta ledde till att olika material studerades, först översiktligt och om de verkade

både miljömässigt bra och inte så ekonomiskt kostsamma, vilket identifierades som eftersträvande faktorer, studerades de närmare. Livscykelanalys och livscykelkostnad genomfördes sedan för det framtagna småhus C på samma sätt som för småhus A och småhus B.

Undersökning och frågor till inblandade aktörer

För att skapa en inblick i vilka hinder som finns för privatpersoner att bygga mer hållbart, vilket är en del av framtagandet av materialvalen i småhus C, genomfördes en undersökning med riktade frågor till olika aktörer som är inblandade i processen för att få flera perspektiv på befintliga hinder. De kontaktade aktörerna var, privatpersonen som är ägare till småhus A, byggföretaget som byggde småhus A, en mäklare verksam i Luleå, en kommun i Sverige samt en större bank som även är verksam i Luleå. Frågorna presenteras i tabell 16–20 och svaren återfinns i bilaga C. Val av frågor grundar sig i antaganden om hur aktören är med och påverkar hållbart byggande för privatpersoner samt deras egna erfarenheter. Frågorna avser att vara öppna och ge plats för aktören att utveckla sina egna tankar kring ämnet.

Tabell 16: Frågor till byggföretag

<i>Frågor Byggföretaget</i>
Var det förutom materialen skillnader i hur ni byggde beställarens hus?
Varför valde ni att bygga Beställarens hus?
Var det skillnad i hur lång tid det tog att bygga beställarens hus mot vad det skulle tagit om ni byggde på ert standardsätt?
Är det något ni tar med er vidare från bygget av beställarens hus?
Vad innebär det att bygga hållbart för er?
Vilka hinder/utmaningar finns för er och liknande företag i branschen att bygga mer hållbart? (t.ex. brist på kunskap, ekonomiskt olönsamt, ökad tidsåtgång)
Finns det incitament för företag som ert att bygga mer hållbart, och i så fall vad?
Vad tror ni skulle behövas för att ni och liknande företag skulle bygga mer hållbart?
Något övrigt ni vill tillägga?

Tabell 17: Frågor till privatperson

<i>Frågor Privatpersonen</i>
Vad innebär det för dig att bygga mer hållbart?
Vad fick dig att vilja bygga ett mer hållbart hus?
Fanns det kompromisser du var tvungen att göra med avseende på hur du helst hade velat bygga? Om det fanns det kan du beskriva vilka och varför?
Vilka utmaningar/hinder upplevde du med att bygga ett mer hållbart hus som privatperson?
Vad anser du skulle krävas för att fler privatpersoner skulle bygga mer hållbart?
Något annat du vill tillägga?

Tabell 18: Frågor till bank

<i>Frågor Bank</i>
För en privatperson som vill ansöka om ett byggnadslån, vilka faktorer ser ni till när ni undersöker frågan?
Hur mycket påverkar den personliga ekonomin möjligheten till att få ett byggnadslån?
Gör ni egna uppskattningar och undersökningar av det planerade byggprojektet och hur djupgående undersöker ni frågan?
Hur mycket påverkar faktorer som exempelvis, läge på tomt och kostnader på material? (Tillägg gärna egna tankar)
Om banken anser att lånet är för högt, kan ni föreslå förändringar som att exempelvis minska kostnaden i olika delar av projektet som skulle leda till att banken godkänner lånet? Och i så fall vilka förslag/förändringar kan banken förse privatpersonen med som möjliggör projektet?
Hur ser banken på hållbarhetsfrågor? Vad gör ni för att värna om en hållbar utveckling?
Ett viktigt samhällsproblem idag är miljön, hur ser ni på att bevilja lån till mer hållbara projekt som kan inneha högre byggnadskostnad och som potentiellt sänker eller tar bort vinsten vid försäljning?
Bidrar ni på olika sätt för att uppmuntra hållbart byggande inom bygg- och fastighetssektorn och i så fall på vilka sätt?
Något övrig som ni vill tillägga?

Tabell 19: Frågor till kommun

<i>Frågor Kommun</i>
Hur ser ni på hållbart byggande?
Hur går ni tillväga för att motivera hållbart byggande för privatpersoner?
Hur går ni tillväga för att motivera hållbart byggande för företag?
Gör ni mer insatser för att uppmuntra hållbart byggande inom företag än vad ni gör för privatpersoner eller vice versa?
Med bakgrund i att det är dyrare att bygga mer hållbart har ni nu/eller har ni funderat på att införa ekonomiska insatser för att underlätta omställningen till hållbart byggande?
Skapar kommunen fler möjligheter för hållbara företag att etablera sig i Luleå eller bidrar ni med hjälpmedel till produktionen av mer hållbara material?
Finns det något övrig som ni vill tillägga?

Tabell 20: Frågor till mäklare

<i>Frågor Mäklare</i>
Vilka faktorer ser ni till vid värdering av bostadshus?
Bedömer ni konstruktionslösningarna och byggmaterialen i sig eller är det tillståndet av dessa ni ser främst till?
Hur ser ni på hållbart byggande?
Ett hus som byggs med ett hållbarhetsperspektiv, värderas dessa hus annorlunda? Ser ni positivt på hållbara aspekter (som materialval)? Utveckla gärna!
Har ni möjlighet att påverka bankens syn på hur man värderar hållbart byggande? Utveckla gärna!
Hur ser ni i framtiden att mäklare kan uppmuntra till mer hållbart byggande? Alla svar uppskattas.
Finns det något övrig som ni vill tillägga?

Beräkningsgång och sammanställning småhus C

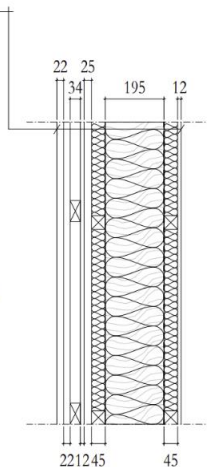
Materialvalen presenterade för yttervägg, tak och grund har erhållits efter genomförd undersökning av utsläpp koldioxidekvivalenter i Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM), samt efter genomförd livscykelkostnadskalkyl för småhus- A och B. I samband med litteratur och övriga data har alternativa materialval och motsvarande dimensioner framtagits, som tidigare nämnt, syftar till att förbättra de miljömässiga och ekonomiska aspekterna. En inköpt mängd vikt/m² har beräknats för samtliga material genom nyttjandet av densiteten för materialen som återfunnits i tabell 11.39 och 11.40 *Tillämpad byggnadsfysik* (Petersson, 2019) samt från utvalda företags produktdata. Vikten/m² har i kombination med bland annat densiteten, tillämpats för att beräkna mängd material per kvadratmeter, vilket utgör grunden för fortsatt analys. Samtliga material har multiplicerats med en generisk spillfaktor genererad i Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM) vilket har gett en slutgiltig mängd som använts vid genomförd livscykelanalys och livscykelkostnad. Småhus C är, som småhus B, ett hypotetiskt alternativ och har därför ingen specifik dokumentation om materialen och från vart de är inköpta. Samtliga material har med hjälp av Boverket (2024b) en livslängd som beaktas bland annat i användningsskedet av genomförd livscykelanalys.

Väggkonstruktion

Figur 8 representerar uppbyggnaden och dimensionerna av väggkonstruktionen för småhus C.

YTTERVÄGG SMÅHUS C

LOCKLÄKT 22X45MM, C/C150MM
STÄENDE TRÄPANEL 22X145MM, C/C150MM
LIGGANDE SPIKLÄKT 34X70MM, C/C600MM
LUFTLÄKT 12X50MM, C/C600MM
HUNTON VINDTÄT 25X1200MM
TRÄFIBERISOLERING 45MM, REGLAR 45X45MM C/C600MM
TRÄFIBERISOLERING 195MM, REGLAR 195X45MM C/C600MM
LUFTSPÄRRPAPPER 0,25MM
TRÄFIBERISOLERING 45MM, REGLAR 45X45MM C/C600MM
GRANPANEL 12X120MM



Figur 8: Väggsnitt småhus C

Konstruktionslösningen för ytterväggen presenteras i tabell 21 och avser anpassade materialskikt.

Tabell 21: Uppbyggnad yttervägg småhus C

Material	Tjocklek [mm]	Inköpt från	Inköpt mängd per kvm [kg]	Livslängd
Slamfärg	-	Generiska data	0,84	9
Lockläkt	22	Generiska data	3,67	> 50
Stående träpanel	22	Generiska data	11,81	> 50
Liggande spikläkt	34	Generiska data	2,20	> 50
Luftläkt	12	Generiska data	0,56	> 50
Hunton vindtät	25	Generiska data	6,68	> 50
Träfiberisolering 1 c/c 600 mm	45	Generiska data	2,24	> 50
Horisontell regel 1 c/c 600 mm	45	Generiska data	1,88	> 50
Träfiberisolering 2 c/c 600 mm	195	Generiska data	9,70	> 50
Vertikal regel c/c 600 mm	195	Generiska data	8,13	> 50
Ångbroms Isolina	0,25	Generiska data	0,17	> 75
Träfiberisolering 3 c/c 600 mm	45	Generiska data	2,24	> 50
Horisontell regel 2 c/c 600 mm	45	Generiska data	1,88	> 50
Granpanel	12	Generiska data	6,67	> 50

Takkonstruktion

Figur 9 representerar uppbyggnaden av takkonstruktionen och bidrar med en illustration av taksnittet för småhus C.

TAKKONSTRUKTION SMÅHUS C

TEGELTAKPANNOR ENKUPIGT

BÄRLÄKT 25X48MM, C/C375MM

STRÖLÄKT 25X48, C/C600MM

UNDERLAGSTAK POLYETEN 5,4MM

RÅSPONT 22X120MM

TAKSTOL C24 45X70MM, 45X120MM, 45X145MM, C/C900MM

VINDAVLEDARE ROCKWOOL 5,5MM

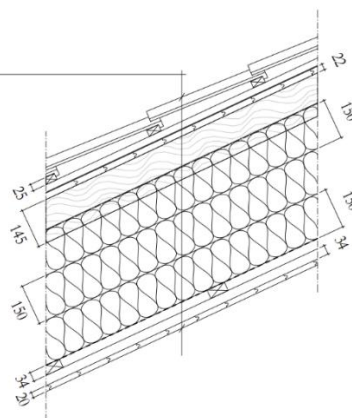
3XTRÄFIBERISOLERING 150MM

LUF'TSPÄRRPAPPER ISOLINA 0,25MM

GLESPANEL 34X70MM, C/C600MM

GLESPANEL 34X70MM, C/C600MM

GRANPANEL 20X120



Figur 9: Taksnitt småhus C

Konstruktionslösningen för tak presenteras i tabell 22 och avser anpassade materialskikt.

Tabell 22: Uppbyggnad tak småhus C

Material	Tjocklek [mm]	Inköpt från	Inköpt mängd per kvm [kg]	Livslängd
Tegeltakpannor	Variabel	Generiska data	41,13	> 50
Bärläkt c/c 375 mm	25	Generiska data	1,78	30
Ströläkt c/c 600 mm	25	Generiska data	1,11	30
Underlagstak polyeten	5,4	Generiska data	0,15	30
Råspont	22	Generiska data	12,22	> 50
Takstol C24 c/c 900 mm	-	Generiska data	12,25	> 50
Vindavledare Rockwool	5,5	Generiska data	0,50	> 50
Träfiberisolering	450	Generiska data	22,78	> 50
Luftspärrpapper Isolina	0,2	Generiska data	0,11	> 50
Glespanel 1 c/c 600 mm	34	Generiska data	2,20	> 50
Glespanel 2 c/c 600 mm	34	Generiska data	2,20	> 50
Granpanel	20	Generiska data	11,11	> 50

Grundkonstruktion

Figur 10 illustrerar grundkonstruktionen och samtliga material för småhus C.

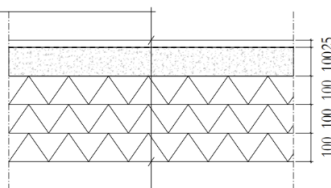
GRUNDKONSTRUKTION SMÅHUS C

GRANGOLV 25MM

PLASTFOLIE 0,2MM

ARMERAD KLIMATFÖRBÄTTRAD BETONG 100MM

3XCELLPLAST XPS 100MM



Figur 10: Snitt av grund småhus C

Konstruktionslösningen för grund presenteras i tabell 23 och avser anpassade materialskikt.

Tabell 23: Uppbyggnad grund småhus C

Material	Tjocklek [mm]	Inköpt från	Inköpt mängd per kvm [kg]	Livslängd
XPS Cellplast	3x100	Generiska data	6,67	> 50
Klimatförbättrad betong	100	Generiska data	237,11	> 50
Armering	-	Generiska data	4,02	> 50
Plastfolie	0,2	Generiska data	0,17	> 50
Grangolv	25	Generiska data	13,89	> 50

3.2 U-värdeberäkning

Jämförelsen mellan olika konstruktions- och materialval i detta projekt analyserar inte energianvändningen då denna antas vara samma för de olika lösningarna. En stor faktor som påverkar energianvändningen för uppvärmning är klimatskalets u-värde. Därför har u-värdet för byggnadsdelarna i småhus A beräknats och varit utgångspunkt för bestämmandet av materialtjocklek och utformning i småhus B och småhus C. U-värdet för yttervägg, tak och grund beräknas enligt metoden som beskrivs i 8.1 (Pettersson, 2019). De ingående materialens värmeledningsförmåga är hämtade från tabell 11.35, 11.39, 11.40 i *Tillämpad byggnadsfysik* (Pettersson, 2019) samt från dokument tillgängliga på tillverkarens webbplats om specifik tillverkare är känd. Värmemotståndet för ventilerat yttertak och fasadskikt samt oventilerade luftskikt är hämtade från tabell 11.25 och 11.26 i *Tillämpad byggnadsfysik* (Pettersson, 2019). I beräkningen av u-värde för taket i småhus A har de två lagren med glespanel räknats som ett homogent icke ventilerat luftskikt. Det inhomogena lagret takstol och isolering har förenklats till ett homogent skikt isolering 300 mm tjockt och ett inhomogent skikt isolering/trä 150 mm tjockt, där träet är 45 mm brett och har ett cc-avstånd 900 mm.

Beräkning av U-värdet för småhus B genomfördes enligt metoden beskriven i 8.1 (Pettersson, 2019). Yttervägg, tak och grund består av en grundstomme med samma mått som småhus A. Materialbyten och anpassningar för småhus B presenteras i avsnitt 2.2. De material som tillkom i småhus B har en värmeledningsförmåga som är hämtade ur tabell 11.34, 11.35, 11.39 och 11.40 *tillämpad byggnadsfysik* (Pettersson, 2019). Det oventilerade luftskiktet såväl som värmegenomgångsmotståndet för tegeltakpannor hämtades ur tabell 11.25 *tillämpad byggnadsfysik* (Pettersson, 2019). De material som är samma för småhus A och småhus B beräknades med samma ingående värden och upprepas därför inte i beskrivningen av beräkningsgången för småhus B.

Beräkningen av U-värdet för det småhus C på materialval tillämpade metoden beskriven i 8.1 (Pettersson, 2019). Materialens dimensioner i yttervägg, tak och grund anpassades för att erhålla ett U-värde som motsvarade småhus A och småhus B. Se avsnitt 2.3 för beskrivning av småhus C. Värmeledningsförmågan för material, förutom träfiberisolering och vindskivan, har hämtats ur tabell 11.35, 11.39 och 11.40 i *tillämpad byggnadsfysik* (Pettersson, 2019). Värmeledningsförmågan för träfiberisolering och vindskivan är hämtad från Hunton (u.å. (a)). Värmegenomgångsmotståndet för tegeltakpannor och det oventilerade luftskiktet hämtades ur tabell 11.25 *tillämpad byggnadsfysik* (Pettersson, 2019). De material som är desamma för småhus

A, småhus B och småhus C har beräknats med samma ingående värden vilket medför att metoden för dessa inte presenteras i beskrivningen av beräkningsgången för småhus C.

3.2.1 Homogena skikt

Det totala värmemotståndet för de homogena skikten beräknas enligt:

$$R_{homogen} = R_{si} + \Sigma R_i + R_{se} \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad 1$$

där R_i är värmemotståndet för varje enskilt skikt

$$R_i = d_i / \lambda_i \text{ [m}^2\text{K/W]}. \quad 2$$

Värmeövergångsmotståndet för vägg, tak och grundens inner- och ytterytor R_{si} och R_{se} hämtas från *Tillämpad byggnadsfysik* s.260 (Petersson, 2019).

U-värdet fås sedan genom

$$U = \frac{1}{R_{homogen}} \text{ [W/m}^2\text{K]}. \quad 3$$

3.2.2 Inhomogena skikt

För byggnadsdelar med sammansatta materialskikt beräknas värmemotståndet för de ingående homogena skikten på samma sätt som för byggnadsdelar med enbart homogena skikt som beskrivits ovan i 3.2.1. Sedan används u-värdesmetoden som ger ett övre gränsvärde och lambdavärdesmetoden som ger ett undre gränsvärde. Det totala värmemotståndet enligt lambdavärdesmetoden beräknas:

$$R_{t\lambda} = R_{homogen} + \Sigma \frac{d_i}{\lambda_{leg,i}} \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad 4$$

där

$$\lambda_{leg,i} = \Sigma andel_{material,i} * \lambda_i \text{ [W/mK]}. \quad 5$$

Det totala värmemotståndet enligt u-värdesmetoden beräknas

$$R_{tu} = \frac{1}{U_u}. \quad 6$$

Om ett inhomogent skikt förekommer i byggnadsdelen kan värmen ta två olika vägar genom antingen material A eller B. Då beräknas U_u enligt

$$U_u = andel_A * \frac{1}{R_{homogen} + \frac{d_A}{\lambda_A}} + andel_B * \frac{1}{R_{homogen} + \frac{d_B}{\lambda_B}} \text{ [W/m}^2\text{K]}. \quad 7$$

Om två inhomogena skikt med material A och B samt C och D förekommer i byggnadsdelen kan värmen ta fyra olika vägar; genom A/C, B/C, A/D eller B/D. Då beräknas U_u enligt

$$U_u = \text{andel}_{A/B} * \frac{1}{R_{\text{homogen}} + \frac{d_A}{\lambda_A} + \frac{d_B}{\lambda_B}} + \dots + \text{andel}_{B/D} * \frac{1}{R_{\text{homogen}} + \frac{d_B}{\lambda_B} + \frac{d_D}{\lambda_D}} \text{ [W/m}^2\text{K]}. \quad 8$$

Byggnadsdelens totala värmemotstånd fås genom att beräkna medelvärdet för det totala värmemotståndet av lambdavärdesmetoden och u-värdesmetoden

$$R_t = \frac{R_{t\lambda} + R_{tu}}{2} \text{ [m}^2\text{K/W]}. \quad 9$$

U-värdet fås sedan genom

$$U = \frac{1}{R_t} \text{ [W/m}^2\text{K]}. \quad 10$$

3.3 Dimensionering av småhusmodell

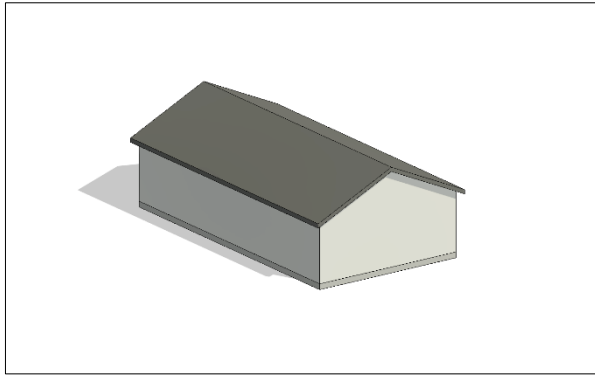
Två modeller av ett småhus framställdes för att exemplifiera mängd material med respektive kg CO₂eq utsläpp, samt totalkostnad av material och transport för yttervägg, tak och grund. Dessa modeller benämns i rapporten som småhusmodeller och utgår från data erhållen från Boverket och Miljöbyggnad 3.0 - *Bedömningskriterier för nyproducerade byggnader*. Två småhusmodeller skapades, en bestående av 122 kvadratmeter enplanshus med dimensionerna 15 x 8,1m och den andra ett tvåplanshus med dimensionerna 6 x 10m. Se värden i tabell 24 och 25 samt en visualisering av småhusmodellerna i figur 11 och 12.

Tabell 24: Småhusmodell enplanshus

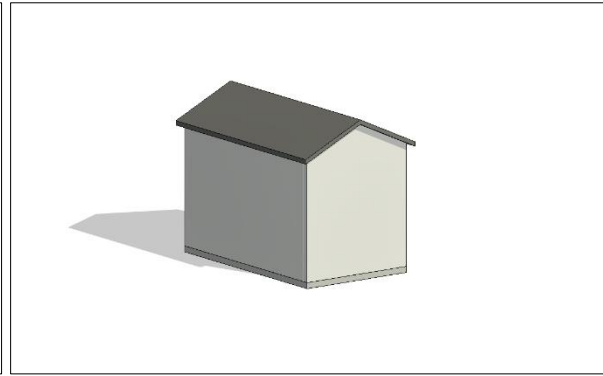
1 Våning: ~ 122 [kvm]		
Längd	15	[m]
Bredd	8,1	[m]
Takhöjd	3	[m]
Taklutning	25	[°]
Area yttervägg	138,6	[kvm]
Area takkonstruktion	134,07	[kvm]
Area grundkonstruktion	121,5	[kvm]
Fönster- och dörrarea	13,75	[kvm]

Tabell 25: Småhusmodell tvåplanshus

2 Våning: ~ 122 [kvm]		
Längd	6	[m]
Bredd	10	[m]
Takhöjd	6	[m]
Taklutning	25	[°]
Area yttervägg	192	[kvm]
Area takkonstruktion	66,21	[kvm]
Area grundkonstruktion	60	[kvm]
Fönster- och dörrarea	13,75	[kvm]



Figur 11: Enplanshus



Figur 12: Tvåplanshus

De två olika modellerna genererade olika totalareor för respektive konstruktionsdel, vilket kan avläsas i tabell 26 och 27. Arean för yttervägg är exklusive fönster och dörrar.

Tabell 26: Dimensioner enplanshus

1 Våning: ~122 [kvm]		
Yttervägg	124,85	[kvm]
Takkonstruktion	134,07	[kvm]
Grundkonstruktion	121,5	[kvm]

Tabell 27: Dimensioner tvåplanshus

2 Våning: ~122 [kvm]		
Yttervägg	178,25	[kvm]
Takkonstruktion	66,21	[kvm]
Grundkonstruktion	60	[kvm]

3.4 Livscykelanalys

En miljömässig utvärdering innefattar många olika typer av miljöpåverkan, i detta projekt har växthusgaser och enheten kilo koldioxidekvivalenter valts att studeras för att enklare kunna jämföra de olika småhusen.

Detta examensarbete beaktar byggskedet A1-A5.1 och användningsskedet B1-B7. Vissa informationsmoduler i användningsskedet har bortsetts från, användningen B1 och driftens vattenanvändning B7 antas vara samma oavsett vilka material som byggs med. Samtliga konstruktionsdelar i de tre husen har samma u-värde och därmed samma isoleringsförmåga som beskrivs närmare i avsnitt 3.2, vilket gör att även driftenergin B6 inte studerats närmare. Ytterligare styrks antagandet av att projektet analyserar samtliga konstruktionsdelar, grund, vägg och tak, per kvadratmeter och inte för en specifik byggnad, vilket innebär att energiförluster som tillkommer genom exempelvis fönster och köldbryggor kan bortses från. Slutskedet har inte undersökts inom ramen för detta projekt. Den analyserade livslängden har valts till 50 år vilket är den minsta livslängden för majoriteten av samtliga ingående material i småhusen.

Livscykelanalysen genomfördes med hjälp av IVL svenska miljöinstitutets gratisversion av Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM). BM baseras på livscykelmetodik enligt EN15804 och EN15987 och kan användas för att beräkna klimatpåverkan för hela byggnader eller enskilda material och produktionsmetoder (IVL svenska miljöinstitutet, u.å). I den använda versionen av BM ingår en databas med generiska data som inkluderar Boverkets klimatdatabas.

Spill av material på byggplatsen är hämtad från BMs generiska data och varierar mellan 3%–10%. Detta adderas till den inbyggda mängden material per kvadratmeter som hämtas från en sammanställning i Excel där mängdberäkning genomförts. Ett projekt med livslängd 50 år skapas för varje byggnadsdel för småhus A, B och C. Mängden inköpt material införs och kopplas till den bäst motsvarande generiska data. I småhus A och C kopplas vissa material till EPD:er i stället för generiska data då generiska data saknas som på ett bra sätt motsvarar det specifika materialet. Detta gäller för Isolina linisolering och Hunton vindtät. För småhus A antas all transport vara med lastbil och sträckan för transporten läggs in manuellt för respektive material utifrån uppgifter av byggföretaget som byggde huset, med undantag för plastfolie och underlagstak där information om tillverkningsplats saknas. För dessa material används generiska data för transport. Den faktiska transportsträckan har använts i detta fall för att se vikten av närproducerade material och hur det huset förhåller sig till småhus B och C, där enbart generiska data för transport använts. Underhåll och utbyte införs i BM där livstiden för materialet är mindre än 50 år och där underhåll är nödvändigt. Med inlagda mängder och transportsträcka beräknar BM kg CO₂eq för skede A1–A5.1 samt B2–B5 och presenterar resultatet i en Excelrapport.

Generiska data i Byggsektorns miljöberäkningsverktyg som använts bygger på boverkets klimatdatabas och utgår från ett genomsnitt, vilket gör att det kan skilja mellan olika leverantörer och produktionssätt. Generiska klimatdata är 25% högre än genomsnittet av EPD:er och publikt tillgängliga generiska datakällor för att främja användningen av specifika data eftersom det inte ska vara fördelaktigt att tillämpa generisk klimatdata i stället för specifik (Boverket, 2023a). Som en del av livscykelanalysen har ett alternativt resultat framtagits där 25% av koldioxidekvivalenterna som genereras i skede A1–A3, A5 och B2–B5 subtraherats för de material som utgått från generiska data. Generiska klimatdata har i detta projekt användas i första hand trots att specifika data uppmuntras av Boverket. Om lämpliga generiska data inte existerat har specifika data tillämpats. Anledning till att detta projekt uppmuntrar användningen av generiska data är att samtliga byggnadsalternativ skall vara jämförbara och att det ger en mer korrekt generell bild av materialets miljöpåverkan i stället för en specifik produkts miljöpåverkan. Småhus A innehar, till skillnad från resterande byggnadsalternativ, information om specifika material och data. Detta innebär att de olika alternativen inte har samma utgångspunkt, därmed beslutet att använda generiska data i så bred utsträckning som möjligt.

3.5 Livscykelkostnad

För privatpersoner som bygger småhus kan de ekonomiska förutsättningarna i hushållet antas påverka valmöjligheterna i stor utsträckning och vara en avgörande faktor. Ett ekonomiskt perspektiv för respektive alternativ har undersökt genom en livscykelkostnadsanalys (LCC) utförd i ett Exceldokument. I den ekonomiska analysen betraktas endast material- och transportkostnader. Dessa kostnader antas variera mest mellan de olika alternativa lösningarna. Arbetskostnad och andra kostnader som tillkommer vid byggandet av ett nyproducerat småhus har inte undersökts i detta skede. I denna studie har endast skillnader av material- och transportkostnader i byggskedet och användningsskedet analyserat på grund av svårigheter att uppskatta en total genomsnittskostnad för ett småhus. Analys av ekonomiskt värde vid eventuell framtida försäljning eller demontering har inte utförts. Rapporten granskar samtliga forskningsfrågor ur ett kvadratmeterperspektiv. För att förvärva en uppskattning av total kostnad för respektive konstruktionsdel och alternativ, samt erhålla en leveranskostnad som motsvarar verkliga förhållanden, har två enkla småhusmodeller, som tidigare nämnt, skapats, baserat på data enligt Boverket (2020a). De två småhusmodellerna har samma golvyta, men skiljs åt i antal våningar, där det ena alternativet utgörs av ett våningsplan och det andra består av två. Samtliga alternativa lösningar applicerades på klimatskalet av småhusmodellerna för att erhålla ett ungefärligt värde av material- och transportkostnad för ett småhus. I den genomförda

Livscykelanalysen (LCA:n) genererade Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM) ett generiskt spillvärde, varierande mellan 3%-10%, som beaktades i livscykelkostnadsanalysen. Denna spillprocent applicerades på samtliga areor, längder och mängder vid beräkning av material- och leveranskostnad.

Materialkostnaden erhöles genom en prisundersökning av ett antal byggnadsmaterialsåterförsäljare varvid en genomsnittskostnad beräknades för att återspegla marknadspriset. Samtliga värden hämtade från byggvaruhandlarna presenterades i kr/m, kr/l, kr/st eller kr/m². Byggnadsmaterialsåterförsäljarna utgjordes av Byggmax, Beijer, XLbygg och K-rauta, samt vid behov ett antal andra varierande aktörer. Materialkostnaden erhöles genom multiplicering med motsvarande mängd, längd, antal eller area för att erhålla det totala priset för en kvadratmeter konstruktionsdel. Ur dessa kostnader beräknades sedan, för respektive material, en genomsnittskostnad som summerades vilket gav en total materialkostnad för konstruktionsdelarna.

Vid val av lämpligt tillvägagångssätt för att analysera transportkostnaden för respektive konstruktionsdel, analyserades olika alternativ, varvid ett beslut av att nyttja de redan använda byggvaruhandlarnas egna system för att beräkna kostnaden genomfördes. Respektive konstruktionsdel delades in i 3-4 leveransgrupper som baserades på föreställningen att byggmaterialen levereras i omgångar till byggarbetsplatsen. Material som nyttjas inom samma tidsram antogs levereras i samma transport. Samtliga material inom leveransgrupperna utgick efter total area per konstruktionsdel, med hänsyn till skapta småhusmodeller, vilket genererade en transportkostnad som tog hänsyn till materielmängd och avstånd.

3.6 Författarnas bidrag

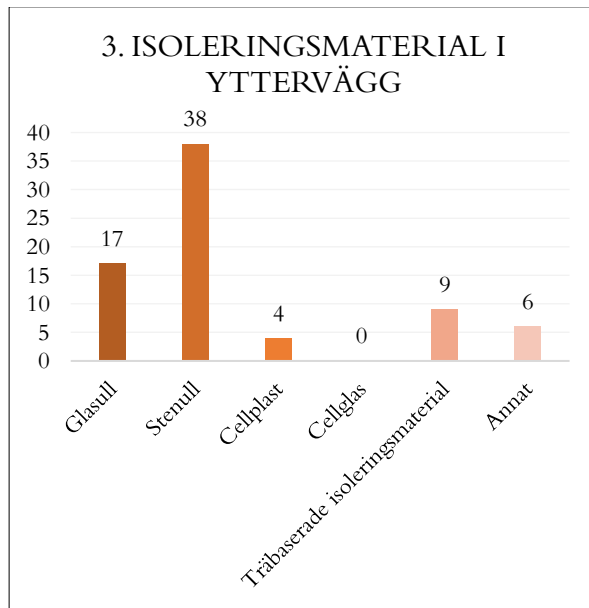
Författarna i detta arbete har dels arbetat tillsammans för att skapa möjlighet att diskutera problem och funderingar under projektets gång, men arbetet har också delvis delats upp för att arbeta effektivt. Patricia Dahlfors har ansvarat för småhus A, dels att tolka ritningar och ta fram mängder och information om material, dels att genom hela projektet genomföra beräkningar och analyser för det småhuset. Hon har även gjort mallen till u-värdesberäkning och tagit fram den använda metoden för livscykelanalys. Sofia Näsström har ansvarat för beräkningarna för småhus B genom projektet och enkätundersökningen som genomfördes för att bestämma materialvalen i det alternativet. Hon har också arbetat med teorin bakom hinderanalysen, samt tagit fram den använda metoden för livscykelkostnaden. Materialvalen i småhus C har gjorts tillsammans då det till stor del baseras på resultatet av analyserna för småhus A och B. Frågeformuläret för hinder är också formulerade tillsammans.

4. RESULTAT OCH ANALYS

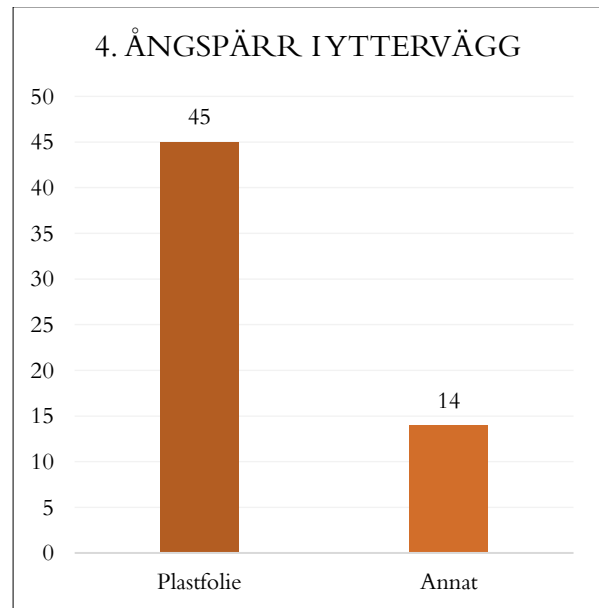
4.1 Svar för småhus B enkätundersökning

I detta avsnitt presenteras samtliga svar om materialval i småhus erhållna från enkätundersökningen genomförd i samråd med presenterade företag i tabell 12. Samtliga företag som svarat på enkäten uppger att de bygger småhus enligt definitionen friliggande en- eller tvåbostadshus, se figur 13–24.

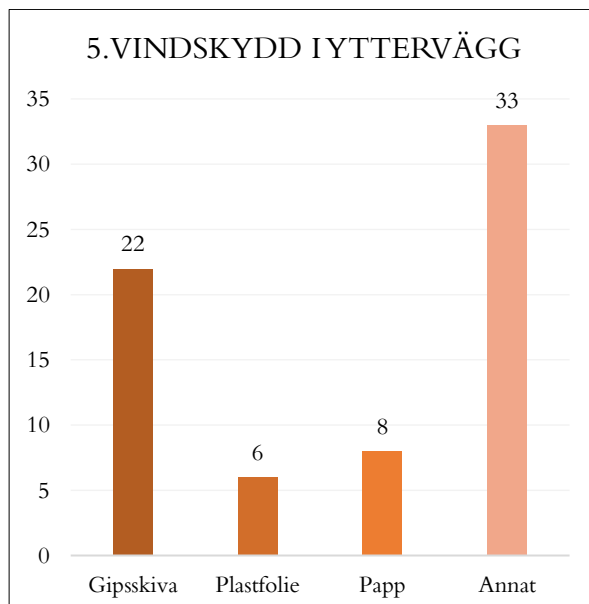
4.1.1 Svar väggkonstruktion från enkättagare



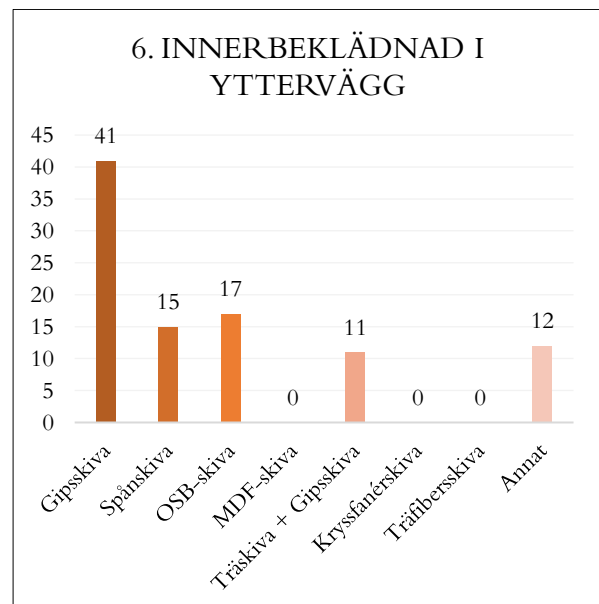
Figur 13: Isoleringsmaterial yttervägg



Figur 14: Ångspärr yttervägg

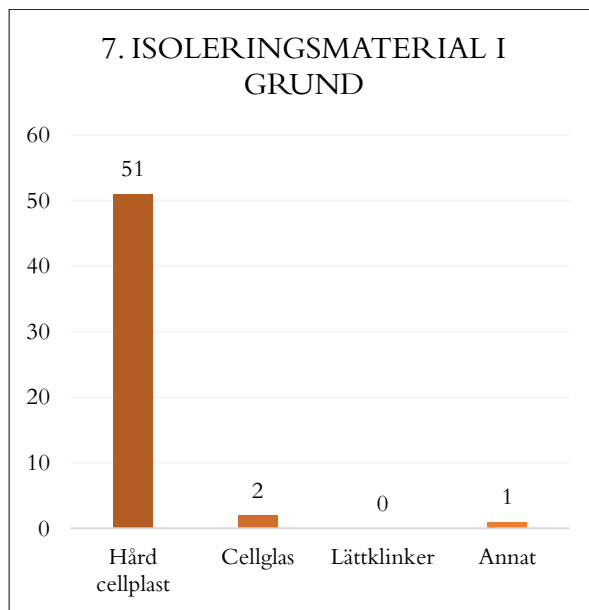


Figur 15: Vindskydd yttervägg

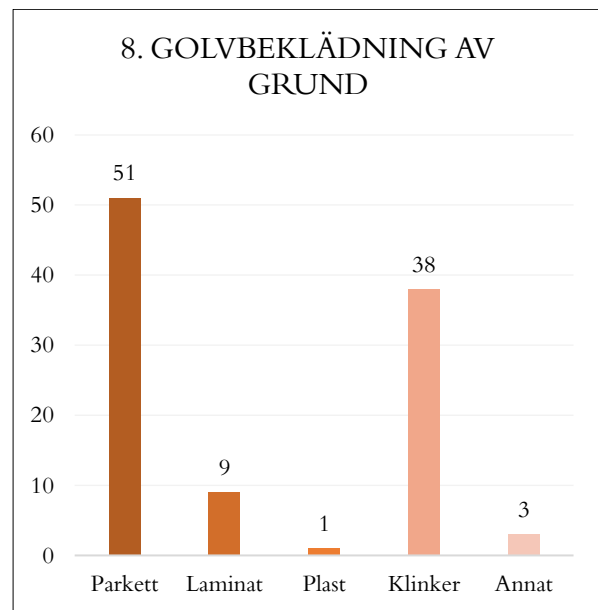


Figur 16: Innerbeklädnad yttervägg

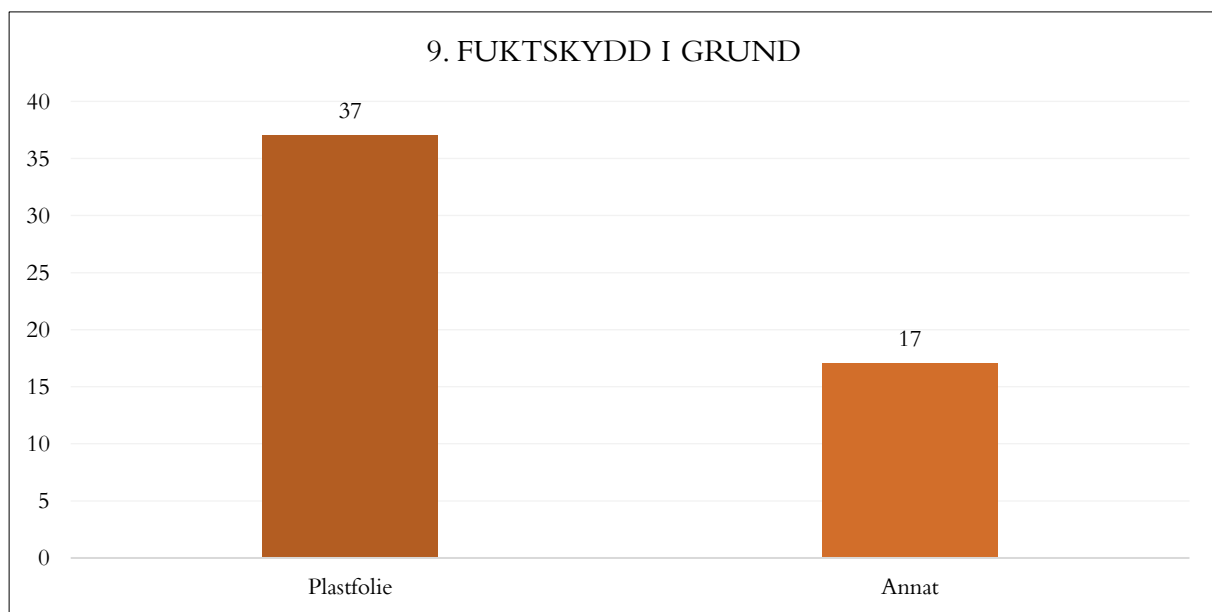
4.1.2 Svar grundkonstruktion från enkättagare



Figur 17: Isoleringsmaterial grund

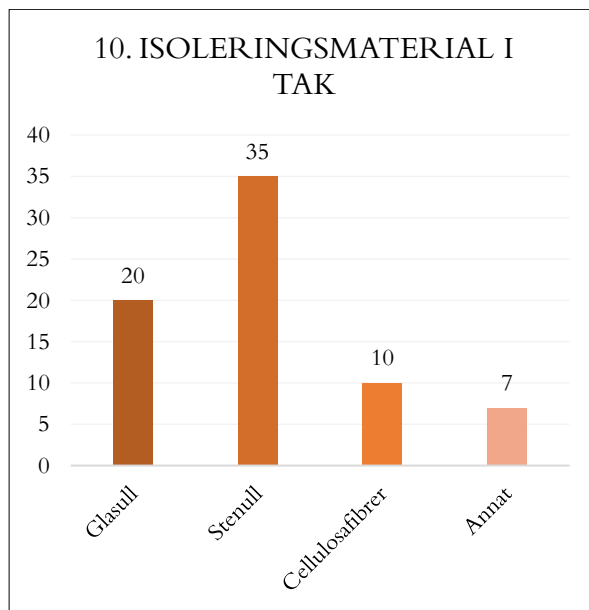


Figur 18: Golvbeklädnad grund

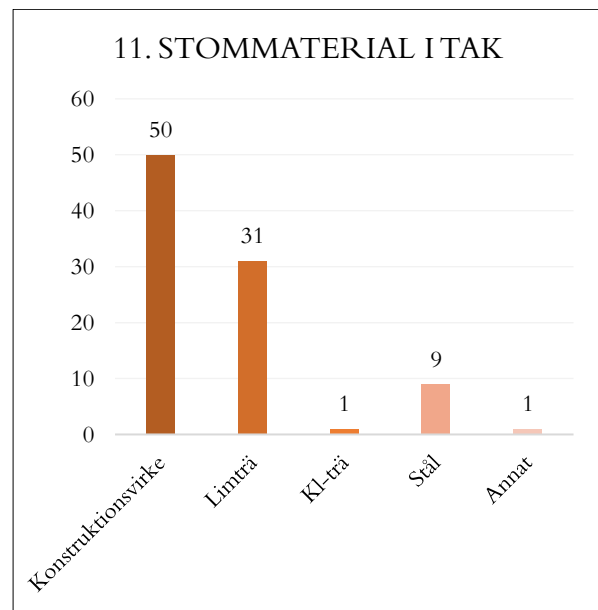


Figur 19: Fuktskydd grund

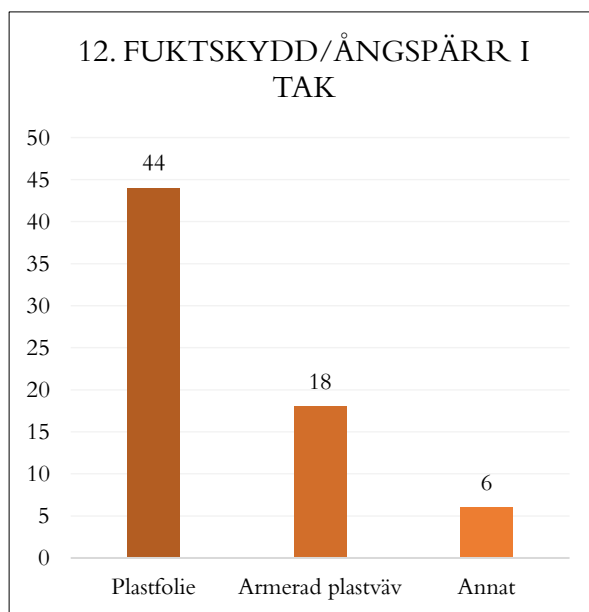
4.1.3 Svar takkonstruktion från enkättagare



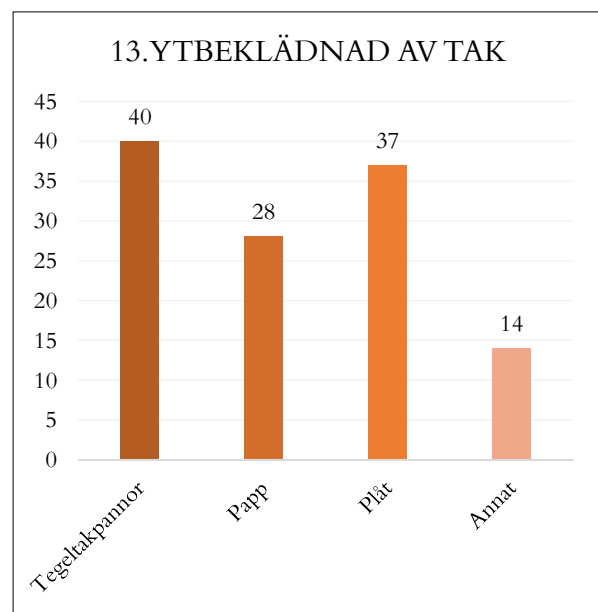
Figur 20: Isoleringsmaterial tak



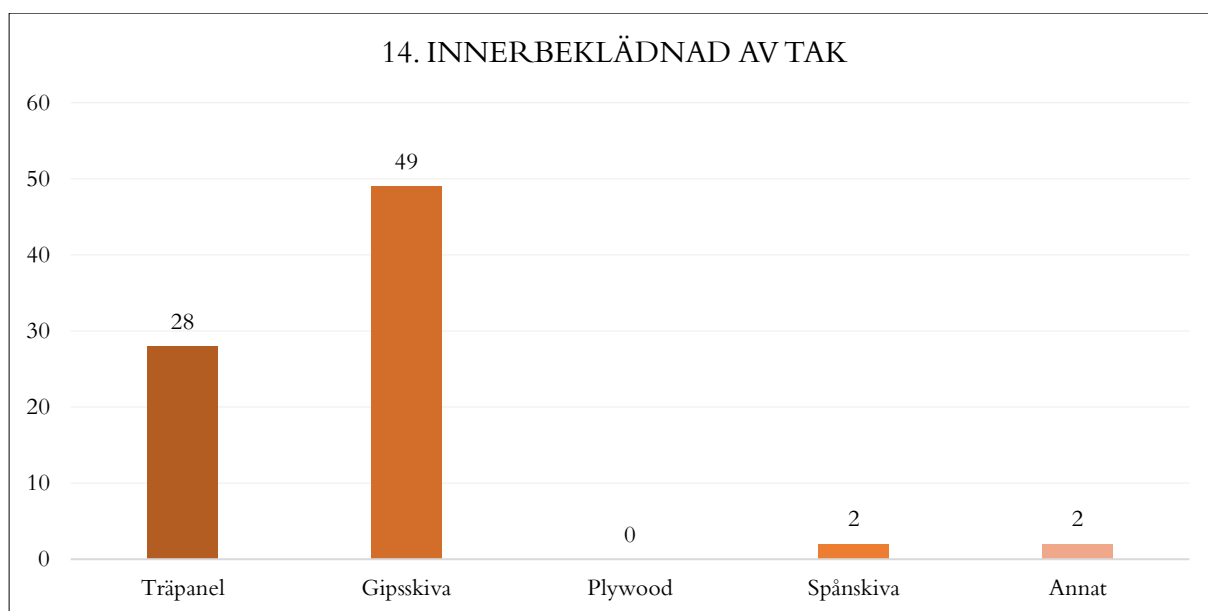
Figur 21: Stommateriäl tak



Figur 22: Fuktskydd/ångspärr tak



Figur 23: Ytterbeklädning tak



Figur 24: Innerbeklädnad tak

4.1.4 Sammanställning av materialval småhus B

De material med flest antal svar ersatte motsvarande material i konstruktionen av småhus A. Om modifieringar av konstruktionen krävdes för materialbytet genomfördes dessa vilket skapade en differens i somliga av måtten gentemot småhus A. För vindskydd i yttervägg var svarsalternativet ”annat” det svar med högst antal, nästkommande var gipsskiva. Vid närmare analys av samtliga svar angivna som ”annat” fastställdes det att gipsskiva var det mest förekommande. Se tabell 28 för sammanställning av materialvalen i småhus B.

Tabell 28: Materialval småhus B

Konstruktionsdel	Frågeställning	Materialval
Yttervägg	Fråga 3: Isolering	Stenull
Yttervägg	Fråga 4: Ångspärr	Plastfolie
Yttervägg	Fråga 5: Vindskydd	Gipsskiva
Yttervägg	Fråga 6: Innerbeklädnad	Gipsskiva
Grund	Fråga 7: Isolering	Hård cellplast
Grund	Fråga 8: Golvbeklädnad	Parkett
Grund	Fråga 9: Fuktskydd	Plastfolie
Tak	Fråga 10: Isolering	Stenull
Tak	Fråga 11: Stommateriel	Konstruktionsvirke
Tak	Fråga 12: Fuktskydd/Ångspärr	Plastfolie
Tak	Fråga 13: Ytbeklädnad	Tegeltakpannor
Tak	Fråga 14: Innerbeklädnad	Gipsskiva

4.2 U-värde

I tabell 29 nedan presenteras det beräknade U-värdet för yttervägg, tak och grund i de olika husen.

Tabell 29: Beräknade U-värden

Småhus	U-värde yttervägg [W/m ² K]	U-värde tak [W/m ² K]	U-värde grund [W/m ² K]
Småhus A	0,134	0,083	0,105
Småhus B	0,136	0,084	0,106
Småhus C - Klimatförbättradbetong	0,133	0,086	0,105

4.3 Livscykelanalys och Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM)

Samtliga resultat för livscykelanalysen har enheten kilo koldioxidkvivalenter (kg CO₂eq) per kvadratmeter konstruktionsdel. I detta avsnitt presenteras huvuddelarna av resultatet, för mer ingående delresultat för de olika materialen se bilaga A.

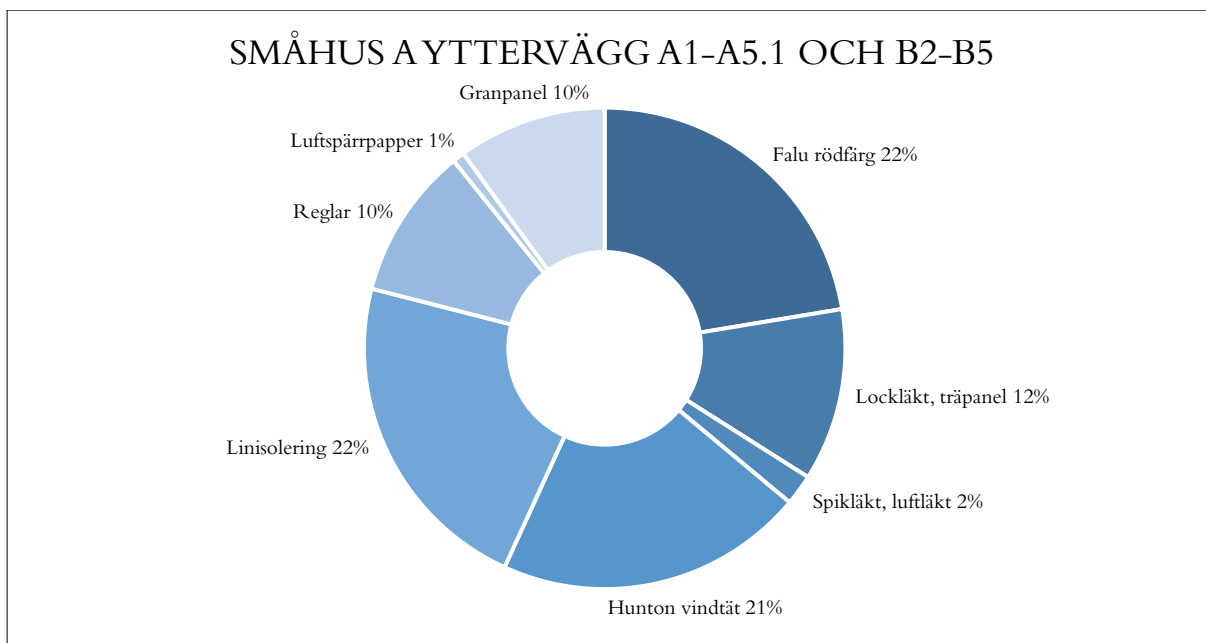
4.3.1 Yttervägg

Resultat småhus A

Byggskedet för materialen i ytterväggen i småhus A bidrar till 6,77 kg CO₂eq per kvadratmeter färdig konstruktionsdel, varav 0,96 kg CO₂eq är från transport. Ommålningen under användningsskedet bidrar till 1,39 kg CO₂eq. Linisoleringen och Falu rödfärg står för 22% vardera av totala utsläppet i ytterväggen, och Hunton vindtät står för 21%, se figur 25. Om 25% av utsläppen subtraheras för framställandet av de material där generiska data används blir utsläppen 7,00 kg CO₂ i stället för 8,16 kg CO₂eq för byggskedet samt B2-B5, se tabell 30.

Tabell 30: Sammanställning CO₂eq småhus A yttervägg

Skede	[Kg CO ₂ eq]
A1-A3+A5.1	5,81
A4 transport	0,96
Summa A	6,77
B2-B5 resurs	1,27
B2-B5 transport	0,12
Summa B	1,39
Summa A1-A5.1 och B2-B5	8,16
Subtrahera 25 %	7,00



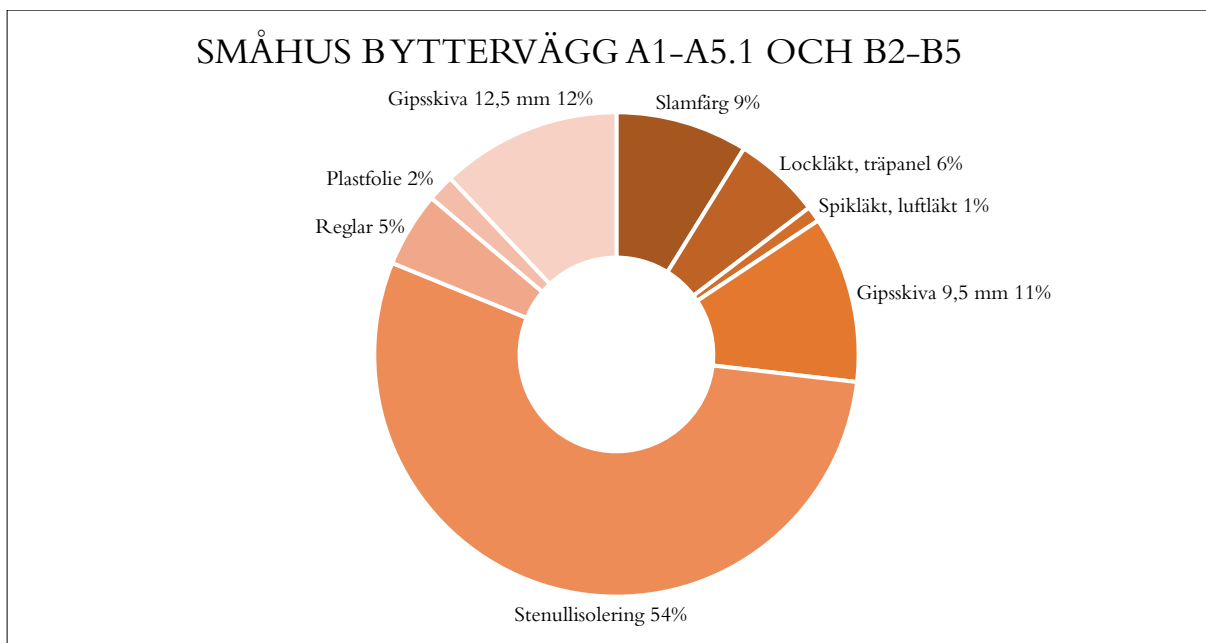
Figur 25: Småhus A livscykelanalys yttervägg A1-A5.1 samt B2-B5

Resultat småhus B

En kvadratmeter yttervägg i småhus B representerar 21,18 kg CO₂eq under byggskedet och B2-B5. Framställningen av stenullisolering står för 11,51 kg CO₂eq, vilket motsvara 54% av totala utsläppen i väggen. Produktionen och transporten för de två gipsskivorna tillsammans utgör 23% av totala utsläppet vilket kan ses i figur 26. Slamfärgen bidrar med 9% varvid produktion och transport för ommålning under livstiden ingår. Transporten för samtliga material bidrar till 1,08 kg CO₂eq i A-skedet och 1,33 kg CO₂eq i B-skedet, se tabell 31.

Tabell 31: Sammanställning CO₂eq småhus B yttervägg

Skede	[Kg CO ₂ eq]
A1-A3+A5.1	18,77
A4 transport	1,08
Summa A	19,85
B2-B5 resurs	1,26
B2-B5 transport	0,07
Summa B	1,33
Summa A1-A5.1 och B2-B5	21,18
Subtrahera 25 %	16,19



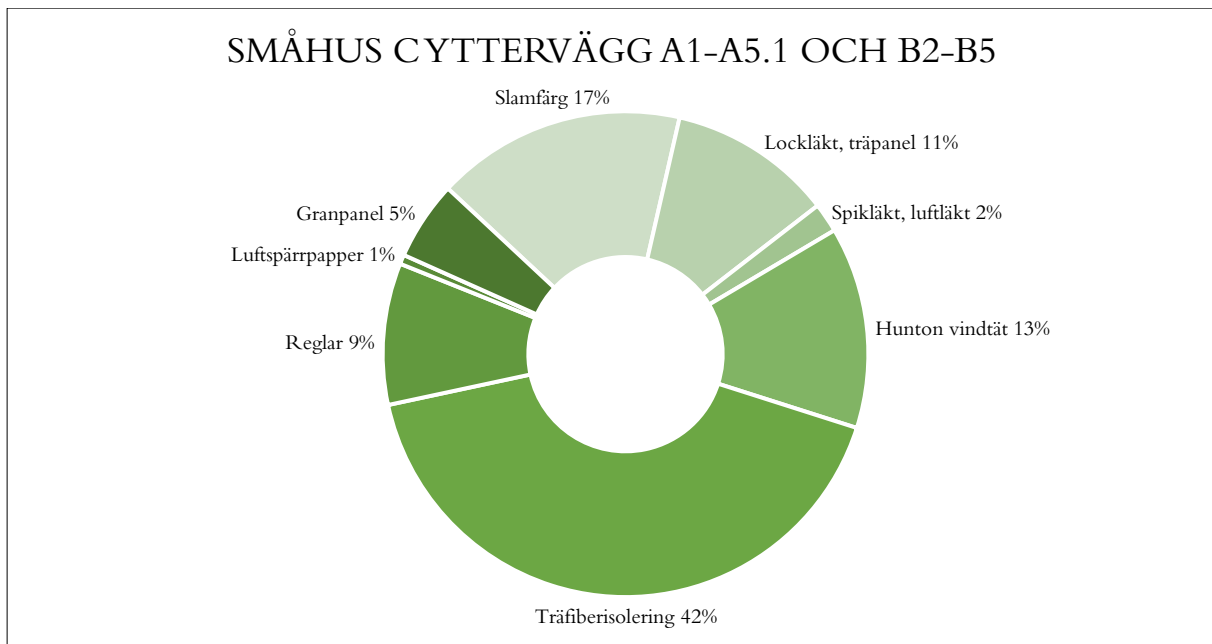
Figur 26: Småhus B livscykelanalys yttervägg A1-A5.1 samt B2-B5

Resultat småhus C

I ytterväggen i småhus C för material i yttervägg bidrar framställningen och transporten av träfiberisoleringen till 11,24 kg CO₂eq, vilket utgör 42% av totalt 11,24 kg CO₂eq för byggskede och underhåll. Av detta står transporten för 1,25 kg CO₂eq varav 1,18 kg CO₂eq är från byggskedet, se tabell 32. Framställning och transport av slamfärg i B-skedet ger ett utsläpp av 1,33 kg CO₂eq. I byggskedet står Hunton vindskivan för 13% av ytterväggens totala utsläpp, se figur 27. Totalt utsläpp för väggen är 11,24 kg CO₂eq, om 25% av utsläppen subtraheras för framställandet av de material där generiska data används är summan av utsläpp 9,07 CO₂eq.

Tabell 32: Sammanställning CO₂eq småhus C yttervägg

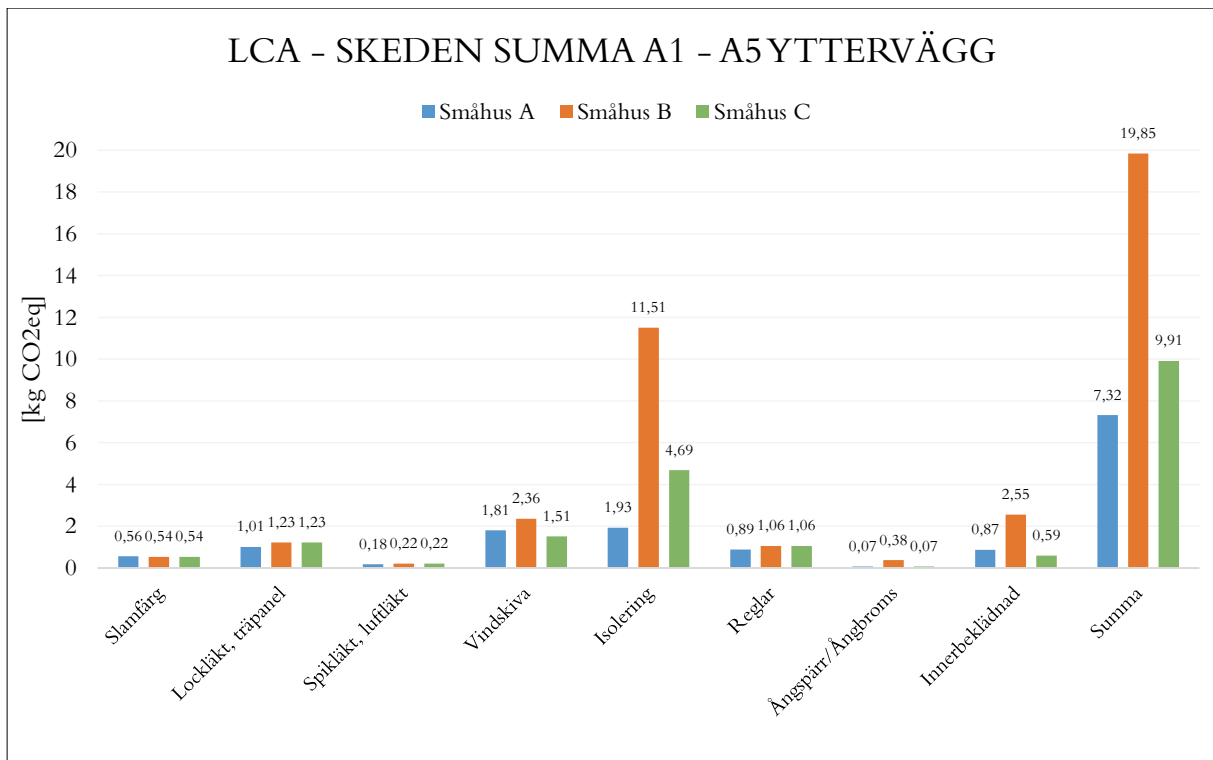
Skede	[Kg CO ₂ eq]
A1-A3+A5.1	8,73
A4 transport	1,18
Summa A	9,91
B2-B5 resurs	1,26
B2-B5 transport	0,07
Summa B	1,33
Summa A1-A5.1 och B2-B5	11,24
Subtrahera 25 %	9,07



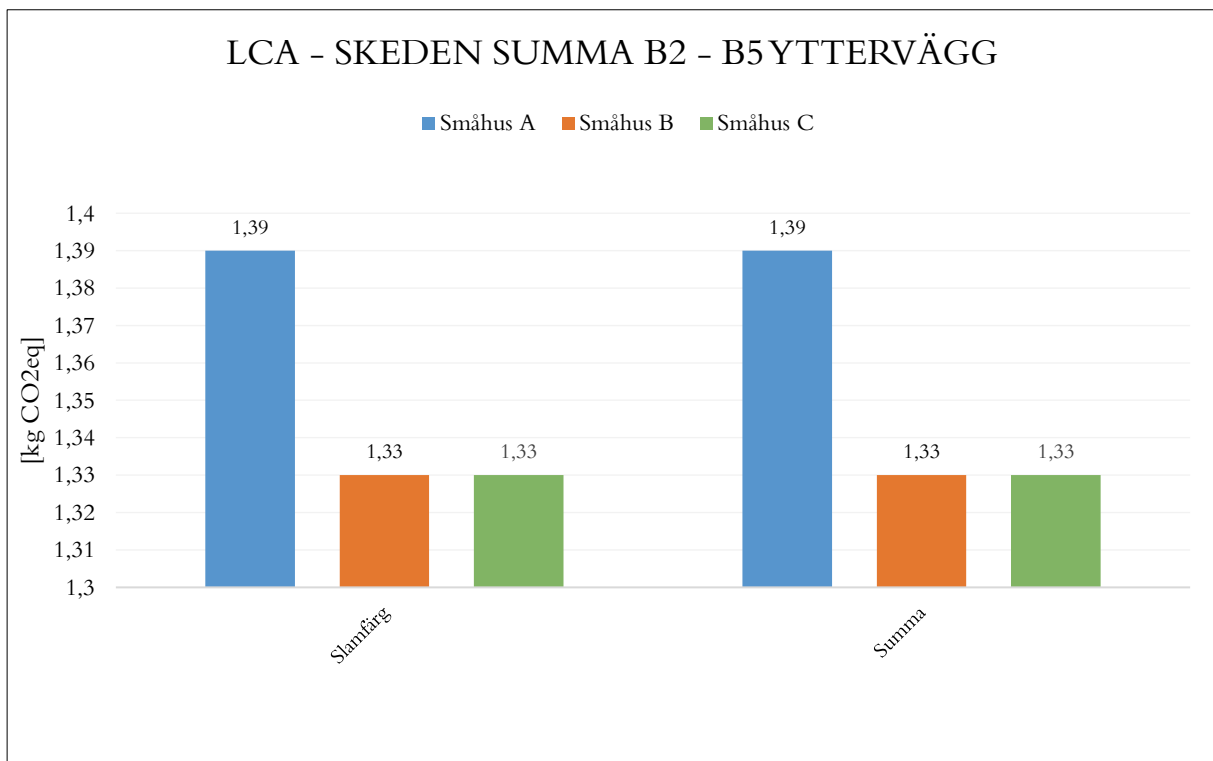
Figur 27: Småhus C livscykelanalys yttervägg A1-A5.1 samt B2-B5

Jämförelse och analys

I figur 28 och figur 29 presenteras en jämförelse mellan koldioxidekvivalenter för de olika husens yttervägg i A och B-skede. I byggskedet står småhus A för totalt 7,32 kg CO₂eq per kvadratmeter, vilket är minst utsläpp av de tre alternativa väggkonstruktionerna. Småhus C står för drygt 2,5 kg CO₂eq mer per kvadratmeter vägg, totalt 9,91 kg CO₂eq. Utsläppen från småhus B avviker mer från de andra småhusen med mer än dubbelt så stort utsläpp, totalt 19,85 kg CO₂eq. Slamfärgen har använts i samtliga alternativ och ommålas med samma frekvens. Det är transporten för slamfärgen i småhus A som inte utgår från generiska data vilket är anledningen till differensen i både A och B-skedet. Att det totala utsläppet för varje hus är så pass olika är anledningen till varför andelen av exempelvis slamfärg varierar från 9%–22% i det tidigare presenterade resultatet, även fast utsläppet är detsamma med undantag av transporten för småhus C. Slamfärgen är det enda material för samtliga alternativ som behöver underhåll under den betraktade livstiden, men sett till totalt utsläpp bidrar slamfärgen till en relativt liten del. Träprodukterna läkt, träpanel och reglar är ungefär densamma i de olika husen, småhus A har lite kortare transportsträcka då det är närproducerat trä. Isoleringen är det material som för samtliga hus bidrar till mest utsläpp. Stenullisoleringen (11,51 kg CO₂eq) i småhus B framträder tydligast och har över det dubbla utsläppet jämfört med träfiberisoleringen (4,69 kg CO₂eq) och står för över fem gånger utsläppet från linisoleringen (1,93 kg CO₂eq). Det är den faktor som bidrar mest till den totala skillnaden mellan alternativen. Ångspärr och ångbroms bidrar med 0,7%–1,9% av totalt utsläpp. Gipsskivorna som används i småhus B som innerbeklädnad och vindskiva gör att utsläppen för småhus B blir högre i de kategorierna än för småhus A och C där träpanel samt träfiberskiva använts. För samtliga småhus kan utläsas att produktionen av materialen i ytterväggen bidrar till mycket högre utsläpp än transporten.



Figur 28: Sammanställning CO2eq A1-A5.1 material yttervägg



Figur 29: Sammanställning CO2eq B2-B5 material yttervägg

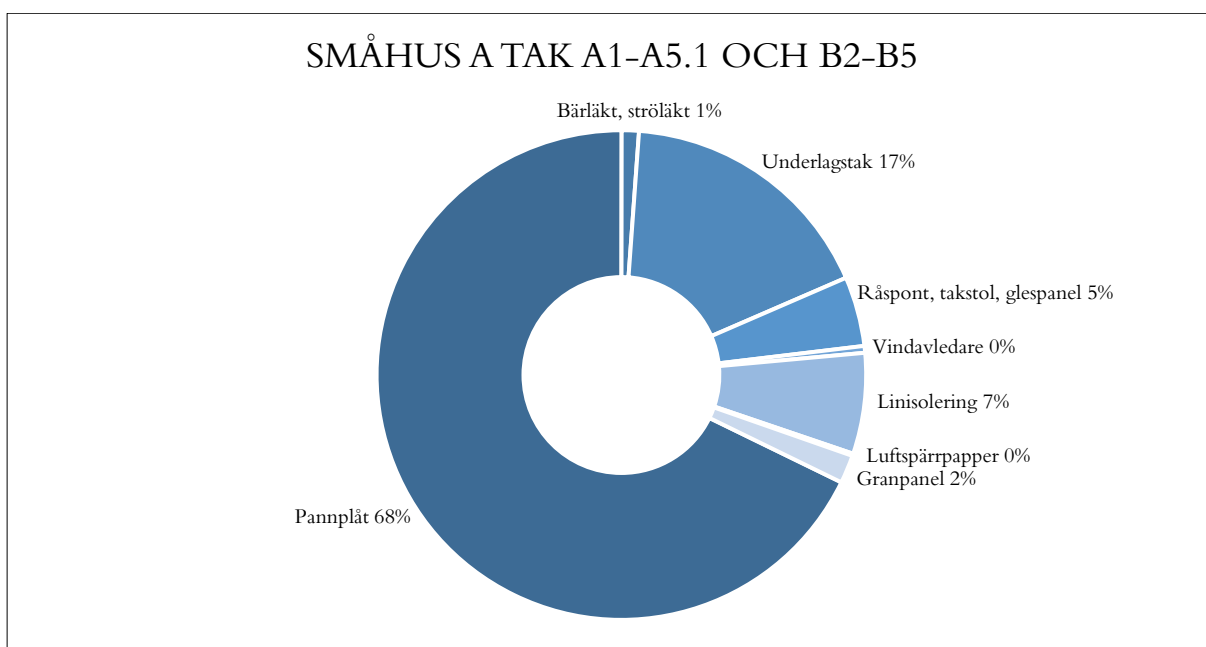
4.3.2 Tak

Resultat småhus A

Summerat utsläpp av byggskedet A1-A5.1 inklusive transport för samtliga material i småhus A är 26,55 kg CO₂eq, se tabell 33. Användningsskedet B2-B5 utgörs av underhåll av pannplåt, samtlig läkt och underlagstak. Summerat utsläpp för B2-B5 inklusive transport är 20,15 kg CO₂eq. Transporten 0,18 kg CO₂eq av B2-B5 utgörs endast av underlagstaket som har en transportsträcka 440 km. Eftersom transporten för pannplåten och samtlig läkt endast är 8 km avrundas det nedåt och medför ett utsläpp av 0 kg CO₂eq, se bilaga A. Totalt utsläpp av byggskedet A1-A5.1 inklusive B2-B5 av användningsskedet motsvarar 46,7 kg CO₂eq. Pannplåt bidrar till 68% av totalt utsläpp, underlagstak 17% och linisolering 7%, se figur 30. Genom att subtrahera 25% från summerat utsläpp kg CO₂eq exklusive transport, A1-A5.1 och B2-B5, genereras ett totalt värde av 35,95 kg CO₂eq, se tabell 30. För specifika data av respektive material se bilaga A.

Tabell 33: Sammanställning CO₂eq småhus A tak

Skede	[Kg CO ₂ eq]
A1-A3+A5.1	25,65
A4 transport	0,90
Summa A	26,55
B2-B5 resurs	19,97
B2-B5 transport	0,18
Summa B	20,15
Summa A1-A5.1 och B2-B5	46,7
Subtrahera 25 %	35,95



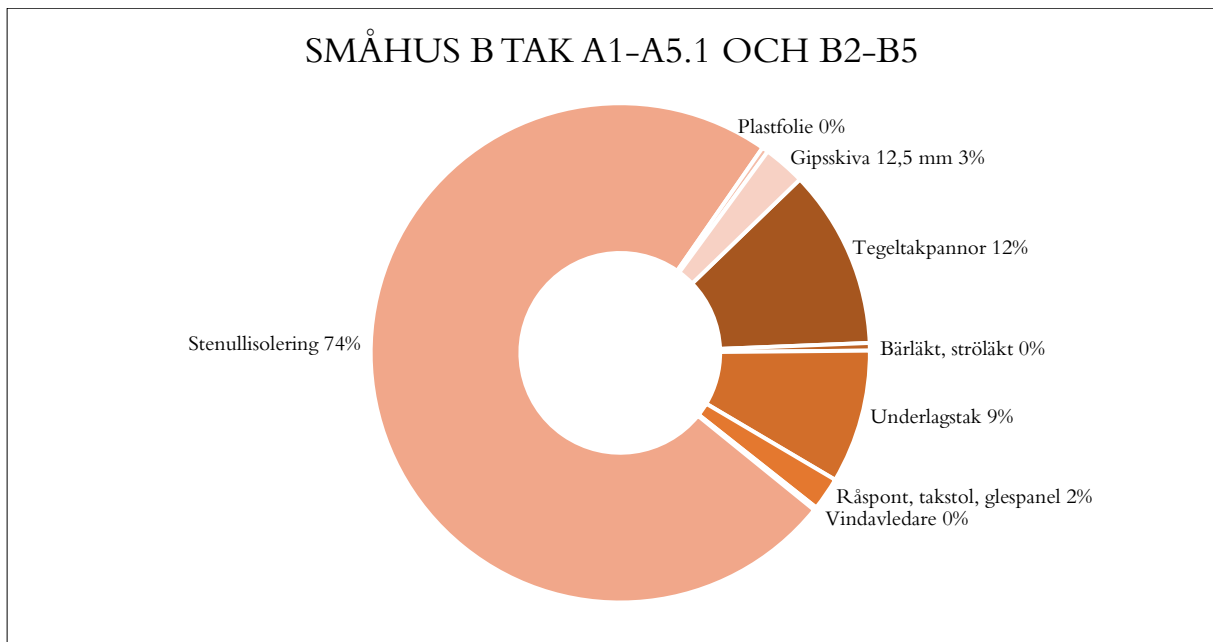
Figur 30: Småhus A livscykelanalys tak A1-A5.1 samt B2-B5

Resultat småhus B

Totalt utsläpp under byggskedet och analyserat användningsskede för konstruktionsdel tak är 93,8 kg CO₂eq. 89,5 kg CO₂eq av totalt utsläpp representeras av byggskede A1-A5.1 och 4,28 kg CO₂eq av totalt utsläpp utgörs av användningsskedet B2-B5 inklusive transport, se tabell 34. Samtliga material för småhus B består av generiska klimatdata och generisk transportsträcka motsvarande 40 km från byggvaruhandel till tomt. Utbyte av samtlig läkt och underlagstaket genomförs under analyserat tidsspann av 50 år. Tegeltakpannorna i småhus B antas återanvändas. I tabell 34 kan det avläsas att utsläppen vid utbyte som behövs under livstiden 50 år av underlagstaket och samtlig läkt motsvarar 4,06 kg CO₂eq, varvid transporten för dessa är 0,22 kg CO₂eq. Stenullisolering i småhus B står för 74% av totalt utsläpp, tegeltakpannor för 12% och underlagstak 9%, se figur 31. Genom att subtrahera 25% från summerat utsläpp kg CO₂eq exklusive transport under A1-A5.1 och B2-B5, genereras ett totalt värde av 71,49 kg CO₂eq. För specifika data av respektive material se bilaga A.

Tabell 34: Sammanställning CO₂eq småhus B tak

Skede	[Kg CO ₂ eq]
A1-A3+A5.1	85,23
A4 transport	4,29
Summa A	89,52
B2-B5 resurs	4,06
B2-B5 transport	0,22
Summa B	4,28
Summa A1-A5.1 och B2-B5	93,8
Subtrahera 25 %	71,49



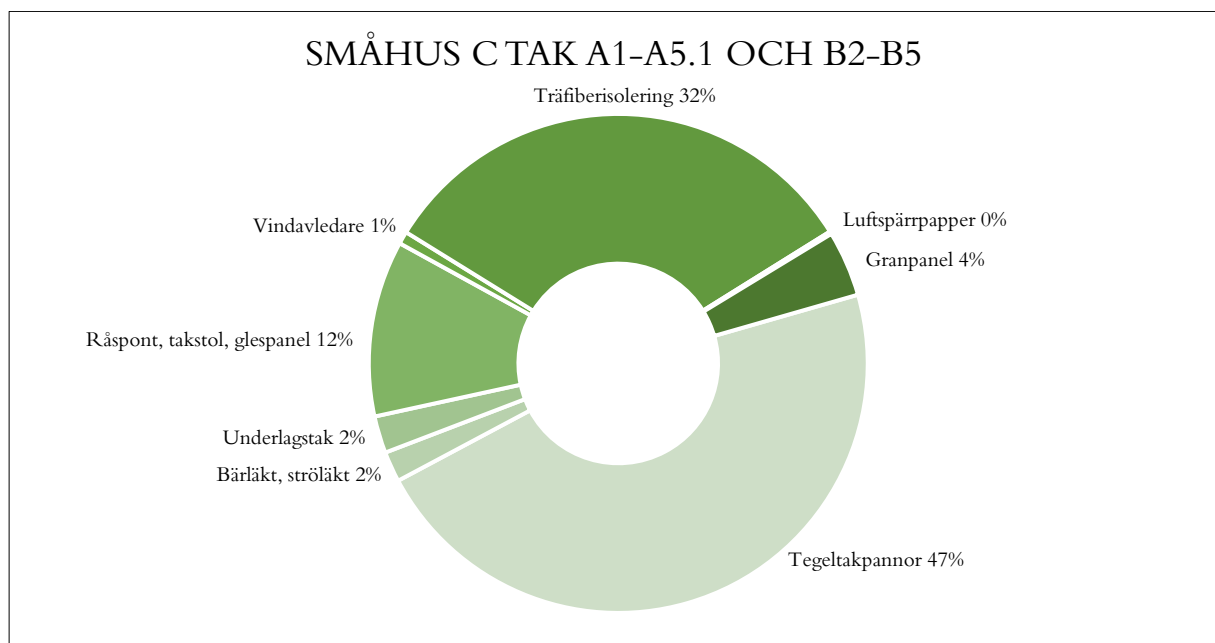
Figur 31: Småhus B livscykelanalys tak A1-A5.1 samt B2-B5

Resultat småhus C

Totalt utsläpp för byggskede A1-A5.1 och B2-B5 av användningsskede, är 23,3 kg CO₂eq. 22,79 kg CO₂eq utgörs av byggskedet A1-A5.1 och 3,22 kg CO₂eq av dessa utsläpp är från transport, se tabell 35. Generiska data har implementerats för samtliga material i småhus C. Detta medför att generisk transportsträcka, 40 km från byggvaruhandel till tomt, har nyttjats för beräkning av utsläpp vid transport. Under tidsspannet av 50 år sker ett utbyte av samtlig läkt och underlagstak, som i användningsskedet genererar 0,51 kg CO₂eq. Tegeltakpannorna antas återbrukas i småhus C. Utsläpp exklusive transport vid utbyte av samtlig läkt och underlagstak motsvarar 0,46 kg CO₂eq av totalt utsläpp 0,51 kg CO₂eq för B2-B5 inklusive transport. Utsläpp som kommer på grund av tegeltakpannorna är 47% av väggens totala utsläpp. Träfiberisolering står för 42% av totalt utsläpp och råspont, takstol och glespanel för 12%, se figur 32. Genom att subtrahera 25% från summerat utsläpp kg CO₂eq exklusive transport under A1-A5.1 och B2-B5, genereras ett totalt värde av 18,29 kg CO₂eq. För specifika data av respektive material se bilaga A.

Tabell 35: Sammanställning CO₂eq småhus C tak

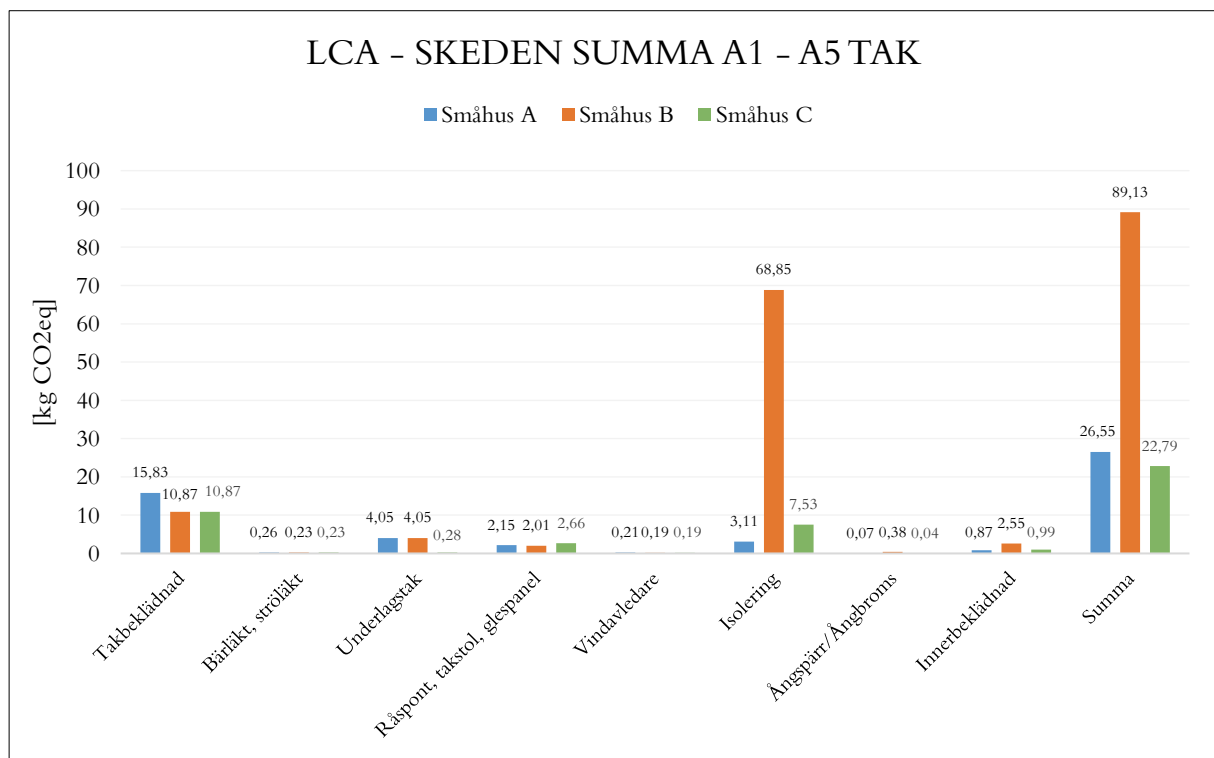
Skede	[Kg CO ₂ eq]
A1-A3+A5.1	19,57
A4 transport	3,22
Summa A	22,79
B2-B5 resurs	0,46
B2-B5 transport	0,05
Summa B	0,51
Summa A1-A5.1 och B2-B5	23,3
Subtrahera 25 %	18,29



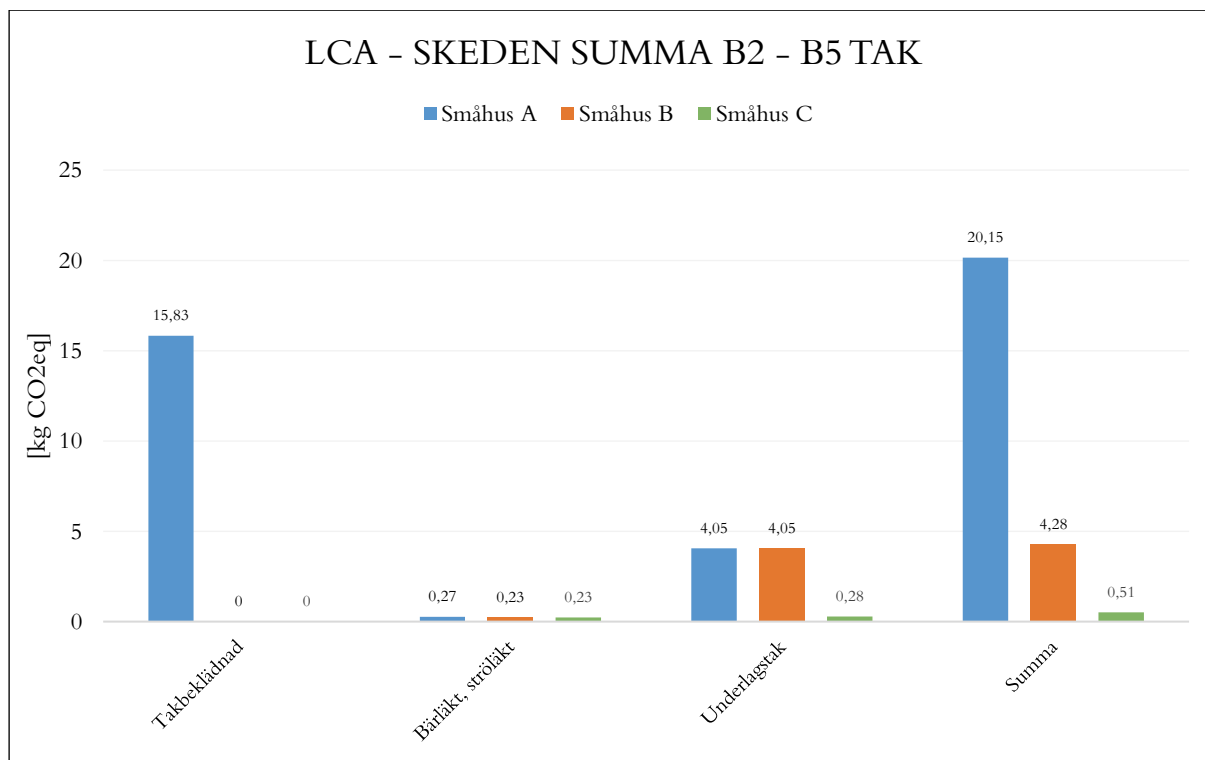
Figur 32: Småhus C livscykelanalys tak A1-A5.1 samt B2-B5

Jämförelse och analys

I figur 33 och figur 34 nedan presenteras en sammanställning av kg CO₂eq utsläpp per kvadratmeter tak för småhus A, B och C. I summerat utsläpp kg CO₂eq under byggskedet A1-A5.1 för konstruktionsdel tak, kan det utläsas att störst utsläpp genereras i takbeklädning och isolering för samtliga hus med undantag av småhus A där underlagstaket genererar mer utsläpp än linisoleringen. Takbeklädning i småhus A genererar ett utsläpp av 4,96 kg CO₂eq mer än småhus B och C i byggskedet, och 15,83 kg CO₂eq mer i användningsskedet. Det beror på att pannplåten behöver bytas ut en gång under den studerade livstiden vilket inte tegeltakpannorna behöver. Det skapar den stora differensen i totalt utsläpp kg CO₂eq mellan småhus A och de två övriga alternativen i användningsskedet. Det material som enskilt är den absolut största bidragande faktorn till att småhus B har ett större totalt utsläpp per kvadratmeter tak (89,52 kg CO₂eq) jämfört mot småhus A (26,55 kg CO₂eq) och småhus C (22,79 kg CO₂eq) är isoleringen. Isoleringen i småhus B har ett utsläpp av 69,24 kg CO₂eq i förhållande till småhus A (3,11 kg CO₂eq) och småhus C (7,53 kg CO₂eq). Småhus B har ett utsläpp av kg CO₂eq per kvadratmeter tak som är drygt 22 gånger större än småhus A och 9 gånger större än för småhus C. Takkonstruktionsalternativen kan ha relativt olika procentsatser även för liknande material eller där samma material har använts. Detta beror delvis på att totalt utsläpp kg CO₂eq för takkonstruktionerna är markant olika, samtidigt som transportsträckorna skiljer sig mellan alternativen. Småhus B och C utgår från en generisk transportsträcka, medan småhus A har specifika data och känd transportsträcka. Exempelvis är vindavledaren som analyserats samma för samtliga alternativ i Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM). För småhus B och C är kg CO₂eq utsläppet under A-skedet detsamma, medan småhus A innehar ett värde som är 0,02 kg CO₂eq större. Detta beror på skillnaden i transportsträcka där småhus B och C innehar en total transport av 440 km, medan småhus A analyserar en sträcka av 1197 km.



Figur 33: Sammanställning CO₂eq A1-A5.1 material tak



Figur 34: Sammanställning CO2eq B2-B5 material tak

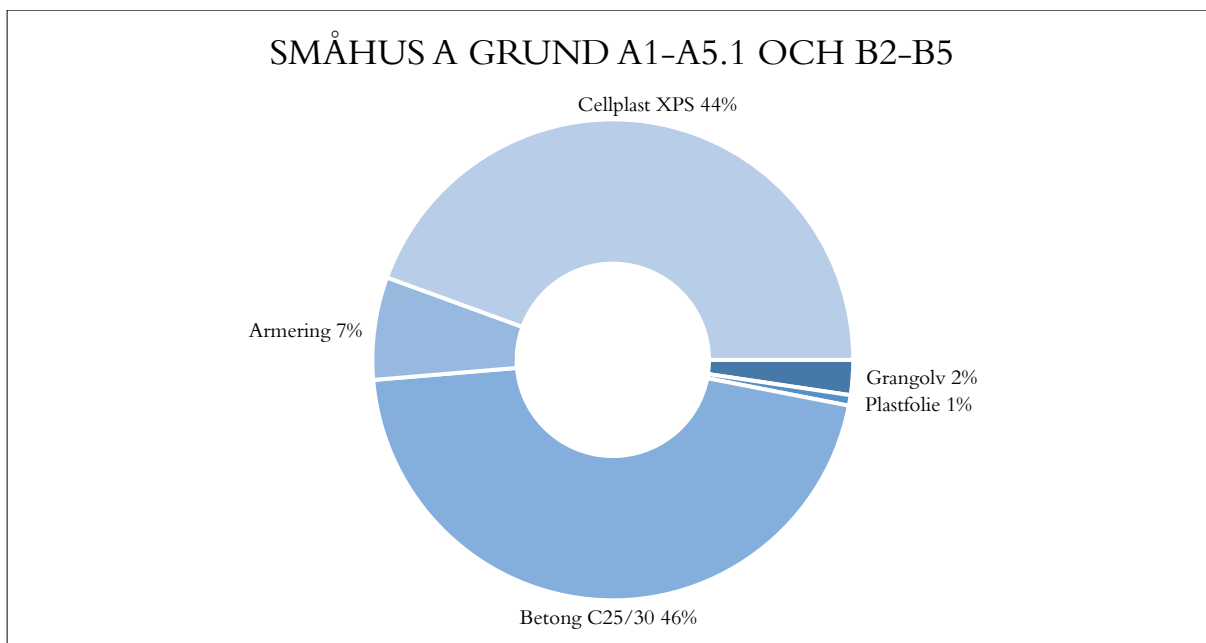
4.3.3 Grund

Resultat småhus A

Grunden i småhus A kräver inget underhåll under den studerade livstiden, allt utsläpp kommer från byggskedet. Totalt bidrar grunden till 54,06 kg CO2eq per kvadratmeter, där 0,45 kg CO2eq är på grund av transport. Betongen och cellplasten står 46% respektive 44% av totalt utsläpp vilket kan avläsas i figur 35. Armeringen står för 7%, grangolv och plastfolie tillsammans står för 3%. Om 25% av utsläppen subtraheras för framställandet av de material där generiska data används minskar utsläppet koldioxid med 13,39 kg CO2eq till totalt 40,67 kg CO2eq, se tabell 36.

Tabell 36: Sammanställning CO2eq småhus A grund

Skede	[Kg CO2eq]
A1-A3+A5.1	53,61
A4 transport	0,45
Summa A	54,06
B2-B5 resurs	-
B2-B5 transport	-
Summa B	-
Summa A1-A5.1 och B2-B5	54,06
Subtrahera 25 %	40,67



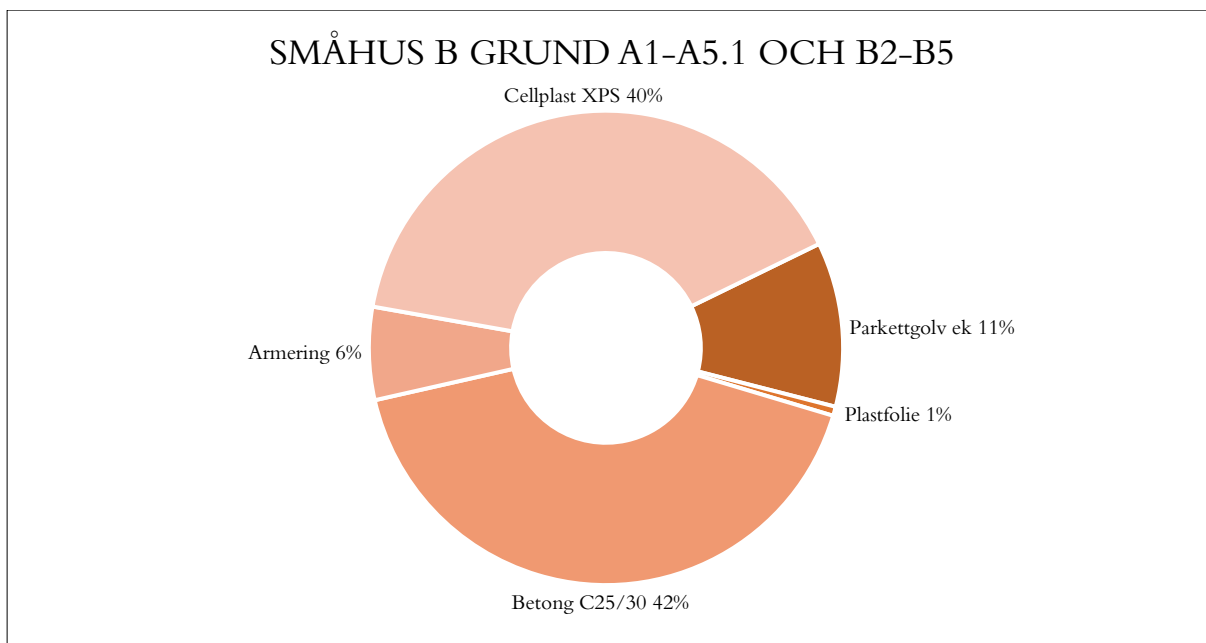
Figur 35: Småhus A livscykelanalys grund A1-A5.1 samt B2-B5

Resultat småhus B

Grunden i småhus B står för totalt 60,62 kg CO₂eq, varav endast 1,80 kg CO₂eq är från transport, se tabell 37. Samtliga utsläpp är från byggskedet då inget av de ingående materialen kräver underhåll eller utbyte under den studerade livstiden. I figur 36 går det att utläsa att betongen står för 42% av totala utsläppen och cellplasten står för 40%. Parkettgolvet som står för 11%, armeringen 6% och plastfolien 1%. Om 25% av utsläppen subtraheras för framställandet av de material där generiska data använts minskar det totala utsläppet koldioxid med nästan 15 kg CO₂eq till 45,92 kg CO₂eq, vilket motsvarar en minskning med ungefär 25%.

Tabell 37: Sammanställning CO₂eq småhus B grund

Skede	[Kg CO ₂ eq]
A1-A3+A5.1	58,82
A4 transport	1,80
Summa A	60,62
B2-B5 resurs	-
B2-B5 transport	-
Summa B	-
Summa A1-A5.1 och B2-B5	60,62
Subtrahera 25 %	45,92



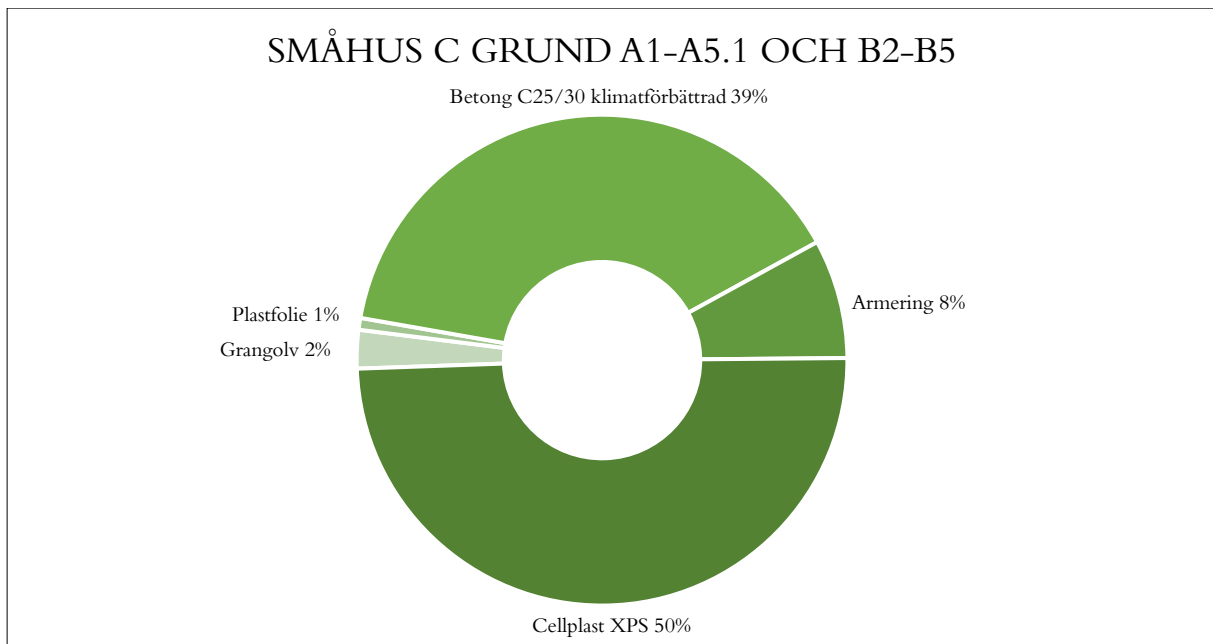
Figur 36: Småhus B livscykelanalys grund A1-A5.1 samt B2-B5

Resultat småhus C

Grunden i småhus C släpper ut totalt 48,89 kg CO₂eq där allt utsläpp är från byggskedet då inget underhåll behövs under den studerade livstiden, se tabell 38. 1,39 kg CO₂eq kommer från transport och 47,50 kg CO₂eq från framställandet av materialen. I figur 37 kan det avläsas att cellplasten utgör hälften av totala utsläppen, 50%. Den klimatförbättrade betongen står för 39%, armeringen 8% och plastfolien och grangolvet står tillsammans för 3%. Om 25% av utsläppen subtraheras för framställandet av de material där generiska data används vilket är för samtliga material i detta fall, minskar utsläppet koldioxid med över 12 kg CO₂eq till totalt 37,02 kg CO₂eq.

Tabell 38: Sammanställning CO₂eq småhus C grund

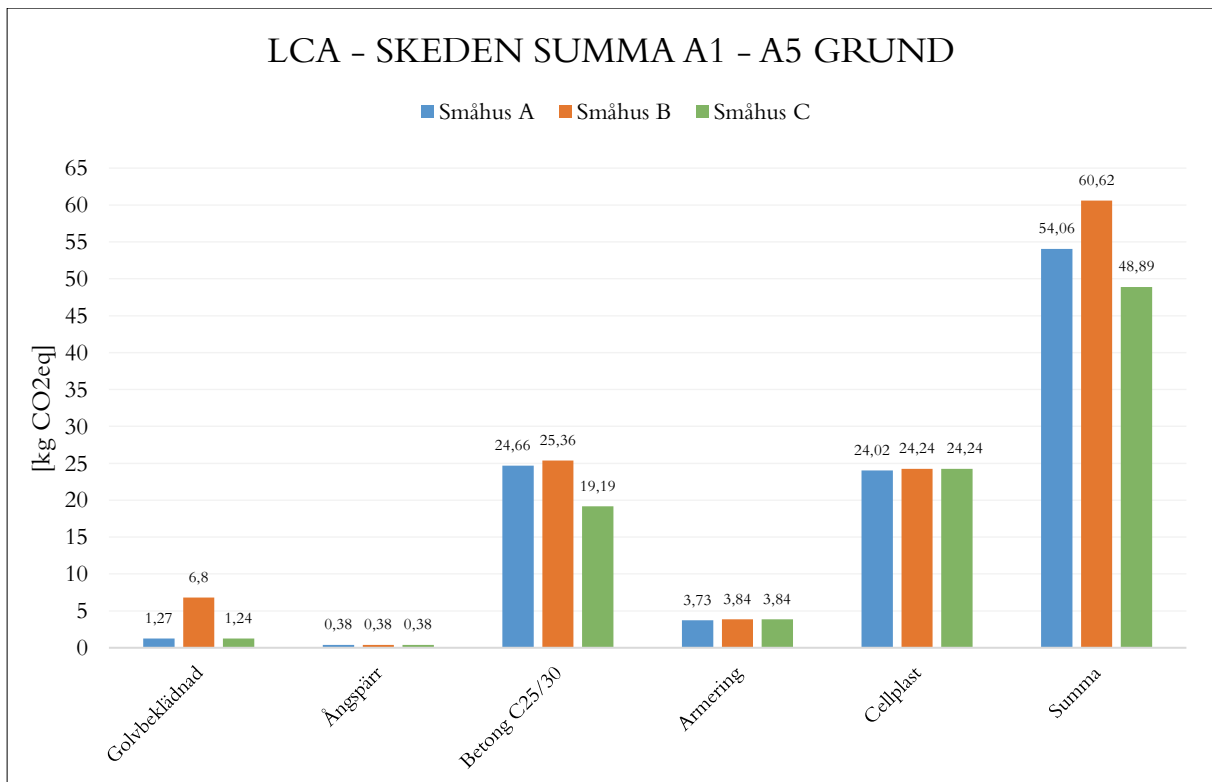
Skede	[Kg CO ₂ eq]
A1-A3+A5.1	47,50
A4 transport	1,39
Summa A	48,89
B2-B5 resurs	-
B2-B5 transport	-
Summa B	-
Summa A1-A5.1 och B2-B5	48,89
Subtrahera 25 %	37,02



Figur 37: Småhus C livscykelanalys grund A1-A5.1 samt B2-B5

Jämförelse och analys

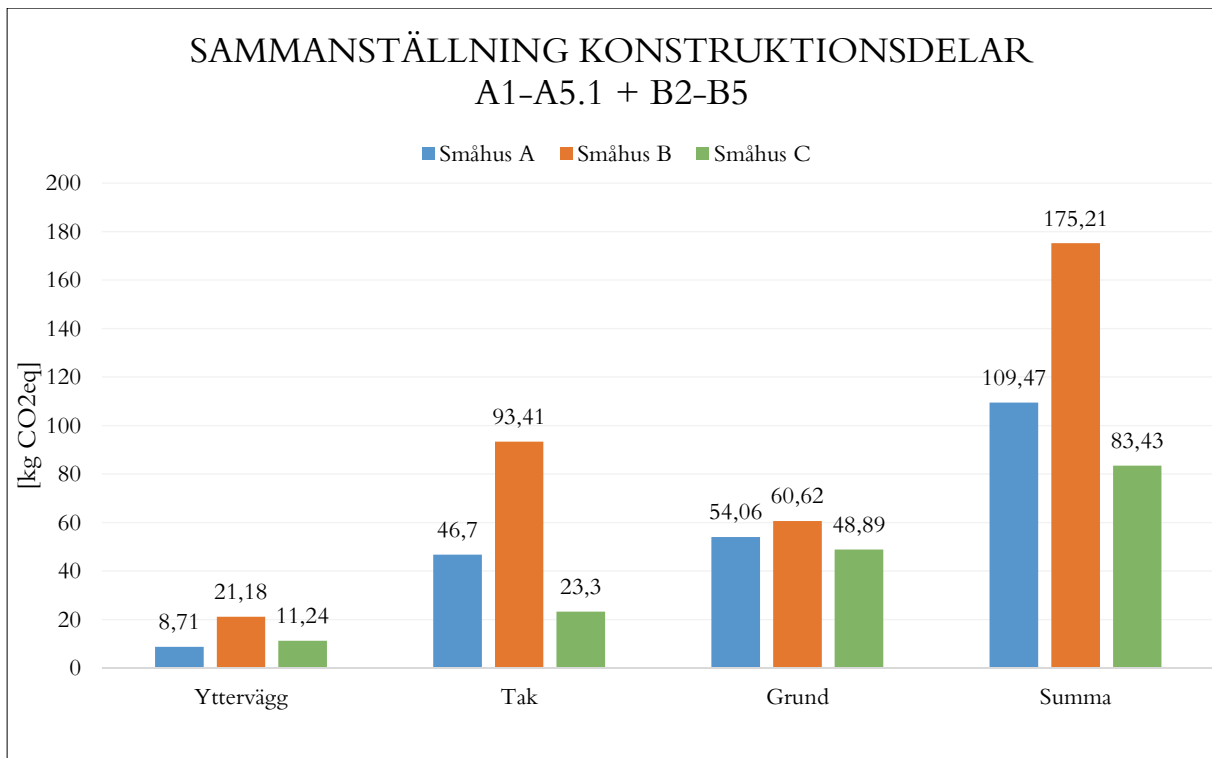
Figur 38 visar en jämförelse mellan grunden i de olika husen för byggskedet, inget alternativ kräver underhåll eller reparation under den beaktade livstiden. Minst koldioxidutsläpp, 48,89 kg CO₂eq, har småhus C. Det beror på att klimatförbättrad betong har använts, samt att grangolv använts i stället för ekparkettgolv som nyttjats i småhus B. Småhus A har jämfört mot småhus C en ökning av ca 5 kg CO₂eq per kvadratmeter, totalt 54,06 kg CO₂eq. En ytterligare ökning med ca 6 kg CO₂eq ger utsläppet för småhus B, totalt 60,62 kg CO₂eq. Mängd eller typ av cellplast och armering skiljer sig inte åt i de olika alternativen, det är endast transporten för småhus A som gör att totala utsläppet för dessa material är något lägre än mot småhus B och C där generiska data för transport använts, som i detta fall är ca 30 km längre.



Figur 38: Sammanställning CO2eq A1-A5.1 material grund

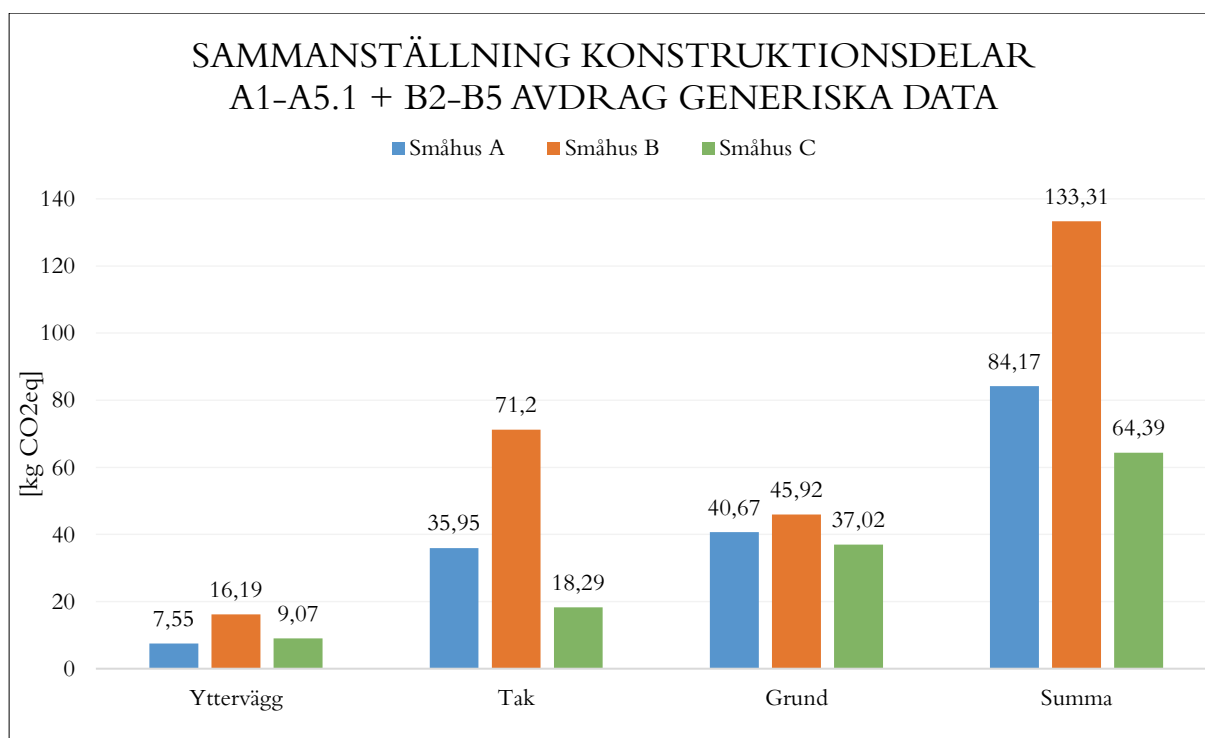
4.3.4 Resultat och analys för sammanställning konstruktionsdelar

En sammanställning mellan vägg, tak och grund för de olika husen presenteras i figur 39. Utsläpp av koldioxidekvivalenter för både A1-A5.1 och B2-B5 är inkluderat i det totala värdet som visas. Vilken byggnadsdel som står för mest utsläpp är olika för de olika husen. Samtliga alternativ har minst utsläpp i vägg per kvadratmeter. Småhus A och C har mest i grunden medan småhus B har mest i taket. Skillnaden mellan småhus B och resterande hus i yttervägg och tak beror till största del på att stenullen som används bidrar till betydligt mer koldioxidekvivalenter jämfört med linisolering och träfiberisolering. I grundkonstruktionen skiljer endast typen av betong och valet av golvbeklädnad. Valet att använda klimatförbättrad betong och grangolv i stället för ekparkett som använts i småhus B, gör att utsläppen i grunden i småhus C är mindre än i småhus A och B. Summan för alla konstruktionsdelar, en kvadratmeter vägg, tak och grund för respektive hus kan avläsas i den sista stapeln i figur 39. Småhus B bidrar med dessa tre kvadratmeter till dubbelt så mycket koldioxidutsläpp (175,6 kg CO2eq) som småhus C (83,43 kg CO2eq). Däremellan hamnar småhus A som står för ca 26 kg CO2eq mer än småhus C (109,47 kg CO2eq).



Figur 39: Sammanställning konstruktionsdelar livscykelanalys A1-A5.1 och B2-B5

I figur 40 presenteras en sammanställning av vägg, tak och grund för de olika husen, där utsläpp av koldioxidekvivalenter för A1-A5.1 och B2-B5 är inkluderat och 25% av utsläppen har subtraherats för framställandet av de material där generiska data används. Detta medför en minskning av utsläpp för alla delar i de olika husen, då minst ett material har utgått från generiska data. I livscykelanalysen användes en EPD till linullsisoleringen, vilket gör att skillnaden från ursprungligt värde blir något mindre efter avdraget för småhus A. Hunton vindskiva utgick också från en EPD i både småhus A och C, medan småhus B enbart använde generiska data. Förhållandet mellan husen ser ungefär likadant ut som innan avdraget för generiska data gjordes. En kvadratmeter yttervägg genererar minst utsläpp för alla tre hus. Småhus A och C har mest utsläpp för en kvadratmeter grund, medan småhus B har mest i taket. Småhus B har mest utsläpp i förhållande till de andra husen i samtliga delar, och totalt för en kvadratmeter av de tre konstruktionsdelarna uppgår utsläppen till dubbelt så mycket som för småhus C, 133,31 kg CO₂eq mot 64,39 kg CO₂eq. Småhus A, 84,17 kg CO₂eq, hamnar mellan de andra husen men närmare småhus C.



Figur 40: Sammanställning konstruktionsdelar livscykelanalys avdrag generiska data

4.4 Livscykelkostnad

4.4.1 Yttervägg

Resultat av yttervägg

I tabell 39 presenteras materialkostnad och transportkostnad för en kvadratmeter yttervägg i respektive hus. Transportkostnaden utgör en mindre del av totalkostnaden än materialkostnaden för samtliga alternativ. Dyrast är småhus A, både för material (2285 kr) och transport (237 kr). För småhus B och småhus C är transportkostnaden ungefär samma, medan materialkostnaden är lite högre än för småhus B som är billigast, 1104 kr mot 1479 kr.

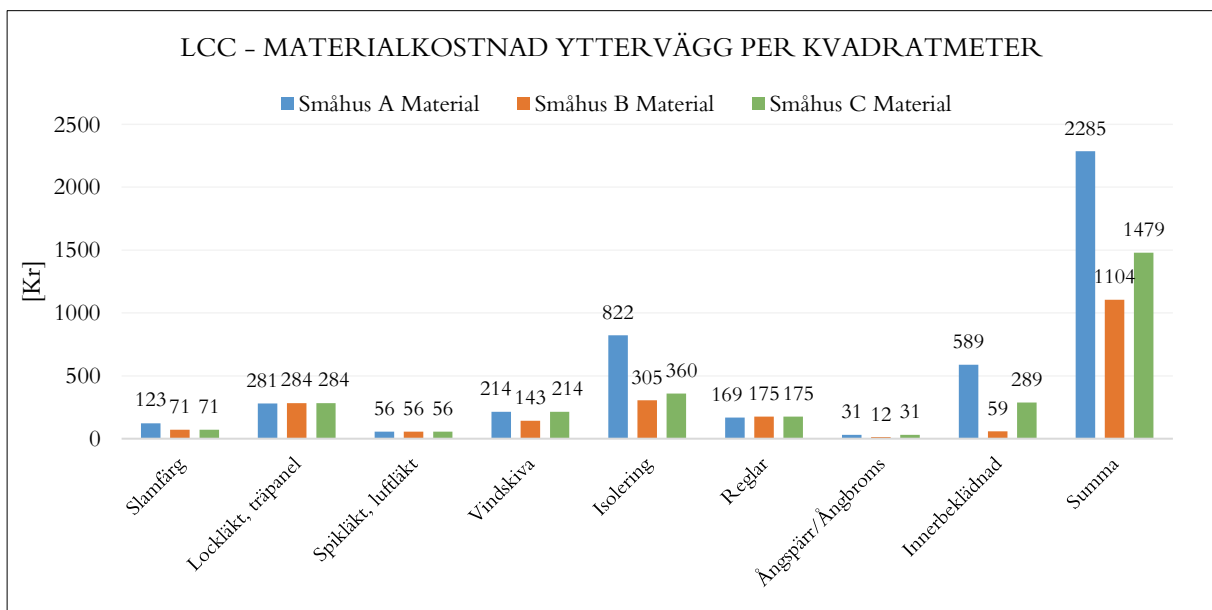
Tabell 39: Livscykelkostnad yttervägg

Småhus	Materialkostnad	Transportkostnad
Småhus A	2285	237
Småhus B	1104	97
Småhus C	1479	94

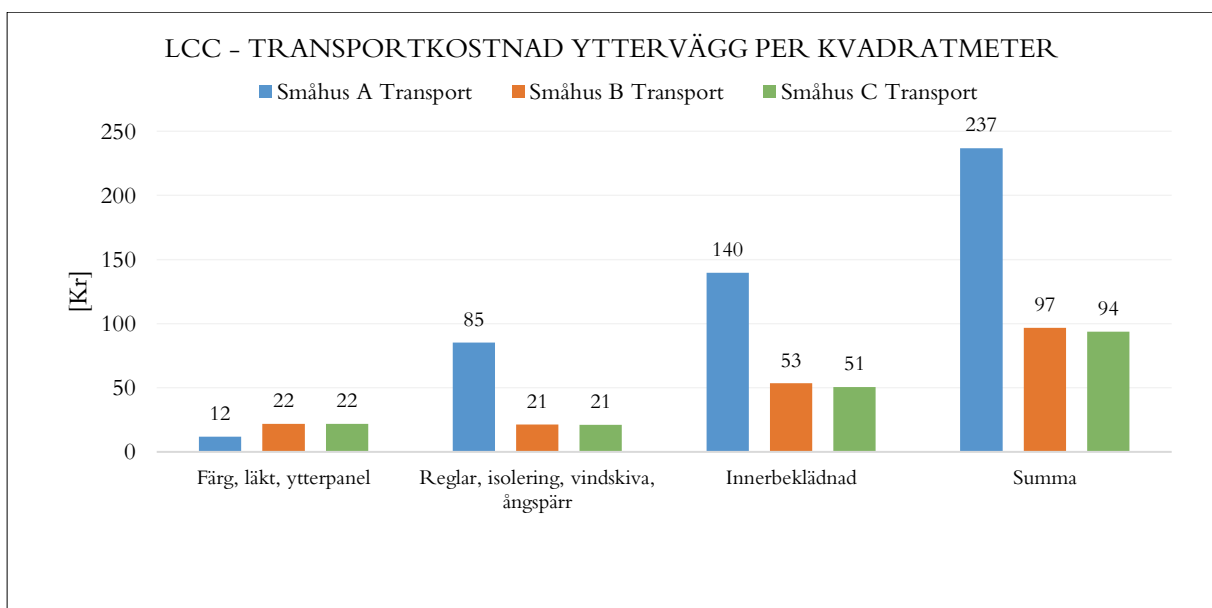
Jämförelse och analys

Hur materialkostnad och transportkostnad är fördelat mellan de olika materialen i ytterväggen presenteras i figur 41 och figur 42. Då samma eller likartade material använts för samtliga alternativ skiljer sig materialkostnaden inte nämnvärt för alternativen, det gäller exempelvis lockläck och träpanel, reglar, spikläkt och luftläkt. Kostnaden för slamfärg har i småhus A enbart sett till priset för Falu rödfärg, medan småhus C och småhus B har beräknat ett medelvärde för slamfärg med olika märken. Det är anledningen till att färgen är lite dyrare för småhus A även fast lika stor mängd slamfärg använts. Gipsskivan som använts som vindskiva i småhus B är billigare än Hunton vindskiva i de andra två husen. Isoleringen är det dyraste materialet för samtliga hus, och här utmärks linisoleringen (822 kr) i jämförelse med

stenullsisolering (305) och träfiberisolering (360). Linullen kostar ca 500 kr mer per kvadratmeter, och är en stor bidragande faktor till att totalkostnaden blir betydligt högre för småhus A. Det alternativet framträder även för innerbeklädnaden, där granpanelen kostar 589 kr mot gipsskivan som kostar 59 kr för småhus B. Småhus C använder också träpanel men utgår från ett genomsnitt av flera och lite billigare alternativ än den granpanel som använts i småhus A. I figur 42, som visar transportkostnad, går det att utläsa att det som avviker och gör att transporten blir dyrare för småhus A är transporten för kategorin regler, isolering, vindskiva och ångspärr, samt även innerbeklädnaden. Isolering, vindskiva och ångspärr har mer kostsam transport främst på grund av att linullsisoleringen tillverkas i Finland och att det inte finns så många återförsäljare i Sverige, vilket ger en längre och därmed dyrare transportsträcka än för de material som finns att köpa i vanliga byggvaruhandlare.



Figur 41: Materialkostnad yttervägg



Figur 42: Transportkostnad yttervägg

4.4.2 Tak

Resultat av tak

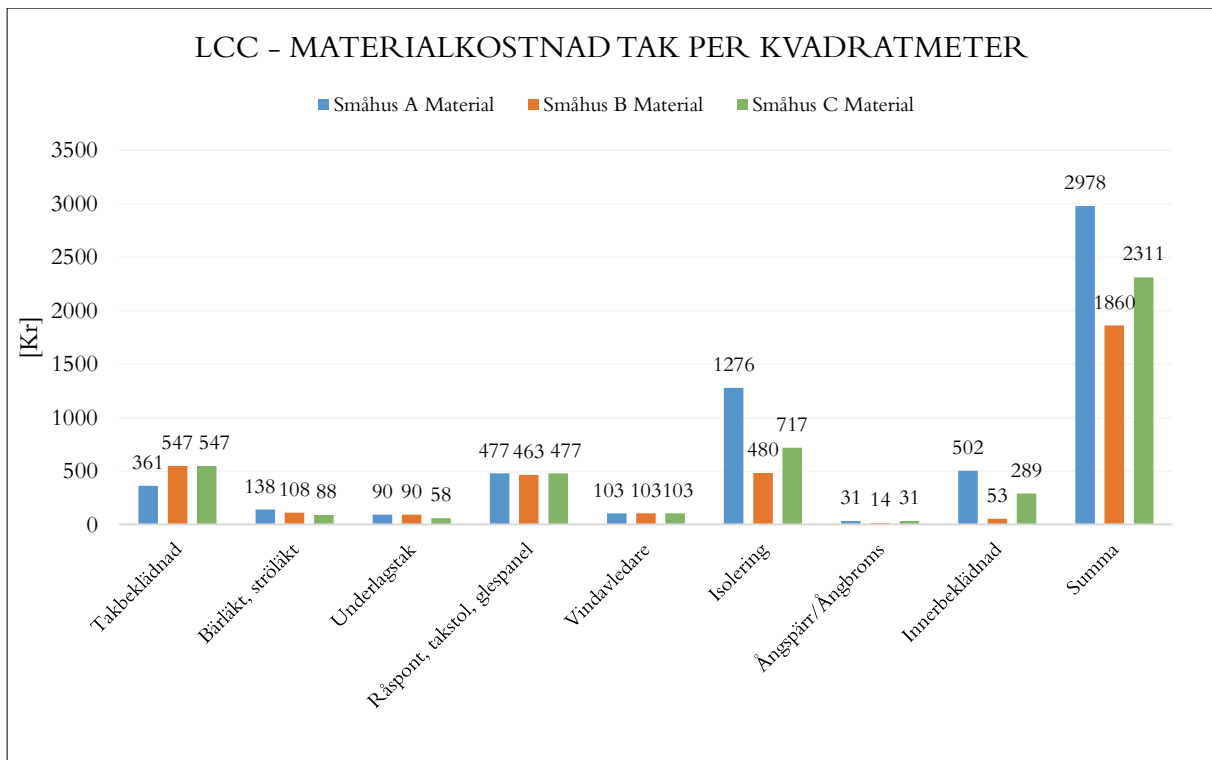
I tabell 40 presenteras material- och transportkostnader för konstruktionsdel tak för samtliga alternativ. Småhus B innehar en totalkostnad, 2010 kr, för en kvadratmeter tak som är 1191 kr lägre än total kostnad för småhus A som har en total kostnad av 3201 kr. Småhus C innehar en total kostnad motsvarande 2467 kr vilket är 457 kr högre än total kostnad för småhus B och ungefär 734 kr lägre än total kostnad för småhus A. I tabell 40 är det möjligt att observera att transportkostnaden är lägre än materialkostnaden för en kvadratmeter tak.

Tabell 40: Livscykelkostnad tak

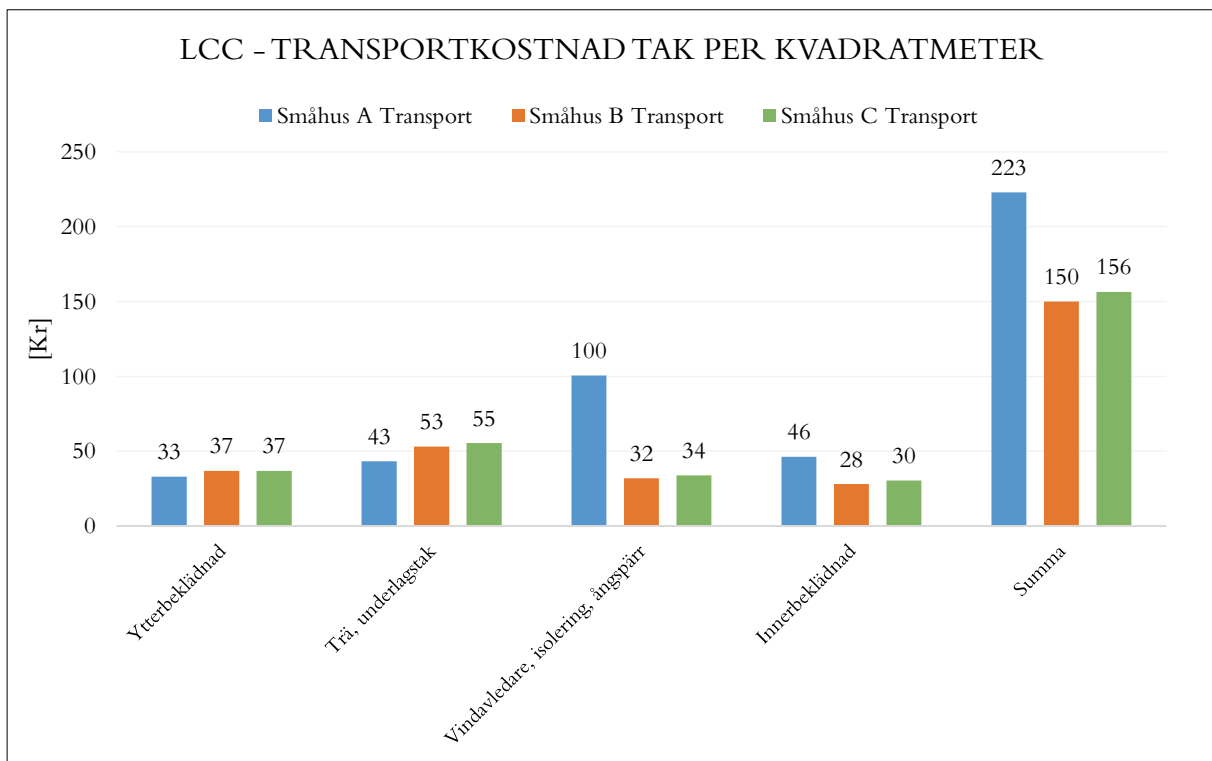
<i>Hus</i>	<i>Materialkostnad</i>	<i>Transportkostnad</i>
Småhus A	2978	223
Småhus B	1860	150
Småhus C	2311	156

Jämförelse och analys

Följande figur 43 och figur 44 representerar material- och transportkostnad per kvadratmeter för samtliga material i konstruktionsdel tak för småhus A, småhus B och småhus C. I figur 43 går det att utläsa att isoleringen för småhus A, 1276 kr, och småhus C, 717 kr, påverkar respektive materialkostnad mest. Småhus B innehar en materialkostnad för isolering, 480 kr, som är lägre än den för takbeklädnad. Den högsta materialkostnaden uppkommer för småhus B vid takbeklädnaden, vilket representeras av tegeltakpannor. Materialkostnaden av takbeklädnaden för småhus A är lägre än för småhus B och småhus C. Materialkostnaden för innerbeklädnaden varierar mellan alternativen med 56 kr för småhus B, som är lägst, och 502 kr för småhus A, som är högst och 289 kr för småhus C. Anledningen till variationen beror på att småhus B använder gipsskiva som innerbeklädnad och småhus C har granpanel, som småhus A, men som utgörs av ett medelvärde av kostnadseffektivare alternativ. Råspont, takstol och glespanel är för samtliga alternativ relativt kostsamt. Detta beror delvis på att denna materialkostnad utgörs av materialkostnaden för tre material summerat. I figur 44 presenteras transportkostnaden för samtliga material och konstruktionsalternativ. Vid observation går det att utläsa att samtliga transportkostnader är relativ likartade, med mindre skillnader jämfört med materialkostnaden. De transportkostnader som avviker från resterande med en större marginal är för småhus A: vindavledare, isolering och ångspärr, 100 kr och innerbeklädnad, 46 kr.



Figur 43: Materialkostnad tak



Figur 44: Transportkostnad tak

4.4.3 Grund

Resultat av grund

Tabell 41 visar material- och transportkostnad för en kvadratmeter grund i respektive hus. Transportkostnaden utgör en betydligt mindre del av totalkostnaden än materialkostnaden för

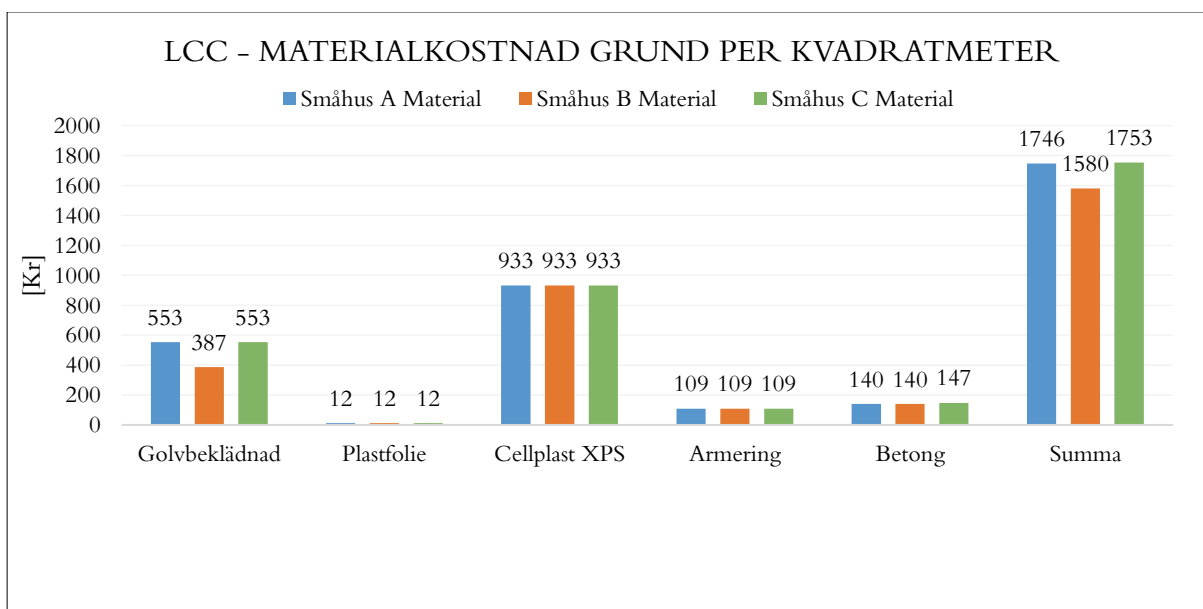
samtliga alternativ. Transportkostnaden är samma för småhus C och småhus B, 156 kr. För småhus A är det billigare, 107 kr. Dyrast materialkostnad har småhus C med 1753 kr och strax därefter kommer småhus A som kostar 1746 kr. Småhus B är nästan 200 kr billigare, med ett värde av 1580 kr per kvadratmeter grundkonstruktion.

Tabell 41: Livscykelkostnad grund

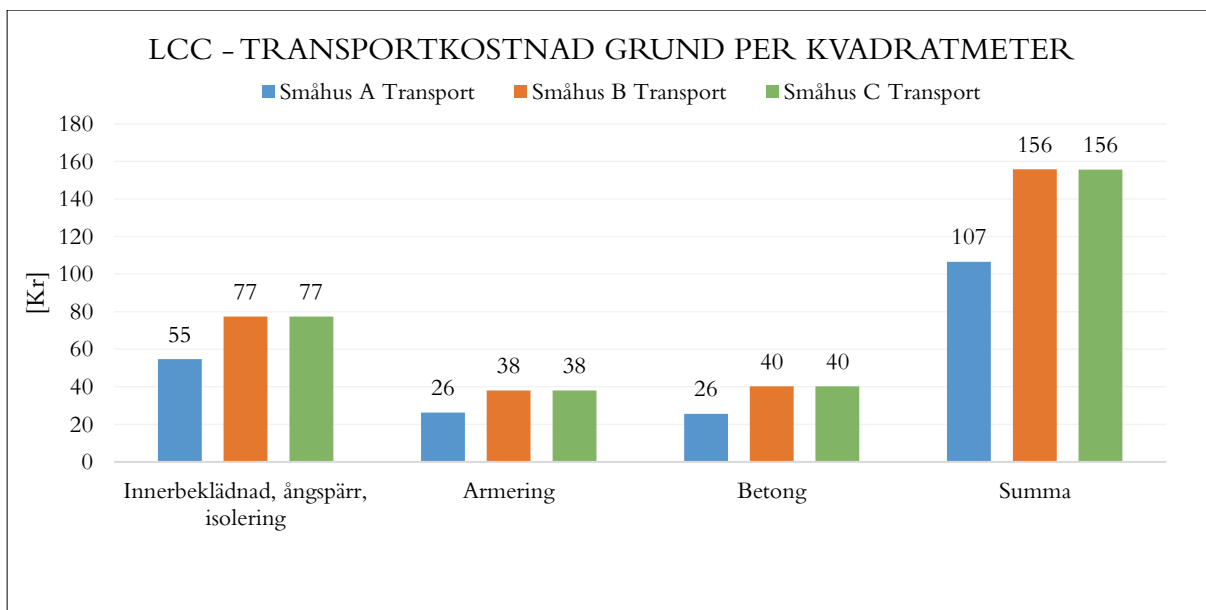
Hus	Materialkostnad	Transportkostnad
Småhus A	1746	107
Småhus B	1580	156
Småhus C	1753	156

Jämförelse och analys

Jämfört mot de andra konstruktionsdelarna är grunden i de tre husen relativt lika. Figur 45 visar kostnaden för varje material per kvadratmeter grund i de olika husen. Plastfolie, cellplast och armering är exakt samma. Cellplasten XPS som använts är det dyraste materialet i grunden, 933 kr. Plastfolien kostar endast 12 kr och armeringen utgör ca en niondel av cellplasten, 109 kr. De material som skiljer de olika husen från varandra är betongen som i småhus C är klimatförbättrad och därmed något dyrare (147 kr mot 140 kr), samt golvbeklädnaden. Golvbeklädnaden är det näst dyraste materialet, det massiva trägolvet som använts i småhus A och småhus C kostar 553 kr och ekparketten i småhus B 387 kr. Samtliga transportkostnaden för småhus A är billigare än för småhus B och småhus C, som kan ses i figur 46. Detta beror på att transportsträckan för småhus A är kortare för majoriteten av materialen då huset är belägen 8 km från byggvaruhandel jämfört mot den generiska data, som nyttjats för småhus B och småhus C, som utgår från en sträcka på 40 km.



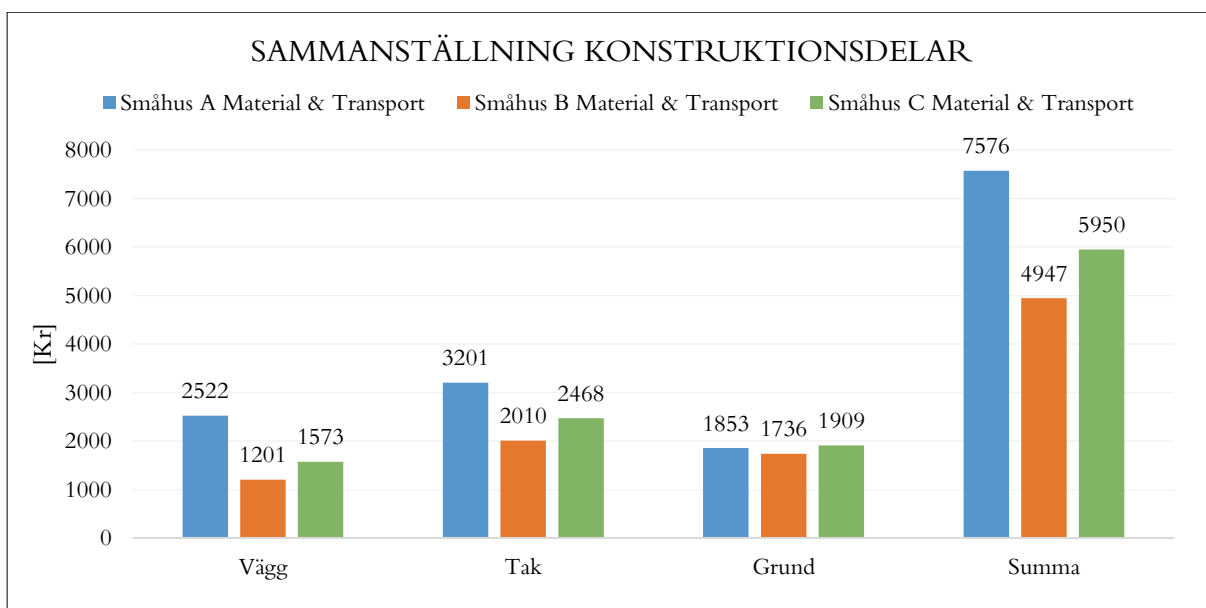
Figur 45: Materialkostnad grund



Figur 46: Transportkostnad grund

4.4.4 Sammanställning

En sammanställning av kostnad, både transport och material, för konstruktionsdelar i de olika husen presenteras i figur 47. Småhus A är det dyraste alternativet för vägg och tak, medan den klimatförbättrade betongen i småhus C samt längre transportsträcka gör det alternativet till det dyraste för grunden. Småhus B är billigast för alla de ingående konstruktionsdelarna. I grunden skiljer det inte lika mycket som i taket och väggen mellan alternativen. Att småhus A blir dyrare i vägg och tak i jämförelse mot småhus B beror till störst del på priset av linisolering och innerpanel som använts. Plåttaket är däremot billigare i småhus A än tegeltaket i de andra alternativen, men det väger inte upp den stora skillnaden i pris för isolering och innerbeklädnad. Den sista stapeln i figur 47 visar summan av priset för en kvadratmeter vägg, en kvadratmeter tak och en kvadratmeter grund. Småhus A hamnar för dessa tre kvadratmeter på totalt 7576 kr och för småhus B 4947 kr. Småhus C ligger prismässigt mellan småhus A och småhus B men närmare småhus B, med ett värde av 5950 kr.

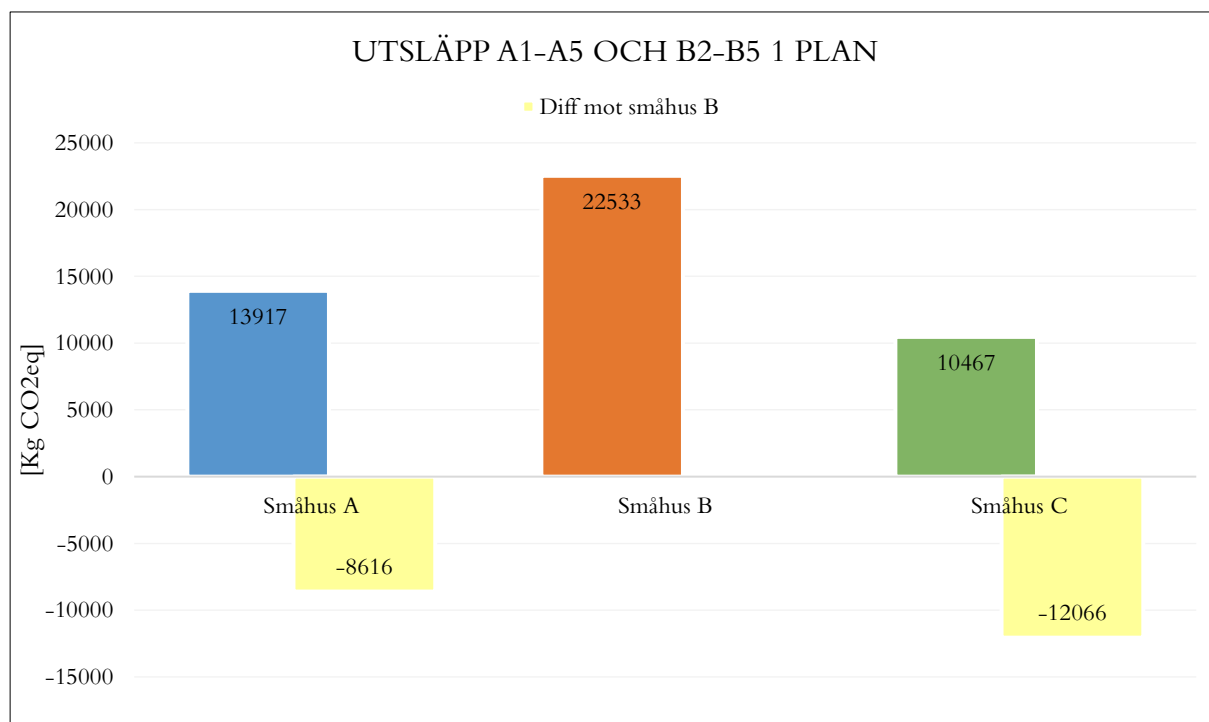


Figur 47: Sammanställning konstruktionsdelar livscykelkostnad

4.5 Småhusmodeller

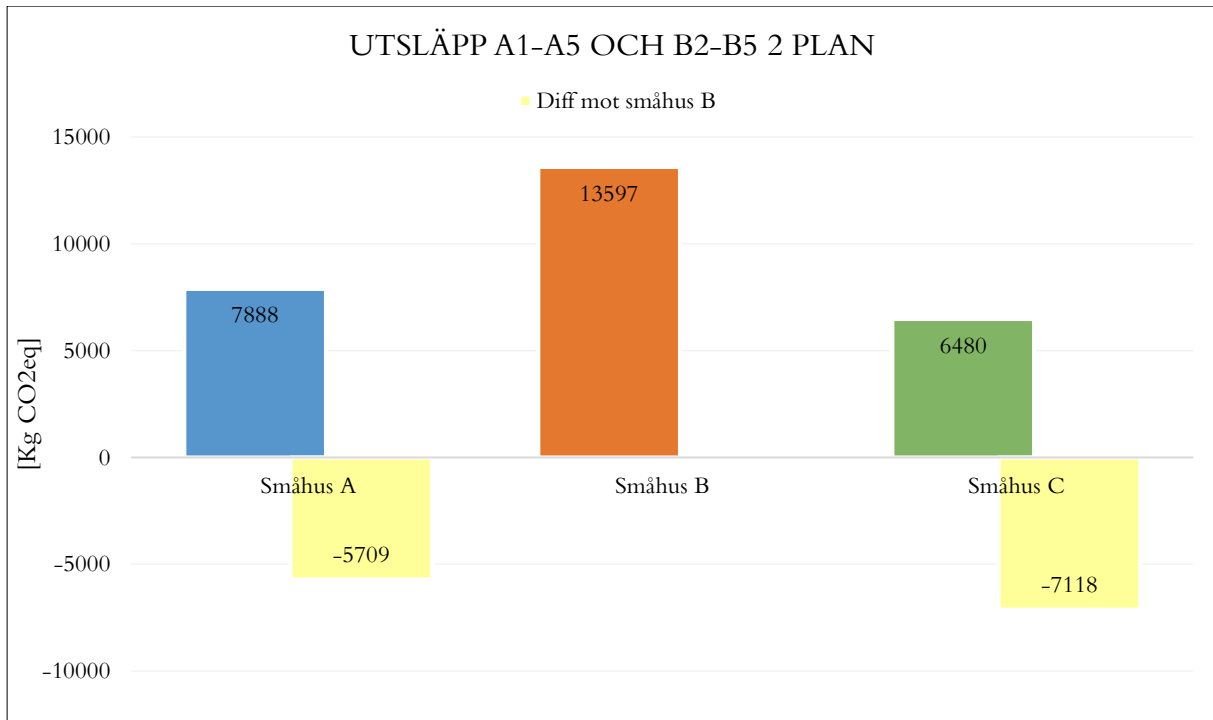
4.5.1 Resultat livscykelanalys

Totalt utsläpp av koldioxidekvivalenter för det framtagna småhuset med ett plan presenteras i figur 48. Det innefattar vägg, tak och grund för respektive byggsätt i de olika husen. Den gula stapeln i figur 48 visar skillnaden för småhus A och C jämfört mot småhus B, ett negativt värde i denna stapel visar att det betraktade småhuset har ett mindre utsläpp än småhus B. Småhus A bidrar i detta scenario till nästan 14 ton CO₂eq, ca 8,6 ton mindre än småhus B. Småhus B bidrar till 22,5 ton CO₂eq och småhus C till 10,5 ton CO₂eq, ca 12 ton mindre än småhus B.



Figur 48: Utsläpp framtaget enplanshus

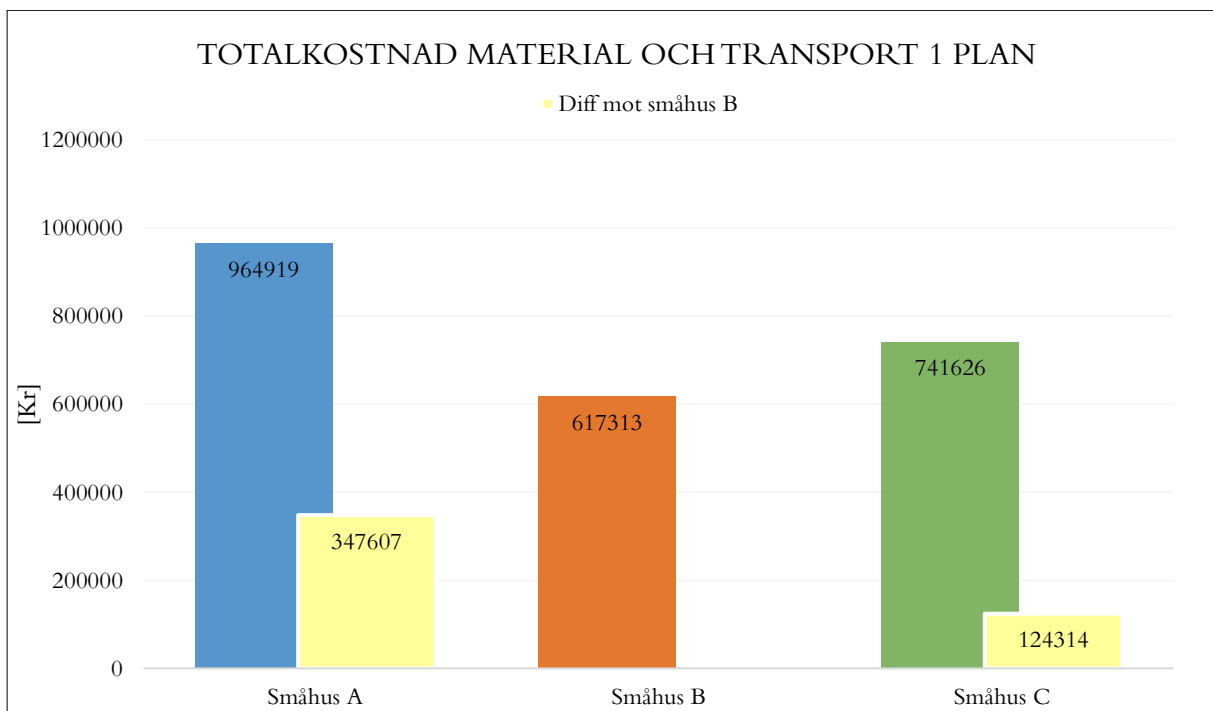
Motsvarande utsläpp av koldioxidekvivalenter för det framtagna småhuset med två plan presenteras i figur 49. Figuren innefattar vägg, tak och grund för respektive byggsätt i de tre husen. Småhus A bidrar till ca 7,9 ton CO₂eq, vilket är ca 5,7 ton mindre än småhus B. Småhus B till ca 13,6 ton CO₂eq och småhus C till ca 6,5 ton CO₂eq, ca 7,1 ton mindre än småhus B.



Figur 49: Utsläpp framtaget tvåplanshus

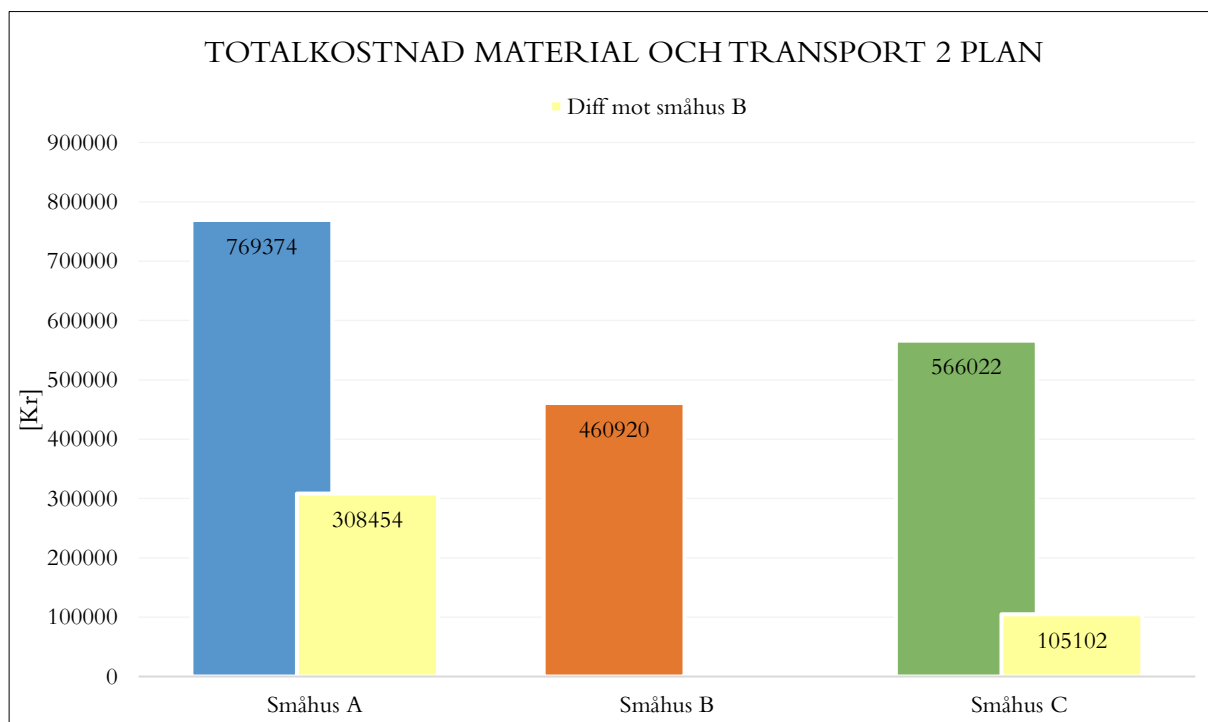
4.5.2 Resultat livscykelkostnad

Den totala ekonomiska kostnaden för byggmaterial och transport för vägg, tak och grund i det framtagna enplanshuset för respektive byggsätt visas i figur 50. Den gula stapeln i figur 50 visar skillnaden för småhus A och C jämfört mot småhus B. Material- och transportkostnad för småhus A är ca 965 000 kr, vilket är ca 348 000 kr mer än småhus B. Motsvarande kostnad för småhus B är ca 617 000 kr och för småhus C ca 742 000 kr, som är ca 124 000 kr mer än för småhus B.



Figur 50: Kostnad framtaget enplanshus

För tvåplansmodellen visas den motsvarande totala kostnaden för material och transport för de olika materialvalen i figur 51. Material- och transportkostnad för småhus A är ca 769 000 kr, vilket är ca 308 000 kr mer än för småhus B som kostar ca 461 000 kr. Kostnaden för småhus C är ca 566 000 kr, vilket är ca 105 000 kr mer än kostnaden för småhus B.



Figur 51: Kostnad framtaget tvåplanshus

4.5.3 Jämförelse och analys

Livscykelanalysen visar att småhus B bidrar till mest utsläpp för både en- och tvåplanshuset, och livscykelkostnaden visar att det huset är det alternativ som är minst kostsamt. Småhus C bidrar till minst utsläpp i husmodellerna, för enplanshuset är det en minskning med ca 54% från småhus B, och för tvåplanshuset är minskning något lägre, ca 52%. Material- och transportkostnad för småhus C är högre än för småhus B, skillnaden är ca 124 000 för enplanshuset och 105 000 kr för tvåplanshuset, vilket motsvarar en ökning med 20% respektive 23%. Småhus A ger för båda småhusmodellerna mer utsläpp än småhus C och mindre än småhus B. Materialvalen i småhus A är ekonomiskt mest kostsamt, en ökning från kostnaden för småhus B med ca 56% för enplanshuset och ca 67% för tvåplanshuset. För båda småhusmodellerna kan materialvalen i småhus A och C minska utsläppen jämfört mot småhus B, och småhus C minskar utsläppen mer till en lägre kostnad. Resultatet visar också att det är både billigare och mer miljövänligt att bygga ett tvåplanshus än ett enplanshus om material och transport för klimatskalet analyseras.

5. DISKUSSION

I detta avsnitt diskuteras metod och resultat.

5.1 Metoddiskussion

Den sociala aspekten är en viktig del i den hållbara utvecklingen, men har uteslutits utifrån förutsättningarna för detta arbete. Material som exempelvis utgör en hälsorisk eller produceras under dåliga arbetsförhållanden kan anses vara icke socialt hållbara, enligt definitionen att social hållbarhet förbättrar människors livskvalitet (Baloi, 2003). Dessa material kan argumenteras vara olämpliga även fast miljömässiga eller ekonomiska fördelar finns, då de potentiellt försämrar livskvaliteten. Avsaknaden av den sociala aspekten kan leda till ett resultat som inte är hållbart och hälsorisen bör därför undersökas innan användandet av ett material. Samtliga material som använts i denna studie presenteras i Boverkets databas och beskrivs i boken *Byggekologi* (Block & Bokalders, 2023) som godkända material utifrån en hälsoaspekt. En annan anledning till att den ekonomiska och miljömässiga aspekten prioriterats över den sociala är att det inte funnits samma möjlighet att göra en likvärdig studie då två av småhusen är hypotetiska och ett småhus är nybyggt och har inte bebotts under längre tid. Att analysera olika materials utsläpp av kemikalier och påverkan på hälsan har därmed varit svår, och skulle i så fall ha gjorts som en litteraturstudie.

För att få en överblick och kunna utvärdera de alternativa konstruktionsdelarna har flera förenklingar gjorts i det studerade snitten som inte återspeglar verkligheten korrekt. Konstruktionsdelarna har antagits vara likadana i hela huset vilket inte stämmer vid exempelvis fönster, längs delarnas ytterkanter och vid andra köldbryggor samt att använda beslag och fogar har bortsetts ifrån. Det har setts som mindre viktigt i jämförelsen då utformningen av ett småhus oberoende av materialval i konstruktionsdelarna antas vara samma vad gäller fönster och dörrar, samt att skillnader i användning av mängd och typ av beslag och fogar i de olika husen förväntas vara liten jämfört med de studerade materialen. Resultatet i studien stämmer inte helt överens med verkliga värden, men förväntas ändå ge en bild över vilka material som ger en högre eller mindre kostnad och påverkan på miljön.

Småhus A som studerats har till skillnad från småhus B och C inte använt generiska data för beräkning av transportsträckor, vilket medför att en direkt jämförelse mellan kostnad och miljöpåverkan från transporten kan argumenteras vara felaktig. Beslutet om att inte använda generiska data för undersökningen av småhus A baserades på att undersöka vikten av närproducerade material, exempelvis träet och pannplåten.

Detta projekt ser endast till vissa delar av byggskede och användningsskede. Slutskedet har inte beaktats, men påverkar byggnadens livscykel från vagg till grav ur ett miljöperspektiv. Hur materialen hanteras vid avfall samt återanvändningsgraden kan påverka totalt koldioxidutsläpp drastiskt vilket bland annat kan ses i EPDer. Slutsatserna från denna studie om materialens miljöpåverkan är därmed begränsade och bör kompletteras med vidare studier. Livslängden är ytterligare en faktor som avgränsats på grund av tidsbrist för detta arbete. 50 år är den livslängd som studien har utgått ifrån, men en kortare eller längre livslängd påverkar användningsskedet då bland annat fler material behöver bytas ut, vilket kan ge förändrat resultat både ekonomiskt och miljömässigt.

Metoden som användes för att bestämma materialen i småhus C baserades dels på resultatet av livscykelanalysen och livscykelkostnaden för småhus A och B, dels genom frågeformulär som skickades ut till några olika aktörer i byggprocessen och dels genom stöd i litteratur om vilka hinder som finns för privatpersoner att bygga mer hållbart. De svar som erhöles från

frågeformuläret var endast från en person, ett företag eller en organisation vilket försvagar pålitligheten av resultatet. Betydligt fler svar behövs för att med säkerhet kunna fastställa hinder utifrån frågeformuläret. Resultatet av frågeformuläret i denna studie syftar till att stärka det resultat som lyfts fram i befintlig litteratur, vilket den gör då många av svaren stämde väl överens med litteraturen.

5.2 Resultatdiskussion

I detta avsnitt diskuteras samtliga resultat från genomförda undersökningar, ur en privatpersons perspektiv.

5.2.1 Småhus A

Ägaren av småhus A hade som mål att åstadkomma bästa möjliga inomhusmiljö och samtidigt uppnå lägsta möjliga miljöpåverkan, se bilaga C. Småhus A med dess materialval representerar det näst bästa miljömässigt hållbara alternativet med avseende till utsläpp kg CO₂eq, samtidigt som det är det mest kostsamma alternativet, se avsnitt 4.4. Småhus A genererar ett utsläpp av ungefär 8,71 kg CO₂eq för yttervägg, 46,7 kg CO₂eq för tak och 54,06 kg CO₂eq för grund, vilket summerat är 109,47 kg CO₂eq, se figur 39. Alternativet ger endast upphov till lägsta utsläpp av kg CO₂eq för konstruktionsdel yttervägg, varvid differensen mellan småhus A och småhus C är 2,53 kg CO₂eq per kvadratmeter.

Ägaren av småhus A valde materialen dels för att bygga miljömässigt hållbart, dels för att minska hälsovådliga kemikalier, genom att bland annat undvika lim, målarfärg, plast och betong, se bilaga C. Detta resulterade i materialen presenterade i underavsnitt 3.1.1. Samtliga alternativ har efterforskat av ägaren och vid undersökning av de icke konventionella byggmaterialen, linullsisolering, Hunton vindsskiva och Isolina luftspärrpapper i Ekologiboken (Block & Bokalders, 2023), samt via Huntons (Hunton, u.å. (a&b)) och Isolinas (Isolina, u.å.) hemsida, kan materialen bekräftas som miljömässigt hållbara alternativ. Samtliga övriga material är relativt konventionella och antas frekvent nyttjas av samhällets byggföretag. Småhusägaren har även köpt främst närproducerad trä, där Luleå och Piteå är de främsta leverantörerna. Grangolvet i grundkonstruktionen är köpt via Sorsele vilket är 246 km bort. Dessa material är hållbara, samtidigt som de är mer kostsamma än övriga alternativ, varvid linullsisoleringen och den närproducerade granpanelen avviker väsentligt från de två andra alternativa lösningarnas material. I samtliga figurer presenterade i avsnitt 4.5 skildras att småhus B med konventionella material enligt genomförd enkätundersökning är det mest ekonomiskt lönsamma alternativet för både en- och tvåplans småhus, medan småhus A är det mest kostsamma alternativet. Att det är billigare och mer miljövänligt att bygga ett tvåplanshus än ett enplanshus om klimatskalet analyseras beror på att i enplanshuset används mindre yta tak och golv, och mer väggyta. Sammanställningen av konstruktionsdelar för livscykelanalysen som presenteras och analyseras i underavsnitt 4.3.4 visar att taket och grunden är de byggnadsdelar som per kvadratmeter genererar mest utsläpp. I grunden beror detta på att betongen och cellplasten som finns i samtliga alternativ bidrar till stora koldioxidutsläpp. I taket är det för småhus B stenullsisoleringen som gör att utsläppet blir så stort, och för småhus A är det plåttaket som bidrar mest, särskilt då plåten behöver bytas ut under den studerade livstiden på 50 vilket inte tegeltaket behöver. Det är för samtliga alternativ produktionen av materialen och inte transporten som har absolut störst påverkan på pris och koldioxidutsläpp. Ekonomiskt är skillnaden mindre mellan konstruktionsdelarna, och för småhus A är en kvadratmeter vägg mer kostsam än en kvadratmeter grund. Linullsisoleringen är den störst bidragande faktorn till att väggen och taket i småhus A blir dyrare än de andra alternativen. Samtliga resultat visar på att

ett ökat fokus vid miljömässig hållbarhet ökar kostnaden, vilket stämmer bra överens med samhällets syn på hållbarhet.

Småhusägaren av småhus A har identifierat att utöver den högre materialkostnaden också finns det ett antal hinder som uppstår vid ansatts till att bygga med ett hållbart perspektiv vid nybyggnation. Främst att projektet tar längre tid, samt att ett fåtal byggföretag är villiga att genomföra projektet till en rimlig kostnad. Byggföretaget som genomförde småhus A, se bilaga C, antyder att de icke konventionella materialvalen i småhus A var det som förändrade arbetsmetoden, vilket kan antagas vara anledningen till att det tog längre tid att färdigställa. Förändrad arbetsmetod har även identifierats av andra personer presenterat i avsnitt 2.5. Enligt svenskt trä (u.å.) ökar kostnaden med ökad tid. De okonventionella materialen i småhus A tillhör miljömässigt hållbara material, vilket tyder på att mer hållbara material som inte nyttjas frekvent inom industrin, skapar tilläggstider av projektet i förhållande till frekvent använda konventionella material. Byggföretagens bristande kunskap om hållbara material och hur de skall tillämpas i konstruktionen är ett hinder som kan skapa tillkommande kostnader för privatpersonen. Tillkommande vinstskatt av tidigare såld bostad förekommer om nybyggnationen inte är färdigställd inom två år, vilket kan komma att skapa problem för personer med vilja att bygga hållbart eftersom hållbara materialval kan bidra till längre ledtider. Ägaren av småhus A har nämnt att detta inträffade för dem.

5.2.2 Småhus B

Enkätundersökningen som genomfördes för att bestämma de ingående materialen i småhus B gav svar från 52 personer som arbetar på 31 olika företag. Svaren skulle visa på ett vanligt förekommande byggsätt av småhus i Sverige. I många av frågorna indikerade enkätundersökningen att det finns en industristandard för materialval i småhus, då resultatet visade en övervägande majoritet av ett visst materialval. Exempelvis använder sig flest företag av plastfolie som ångspärr, hård cellplast som isolering i grunden och mineralull som isolering i ytterväggar och tak, vilket innefattar stenull och glasull. Vissa undantag fanns där svaren var mer jämnt fördelat på flera olika materialval, detta gällde främst material som ofta väljs av estetiska skäl, så som innerbeklädnad. Att det verkar finnas en standard för materialvalen i småhus kan vara både positivt och negativt i omställningen till ett mer miljömässigt hållbart byggande. Det kan vara svårt att ändra på ett byggsätt som redan är väl etablerat, särskilt om det inte finns en ekonomisk vinning vilket lyfts i avsnitt 2.5. Privatpersonen som äger småhus A upplevde svårigheter med att hitta ett företag som är villig att bygga med de valda materialen till en rimlig kostnad, se bilaga C. Om fokus läggs på att hitta bra alternativa material som är mer miljövänliga än just de som används mest och är lika i arbetssättet, kan omställningen tänkas bli enklare än om företagen bygger med skilda arbetsmetoder och med olika material. Då måste flera olika miljövänliga alternativa material hittas om företagen inte är villiga att göra större förändringar i byggsätten de använder. Kan ett alternativt material hittas som även är ekonomiskt fördelaktigt jämfört mot det som idag är vanligast kan implementeringen förenklas då den ekonomiska olönsamheten är ett av de största hindren för ett mer miljömässigt hållbart byggande.

Småhus B visade sig enligt genomförd livscykelkostnad vara det billigaste förslaget av de undersökta alternativen. Det var förväntat då materialvalen baserades på material som är vanligt förekommande i nybyggda småhus i Sverige idag. Utifrån en miljömässig aspekt bidrog småhus B till mer koldioxidutsläpp än de andra husen som konstruerats med förhoppningen att minska miljöpåverkan. De största skillnaderna i koldioxidutsläpp mellan husen finns i vägg och tak, se figur 39. I dessa konstruktionsdelar är stenullsisoleringen den absolut störst bidragande faktorn i småhus B, 54% respektive 74%, se figur 26 och 31. Isoleringens utsläpp av

koldioxidekvivalenter per kilo tillsammans med den stora mängden av isoleringen som behövs i vägg och tak, gör valet av isoleringsmaterial väsentlig ur miljöaspekt. Byte till linisolering i taket minskar utsläppet för isolering med 96%, men kostar däremot 796 kr mer per kvadratmeter, en ökning med 166%. I småhus C presenteras träfiberisolering som ett alternativ som är mer miljövänligt än stenullisoleringen men inte lika dyrt som linullisolering. Det minskar koldioxidutsläppen med 89% och kostar 237 kr mer per kvadratmeter, en ökning av priset med 49%. Ett sätt att som privatperson bygga mer miljömässigt hållbart som är relativt enkelt, kan vara att enbart byta ut den typ av isolering som används i huset och ändå åstadkomma en markant skillnad miljömässigt. Att använda klimatförbättrad betong istället för vanlig betong är också en byggtknisk enkel lösning som endast kostar ca 5% mer. Bytet minskar utsläppen med drygt 6 kg CO₂eq per kvadratmeter, vilket motsvarar en minskning med 25% jämfört med utsläppet för vanlig betong i grunden.

I analysen som gjorts har material och transport studerats ur miljömässig och ekonomisk synvinkel. Resultatet visar på att material har betydlig större påverkan än transport ur båda aspekterna. Transporten under byggskedet bidrar i de studerade fallen till mellan 1% och 13% av totala utsläppet för en kvadratmeter konstruktionsdel under byggskedet. Det visar på att fokuset för störst chans att minska miljöpåverkan bör vara på produktionen av material framför transportmedel och transportsträcka.

5.2.3 Småhus C

Konstruktionslösningen för småhus C har framtagits med hänsyn till ekologisk och ekonomisk hållbarhet, samt med hänsyn till identifierade hinder erhållna genom litteratur och genom ett antal aktörers besvarade frågor. Småhus C syftar till att miljömässigt vara jämlikt småhus A, samtidigt som ansatts till minskad ekonomisk kostnad genomfördes. Minskad kostnad har identifierats vara efterfrågad av privatpersoner som presenteras i avsnitt 2.5 med ett antal andra eftersträlvade faktorer. Detta resulterade i att småhus C ur ett miljömässigt perspektiv genererade minst utsläpp för samtliga konstruktionsdelar. Sammanslaget för en kvadratmeter yttervägg, tak och grund utvecklas ett utsläpp av 26,04 kg CO₂eq mindre än för småhus A, vilket motsvarar en minskning av 23,8 %, se underavsnitt 4.3.4. Kostnaden för den alternativa lösningen är i samtliga konstruktionsdelar, förutom grund, mer kostnadseffektivt än småhus A. Det innehar en total kostnad för en kvadratmeter, yttervägg, tak och grund, som är 1626 kr mindre än småhus A, motsvarande en minskning av 21,5 %. Småhus C är, per kvadratmeter, 1003 kr mer kostnadskrävande, dvs en ökning av 20,3 % gentemot småhus B, samtidigt som det genererar ett utsläpp av 91,78 kg CO₂eq mindre än småhus B, vilket motsvarar en minskning av 52,4 %. Småhus B utgörs av material erhållna från enkätundersökningen om vanligast förekommande byggnadsmaterial i byggnation av småhus och omfattar ingen effektivisering av hållbarhetsaspekterna. Resultatet av livscykelkostnaden och livscykelanalysen visar för småhus A och B en tydlig skillnad miljömässigt i val av isoleringsmaterial. Koldioxidekvivalenterna för produktion av linisolering är i vägg och tak 4%–22% av koldioxidekvivalenterna för produktion av motsvarande stenull, beroende på konstruktionsdel och om 25% av generiska data subtraherats för stenull. Samtliga resultat tyder på att sträva efter miljömässig hållbarhet ökar materialkostnaden. Småhus A är ett tydligt exempel på detta. Resultaten bekräftar också att hållbara byggnadsmaterial har ett kostnadsspann, varvid det finns alternativ för privatpersoner att genomföra hållbara projekt till en relativt rimlig kostnad. I avsnitt 4.5, presenteras två enkla småhusmodeller, bestående av ett en- och tvåplans småhus, som nyttjats för att erhålla ett förenklat utsläpp av kg CO₂eq, samt en förenklad material- och transportkostnad för ett projekt. En ökning i totalkostnad för småhus C motsvarande 124 314 kr gentemot småhus B, genererar en minskning med 53,5 % CO₂eq för ett enplans småhus. En ökning av kostnad motsvarande 105 102 kr gentemot småhus B, genererar ett minskat utsläpp

med 52,3 % CO₂eq för ett tvåplans småhus. För småhus A innebär en 347 607 kr ökning gentemot småhus B en minskning i utsläpp med 38,2 % för ett enplans småhus. Ett tvåplans småhus innebär en ökning med 308 454 kr en minskning i utsläpp med 42,0 %, se avsnitt 4.5. Detta indikerar att hållbara materialval inte nödvändigtvis behöver innebära en markant kostnadsökning gentemot ett svenskt konventionellt småhus.

5.2.4 Identifierade utmaningar

Ägaren av småhus A planerade att bygga med Koljern glasgrund, men tvingades välja bort alternativet av ekonomiska skäl. Koljern glasgrund består huvudsakligen av cellglas samt plåtlättbalkar. Detta alternativ undersöktes översiktligt ur miljömässig och ekonomisk synvinkel när materialvalen i småhus C bestämdes. Alternativet valdes sedan bort, dels på grund av den höga kostnaden som översteg dubbla kostnaden för grunden i småhus A och B, dels på grund av att den i de analyserade skedena och betraktade livslängden 50 år var miljömässigt sämre än platta på mark. Den stora anledningen till att cellglas anses vara ett miljövänligt alternativ är dess långa livslängd som långt överskrider den undersökta i detta projekt, samt att det finns stor potential till att återanvända materialet. En annan anledning till att andra typer av grunder inte undersökts närmare, så som exempelvis trägrund, är på grund av den existerande oviljan inom företag att drastiskt ändra byggmetod.

Tidigare konstaterat, att hållbart byggande genererar en ökad kostnad, är för många privatpersoner ett hinder. För ägaren av småhus A var en rädsla för ökad investeringskostnad inte ett hinder, även om vissa materialalternativ valdes bort på grund av den högre kostnaden. Förutom att hållbara material ökar kostnaden, har ett antal andra hinder identifierats med hjälp av litteratur och svar från bland annat en kommun, en bank och en mäklare. Se samtliga aktörers fullständiga svar i bilaga C. Ett småhus byggt med ett hållbarhetsperspektiv värderas nödvändigtvis inte annorlunda gentemot andra småhus. Småhus värderas enligt vad kunderna efterfrågar och kostnaden som småhusen vid försäljning bör generera. Kundmarkanden och det som upplevs påkostat är styrande faktorer vid en värdering. Materialvalen vid nybyggnation påverkas till störst del av vad samhället efterfrågar. Hållbara material påverkar nödvändigtvis inte värdet av småhuset. Detta innebär att privatpersoner inte uppmuntras till att välja hållbara byggnadsmaterial. I samspel med att hållbara byggnadsmaterial inte nödvändigtvis värderas högre än övriga material, påverkar faktorn att banken främst baserar lånevolymen på personlig ekonomi. En privatperson med en vilja att bygga hållbart trots den ökande kostnaden kan möta svårigheter att erhålla tillräckligt med pengar för att finansiera projektet eftersom hållbarhet nödvändigtvis inte värderas högre. Den kontaktade banken gör dock en ansats till att uppmuntra hållbart byggande, bland annat genom att erbjuda lägre ränta för gröna bolån, grön leasing och avbetalning och grönt energilån. Banken som privat aktör har inte samma skyldighet att bidra till hållbar utveckling som kommunen som är statlig. Det har även identifierats i avsnitt 2.5 att det finns få incitament från staten till att bygga hållbart. Som exempel uppger den kontaktade kommunen att de inte bidrar med ekonomiskt stöd i dagsläget, men att det kan bidra med klimat- och energirådgivning. Privatpersoner möter ett antal hinder vid ansats till att bygga mer hållbart och i nuläget finns det få faktorer som uppmuntrar till att välja hållbarhet, trots att bygg- och fastighetssektorn år 2021 representerad 21,7 % av Sveriges inhemska utsläpp av växthusgaser (Boverket, 2024a).

6. SLUTSATS

1. *Vilka material ingår i yttervägg, tak och grund för konventionella småhus i Sverige, och hur påverkar de ekonomisk och miljömässig hållbarhet för småhus i Sverige?*

Bland materialvalen för småhus i Sverige är stenull det mest vanligt förekommande isoleringsmaterialet. Konventionella småhus är i högre grad kostnadseffektivare än småhus med miljömässig hållbarhetsfokus. I denna studie var kostnaden för ett konventionellt tvåplanshus (småhus B) 66 % lägre än det nybyggda småhuset (småhus A). Däremot har stenull en högre miljöpåverkan än alternativa isoleringsmaterial som linull och träfiber.

2. *Hur skiljer sig materialval för nybyggda småhus med hållbarhetsfokus samt vad blir konsekvenserna av valen, sett till ekonomisk och miljömässig hållbarhet från en privatpersons perspektiv?*

Det nybyggda småhuset som använder linull som isolering har 42 % lägre miljöpåverkan än det konventionella. Från en privatpersons perspektiv är denna miljöförbättring oproportionerlig gentemot kostnaden. Som konsekvens kan det bli ekonomiskt utmanande för en privatperson att bygga denna typ av småhus, då kostnaden för småhus redan kan vara hög.

3. *Finns det alternativa material, som skulle kunna användas för att förbättra ekonomisk hållbarhet, samtidigt som den miljömässiga hållbarheten bibehålls i småhus?*

Ett alternativ kan vara det egna exemplet i rapporten (småhus C), där träfiber nyttjades som isolering utöver andra modifieringar. Detta småhus är det som har bäst miljömässig hållbarhet, men är 25 % dyrare än det konventionella småhuset. Exemplet visar även på att det finns utmaningar med att hitta lämpliga material för att nå en ökad hållbarhet. Detta är ytterligare en utmaning, som innebär svårigheter, för en privatperson som vill bygga hållbart.

Även om denna studie bidrar med två förslag, som kan tillämpas av privatpersoner för miljövänligare alternativ än konventionella småhus, så visar samtliga resultat att småhus med extra fokus på miljömässig hållbarhet är mer kostnadskrävande än konventionella småhus. Detta tyder på att det inte förekommer ekonomiska fördelar med hållbart byggande idag. I dagsläget handlar det om att hitta alternativa material till en lägre kostnad, samtidigt som avkall på miljömässigt hållbart byggande inte ska förekomma.

7. FRAMTIDA STUDIER

Nedan presenteras idéer och förslag till framtida studier som uppkommit under projektets gång.

- Genomföra en större studie om befintliga hinder för att bygga mer hållbart som privatperson och ge förslag på hur dessa kan lösas
- Undersöka om de mer hållbara materialen skulle kunna gå att producera till ett lägre pris
- Inkludera övriga skeden, inklusive slutskedet i livscykelanalys och livscykelkostnad
- Se till andra aspekter än materialval som påverkar hur miljömässigt hållbart ett småhus är, t.ex energianvändning och design
- Undersöka möjligheten av utformning för en betongfri grund som inte är mycket mer ekonomisk kostsam
- Studera materialen ur en social aspekt

REFERENS- OCH LITTERATURLISTA

- Baloi, D. (2003, September). Sustainable construction: challenges and opportunities. In *19th Annual ARCOM Conference* (Vol. 1, pp. 289-87). University of Brighton, Association of Researchers in Construction Management.
- Bjurfors. (u.å.). *Hitta rätt mäklare för din bostadsaffär*. <https://www.bjurfors.se/>
- Block, M., & Bokalders, V. (2023). *Byggekologi - Kunskaper för ett hållbart byggande* (4 uppl.). AB Svensk Byggtjänst.
- Boverket. (2018). *Hållbart byggande med minskad klimatpåverkan* (Rapportnummer 2018:5). <file:///C:/Users/nasst/OneDrive/Dokument/Examensarbete/Hinder%20med%20h%C3%A5llbart%20byggande/hallbart-byggande-med-minskad-klimatpaverkan.pdf>
- Boverket. (2014). *Förutsättningar för ökat småhusbyggande i storstadsregionerna - delrapport 1* (Rapport: 2014:24). <file:///C:/Users/nasst/OneDrive/Dokument/Examensarbete/Hinder%20med%20h%C3%A5llbart%20byggande/forutsattningar-for-okat-smahusbyggande-i-storstadsregionerna.pdf>
- Boverket. (20 februari 2019a). *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/> / Hämtad 2024-02-04
- Boverket. (28 augusti 2019b). *Vilka mervärden ger en LCA?*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/vilka-mervarden-ger-lca/> / Hämtad 2024-02-04
- Boverket. (20 februari 2019c). *Vad visar en LCA?*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/vad-visar-en-lca/> / Hämtad 2024-02-04
- Boverket (11 mars 2022). *Dagsljus*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/ljus-i-byggnader/dagsljus/> Hämtad 2024-04-25.
- Boverket. (10 oktober 2023a). *Om Boverkets klimatdatabas*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/om-klimatdatabas/#:~:text=N%C3%A4r%20en%20klimatdeklaration%20ska%20uppr%C3%A4ttas,stimulera%20anv%C3%A4ndning%20av%20specifika%20klimatdata.> / Hämtad 2024-02-06
- Boverket (8 juni 2023b). *Byggprognos analys juni 2023*. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/bostadsmarknaden/byggprognos/juni-2023/> Hämtad 2024-05-02.
- Boverket. (23 januari 2024a). *Miljöindikatorer - aktuell status*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/> / Hämtad 2024-02-04
- Boverket. (25 januari 2024b). *Öppna data - klimatdatabas*. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/oppna-data/boverkets-klimatdatabas/> / Hämtad 2024-02-16

Boverket: (30 november 2020a). *Bostadsbestånd och boendeförhållanden*.
<https://www.boverket.se/sv/kommunernas-bostadsforsorjning/underlag-for-bostadsforsorjningen/efterfragan-pa-bostader/bostadsbestand-och-boendeforhallanden/> /
Hämtad 2024-03-25

Boverket (21 oktober 2020b). *Rumshöjd i bostäder, publika lokaler och arbetslokaler*.
<https://www.boverket.se/sv/byggande/tillganglighet--bostadsutformning/rumshojd/> Hämtad
2024-04-25.

Engwall, M., Jernbrant, A., Karlson, B., Strom, P. (2020). *Modern industriell ekonomi*. (2 uppl.). Studentlitteratur AB

Fastighetsbyrån. (u.å.). *Boka en kostnadsfri värdering*.
https://www.fastighetsbyran.com/sv/sverige/salja-bostad/vardera-din-bostad/kostnadsfri-vardering?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwwr6wBhBcEiwAfMEQs_VschqZYHxAb97eMKzRCQzpRiIMrj0X-ThpPZlYxKfhCT1_YtB7LxoC2BgQAvD_BwE

FOAMGLAS^R. (2024). *FOAMGLAS^R BOARD T4+*. Foamglas.
<https://www.foamglas.com/sv-se/produkter/fgbt4boards>

Gröndahl, F., Svanström, M. (2010). *Hållbar utveckling* (1 uppl.). Liber AB.

Handelsbanken. (u.å.). *Byggnadskreditiv - lån för att bygga*.
<https://www.handelsbanken.se/sv/privat/bolan/byggnadskreditiv>

Hunton. (u.å.(a)). *Hunton Nativo^R Träfiberisolering Skivor*.
<https://hunton.se/produkter/vagg/hunton-nativo-trafiberisolering-skivor/>

Hunton. (u.å.(b)). *Hunton VindtätTM*. <https://hunton.se/produkter/vagg/hunton-vindtat/>

Hussin, J. M., Rahman, I. A., & Memon, A. H. (2013). The way forward in sustainable construction: issues and challenges. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 2(1), 15-24.

Häkkinen, T., & Belloni, K. (2011). Barriers and drivers for sustainable building. *Building Research & Information*, 39(3), 239-255.

Isolina. (2024). *ISOLINA LINISOLERINGENS EGENSKAPER*.
<https://www.isolina.com/se/isolering.cfm>

Isolina. (u.å.). *EGENSKAPER FÖR DIFFUSIONSÖPPNA LUFTSPÄRRPAPPER OCH TEJP*. <https://www.isolina.com/se/isolering-byggpapper.cfm>

IVL Svenska Miljöinstitutet. (u.å.). *Byggsektorns miljöberäkningsverktyg*. IVL.
<https://www.ivl.se/projektwebbar/byggsektorns-miljoberakningsverktyg.html>

Koljern. (2024). *Betongfri grund med Koljern^R-teknik*. Koljernnordic.
<https://koljernnordic.se/vara-produkter/husgrund>

Luay, D., & Kherun, Ali. (2018). Green buildings life cycle cost analysis and life cycle budget development: Practical applications. *Journal of Building Engineering*, 18(1). 303-311.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.03.015>

Luleå kommun. (19 mars 2024). *Bygglovsprocessen - steg för steg - guide för dig som söker bygglov*. <https://www.lulea.se/boende--gator/bygglov---bygga-nytt-andra-riva/bygglovsprocessen---steg-for-steg-guide-for-dig-som-soker-bygglov.html#1.-vilka20regler20gC3A4ller20fC3B6r20din20fastighet?>

Naturvårdsverket. (14 december 2023). *Klimatet och skogen*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-skogen/#:~:text=Skogen%20fungerar%20som%20kols%C3%A4nka&text=Samtidigt%20sl%C3%A4pper%20skogen%20ut%20kol,och%20lagras%20in%20i%20marken.>

Naturvårdsverket. (u.å.). *Parisavtalet*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/>

Olsson, H., Sörensen, S. (2021). *Forskningsprocessen* (4 uppl.). Liber AB.

Opoku, D. G. J., Ayarkwa, J., & Agyekum, K. (2019). Barriers to environmental sustainability of construction projects. *Smart and Sustainable Built Environment*, 8(4), 292-306.

Oreholm, F. (2016). *Bromsa och lagra energi med träbaserad isolering*. Svenskt trä.
<https://www.svensktra.se/publikationer-start/tidningen-tra/2016-2/bromsa-och-lagra-energi-med-trabaserad-isolering/>

Osuzugbo, I. C., Oyeyipo, O., Lahanmi, A., Morakinyo, A., & Olaniyi, O. (2020). Barriers to the adoption of sustainable construction. *European Journal of Sustainable Development*, 9(2), 150-150.

Patel, R., Davidson., B. (2019). *Forskningsmetodikens grunder* (5 uppl.). Studentlitteratur AB.

Petersson, B. (2019). *Tillämpad byggnadsfysik* (6 uppl.). Studentlitteratur AB.

Rydh, C. J., Lindahl, M., & Tingström, J. (2002). *Livscykelanalys - en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster* (1 uppl.). Studentlitteratur AB.

Statistikmyndigheten SCB. (2022). *Nästan 5,1 miljoner bostäder i landet*.
<https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/bostadsbyggande-och-ombyggnad/bostadsbestand/pong/statistiknyhet/bostadsbestandet-31-december-2021/> Hämtad 2025-05-02

Strandberg, S., & Lavén, F. (2021). *Bygga hus - Illustrerad bygglära* (4 uppl.). Studentlitteratur AB.

Svenskt trä. (2019). *Konstruktionsvirke*. Träguiden.
<https://www.traguiden.se/konstruktion/dimensionering/hallfasthet-och-barformaga/karakteristisk-hallfasthet/konstruktionsvirke2/>

Svenskt trä. (u.å.). *Spara pengar*. <https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/spara-pengar/#:~:text=Kortare%20byggtid,mer%20kostnadseffektivt%20f%C3%B6r%20alla%20inbladdade.>

Sweden Green Building Council. (17 september 2015). *Miljöbyggnad 3.0 Bedömningskriterier för nyproducerade byggnader*.
<https://www.sgbc.se/app/uploads/2018/07/Milj%C3%B6byggnad-3.0-Nyproduktion-vers-170915.pdf>

Världsnaturfonden WWF. (u.å.). *Klimatförändringarna*.
<https://www.wwf.se/klimat/klimatforandringar/#vad-hander-med-klimatet>

Zhou, L., & Lowe, D. J. (2003, September). Economic challenges of sustainable construction. In *Proceedings of RICS COBRA foundation construction and building research conference* (pp. 1-2). Wolverhampton, UK: University of Wolverhampton.

BILAGOR

Nedan följer detaljerade resultat, tabeller och figurer för samtliga genomförda undersökningar.

Bilaga A: Livscykelanalys resultat

Yttervägg småhus A

A1-A5.1: Byggskedet			
<i>Material</i>	<i>A1-A3+A5.1</i>	<i>A4 transport</i>	<i>Summa A</i>
Falu rödfärg	0,51	0,05	0,56
Lockläkt, träpanel	1,00	0,01	1,01
Spikläkt, luftläkt	0,18	0,00	0,18
Hunton vindtät	0,80	0,46	1,26
Linisolering	1,55	0,38	1,93
Reglar	0,88	0,01	0,89
Luftspärrpapper	0,06	0,01	0,07
Granpanel	0,83	0,04	0,87
Summa	5,81	0,96	6,77

B2-B5: Underhåll, reparation, utbyte och ombyggnad			
<i>Material</i>	<i>B2-B5 resurs</i>	<i>B2-B5 transport</i>	<i>Summa B</i>
Falu rödfärg	1,27	0,12	1,39
Lockläkt, träpanel	-	-	-
Spikläkt, luftläkt	-	-	-
Hunton vindtät	-	-	-
Linisolering	-	-	-
Reglar	-	-	-
Luftspärrpapper	-	-	-
Granpanel	-	-	-
Summa	1,27	0,12	1,39

A1-A5.1 och B2-B5: Summering		
<i>Material</i>	<i>Summa A1-A5.1 och B2-B5</i>	<i>Subtrahera 25 %</i>
Falu rödfärg	1,95	1,51
Lockläkt, träpanel	1,01	0,76
Spikläkt, luftläkt	0,18	0,14
Hunton vindtät	1,26	1,26
Linisolering	1,93	1,93
Reglar	0,89	0,67
Luftspärrpapper	0,07	0,07
Granpanel	0,87	0,66
Summa	8,16	7,00

Yttervägg småhus B

A1-A5.1: Byggskedet			
<i>Material</i>	<i>A1-A3+A5.1</i>	<i>A4 transport</i>	<i>Summa A</i>
Slamfärg	0,51	0,03	0,54
Lockläkt, träpanel	1,02	0,21	1,23
Spikläkt, luftläkt	0,18	0,04	0,22
Gipsskiva 9,5 mm	2,20	0,16	2,36
Stenullisolering	11,24	0,27	11,51
Reglar	0,90	0,16	1,06
Plastfolie	0,37	0,01	0,38
Gipsskiva 12,5 mm	2,35	0,2	2,55
Summa	18,77	1,08	19,85

B2-B5: Underhåll, reparation, utbyte och ombyggnad			
<i>Material</i>	<i>B2-B5 resurs</i>	<i>B2-B5 transport</i>	<i>Summa B</i>
Slamfärg	1,26	0,07	1,33
Lockläkt, träpanel	-	-	-
Spikläkt, luftläkt	-	-	-
Gipsskiva 9,5 mm	-	-	-
Stenullisolering	-	-	-
Reglar	-	-	-
Plastfolie	-	-	-
Gipsskiva 12,5 mm	-	-	-
Summa	1,26	0,07	1,33

A1-A5.1 och B2-B5: Summering		
<i>Material</i>	<i>Summa A1-A5.1 och B2-B5</i>	<i>Subtrahera 25 %</i>
Slamfärg	1,87	1,43
Lockläkt, träpanel	1,23	0,98
Spikläkt, luftläkt	0,22	0,18
Gipsskiva 9,5 mm	2,36	1,81
Stenullisolering	11,51	8,70
Reglar	1,06	0,84
Plastfolie	0,38	0,29
Gipsskiva 12,5 mm	2,55	1,96
Summa	21,18	16,19

Yttervägg småhus C

A1-A5.1: Byggskedet			
<i>Material</i>	<i>A1-A3+A5.1</i>	<i>A4 transport</i>	<i>Summa A</i>
Slamfärg	0,51	0,03	0,54
Lockläkt, träpanel	1,02	0,21	1,23
Spikläkt, luftläkt	0,18	0,04	0,22
Hunton vindtät	1,31	0,20	1,51
Träfiberisolering	4,25	0,44	4,69
Reglar	0,90	0,16	1,06
Luftspärrpaper	0,06	0,01	0,07
Granpanel	0,5	0,09	0,59
Summa	8,73	1,18	9,91

B2-B5: Underhåll, reparation, utbyte och ombyggnad			
<i>Material</i>	<i>B2-B5 resurs</i>	<i>B2-B5 transport</i>	<i>Summa B</i>
Slamfärg	1,26	0,07	1,33
Lockläkt, träpanel	-	-	-
Spikläkt, luftläkt	-	-	-
Hunton vindtät	-	-	-
Träfiberisolering	-	-	-
Reglar	-	-	-
Luftspärrpaper	-	-	-
Granpanel	-	-	-
Summa	1,26	0,07	1,33

A1-A5.1 och B2-B5: Summering		
<i>Material</i>	<i>Summa A1-A5.1 och B2-B5</i>	<i>Subtrahera 25 %</i>
Slamfärg	1,87	1,43
Lockläkt, träpanel	1,23	0,98
Spikläkt, luftläkt	0,22	0,18
Hunton vindtät	1,51	1,51
Träfiberisolering	4,69	3,63
Reglar	1,06	0,84
Luftspärrpaper	0,07	0,06
Granpanel	0,59	0,47
Summa	11,24	9,07

Tak småhus A

A1-A5.1: Byggskedet			
<i>Material</i>	<i>A1-A3+A5.1</i>	<i>A4 transport</i>	<i>Summa A</i>
Pannplåt	15,83	0,00	15,83
Bärläkt, ströläkt	0,26	0,00	0,26
Underlagstak	3,87	0,18	4,05
Råspont, takstol, glespanel	2,13	0,02	2,15
Vindavledare	0,17	0,04	0,21
Linisolering	2,50	0,61	3,11
Luftspärrpapper	0,06	0,01	0,07
Granpanel	0,83	0,04	0,87
Summa	25,65	0,90	26,55

B2-B5: Underhåll, reparation, utbyte och ombyggnad			
<i>Material</i>	<i>B2-B5 resurs</i>	<i>B2-B5 transport</i>	<i>Summa B</i>
Pannplåt	15,83	0,00	15,83
Bärläkt, ströläkt	0,27	0,00	0,27
Underlagstak	3,87	0,18	4,05
Råspont, takstol, glespanel	-	-	-
Vindavledare	-	-	-
Linisolering	-	-	-
Luftspärrpapper	-	-	-
Granpanel	-	-	-
Summa	19,97	0,18	20,15

A1-A5.1 och B2-B5: Summering		
<i>Material</i>	<i>Summa A1-A5.1 och B2-B5</i>	<i>Subtrahera 25 %</i>
Pannplåt	31,66	23,75
Bärläkt, ströläkt	0,53	0,40
Underlagstak	8,10	6,17
Råspont, takstol, glespanel	2,15	1,62
Vindavledare	0,21	0,17
Linisolering	3,11	3,11
Luftspärrpapper	0,07	0,07
Granpanel	0,87	0,66
Summa	46,7	35,95

Tak småhus B

A1-A5.1: Byggskedet			
<i>Material</i>	<i>A1-A3+A5.1</i>	<i>A4 transport</i>	<i>Summa A</i>
Tegeltakpannor	8,99	1,88	10,87
Bärläkt, ströläkt	0,19	0,04	0,46
Underlagstak	3,87	0,18	8,10
Råspont, takstol, glespanel	1,70	0,31	2,01
Vindavledare	0,17	0,02	0,19
Stenullisolering	67,59	1,65	69,24
Plastfolie	0,37	0,01	0,38
Gipsskiva 12,5 mm	2,35	0,20	2,55
Summa	85,23	4,29	89,52

B2-B5: Underhåll, reparation, utbyte och ombyggnad			
<i>Material</i>	<i>B2-B5 resurs</i>	<i>B2-B5 transport</i>	<i>Summa B</i>
Tegeltakpannor	-	-	-
Bärläkt, ströläkt	0,19	0,04	0,23
Underlagstak	3,87	0,18	4,05
Råspont, takstol, glespanel	-	-	-
Vindavledare	-	-	-
Stenullisolering	-	-	-
Plastfolie	-	-	-
Gipsskiva 12,5 mm	-	-	-
Summa	4,06	0,22	4,28

A1-A5.1 och B2-B5: Summering		
<i>Material</i>	<i>Summa A1-A5.1 och B2-B5</i>	<i>Subtrahera 25 %</i>
Tegeltakpannor	10,87	8,62
Bärläkt, ströläkt	0,46	0,37
Underlagstak	8,10	6,17
Råspont, takstol, glespanel	2,01	1,59
Vindavledare	0,19	0,15
Stenullisolering	69,24	52,34
Plastfolie	0,38	0,29
Gipsskiva 12,5 mm	2,55	1,96
Summa	93,8	71,49

Tak småhus C

A1-A5.1: Byggskedet			
<i>Material</i>	<i>A1-A3+A5.1</i>	<i>A4 transport</i>	<i>Summa A</i>
Tegeltakpannor	8,99	1,88	10,87
Bärläkt, ströläkt	0,19	0,04	0,23
Underlagstak	0,27	0,01	0,28
Råspont, takstol, glespanel	2,25	0,41	2,66
Vindavledare	0,17	0,02	0,19
Träfiberisolering	6,82	0,71	7,53
Luftspärrpaper	0,04	0,00	0,04
Granpanel	0,84	1,15	0,99
Summa	19,57	3,22	22,79

B2-B5: Underhåll, reparation, utbyte och ombyggnad			
<i>Material</i>	<i>B2-B5 resurs</i>	<i>B2-B5 transport</i>	<i>Summa B</i>
Tegeltakpannor	-	-	-
Bärläkt, ströläkt	0,19	0,04	0,23
Underlagstak	0,27	0,01	0,28
Råspont, takstol, glespanel	-	-	-
Vindavledare	-	-	-
Träfiberisolering	-	-	-
Luftspärrpaper	-	-	-
Granpanel	-	-	-
Summa	0,46	0,05	0,51

A1-A5 och B2-B5: Summering		
<i>Material</i>	<i>Summa A1-A5.1 och B2-B5</i>	<i>Subtrahera 25 %</i>
Tegeltakpannor	10,87	8,62
Bärläkt, ströläkt	0,46	0,37
Underlagstak	0,56	0,43
Råspont, takstol, glespanel	2,66	2,10
Vindavledare	0,19	0,15
Träfiberisolering	7,53	5,83
Luftspärrpaper	0,04	0,03
Granpanel	0,99	0,78
Summa	23,3	18,29

Grund småhus A

A1-A5.1: Byggskedet			
<i>Material</i>	<i>A1-A3+A5.1</i>	<i>A4 transport</i>	<i>Summa A</i>
Grangolv	1,05	0,22	1,27
Plastfolie	0,37	0,01	0,38
Betong C25/30	24,46	0,20	24,66
Armering	3,72	0,01	3,73
Cellplast XPS	24,01	0,01	24,02
Summa	53,61	0,45	54,06

B2-B5: Underhåll, reparation, utbyte och ombyggnad			
<i>Material</i>	<i>B2-B5 resurs</i>	<i>B2-B5 transport</i>	<i>Summa B</i>
Grangolv	-	-	-
Plastfolie	-	-	-
Betong C25/30	-	-	-
Armering	-	-	-
Cellplast XPS	-	-	-
Summa	-	-	-

A1-A5.1 och B2-B5: Summering		
<i>Material</i>	<i>Summa A1-A5.1 och B2-B5</i>	<i>Subtrahera 25 %</i>
Grangolv	1,27	1,01
Plastfolie	0,38	0,29
Betong C25/30	24,66	18,55
Armering	3,73	2,80
Cellplast XPS	24,02	18,02
Summa	54,06	40,67

Grund småhus B

A1-A5.1: Byggskedet			
<i>Material</i>	<i>A1-A3+A5.1</i>	<i>A4 transport</i>	<i>Summa A</i>
Parkettgolv ek	6,20	0,60	6,8
Plastfolie	0,37	0,01	0,38
Betong C25/30	24,48	0,88	25,36
Armering	3,73	0,11	3,84
Cellplast XPS	24,04	0,20	24,24
Summa	58,82	1,80	60,62

B2-B5: Underhåll, reparation, utbyte och ombyggnad			
<i>Material</i>	<i>B2-B5 resurs</i>	<i>B2-B5 transport</i>	<i>Summa B</i>
Parkettgolv ek	-	-	-
Plastfolie	-	-	-
Betong C25/30	-	-	-
Armering	-	-	-
Cellplast XPS	-	-	-
Summa	-	-	-

A1-A5.1 och B2-B5: Summering		
<i>Material</i>	<i>Summa A1-A5.1 och B2-B5</i>	<i>Subtrahera 25 %</i>
Parkettgolv ek	6,80	5,25
Plastfolie	0,38	0,29
Betong C25/30	25,36	19,24
Armering	3,84	2,91
Cellplast XPS	24,24	18,23
Summa	60,62	45,92

Grund småhus C

A1-A5.1: Byggskedet			
Material	A1-A3+A5.1	A4 transport	Summa A
Grangolv	1,05	0,19	1,24
Plastfolie	0,37	0,01	0,38
Klimatförbättrad betong C25/30	18,31	0,88	19,19
Armering	3,73	0,11	3,84
Cellplast XPS	24,04	0,20	24,24
Summa	47,50	1,39	48,89

B2-B5: Underhåll, reparation, utbyte och ombyggnad			
Material	B2-B5 resurs	B2-B5 transport	Summa B
Grangolv	-	-	-
Plastfolie	-	-	-
Klimatförbättrad betong C25/30	-	-	-
Armering	-	-	-
Cellplast XPS	-	-	-
Summa	-	-	-

A1-A5.1 och B2-B5: Summering		
Material	Summa A1-A5.1 och B2-B5	Subtrahera 25 %
Grangolv	1,24	0,98
Plastfolie	0,38	0,29
Klimatförbättrad betong C25/30	19,19	14,61
Armering	3,84	2,91
Cellplast XPS	24,24	18,23
Summa	48,89	37,02

Bilaga B: Livscykelkostnad resultat

Yttervägg småhus A

Material	Materialkostnad per kvm [kr]	Transport per kvm [kr]
Falu rödfärg	25	12
Lockläkt	73	
Stående träpanel	209	
Spikläkt	42	
Luftläkt	15	
Hunton vindtät	214	85
Linisolering 1	140	
Horisontell regel 1	28	
Linisolering 2	542	
Vertikal regel	113	
Luftspärrpapper	31	
Linisolering 3	140	
Horisontell regel 2	28	28
Slätspontad granpanel	589	
Summa	2187	125

Yttervägg småhus B

<i>Material</i>	<i>Materialkostnad per kvm [kr]</i>	<i>Transport per kvm [kr]</i>
Slamfärg	14	22
Lockläkt	75	
Stående träpanel	209	
Spikläkt	42	
Luftläkt	15	
Gipsskiva 9,5 mm	143	21
Stenullsisolering 1	55	
Horisontell regel 1	29	
Stenullsisolering 2	196	
Vertikal regel	118	
Plastfolie	12	
Stenullsisolering 3	55	
Horisontell regel 2	29	
Gipsskiva 12,5 mm	59	19
Summa	1048	62

Yttervägg småhus C

<i>Material</i>	<i>Materialkostnad per kvm [kr]</i>	<i>Transport per kvm [kr]</i>
Slamfärg	14	22
Lockläkt	75	
Stående träpanel	209	
Spikläkt	42	
Luftläkt	15	
Hunton vindtät	214	21
Träfiberisolering 1	55	
Horisontell regel 1	29	
Träfiberisolering 2	250	
Vertikal regel	118	
Luftspärrpapper	31	
Träfiberisolering 3	55	
Horisontell regel 2	29	
Granpanel	289	18
Summa	1423	61

Tak småhus A

<i>Material</i>	<i>Materialkostnad per kvm [kr]</i>	<i>Transport per kvm [kr]</i>
Pannplåt	180	16
Bärläkt	56	26
Ströläkt	13	
Underlagstak bitumen	45	
Råspont	171	
Takstol C24	248	
Glespanel 1	29	
Glespanel 2	29	100
Vindavledare	103	
Linisolering	1276	
Luftspärrpapper	31	
Slåspontad granpanel	502	
Summa	2684	189

Tak småhus B

<i>Material</i>	<i>Materialkostnad per kvm [kr]</i>	<i>Transport per kvm [kr]</i>
Tegeltakpannor	547	37
Bärläkt	27	31
Ströläkt	27	
Underlagstak bitumen	45	
Råspont	171	
Takstol C24	248	
Glespanel	45	
Vindavledare	103	32
Stenullisolering	480	
Plastfolie	14	
Gipsskiva 12,5 mm	53	28
Summa	1761	127

Tak småhus C

<i>Material</i>	<i>Materialkostnad per kvm [kr]</i>	<i>Transport per kvm [kr]</i>
Tegeltakpannor	547	49
Bärläkt	27	33
Ströläkt	17	
Underlagstak polyeten	29	
Råspont	171	
Takstol C24	248	
Glespanel 1	29	
Glespanel 2	29	34
Vindavledare	103	
Linisolering	717	
Luftspärrpapper	31	30
Granpanel	289	30
Summa	2238	146

Grund småhus A

<i>Material</i>	<i>Materialkostnad per kvm [kr]</i>	<i>Transport per kvm [kr]</i>
Grangolv	553	40
Plastfolie	12	15
Cellplast XPS	933	26
Armering	109	26
Betong C25/30	140	26
Summa	1746	107

Grund småhus B

<i>Material</i>	<i>Materialkostnad per kvm [kr]</i>	<i>Transport per kvm [kr]</i>
Parkettgolv ek	387	34
Plastfolie	12	43
Cellplast XPS	933	38
Armering	109	40
Betong C25/30	140	40
Summa	1580	156

Grund småhus C

Material	Materialkostnad per kvm [kr]	Transport per kvm [kr]
Grangolv	553	35
Plastfolie	12	
Cellplast XPS	933	43
Armering	109	38
Betong C25/30 klimatförbättrad	147	40
Summa	1580	156

Bilaga C: Svar från enkätundersökning hinder

Byggföretaget

Byggföretag småhus A	
Nedan följer ett antal frågor riktade till byggföretaget som genomförde småhus A med följande skriftliga svar	
Var det förutom materialen skillnader i hur ni byggde beställarens hus?	Det var inga andra saker utan det är ju materialvalen som gör att arbetssätten förändras
Varför valde ni att bygga beställarens hus?	Utvecklande för företaget
Var det skillnad i hur lång tid det tog att bygga beställarens hus mot vad det skulle tagit om ni byggde på ert standardsätt?	Ca 400 timmar mer
Är det något ni tar med er vidare från bygget av beställarens hus?	Att det tar betydligt mycket längre än man tror samt hitta svensk leverantör på isoleringen
Vad innebär det att bygga hållbart för er?	Hållbart byggande för oss är hela kedjan från kunde via material till snickarens arbetsmiljö. Trähus är ju redan i grunden ett hållbart byggande materialmässigt så vi får jobba med många andra punkter
Vilka hinder/utmaningar finns för er och liknande företag i branschen att bygga mer hållbart? (t.ex. brist på kunskap, ekonomiskt olönsamt, ökad tidsåtgång)	Ekonomi
Finns det incitament för företag som ert att bygga mer hållbart, och i så fall vad?	Inget jag vet
Vad tror ni skulle behövas för att ni och liknande företag skulle bygga mer hållbart?	Att vi får en hållbar ekonomi på bygget
Något övrigt ni vill tillägga?	~

Privatperson

<i>Privatperson ägare av småhus A</i>	
Nedan följer ett antal frågor riktade till privatpersonen som är ägare av småhus A med följande skriftliga svar	
Vad innebär det för dig att bygga mer hållbart?	För oss innebar det framför allt att välja långsiktigt hållbara material, dels för att åstadkomma en så bra inomhusmiljö som möjligt och dels lägsta möjliga miljöpåverkan. Det var också viktigt att välja material som är hälsosamma att arbeta med (tex linisolering i stället för glasfiber). Givetvis handlar hållbart byggande också om att bygga energieffektivt, men det kom inte i första hand.
Vad fick dig att vilja bygga ett mer hållbart hus?	Vi måste helt enkelt ställa om till ett mer hållbart samhälle och ett mer hållbart sätt att leva - allt från vad vi äter, hur vi transporterar oss, och hur vi bygger. För kommande generationers skull. Vi är dessutom övertygade om att ett hållbart byggande kommer värdesättas högre i framtiden. Och vem vill låta ett barn växa upp i ett hus som ständigt emitterar hälsovådliga kemikalier?
Fanns det kompromisser du var tvungen att göra med avseende på hur du helst hade velat bygga? Om det fanns det kan du beskriva vilka och varför?	Ja tyvärr! Vi ville så långt som möjligt avstå att använda lim, målarfärg, plast och betong. Vi avsåg att bygga grunden med återvunnet glas istället för att gjuta. (https://koljernordic.se/vara-produkter/husgrund). Tyvärr blev det alldeles för kostsamt.
Vilka utmaningar/hinder upplevde du med att bygga ett mer hållbart hus som privatperson?	Många hinder! Först och främst måste man förstå att processen med att bygga ett hållbart hus med okonventionella material tar längre tid än att bygga ett vanligt hus. Detta bland annat för att: Det inte är lätt att hitta en byggfirma som vill bygga ”okonventionella” hus till en rimlig kostnad (vi fick enorma kostnadsspann mellan offerterna, vissa föreföll ”salta” med upp till en faktor 2) Byggarna måste också kunna bygga hus med material som de vanligtvis inte jobbar med. Mindre vanliga material innebär också ofta längre ledtider. Och att det tar längre tid är inget som Skatteverket tar hänsyn till. Om den gamla bostaden är såld så kan bli problem med att få skjuta upp vinstskatten. Myndigheten kräver att man ska vara inflyttad i det nya huset senast två år efter försäljningen. Det räcker inte att visa att tomt är köpt och byggarbete startat. Vi tvingades att betala vinstskatt från vår lägenhetsförsäljning. Pengar som ganska precis hade täckt merkostnaden för Koljern-grunden... Byggkostnaden blir som sagt högre. För att få ett byggglån beviljat så måste banken försäkra sig om att kostnaden för husbygget inte överskrider ett bedömt marknadsvärde. För

	<p>detta görs en förhandvärdering av en lokal mäklare där hen grundar sin värdering enbart på "liknande" fastigheter sålda i närområdet. Det tas således INGEN hänsyn till att det borde finnas ett stort mervärde i att bygga ett mer hållbart hus. Så blir byggkostnaden högre än bedömt marknadsvärde – lägre lån.</p>
<p>Vad anser du skulle krävas för att fler privatpersoner skulle bygga mer hållbart?</p>	<p>Generellt en ökad medvetenhet om hållbarhet, specifikt ökade kunskaper om olika byggmaterials påverkan på vår hälsa och vårt klimat.</p> <p>Statligt ekonomiskt stöd för hållbara materialval – inte bara för energieffektiviseringsåtgärder. Kanske någon form av ROT/RUT-avdrag, dvs att staten står för en del av merkostnaden.</p> <p>En ökad förståelse hos myndigheter, banker och mäklare mht ovanstående problem.</p>
<p>Något annat du vill tillägga?</p>	<p>~</p>

Bank

<i>Bank</i>	
Nedan följer ett antal frågor riktade till en bank med följande skriftliga svar	
<p>För en privatperson som vill ansöka om ett byggnadslån, vilka faktorer ser ni till när ni undersöker frågan?</p>	<p>Vi tittar först och främst på att privatpersonen har ekonomiska förutsättningar som klarar av att återbetala lånet. Det är vår första utgångspunkt. Sedan tittar vi på säkerheten (byggnaden).</p>
<p>Hur mycket påverkar den personliga ekonomin möjligheten till att få ett byggnadslån?</p>	<p>Det är den första bedömningen vi gör och avgörande för om vi kan bevilja ett lån.</p>
<p>Gör ni egna uppskattningar och undersökningar av det planerade byggprojektet och hur djupgående undersöker ni frågan?</p>	<p>Vi undersöker och följer upp de produktionskostnadskalkyler och lyftplaner som är aktuella för ett visst projekt.</p>
<p>Hur mycket påverkar faktorer som exempelvis, läge på tomt och kostnader på material? (Tillägg gärna egna tankar)</p>	<p>Det påverkar sannolikt marknadsvärdet, men är inte något som är enskilt avgörande för oss. Vi tittar på helheten där grunden fortsatt är återbetalningsförmågan från vår motpart.</p>
<p>Om banken anser att lånet är för högt, kan ni föreslå förändringar som att exempelvis minska kostnaden i olika delar av projektet som skulle leda till att banken godkänner lånet? Och i så fall vilka förslag/förändringar kan banken förse privatpersonen med som möjliggör projektet?</p>	<p>Vi gör alltid en kreditbedömning där vi tittar på motparten/kundens återbetalningsförmåga för att se vilken lånevolym som denna klarar av att bära.</p> <p>(Bifogad länk borttagen för att banken ville vara anonym)</p>
<p>Hur ser banken på hållbarhetsfrågor? Vad gör ni för att värna om en hållbar utveckling?</p>	<p>I (Bankens namn) förstår vi vilken påverkan vi har på miljön, de finansiella marknaderna och samhället i stort. Vi vet att hållbarhetsarbete gynnar vår affär och hjälper oss att bibehålla en låg risknivå. Men syftet är också att skapa nytta för våra</p>

	<p>kunder, samhället och kommande generationer. Vår affärsmodell, med utgångspunkt i långvariga affärsrelationer, lågt risktagande och kostnadsmedvetenhet, är erkänt hållbar – men samtidigt verkar vi i en värld med stora utmaningar. Något som kräver att vi hela tiden fortsätter att utvecklas.</p> <p>Exempelvis har vi nu en temamånad om jämställd pension. Det är en del av vårt hållbarhetsarbete där vi både informerar och bjuder in till rådgivning och dialog om jämställd ekonomi.</p> <p>Vidare har vi flertalet låneprodukter som är riktade mot miljömässig hållbarhet. Exempelvis Gröna Bolån, Grön Leasing och Avbetalning, Grönt Energilån. Där vi erbjuder en lägre ränta</p> <p>(Bifogad länk borttagen för att banken ville vara anonym)</p>
<p>Ett viktigt samhällsproblem idag är miljön, hur ser ni på att bevilja lån till mer hållbara projekt som kan inneha högre byggnadskostnad och som potentiellt sänker eller tar bort vinsten vid försäljning?</p>	<p>Vi på (Bankens namn) arbetar aktivt med hållbarhet. Vi erbjuder våra företagskunder rådgivning och grön finansiering till projekt som bidrar till miljömässig hållbarhet.</p> <p>Viktigt alltid när vi beviljar krediter är att det finns en återbetalningsförmåga hos vår motpart som klarar av att bära krediten.</p> <p>(Bifogad länk borttagen för att banken ville vara anonym)</p>
<p>Bidrar ni på olika sätt för att uppmuntra hållbart byggande inom bygg- och fastighetssektorn och i så fall på vilka sätt?</p>	<p>Se ovanstående svar. Genom att erbjuda lägre ränta kan vi erbjuda ett incitament och uppmuntra till hållbart byggande.</p> <p>Det gör vi till såväl miljömässigt hållbara byggnader men även till omställningen mot en mer miljömässigt hållbar byggnad. Vi vill inte bara finansiera slutprodukten utan också vara en del och uppmuntra resan.</p> <p>Se exempel (Bifogad länk borttagen för att banken ville vara anonym)</p>
<p>Något övrigt som ni vill tillägga?</p>	<p>~</p>

Kommun

<p><i>Kommunen</i></p> <p>Nedan följer ett antal frågor riktade till en kommun med följande skriftliga svar</p>	
<p>Hur ser ni på hållbart byggande?</p>	<p>Att bygga hållbart är av stor vikt för att minska utsläppen av växthusgaser och skapa en trivsamt och trygg stad/kommun.</p>

	Inom kommunen arbetar vi just nu med att ta fram en plan för hur vi ska arbeta mer systematiskt med hållbart byggande.
Hur går ni tillväga för att motivera hållbart byggande för privatpersoner?	Kommuner erbjuder privatpersoner klimat- och energirådgivning. Även i bygglovsförfarandet förs diskussioner om hållbarhet.
Hur går ni tillväga för att motivera hållbart byggande för företag?	Som kommunen är de verktyg vi har att tillgå för att främja hållbart byggande markanvisningar och de krav vi ställer i våra upphandlingar. Vidare är kommunen med och driver nätverk för hållbart byggande (Bifogad länk borttagen för att kommunen ville vara anonym)
Gör ni mer insatser för att uppmuntra hållbart byggande inom företag än vad ni gör för privatpersoner eller vice versa?	Det är olika verktyg som vi använder för att nå företag och personer så svårt att säga om vi som kommun gör mer för den ena eller den andra.
Med bakgrund i att det är dyrare att bygga mer hållbart har ni nu/eller har ni funderat på att införa ekonomiska insatser för att underlätta omställningen till hållbart byggande?	Vi har tittat på möjligheter i samband med markanvisningar att ge lägre pris om hållbart byggande prioriteras men inget vi genomfört ännu.
Skapar kommunen fler möjligheter för hållbara företag att etablera sig i Luleå eller bidrar ni med hjälpmedel till produktionen av mer hållbara material?	Kommunen får inte stödja enskilda företag. Det vi gör inom hållbart byggande är att vi deltar i det lokala nätverket för hållbart byggande som syftar till att stödja företag och näringsliv.
Finns det något övrigt som ni vill tillägga?	

Mäklare

<i>Mäklare</i>	
Nedan följer ett antal frågor riktade till en mäklare med följande skriftliga svar	
Vilka faktorer ser ni till vid värdering av bostadshus?	Vi tar in flera delar bland annat yta, antal rum, skick, läge.
Bedömer ni konstruktionslösningarna och byggmaterialen i sig eller är det tillståndet av dessa ni ser främst till?	Vi ser ju även på de bitarna och vet vad som kan anmärkas på vid en besiktning och på det viset kan påverka spekulanterna vid köp. Men sen ser vi självklart på tillståndet till största del.
Hur ser ni på hållbart byggande?	Det är positivt att man ser till ett hållbart perspektiv.
Ett hus som byggs med ett hållbarhetsperspektiv, värderas dessa hus annorlunda? Ser ni positivt på hållbara aspekter (som materialval)? Utveckla gärna!	Egentligen inte. När vi gör värderingar så ser vi till material och val på det viset vad kunderna efterfrågar och vad man på marknaden bör få betalt vid en försäljning. Är det extra bra i energiförbrukningssynpunkt kan det värderas positivt då fler kollar på förbrukningen nu än tidigare. Vad gäller material så behöver det inte värderas högre för att det är ett hållbart material, utan det är mer om det stämmer överens med tycke och smak från marknaden och upplevs som ett mer påkostat val för massan.

<p>Har ni möjlighet att påverka bankens syn på hur man värderar hållbart byggande? Utveckla gärna!</p>	<p>Vi kommer ju ofta i ett senare skede när huset är byggt så det är nog svårt att vi ska kunna påverka bankerna kring det. De flesta bankerna ger dock en något lägre procentsats vid bra energivärde, så på det viset har man valt att värdera den typen av hållbart byggande om det är så man menar.</p>
<p>Hur ser ni i framtiden att mäklare kan uppmuntra till mer hållbart byggande? Alla svar uppskattas.</p>	<p>Vi kan föreslå material som är mer hållbara, lägga fram värdet av den lägre procentsatsen från banken och att fler kunder kollar på energiförbrukningen.</p>
<p>Finns det något övrig som ni vill tillägga?</p>	<p>~</p>