



Framtidens klimatsmarta och hållbara bostad



Framtidens klimatsmarta och hållbara bostad

Paula Femenías, Chalmers tekniska högskola, Institutionen för
Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Cecilia Holmström, Tengbom Arkitekter

Henrik Jönsson, Bengt Dahlgren Science AB



Energimyndighetens projektnummer: 39703–2

E2B2



Förord

E2B2 Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende är ett program där akademi och näringsliv samverkar för att utveckla ny kunskap, teknik, produkter och tjänster.

I Sverige står bebyggelsen för cirka 35 procent av energianvändningen och det är en samhällsutmaning att åstadkomma verklig energieffektivisering så att vi ska kunna nå våra nationella mål inom klimat och miljö. I E2B2 bidrar vi till energieffektivisering inom byggande och boende på flera sätt. Vi säkerställer långsiktig kompetensförsörjning i form av kunniga människor. Vi bygger ny kunskap i form av nyskapande forskningsprojekt. Vi utvecklar teknik, produkter och tjänster och vi visar att de fungerar i verkligheten.

I programmet samverkar över 200 byggtreprenörer, fastighetsbolag, materialleverantörer, installationsleverantörer, energiföretag, teknikkonsulter, arkitekter etcetera med akademi, institut och andra experter. Tillsammans skapar vi nytta av den kunskap som tas fram i programmet.

Den klimatsmarta bostaden är ett av projekten som har genomförts i programmet med hjälp av statligt stöd från Energimyndigheten. Det har letts av *Chalmers tekniska högskola* genom *Paula Femenías* och har genomförts i samverkan med *Tengbom Arkitekter*, *Bengt Dahlgrens*, *HSB Göteborg* och *HSB Living Lab*.

Projektet är ett fortsättningsprojekt på en tidigare förstudie. Förstudien visade att bostäder ofta byggs om på grund av skiftande behov och önskemål hos boende. Ombyggnationerna leder till ökad energi och materialåtgång i ett livscykelperspektiv. Projektet har tagit fram generaliserbar kunskap och riktlinjer för mer klimatsmart design av bostäder exempelvis genom en mer flexibel utformning som kräver färre ombyggnationer. Projektet drivs i partnerskap med aktörer involverade i HSB Living Lab.

Stockholm, 6 juli 2018

Anne Grete Hestnes,

Ordförande i E2B2

Professor vid Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att E2B2 har tagit ställning till innehållet.



Sammanfattning

Det pågår idag arbete nationellt för att anpassa byggsektorn till allt högre krav på klimatanpassning. Den här studien bidrar med kunskap kring materialflöden och relaterad klimatpåverkan med fokus på inre underhåll och renovering av bostäder. En förstudie (E2B2 projekt 39703-1) visade på att moderna nyproducerade bostadsrätter i lägenheter renoveras och byggs om i en stor omfattning vilket leder till materialflöden och klimatpåverkan. Mycket av renoveringen och utbytet sker i förtid i förhållande till beräknad livslängd av konstruktioner, material och utrustning. Studien har som mål att bidra med riktlinjer och stöd för projektering och underhåll av mer klimatsmarta bostäder. Utgångspunkten är det empiriska materialet ifrån förstudien. Metoderna som använts är statistiska och kvalitativa analyser, design av alternativa lösningar och klimatbelastningsberäkningar.

Resultaten visar att störst klimatpåverkan från inre underhåll och renovering kan härledas till utbyte av vitvaror. När det gäller byggnadsrelaterade konstruktioner och fast inredning står köksinredning, innerväggar och byte av ytskikt (golv och målning) för en större del av klimatbelastningen. Klimatbelastning från byggnation och inre underhåll kan minskas genom mer klimatsmartare design och materialval. Genom att undvika gips liksom cement- och fiberbaserade skivor och istället använda trä kan upp emot 50 % minskning av klimatpåverkan uppnås för förvarings- och kökslösningar.

För att skapa mer klimatsmart bostäder lyfts tre områden fram: klimatsmarta val i produktionsfasen, klimatsmarta lösningar för bostäder för att undvika förtidiglagd och onödig renovering, underhåll och ombyggnad samt klimatsmarta val när underhåll, renovering och ombyggnad sker. Studien ger en övergripande ingång till de tre områdena och förslag på bättre lösningar. Generellt sett krävs det en större medvetenhet kring de ombyggnationer som boende kan komma att göra under bostadens livslängd. Ombyggnader är inte alltid av ondo utan kan ses som en möjlighet för de boende att anpassa bostaden efter ändrade behov över tid. Val av material och konstruktioner bör göras med utgång i lägsta miljöpåverkan men också för att skapa beständiga lösningar som har en teknisk och estetisk kvalitet som håller. Vidare bör en översyn av lagkrav på bostäder göras så att de inte driver på förtidiglagda renoveringar och ombyggnationer.

Nyckelord: Materialflöden, inre renoveringar, bostadsrätter, brukaraspekter, inbyggd energi- och klimatpåverkan



Summary

Progress is needed to reduce the climate impact from the construction and use of the built environment. This study contributes with knowledge about material flows and related climate impact from internal maintenance and renovation of dwellings. A pre-study (E2B2 project 39703-1) stated that modern and recently built owner-occupied apartments are renovated and reconstructed to a large extent. Many of these renovations are premature with respect to the actual service life of constructions and materials and is thus the cause of unnecessary material flows and climate impact.

With a starting point in the results from the pre-study, the aim of this study is to provide guidelines and support to the design and maintenance of more climate smart dwellings. Methods used are statistic and qualitative analysis of the empirical material from the pre-study along with new design solutions and climate impact analysis.

Results show that the largest climate impact from internal maintenance and reconstruction can be traced to the replacement of kitchen appliances and washing appliances. Regarding building related constructions, replacement of kitchen cupboards and inner walls is the cause of the largest climate impact followed by replacement of surfaces such as new flooring and wall covering. The use of more climate smart material choices and design can reduce the climate impact from these building parts. For example, by avoiding gypsum and fiber boards and instead use massive wood the climate impact from storage solutions and kitchen cupboards can be reduced with up to 50%.

In the promotion of more climate smart dwellings, three areas are highlighted: climate smart production, solutions that can avoid premature maintenance, renovation and reconstruction, and solutions for reduced climate impact from renovation and reconstruction. The study provides general guidelines and proposes specific solutions for a reduced climate impact. In general, there is a need for a larger consciousness in the building sector about the renovations and reconstructions that are likely to happen during the life-time of a dwelling. Reconstructions can be understood as an opportunity for the end-user to adapt their living environment to accommodate changes in the household or lifestyle. Design and material choices should be done with respect to the lowest possible climate impact but also to create durable solutions considering technical and aesthetical aspects. Finally, an overhaul of building regulation for dwellings is needed in order to reduce their impact on premature renovation and reconstructions.

Key words: Material flows, internal maintenance and renovation, owner-occupied housing, user aspects, embodied energy, embodied climate impact.



INNEHÅLL

1	INLEDNING OCH BAKGRUND	8
1.1	KLIMATPÅVERKAN FRÅN INRE RENOVERINGAR I LÄGENHETER	8
1.2	SYFTE OCH MÅL	9
1.3	METODER OCH GENOMFÖRANDE	9
1.3.1	FORTSATT FORSKNING OCH ANALYSER	10
1.3.2	NYCKETALSTUDIER	10
1.3.3	RIKTLINJER FÖR MER KLIMATSMARTA LÄGENHETER	11
1.3.4	SPRIDNING OCH KOMMUNIKATION,	11
1.3.5	UTREDNING KRING FORTSATTA STUDIER OCH TESTER	11
2	SAMMANFATTNING AV RESULTAT	12
2.1	ANPASSNINGSBARA LÄGENHETER?	12
2.1.1	ICKE INREDDA LÄGENHETER ETT SÄTT ATT MINSKA MATERIALFLÖDEN?	13
2.2	NYCKETAL FÖR MER KLIMATSMARTA LÖSNINGAR	14
2.2.1	KLIMATBEDÖMNING AV OLIKA KONSTRUKTIONER OCH MATERIAL	15
2.3	INVERKAN AV BÄTTRE LÖSNINGAR PÅ VÅR FALLSTUDIE	16
3	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	17
3.1	LÄGRE KLIMATPÅVERKAN	17
3.2	RIKTLINJER FÖR MER KLIMATSMARTA OCH CIRKULÄRA LÖSNINGAR FÖR LÄGENHETER	18
3.2.1	SKAPA BYGGNADER MED LÅGT KLIMATAVTRYCK I PRODUKTIONSFASEN	18
3.2.2	SKAPA BYGGNADER SOM MINIMERAR BEHOV AV RENOVERING OCH OMBYGGNAD	19
3.2.3	STÖDJA ATT RENOVERING OCH OMBYGGNAD PÅVERKAR KLIMATET MINIMALT.	20
3.3	FORTSATT FORSKNING	20
4	PUBLIKATIONSLISTA	21
4.1	PUBLIKATIONER FRÅN PROJEKTET	21
4.2	PUBLIKATIONER FRÅN FÖRSTUDIEN:	21
4.3	PRESENTATIONER VID KONFERENSER UTAN PUBLIKATION	22
4.4	RAPPORTERING I MEDIA	22
5	REFERENSER	23



BILAGOR

24



1 Inledning och bakgrund

I utvecklingen av mer hållbara lösningar för den byggda miljön har energianvändning och klimatpåverkan varit i fokus. Framsteg har gjorts för att projektera och bygga mer energieffektiva byggnader som använder mindre köpt energi under bruksfasen. Samtidigt som energianvändningen i bruksfasen har minskat så har energin i byggprocessen som står för produktion och transport av material fått en allt större betydelse. Studier visar att balansen mellan köpt energi under bruksfasen och inbyggd energi i byggprocessen kan ha ett förhållande på 50–50 i moderna energieffektiva flerbostadshus (Liljenström et al., 2015). Byggprocessen kommer dessutom att få allt större betydelse för byggnaders totala klimatpåverkan ju mindre energi de använder i bruk och ju mindre klimatpåverkan som den levererade energin är upphov till i framtiden.

Det pågår idag ett arbete nationellt och inom EU för en omställning till regler som beaktar byggnaders klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv. Den 1 januari 2018 fick Sverige en klimatlag (SFS, 2017:720). Lagen fastställer att en omställning mot cirkulär ekonomi är en förutsättning för att de internationella klimatmålen skall kunna uppnås. Lagen är en viktig del i Sveriges arbete med de globala hållbarhetsmålen och Agenda 2030 och en utgångspunkt för en rad pågående omställningsprocesser. Boverket har nyligen presenterat ett förslag på klimatdeklarationer av nya byggnader som planeras införas 2020 (Boverket, 2018). Klimatdeklarationerna kommer att ställa krav på utsläpp av växthusgaser i produktionsfasen. Bruksfasen kommer i ett första skede inte att bli obligatorisk. Boverket håller parallellt på med en handledning för LCA av byggnadsverk. Vidare har Kommissionen för modernare byggregler som uppgift att se över befintliga och nya lagar med utgångspunkt i en minskad klimatpåverkan. Regeringens beslut om en ny arkitekturpolitik 2018 sätter också klimat, kvalitet och hållbarhet i fokus. Utöver det poängterar den Europeiska miljömyndigheten (European Environmental Agency) att det kommer att krävas ändringar inte bara i produktionsleden utan också bland konsumenter för en omställning till cirkulär ekonomi av produkter (EEA, 2017).

1.1 Klimatpåverkan från inre renoveringar i lägenheter

I den här studien har lösningar för att minska klimatpåverkan från inre underhåll i lägenheter studerats. Det är ett område där det tidigare inte finns några större empiriska studier. Projektet är en fortsättning och fördjupning av en förstudie som genomfördes 2015 – 2016, även det inom Energimyndighetens program E2B2. Slutrapporten har publicerats med titeln *"Arkitektur, materialflöden och klimatpåverkan i bostäder"* (Femenías, Holmström, Jonsdotter, & Thuvander, 2016). Förstudien hade samma konstellation av samverkanspartners som det projekt som rapporteras här: Tengbom Arkitekter, Bengt Dahlgren Science, HSB Göteborg och HSB Living Lab.

Inom förstudien genomfördes en empirisk studie av inre renoveringar i moderna lägenheter i svenska flerbostadshus uppförda 2001 – 2008. Lägenheterna som har upplåtelseformen bostadsrätter finns i fem föreningar varav en ligger i Stockholm och fyra i Göteborg. En enkät skickades till 462 hushåll med 64 ja/nej frågor kring renoveringar, ändringar, utbyten och tillägg i lägenhetens alla rum med möjlighet att lägga till fritextkommentarer. Enkäten ställde också frågor om vad de boende var nöjda respektive missnöjda med i sin lägenhet. Till enkäten bifogades ett bofaktablad med en ritning av lägenheten som den såg ut vid leverans. De boende uppmanades att rita in ändringar de gjort i lägenhetens planlösning.



Enkäten fick ett stort gensvar med en svarsfrekvens på i genomsnitt 68 % i de fem fallen. Svaren visade att moderna lägenheter renoveras i hög grad bara en kort tid efter byggnation. Mer anmärkningsvärt är att de boende också bygger om planlösningen, vilket skett i mer än 30 % av fallen. Drivkrafter till renovering och ombyggnader är i vissa fall normalt underhåll och upprustning vid ägarbyte, men dåliga material och låg kvalitet på utrustning som byggs in i lägenheter, och en del byggfel, är också genomgående motiv för utbyte och ändring. Bland annat är det flera som tilläggsisolerat rum i lägenheten för att få en bättre ljudmiljö. Studien visar också på att lägenhetens utformning inte alltid passar de boendes önskemål vilket blir en drivkraft till ombyggnad. Tillskapandet av fler rum är en vanlig åtgärd särskilt i Stockholmsföreningen där över 40 % av de svarande skapat fler rum genom ombyggnad.

Vår tolkning av materialet är att renovering och ombyggnad av moderna lägenheter inte bara kan avfärdas som en trend för heminredning. Det sätt på vilket lägenheter ritas och byggs idag passar inte hushållens behov och önskemål. Särskilt intressant är att det kunde konstateras att lägenheterna efter de boendes ombyggnad inte längre uppfyllde krav på tillgänglighet och utrustning, och att dessa krav i sig kan tolkas som en drivkraft till en del ombyggnader.

En uppskattning, i förstudien baserad på en lägenhet för vilken det fanns exakta data, visar att de förutidlagda renoveringarna och ombyggnaderna ger upphov till 40 % högre klimatpåverkan än vid ett "normalt" inre underhåll (en jämförelse gjordes med försäkringsdata). Sett till hela lägenhetens livscykel står de inre renoveringarna för 1/5 av klimatpåverkan.

1.2 Syfte och mål

Projektet tar utgångspunkt i det rika empiriska materialet från förstudien med syftet att göra fördjupade analyser men också att vara framåtsiktande. Ett mål med projektet har varit att ta fram riktlinjer för mer klimatsmart projektering, byggnation och underhåll av bostäder. Projektet har också haft som syfte att sprida kunskap om klimatpåverkan från inre underhåll i bostäder till byggsektorn, beslutsfattare och myndigheter. Vidare har projektet haft som mål att utreda möjligheten till fortsatt forskning inte minst genom fullskaleexperiment.

Projektet har genomförts inom fem huvudsakliga områden:

- Fortsatt forskning och analyser av det empiriska materialet
- Nyckeltal för minskad klimatpåverkan
- Riktlinjer för mer klimatsmarta lägenheter
- Spridning och kommunikation
- Utredning kring fortsatt forskning och fullskaleexperiment

1.3 Metoder och genomförande

Projektet har genomförts av: Chalmers Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik genom Paula Femenías; Tengbom Arkitekter genom Cecilia Holmström; Bengt Dahlgrens genom Henrik Jönsson och Gerda Ingelhart; HSB Göteborg genom Rickard Malm och HSB Living Lab genom Emma Sarin. Utöver det har ett antal projektassistenter medverkat i projektet: Anita Ollár, Ruxandra Bardas, och Faustine Geromel. Inom projektet har vi också haft samarbete med DTU och Vandkunstens arkitektkontor i



Köpenhamn via ett gemensamt forskningsprojekt inom Nordic Built kallat STED (Sustainable Tools for Environmental Design) samt med Curtin University, Sustainability Policy (CUSP) Institute i Perth, Australien.

1.3.1 Fortsatt forskning och analyser

Målet med de fortsatta analyserna har varit att öka kunskapen om relationen mellan bostadens utformning, anpassningsbarhet och klimatpåverkan. I huvudsak har två analyser gjorts av det befintliga materialet. Den första har fokuserat på länkar mellan bostadens utformning och bostadens anpassningsbarhet. Studien genomfördes i samarbete med Faustine Geromel som gjorde en forskningsvistelse på Chalmers som del av sina studier vid Ecole Polytechnique i Paris. Studien utgick från space syntax analyser (Bafna, 2003; Hillier, Hanson, & Graham, 1987) och statistiska numeriska analyser. Space syntax är en metod som länkar byggd form med social funktion. Metoden är effektiv för att förstå abstrakta egenskaper av planer som är svåra att utläsa med blotta ögat.

Vidare har nya analyser gjorts för att bedöma klimatpåverkan av de inre renoveringarna i hela vårt material (i den tidigare studien gjordes en klimatpåverkansbedömning enbart av en lägenhet). Resultatet har använts som en utgångspunkt för att studera relevans av mer klimatsmarta och cirkulära lösningar. Klimatdata har använts från IVL500 miljödata för att kunna göra jämförelser med våra tidigare beräkningar i förstudien. Analyserna har gjorts med stöd av doktorand Roberto Minunno under ledning av Professor Greg Morrison vid Curtin University, Sustainability Policy (CUSP) Institute.

Slutligen så har en ny studie gjorts kring möjligheten att öka anpassningsbarheten och samtidigt minska onödig renovering som drivs av missnöje med lägenhetens utformning genom att lägenheter levereras utan färdig inredning och innerväggar ibland kallat "raw space". Studien har assisterats av Ruxandra Bardas-Dunare, Sweco arkitekter och masterstudenter på Chalmers, och genomförts i samarbete med Docent Lotte Bjerregaard Jensen och masterstudent Lone Rasmussen vid DTU, Anna-Mette Manelius och Jan Kauschen vid Vandkunsten Tegnestue i Köpenhamn samt Jan Johansson vid Københavns Erhvervsakademi. Tre bostadsprojekt i Köpenhamn som Vandkunsten ritat och där lägenheterna levererades med olika grader av färdig inredning studerades. Ett mindre antal intervjuer gjordes i två projekt och i ytterligare ett skickades en enkät ut 2017. Utöver det genomfördes en djupintervju av en boende i samma projekt. Vidare har ett mindre antal bostadsutvecklare intervjuats i Sverige kring potentialen av att leverera lägenheter mindre färdiga.

1.3.2 Nycketalstudier

Arbetet med att ta fram nyckeltal för minskad klimatpåverkan har drivits av Henrik Jönsson och Gerda Ingelhart, Bengt Dahlgren samt Cecilia Holmström, Tengbom. Fördjupande klimatpåverkansberäkningar har gjorts av ett antal delar av lägenheten som i förstudien visat sig vara de som oftast renoveras eller byts ut: innerväggar, förvaring, köksuppställning, golv, ytskikt på väggar och vitvaror. Alternativa lösningar till dagens konventionella har tagits fram och beräknats utifrån principerna a) utbyte mot andra material med lägre klimatpåverkan, b) minskade materialmängder genom bättre design c) utbyte av material och bättre designade lösningar. Klimatberäkningar har gjort med miljödata från IVL500 och miljödeklarationer, EPD, från vissa material.



1.3.3 Riktlinjer för mer klimatsmarta lägenheter

Arbetet med att ta fram riktlinjer för mer klimatsmarta lägenheter har letts av Cecilia Holmström på Tengbom. Arbetet bygger på fördjupad analys och syntes av resultat från förstudien och det här rapporterade projektet.

1.3.4 Spridning och kommunikation,

Resultaten från förstudien har väckt stor uppmärksamhet och projektteamet har lagt vikt och tid på att sprida och kommunicera resultaten. Hittills har projektet presenterats vid över 40 tillfällen, mestadels genom inbjudna föredragningar. Målgrupper för de inbjudna presentationerna har varit byggherrar, arkitekter, planerare, myndigheter, politiker och allmänhet. Resultat har också presenterats för studenter och doktorander på Chalmers.

Ett huvudsakligt mål med spridning av resultaten har varit att uppmärksamma att och på vilket sätt som dagens bostadsutformning leder till renoveringar och ändringar. Vi tror att genom en högre medvetenhet om konsekvenserna kan viss utformning undvikas, och på sikt kan nya lösningar tas fram som leder till lägre klimatpåverkan under bruksfasen och skapar förutsättningar för cirkulär ekonomi. Vår förhoppning har också varit att kunna bidra till att framtida byggregler minskar klimatpåverkan under bruk. Cecilia Holmström har under 2017 och 2018 deltagit i en referensgrupp för Kommittén för modernare byggregler inom Näringsdepartementet. Paula Femenías var inbjuden till en workshop med samma kommitté hos regeringskansliet i december 2017.

1.3.5 Utredning kring fortsatta studier och tester

En långsiktig plan med forskning från förstudien har varit att genomföra fullskaleexperiment. Metoden har beskrivits som en tre-steps raket (Femenías, Holmström, Jonsdotter, Thuvander, & Larsson, 2017). Först gav förstudien en empirisk grund. I nästa skede har vi utrett möjligheterna till förbättrade lösningar som i ett tredje kommande steg skall testas i fullskala i HSB Living Lab.

Tillsammans med Professor Ulrike Rahe och numera doktoranderna Sofie Andersson och Anit Ollár har planering gjorts för kommande experiment. Empiriska studier har gjorts bland boende i HSB Living Lab vilka innefattar intervjuer, fokusgrupper och enkäter med fokus på resursanvändning samt användning av privata och delade utrymmen och utrustning. Enkäter har gjorts vid flera tillfällen, där den första genomfördes hösten 2016 (Sofie & Rahe, 2017).

Under hösten 2017, skrev Professor Rahe och Femenías en ansökan tillsammans med Professor Vincent Gruis och doktorand Anne van Stijn vid TU Delft i Nederländerna om "Det Cirkulära köket" till Climate-KIC. Projektet blev beviljat och forskning som skall leda till en utveckling och test av ett cirkulärt kök i HSB Living Lab och i Nederländerna kommer att pågå 2018 – 2021. I projektet ingår HSB LL och ingående partners samt industripartners i Nederländerna.



2 Sammanfattning av resultat

I det här avsnittet presenteras en summering av de huvudsakliga resultaten. För mer information hänvisas till publikationer från projektet.

2.1 Anpassningsbara lägenheter?

Analyserna av det empiriska materialet från förstudien har gjorts för att förstå relationen mellan bostadens utformning och möjligheten för anpassningsbarhet. Studien i sin helhet finns beskriven i ett ännu ej publicerat manuskript (Femenias & Geromel, kommande).

Två koncept som beskriver bostadens anpassningsbarhet har varit utgångspunkten (Cold, Gunnarshaug, Hiortøj, & Raaen, 1984). Den första är dess *generalitet* vad gäller användbarhet, det vill säga om lägenhetens rum och struktur möjliggör flera funktionella behov utan ändring. Den andra är dess *flexibilitet* det vill säga möjlighet att genom fysisk ändring möjliggöra nya funktioner.

Vår analys visar att lägenheterna i förstudien är specifika i sin uppbyggnad. Samma trend mot mer specifika och funktionsstyrda lägenheter har konstaterats tidigare i andra länder (Manum, 2006; West & Emmitt, 2004). Sovrummen är små och kan ofta inte byta funktion. Mer än 50 % av lägenheterna i vår studie hade från början en väldigt öppen planlösning och i många av dessa är vardagsrummet och köket också genomfarter in till andra rum. I äldre bostäder var hallen det neutrala rum som nåddes av flest rum (Manum, 2005). I 60 % av de studerade lägenheterna är det istället vardagsrummet som nås av flest andra rum. Bara 29 % i vårt urval har en neutral hall. Den öppna planlösningen och rum som blir genomfarter begränsar lägenhetens generella bruk för olika typer av hushåll, till exempel om man vill använda lägenheten som gemensamhetsboende, eller av andra skäl separera olika individer i hushållet från varandra. Att lägenheten inte är generell i sin användning kan leda till ombyggnader.

Intressant att notera är att lägenheterna är än mer specifika efter att de boende byggt om dem. Flera boende har valt att öppna upp köket och man har valt att dela upp större rum i flera mindre. Fler rum är också genomgångsrum efter ombyggnaderna.

Vår studie inbegriper också en analys av lägenheternas spatiala mönster. Lägenheter som är enklare i sin form "under-fraktionerade" har inte så ofta delats av i fler rum (figur 1). Lägenheter som är "över-fraktionerade" har mer vrår och en komplex form har oftare delats upp i fler rum. Dessa lägenheterna är vanligtvis större till ytan och det kan konstateras att större lägenheter byggs oftare om. Det kan vara ett resultat av att man bor längre i en större lägenhet och därför hinner bygga om eller att den större eller mer fraktionerade ytan möjliggör ändringar på ett annat sätt en mer kompakt och låst plan. Efter ombyggnaderna har de över-fraktionerade lägenheterna blivit under-fraktionerade och tvärtom.



Figur 1a och 1b: 1a (vänster) en över-fraktionerad lägenhet och 1b (höger) en under-fraktionerad. Under varje figur syns bostadens uppbyggnad tolkad som rumsligheter enligt space syntax (Bafna, 2003).

2.1.1 Icke inredda lägenheter ett sätt att minska materialflöden?

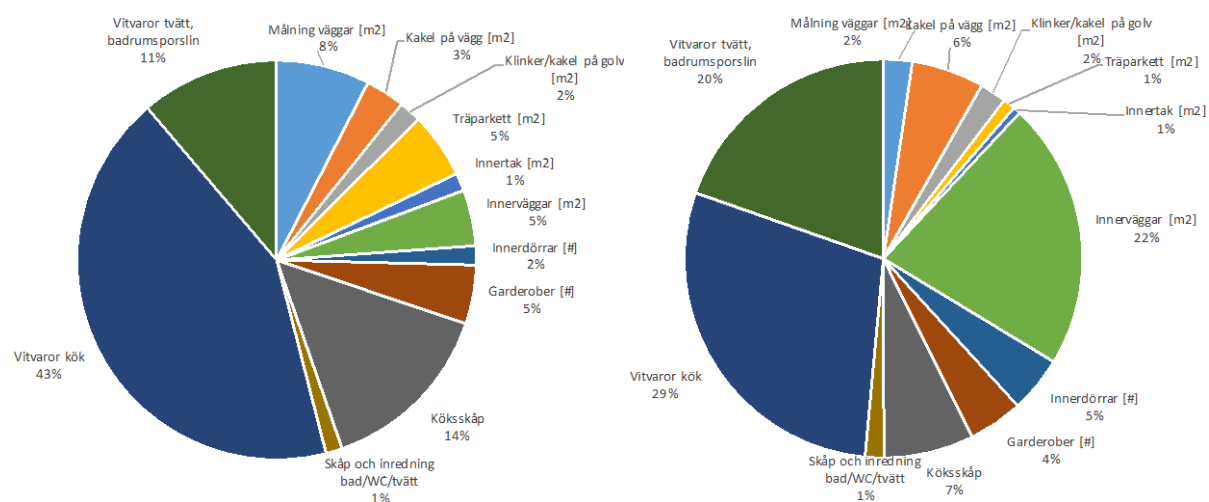
I Danmark har arkitektkontoret Vandkunsten utvecklat några projekt där lägenheter har levererats med mindre kök, utan färdiga ytskikt och utan färdiga innerväggar. Istället har de boende möjlighet att färdigställa efter sina behov. Två projekt som uppförts i samarbete med en social bostadsförvaltare studerades genom intervjuer och hembesök. Som förväntat är de som flyttat in efter byggnation mer nöjda. Andra generationens hyresgäster måste leva med den lösning som de första hyresgästerna byggt eller bekosta ombyggnaderna själva.

I ett annat projekt där lägenheterna levererats med olika grad av färdigställande skickades en enkät ut till 90 hushåll. Bostäderna uppfördes av en privat byggherre och var tänkta att säljas. När fastigheten var klar 2008 befann sig Danmark i en fastighetskris och ungefär hälften av lägenheterna blev istället uthyrda. Trots en väl genomarbetad enkät tillsammans med Vandkunsten hade den dålig svarsfrekvens på enbart 10 %. Det har varit svårt att utläsa om konceptet varit uppskattat och om det lett till mindre ombyggnader. Enbart två av de svarande kände till konceptet innan de flyttade in, ingen av de svarande planerar ombyggnader. De flesta tror att man behöver ha goda kontakter med hantverkare och/eller arkitekter för att själva kunna inreda sin lägenhet. Mer finns att läsa i en bok publicerad av DTU (Bjerregaard, 2018). Utöver det genomfördes ett antal intervjuer med byggherrar på den svenska marknaden om deras syn på att leverera den typen av lägenheter. Det visade sig att de inte såg någon större affärsidé kring detta i dagsläget (Bardas-Dunare, kommande).



2.2 Nyckeltal för mer klimatsmarta lösningar

Klimatbedömningen som gjordes i förstudien gav en indikation på vilka material och konstruktionsdelar som gav upphov till den största klimatpåverkan i kg CO₂-ekvivalenter över 15 år (figur 2a och tabell 1). Vitvaror i kök stod för den största klimatpåverkan med 29 % följt av klimatpåverkan från vitvaror i badrum och sanitetsporslin med 20 % och innerväggar med 22 %. Klimatbedömningen i förstudien baserades på en enda lägenhet för vilken vi hade exakta mängder av material.



Figur 2a (vänster) och 2b (höger): 2a visar fördelningen mellan olika typer av åtgärder och dess relaterade klimatpåverkan i CO₂ ekvivalenter från hela beståndet över de 15 år som studien omfattar, och 2b från en studerad lägenhet i förstudien.

I det fortsatta projektet har en bedömning av hela det empiriska materialet i förstudien, dvs 313 lägenheter genomförts. En uppskattning av de materielmängder som gått åt vid de inre renoveringarna har gjorts för varje lägenhet utifrån ja/nej och fritextkommentarer i enkäten samt genom att mätningar i lägenhetsplanerna med de boendes skisser. En detaljerad redovisning av metod och genomförande kommer att finnas i en kommande publikation (Minunno et al, kommande).

Klimatbedömningen av hela beståndet (figur 2a och tabell 1) skiljer sig från förstudien när det gäller vitvaror i kök som här står för hela 43 %. Kökskåpen är den näst största kategorin med 14 %. Innerväggar har sett till hela beståndet ändrats till en mindre del medan byte av träparkett och målning på väggar står för en större andel av klimatpåverkan.



Åtgärder	Hela beståndet	Medelvärde per lgh	Lgh i förstudie
	kg CO2 eqv		
Målning väggar	10630,4	34	120
Kakel på vägg	4447,7	14,2	303
Klinker på golv	2537,6	8,1	111
Träparkett	7433,3	23,7	51
Innertak	2044,6	6,5	31
Innerväggar	6340,4	20,3	1117
Innerdörrar	2160,0	6,9	235
Garderob	6678,0	21,3	228
Köksskåp	20304,0	64,9	376
Skåp och inredning bad/WC/tvätt	1872,0	6,0	78
Vitvaror kök	59927,8	191,5	1487
Vitvaror tvätt, badrumsporslin	15713,0	50,2	1011
Totalt 15 år	140088,8	447,6	5148

Tabell 1: Tabell preciserar klimatpåverkan mätt i kg CO₂ ekvivalenter från hela beståndet av 313 studerade, medelvärdet för de 313 lägenheterna samt beräkning av en specifik lägenhet som gjordes i förstudien.

2.2.1 Klimatbedömning av olika konstruktioner och material

Ett antal konstruktioner och material valdes för att studera inverkan av mer klimatsmart design och mer klimatsmarta materialval (Ingelhart, 2018, bilaga A) konstruktionsdelarna och materialen valdes på grund av deras relativt höga klimatpåverkan och/eller för att de ofta renoveras eller byts i förtid. Följande konstruktionsdelar och material studerades: innerväggar, förvaringslösningar, köksinredning, golvkonstruktion, ytskikt på väggar och vitvaror.

2.2.1.1 Innerväggar

I vår första klimatbedömning stod innerväggar för över 20 % varför det ansågs vara en viktig konstruktionsdel att undersöka. Sex olika typer av innerväggar testades där stålreglar, gipsskivor och mineralull byttes ut mot plywood respektive renoveringsgips, träreglar och cellulosaisolering. Högst klimatpåverkan har den konventionella lösningen med gips och stålregel. Mängden gips är avgörande för klimatpåverkan och en vägg med enkelgips har 50 % lägre klimatpåverkan. Däremot har förstudien visat att enkelgips inte uppskattas av de boende för att det är svårt att fästa saker i och de skapar en sämre ljudisolering. Flera bostäder i förstudien har ljudisolerats av de boende. Lägst klimatpåverkan har en innervägg av plywood, träreglar och mineralull eller cellulosaisolering. Den har 75 % lägre klimatpåverkan än en vägg med dubbel gipsskiva, stålregel och mineralull. Byte till cellulosaisolering ger ingen större påverkan eftersom det handlar om små vikter av materialen.

2.2.1.2 Förvaringslösningar

Förvaring återkommer ofta i vår förstudie. De boende är ofta missnöjda med förvaring. Garderober flyttas ofta runt i lägenheterna, byts ut och byggs om. Fem olika förvaringslösningar jämfördes: garderober i spånskiva med spånskivehyllor alternativt stålbackar, garderob i massivt trä samt klädskåp byggd med innervägg med högst respektive lägst klimatpåverkan enligt ovan. Resultatet



pekar på att val av innervägg i klädkammare, material i garderoben samt inredning är avgörande för förvaringslösningarnas klimatbelastning. I klädkammare är det väggen och i garderoben stommen som är avgörande. Ett byte från spånskivor till massivt furu medför en kraftig reduktion av garderobens klimatbelastning. För samma mängd förvaring ger en garderob i trä med trähyllplan lägst klimatbelastning följt av klädkammare med vägg av plywood och träreger. Garderoben av trä har 77 % lägre klimatpåverkan än garderoben av spånskiva med stålbackar.

2.2.1.3 Köksinredning

Köksinredning byts ofta och står för en betydande del av klimatbelastningen från inre underhåll. Klimatstudierna av köksinredning utgick ifrån ett IKEA-kök. Jämförelser gjordes där de dubbla väggarna som är ett resultat av att kök levereras som enskilda skåp byttes mot enkelvägg, byte av spån- och träfiberskivor till massivt trä samt en reduktion av plats och metalldelar med 50 respektive 75 %.

Resultaten visar att en halvering av klimatpåverkan fås genom att antingen ta bort de dubbla stomväggarna eller byte av skivmaterial mot massivt trä. Genom en kombination av de båda kan man nå ned till 73 % lägre klimatpåverkan mot ursprungsköket. Reducering av plast och metall ger inga större besparingar eftersom mängden material är relativt liten. En reduktion på 75 % av de materielen ger ca 11 % mindre klimatbelastning.

2.2.1.4 Golvkonstruktioner

Golv är ett av de ytskikt som ofta byts, inte minst som en konsekvens av andra ändringar, som till exempel flytt av väggfasta garderober som står placerat mitt i rummen. Åtta typer av golvkonstruktion jämfördes från ekparkett, faner och laminat till klinker, plast- och linoleummatta. Klinker har den högsta klimatpåverkan medan träprodukter har en negativ klimatpåverkan genom att miljödata räknar med att koldioxid tas upp i fotosyntesen. Däremot står golv där konstruktionen använder metallclips för en högre klimatbelastning.

2.2.1.5 Väggytskikt

Väggar är en del av lägenheten som oftast görs om och som står för en betydande del av bostädernas klimatbelastning. I vår klimatbedömning (figur 2 och 3) utgick vi ifrån målade väggar. Här har vi jämfört fyra typer av väggskikt: målning med eller utan spackling, kakel samt tapet. Även här har de keramiska materialen den högsta klimatpåverkan. En spacklad vägg har också högre klimatbelastning. Bäst ur klimathänsyn är en målad ospacklad vägg följt av en tapetserad vägg som inte spacklas först.

2.2.1.6 Vitvaror

Vitvaror är det som byts mest i våra studerade hushåll. Analysen visar att äldre vitvaror, kyl äldre än 2005 och frys före 2007, ger lägre klimatbelastning om de byts ut mot A+++ modeller. Från införandet av miljömärkning av kyl och frys har utveckling av mer energieffektiva produkter gått stadigt framåt.

2.3 Inverkan av bättre lösningar på vår fallstudie

Med utgångspunkt i de klimatberäkningar som redovisats i avsnitt 2.2.1 så kunde klimatpåverkan för de inre renoveringarna i hela vårt bestånd minskas med 35 % över 7-15 år om bästa lösning för var och en lösningarna som redovisas i (Ingelhart, 2018, bilaga A) använts istället för konventionella.



3 Diskussion och slutsatser

Förstudien visar på behovet att ta hänsyn även till materialflöden av inre renoveringar för att minska klimatpåverkan av bostadsbeståndet. Det behövs en ökad förståelse om hur boende använder sina lägenheter över tid, men det behövs också bättre projekterade och byggda lägenheter som stödjer en minskning av materialflöden över tid. Att hushållen önskar att ändra, renovera och bygga om sina bostäder över tid kan inte hindras och kan dessutom ses som en möjlighet att stärka den sociala hållbarheten då de boende i högre grad kan anpassa sin bostad utefter sina behov över tid istället för att flytta. Istället bör byggsektorn utifrån insikten om de boendes önskemål finna lösningar som stödjer en ökad anpassningsgrad av bostäder samtidigt som materialflöden från ändring och relaterad klimatpåverkan bör minskas genom att de boende upplyses om hur man renoverar mest klimatsmart.

3.1 Möjligheter för lägre klimatpåverkan

Analysen i det fortsatta projektet visar på möjligheter till klimatvinster i bostäder med mer klimatsmarta materialval och genom konstruktioner som använder mindre mängder material. Vissa av de lösningar vi testat, och som borde vara enkla att genomföra, som till exempel att använda massivt trä istället för spånskiva i köksinredning kan innebära en halvering av klimatbelastningen. Genom att använda plywood och träreglar i en innervägg kan klimatbelastningen minskas samtidigt som demonterbarheten och återbruksmöjligheterna ökar. Minskad klimatbelastning kan också uppnås genom mindre åtgärder som att använda klickgolv istället för golv med metallclips. Vidare har en vägg som behöver spacklas ungefär fyra gånger högre utsläpp av CO₂-ekvivalenter/m² än en vägg som endast målas. Genom att använda våra optimerade lösningar hade upp emot 35 % av klimatpåverkan av inre renoveringar och ombyggnad i beståndet kunnat undvikas över en tidsperiod av 7-15 år.

Generellt kan man utgå från att biobaserade material för att minska klimatpåverkan. Metall och plats liksom geologiskt baserade material som gips och cementbaserade material. Man bör också ta hänsyn till transportsträckor. Vid val av konstruktions- och materiallösningar i samband med renovering bör materialens klimatpåverkan, kg CO₂-ekv per kg material, ställas mot skillnader i materiellmängder. Ett material med låg klimatpåverkan medför automatiskt inte lösningen med lägst klimatbelastning. En träregel har lägre klimatpåverkan trots att den är tyngre än en stålregel medan cellulosa som har en lägre klimatpåverkan än mineralull ofta används i så små mängder att vi vid inre renoveringar inte ser någon större skillnad. Det är viktigt att påpeka att valet av material med lägre klimatbelastning måste ställas mot brukarnas ombyggnadsvanor. Klinker är till exempel ett material med en högre klimatbelastning men det kan också ha en lång livslängd om rätt utfört. Ett intressant resultat är att även om en stor besparing kan göras med materialsnåla design och mer klimatsmarta material av byggnadsdelar och inredning så står vitvarorna för den största klimatpåverkan.

3.1.1 Begränsningar av studiens resultat

Det finns en del begränsningar vad gäller klimatdata. Vi har i vår nyckeltalsberäkningar studie utgått från klimatdata från IVL500 databas som har osäkerheter både vad gäller omfattningen och kvaliteten av data. I några fall har databasen kompletterats med specifika EPD. IVL500 inte några negativa värden för träråvaror, vilket tyder på att hänsyn inte tagits till upptagen koldioxid. Resultatet i nyckeltalberäkningarna där IVL500 och EPD:er används blir därför ojämförbara. En annan



begränsning med IVL500 är att den bara beräknar klimatdata. Användningen av foam har till exempel, konstaterats ha liten klimatpåverkan men materialet kan ha andra negativa miljöeffekter som inte kunnat studeras. Med bakgrund av ovanstående vill vi understryka att resultatet i första hand ger en fingervisning om klimatpåverkan från olika konstruktions- och materiallösningar.

I vår nya klimatanalys av det hela beståndet hade vi planerat att använda LCA-programmet Simapro. Det finns en större databas för material kopplat till programmet som också har data för andra miljöeffekter vid sidan av klimatpåverkan. I Simapro måste alla konstruktioner beräknas utifrån sina grunddelar och material vilket gjorde det svårt att beräkna miljöbelastningen från vitvaror. Vi utgick därför från IVL500 databasen, också för att kunna jämföra med tidigare beräkningar i förstudien. I vårt fortsatta arbete kommer vi att bortse från vitvarorna och beräkna klimatbelastningen med Simapro.

Vidare vill vi påpeka att de beräkningar av materielmängder och klimatpåverkan av de inre renoveringarna utgår från en enkät med dåvarande boende i lägenheterna som när enkäten genomfördes 2015. Lägenheterna hade då mellan 7 och 15 i bruk och flera av dem hade haft flera ägare. Det finns med all säkerhet fler renoveringar som gjorts och av tidigare ägare och som de boende vi tillfrågat inte kunnat svara på. Antagligen har mer gjorts än vad som syns i våra resultat och klimatbesparingarna med bättre lösningar kan därför vara högre än de 35 % eller 50217,6 kg CO₂-ekv som vi räknat fram.

3.2 Riktlinjer för mer klimatsmarta och cirkulära lösningar för lägenheter

Med utgångspunkt i analyser av det empiriska materialet och våra jämförelser med mer klimatsmarta lösningar och materialval har vi satt ihop ett förslag till riktlinjer för mer klimatsmarta och cirkulära lösningar för bostäder (Holmström, kommande). Det förhållningssätt som är grundläggande i cirkulär design bygger på att hela livsrytmen tas i beaktande. Riktlinjerna utgår ifrån tre huvudprinciper och vänder sig till både aktörer som arbetar med projektering och produktion som till brukare av bostäder. De tre områdena är:

- Att skapa byggnader med ett lågt klimatavtryck i produktionsfasen ur LCA perspektiv.
- Att skapa byggnader som minimerar behov av underhåll och som inte driver på förtidiglagd renovering och ombyggnad.
- Att stödja att renovering och ombyggnad påverkar klimatet minimalt.

3.2.1 Skapa bostäder med lågt klimatavtryck i produktionsfasen

För att minimera klimatpåverkan relaterat till nyproduktion behövs ett nytt förhållningssätt avseende design och materialval. Frågorna måste ges plats tidigt. Krav på och ansvar för design- och materialval kopplat till klimatpåverkan behöver stärkas så att tidiga val i en projektering inte byts ut eller förändras senare i processen, till exempel vid upphandling av entreprenörer. Det krävs samverkan mellan fler aktörer och att ny kunskap och hjälpmedel användas som EPD:er, klimatdata och digitala hjälpmedel som BIM.

Råd för att skapa byggnader med lågt klimatavtryck i produktionsfasen:

- Använd material och konstruktioner med minimalt koldioxidavtryck.



- Värdera fördelen med lokala material, korta fossilfria transporter och produkter och maskiner som tillverkas och drivs med förnybar energi.
- Minimera materialåtgång, spill och avfall.
- Använd återvunna material.
- Designa med material som håller länge, går att reparera, separera och återvinna.
- Förbered för enkel återvinning, använd byggnaden som materialbank.
- Separera olika systemskikt i byggnaden så att omgivande skikt inte påverkas vid ändring, så kallade sekundära renoveringar.
- Se över om det går att leasa en funktion för utökat cirkulärt ansvarstagande eller öka antalet delade funktioner och ytor.

3.2.2 Skapa bostäder som minimerar behov av renovering och ombyggnad

Vår studie visar på att mycket inre underhåll är förtidiglagt. Drivkrafter som vi identifierat är: kvalitetsrelaterade (dålig kvalitet på material och utrustning), behovsrelaterade (personifiering, ökad standard, möte av hushållets ändrade behov), utformningsrelaterade (glapp mellan lagkrav, normer och praxis kring bostäders utformning som leder till ombyggnader) samt sekundära renoveringar (oftast byte av ytskikt som ett resultat av ombyggnader i lägenheten).

Råd för att skapa bostäder som minimerar behov av renovering och ombyggnad:

- Välj material, vitvaror, teknik och gestaltning som håller över tid.
- Se över om planlösningar fungerar över tid. Fundera över alternativa användningar och hur vägguttag, öppningar och fönster kan placeras för att underlätta en alternativ planlösning.
- Tänk på att planlösningar som är väldigt yteffektiva motverkar en generell användning och gör dem svårmodulerade. Små lägenheter var högre grad inte tillgängliga efter ombyggnaderna.
- Förvaringslösningar som placeras på annat ställe än i sovrum förenklar flexibilitet och undviker onödigt utbyte av garderober. En klädkammare kan placeras så att den kan få en alternativ funktion till exempel att den kan slås ihop med ett annat rum för att göra det större.
- Använd hellre förvaringslösningar med samlade garderobsväggar, främst skjutdörrar.
- Undvik kapphyllor. Dessa tas bort och blir garderob, främst skjutdörrsgarderob.
- Byggsektorn bör öka sin kännedom om slutkunderna och vad de värdesätter liksom möjligheten till kundanpassning före leverans.
- Ställ högre fokus på god gestaltning/goda material och teknikval i standardutförandet så de passar fler kunders krav och behov och håller längre.
- Slutligen bör byggregler ses över, till exempel avseende möjligheter för förvaring och kök för att dessa inte skall leda till en utformning som stör övrig funktion i bostaden och i sin tur leder till för tidig ombyggnad (för detaljer se Holmström, kommande).



3.2.3 Stödja att renovering och ombyggnad påverkar klimatet minimalt.

När väl en renovering eller en ombyggnad sker bör den genomföras så klimatsmart som möjligt. Vi ger några råd till hur det kan gå till:

- Återbruk av redan inbyggda material i bostaden (förutsätter kloka val vid nyproduktion).
- ROT-avdrag bör kopplas till hållbarhetskrav/krav på återbruk och klimatneutrala materialval.
- Bostaden bör utrustas med en loggbok över material som byggs in, hur ändringar kan göras klimatsmart, och där ändringar som görs kan noteras.
- Byggvaruhandeln borde ses över vad gäller rådgivning och utbud av klimatsmarta material.
- Enkla system eller affärskoncept för återanvändning och återbruk av material, inredning och vitvaror med mera bör uppmuntras.

3.3 Fortsatt forskning

Med utgångspunkt i den första klimatbedömningen av inre renoveringar (figur 2) valde vi att gå vidare med att undersöka möjligheten att testa klimatsmarta lösningar för innerväggar och köksinredningar i HSB LL. Undersökningar som vi gjorde bland de boende i HSB Living Lab visade att de efterfrågade möjligheter för avskärmningar i gemensamma utrymmen genom väggar eller rum-i-rummet lösningar. Klimatsmarta och funktionella lösningar för innerväggar som också fungerar som förvaring har studerats av Bardas-Dunare (kommande) i hennes examensarbete.

Slutligen uppstod en möjlighet att forska, utveckla och testa ett cirkulärt kök tillsammans med Tekniska universitetet i Delft, Nederländerna och genom EU och Climate-KIC initiativet. Vår ansökan blev beviljad och projektet kommer nu att löpa 2018 – 2021. En första kort introduktion finns att läsa i ett konferenspaper (Andersson, Ollár, Rahe & Femenías, 2018).



4 Publikationslista

4.1 Publikationer från projektet

Bardas-Dunare, R. (Forthcoming). *Delivering adaptability: Sustainable design guidelines for flexible housing in the Swedish context*. (Master Thesis), Chalmers University of Technology, Gothenburg. Planerad examination ht 2018.

Femenías, P (2018) Vikten av goda planlösningar i lägenheter för kostnadseffektivt och klimatsmart underhåll och renovering. I Nylander, Ola (red.) *Bostadsforskare om bostadskvalitet*. Centrum för Boendets Arkitektur, Chalmers tekniska högskola, sid 21-28

Femenías, P (2018) Social hållbarhet. I Bjerregaard, L. (ed.) *Informing Sustainable Architecture: The STED project*. Köpenhamn: Polyteknisk Boghandel og Forlag.

Femenias, P., & Geromel, F. (Forthcoming). Adaptable housing? A quantitative study of contemporary apartment layouts that have been altered by the end-users. Manuskript under review för publicering i vetenskaplig tidskrift.

Holmström, C (2018) Cirkulär design för den klimatsmarta bostaden: När globala utmaningar måste mötas lokalt

Ingelhag, G., Jönsson, H, Holmström C (2018). *Bilaga A till Framtidens klimatsmarta och hållbara bostad: Beräkning av klimatpåverkan från konstruktions- och materiallösningar i en bostad* Bengt Dahlgren. Göteborg.

Ytterligare två vetenskapliga publikationer är under arbete hösten 2018.

4.2 Publikationer från förstudien:

Adolfsson, M., & Jönsson, H. (2016). *Bilaga till E2B2-Projektet "Arkitektur, materialflöden och relaterad energianvändning i bostäder" Beräkning av klimatpåverkan för materialflöde vid renovering av bostäder*. Bengt Dahlgren. Göteborg.

Femenías, P, Thuvander, L, Holmström, C, Jonsdotter, L, Larsson M. (2017) Architectural research in Living Labs: exploring occupier driven changes in homes. In Keyson et al, eds. *Living Labs Design and Assessment of Sustainable Living*. Pp 89-99. Springer publication. Doi: 10.1007/978-3-319-33527-8



Femenías, P., Holmström, C., Jonsdotter, L., & Thuvander, L. (2016). *Arkitektur, materialflöden och klimatpåverkan i bostäder*. E2B2 rapport 2016:1. Stockholm

Jonsdotter, L., Femenias, P., & Holmström, C. (2016). Att bygg och bo: Intervjuer med elva hushåll om bostadsanpassning och kvalitéer i bostadsrättslägenheter. Chalmers tekniska högskola

Jonsdotter, L., Femenías, P., Holmström, C., Thuvander, L., & Larsson, M. (2016). Arkitektur och materialflöden i bostäder: Hur påverkar arkitekturen materialflöden över tid i bostadsrätter? *Bygg och Teknik* (2/16), 12-16.

4.3 Presentationer vid konferenser utan publikation

Utöver de publikationerna har studierna presenterats utan efterföljande publikation vid två tillfällen: *SENIX* konferensen i Stockholm i juni 2016 pågående arbete presenterades av Paula Femenías och Faustine Geromel; *Narratives & Mental Health*, Paderborn december 2017 Paula Femenías gav en presentation om "Spatial Narratives", samt Köpenhamn oktober 2018, Paula Femenías gav en presentation in ett nätverk kring Antropologi & Arkitektur med stöd från Vetenskapsrådet.

4.4 Rapportering i media

Studien har uppmärksamats av journalister som rapporterat i artiklar i dags- och fackpress. Utöver följande artiklar har en tidskrift om tillgänglighet gjort en intervju men vi fick aldrig någon utlovad återkoppling om färdig artikel.

- Hans Arbman (2017) Många som bygger om klagar på lägenhetens kvalitet. *Dagens Nyheter*, 9 februari 2017. Hämtas från <https://www.dn.se/arkiv/insidan/manga-som-bygger-om-klagar-pa-lagenhetens-kvalitet/>
- Annika Wilhelmsson (2017) Dåliga material och tillgänglighet driver ombyggnader. *Arkitekten*. 28 februari 2017. Hämtas från <https://arkitekten.se/nyheter/daliga-material-och-tillganglighet-driver-ombyggnader/>
- Anna-Klara Aspegren (2017) Onödig klimatpåverkan när bostäder byggs för okänd kund. *Svensk Byggtjänst*. 24 Mars 2017. Hämtas från <https://omvarldsbevakning.byggtjanst.se/artiklar/2017/mars/stor-klimatpaverkan-nar-bostadsratter-renoveras/>
- Katarina Hedström (2017) "Science park" jobbar för en hållbar värld. *Göteborgs-Posten*, 24 september 2017. Hämtas från <http://www.gp.se/ekonomi/science-park-jobbar-f%C3%B6r-en-h%C3%A5llbar-v%C3%A4rld-1.4659831>



5 Referenser

- Bafna, S. (2003). Space syntax: A brief introduction to its logic and analytical techniques. *Environment and Behavior*, 35(1), 17-29.
- Bardas-Dunare, R. (Forthcoming). *Delivering adaptability: Sustainable design guidelines for flexible housing in the Swedish context*. (Master Thesis), Chalmers University of Technology, Gothenburg.
- Bjerregaard, L. (Ed.) (2018). *Informing Sustainable Architecture: The STED project*. Köpenhamn: Polyteknisk Boghandel og Forlag.
- Boverket. (2018). *Klimatdeklaration av byggnader: Förslag på metod och regler. Delrapportering*. Karlskrona.
- Cold, B., Gunnarshaug, J., Hiortøj, E., & Raaen, H. (1984). *Nye boligformer, en eksempelsamling [New forms of dwellings, a collection of examples in Norwegian]*. Trondheim: Tapir.
- EEA. (2017). *Circular by design: Products in the circular economy*. Luxembourg.
- Femenias, P., & Geromel, F. (Forthcoming). Adaptable housing? A quantitative study of contemporary apartment layouts that have been altered by the end-users.
- Femenías, P., Holmström, C., Jonsdotter, L., & Thuvander, L. (2016). *Arkitektur, materialflöden och klimatpåverkan i bostäder* (Vol. Rapport 2016:02).
- Femenías, P., Holmström, C., Jonsdotter, L., Thuvander, L., & Larsson, M. (2017). Architectural research in Living Labs: exploring occupier driven changes in homes. In L. a. G. S. Keyson (Ed.), *Living Labs: Design and Assessment of Sustainable Living* (pp. 89-99): Springer.
- Hillier, B., Hanson, J., & Graham, H. (1987). Ideas are in things: an application of the space syntax method to discovering house genotypes. *Environment and Planning B: planning and design*, 14(4), 363-385.
- Ingelhaug, G. (2018). *Bilaga till Framtidens klimatsmarta och hållbara bostad: Beräkning av klimatpåverkan från konstruktions- och materiallösningar i en bostad Göteborg*.
- Liljenström, C., Malmqvist, T., Erlandsson, M., Fredén, J., Adolfsson, I., Larsson, G., & Brgren, M. (2015). *Byggandets klimatpåverkan*. Retrieved from Stockholm:
- Manum, B. (2005). *Generality versus specificity: A Study on the interior space of apartments*. Paper presented at the Proceedings of the Fifth International Space Syntax Symposium.
- Manum, B. (2006). *Apartment Layouts and Domestic Life: The Interior Space and Its Usability: A study of Norwegian Apartments Built in the Period 1930-2005*. Oslo.
- SFS. (2017:720). *Klimatlag*. Stockholm.
- Sofie, A., & Rahe, U. (2017). *Opportunities for Future Research on Sustainable Living: A Pre-Study in HSB Living Lab*. Gothenburg: Chalmers University of Technology, Product- and Production Development, Design & Human Factors
- West, B. N., & Emmitt, S. (2004). Functional design? An analysis of new speculative house plans in the UK. *Design Studies*, 25(3), 275-299. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2003.10.002>



Bilaga A: Beräkning av klimatpåverkan från konstruktions- och materiallösningar i en bostad

BILAGA TILL "FRAMTIDENS KLIMATSMARTA OCH HÅLLBARA BOSTAD"

Beräkning av klimatpåverkan från konstruktions- och materiallösningar i en bostad

Göteborg 2018-09-24

Bengt Dahlgren AB

Projektnr: 39703-2

Författare: Gerda Ingelhag

Uppdragsansvarig: Henrik Jönsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING.....	4
2	OBJEKTSBESKRIVNING	5
3	BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR & RESULTAT.....	6
3.1	Innerväggsuppbyggnader	6
3.2	Förvaringslösningar	8
3.3	Flexibel köksinredning.....	11
3.4	Golvkonstruktioner	15
3.5	Väggtytskikt.....	17
3.6	Byte av vitvaror	18
3.7	Sammanfattande resultat.....	19
4	KLIMATSMARTA VAL VID RENOVERING.....	21
5	REFLEKTIONER	23
6	REFERENSER.....	24

I INLEDNING

Omställning till cirkulär ekonomi är en viktig förutsättning i uppfyllelsen av de internationella klimatmålen (Regeringen, 2017). En cirkulär ekonomi kräver i sin tur att förändringar görs i konsumtion- och produktionssystemet (EEA, 2017). Produkter behöver designas på ett smartare sätt för att vara återbrukbara, separerbara och återvinningsbara. Detta så att livslängden förlängs samtidigt som produkterna är framtagna på ett klimatanpassat, resurssnålt och giftfritt sätt utan att skada människa eller miljö (Regeringen, 2017).

I Parisavtalet är att de globala koldioxidutsläppen ska ner till noll. Bygg- och fastighetssektorn står idag för en betydande del av samhällets klimatpåverkan. Detta innebär att stora förändringar i branschen behöver göras för att uppnå satta klimatmål.

Vid nybyggnation och renovering kan mer eller mindre klimatsmarta val göras. Med bakgrund av det presenterade Boverket (2018) ett förslag på Klimatdeklaration av nya byggnader. Syftet med förslaget är att medvetandegöra byggnaders klimatpåverkan och senare styra mot minskad klimatpåverkan från byggnader. Inledningsvis ska klimatpåverkan från livscykelfaserna A1-A3 redovisas, vilket motsvarar råvaruförsörjning, transport och tillverkning.

I denna rapport undersöks och redovisas klimatpåverkan från de materialflöden som uppstår vid konstruktions- och materiallösningar i samband med invändiga renoveringar i en lägenhet. Rapporten syftar till att resonera kring de klimatsmarta val som kan göras vid en lägenhetsrenovering. Val som bidrar till minskad klimatpåverkan från bygg- och fastighetssektorn.

Utredning agerar bilaga till E2B2-projektet ”Framtidens klimatsmarta och hållbara bostad” och är en fortsättning på projektet ”Arkitektur, materialflöden och relaterad energianvändning i bostäder”. Delutredningarna i rapporten har tagits fram av Bengt Dahlgren och Tengboms Arkitekter.

2 OBJEKTSBESKRIVNING

I den första utredningen i projektet baserades klimatberäkningarna på en detaljstudie över renoveringar, ombyggnationer och uppfräschningar av en lägenhet i en bostadsrätt. Resultatet gav en bild av omfattningen avseende ombyggnads- och underhållsåtgärder kopplat till bostadsrätter. Vidare gavs en indikation på hur stor klimatpåverkan blir vid olika underhållsåtgärder och pekade på att kök, förvaring, golv och innerväggar står för en stor del av ombyggnad och materialflöden vid inre renoveringar. (Femenías et al., 2016)

Resultatet jämfördes med klimatpåverkan från de undersökta byggnadernas energianvändning, vilket visade att klimatpåverkansandelen från lägenhetsunderhåll förväntas öka då byggnader blir allt mer energieffektiva.

Denna fortsättningsutredning fokuserar på de klimatsmarta material- och konstruktionsval som kan göras vid en lägenhetsrenovering. Fördjupande klimatpåverkansberäkningar har gjorts på följande konstruktions- och materiallösningar:

1. **Innerväggsuppbyggnader**
Klimatpåverkan från olika typer av innervägglösningar undersöks.
2. **Förvaringslösningar**
Klimatpåverkan beräknas för olika förvaringslösningar; garderob och walkin-closet.
3. **Flexibel köksinredning**
Klimatpåverkan beräknas för ett IKEA-kök och jämförs med ett kök där material byts ut och reduceras.
4. **Golvkonstruktioner**
Klimatpåverkan från olika typer av golvkonstruktioner undersöks.
5. **Väggytskikt**
Klimatpåverkan från olika typer av väggytskikt undersöks.
6. **Byte av vitvaror**
Ett resonemang förs kring byte av vitvaror ur klimatsynpunkt. Inga beräkningar görs.

I Kapitel 3 beskrivs beräkningsförutsättningar och resultat i respektive delutredning.

3 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR & RESULTAT

I följande kapitel presenteras beräkningsförutsättningar och resultat för de material- och konstruktionslösningar som har undersökts. Beräkningar baseras på miljödata från IVL500, som inhämtades via Anavitor vid den inledande utredningen. Miljödata har också inhämtats från EPD:er, vilka i förstahand återfunnits via Byggvarubedömningen.

IVL500 har använts i utredningen om innerväggsuppbyggnader, förvaringslösningar och köksinredning. EPD:er har använts för golv- och väggkonstruktionsutredningarna. Livscykelfaserna A1-A3 har studerats i EPD:erna, vilket motsvarar produktionsfasen från råmaterial till tillverkning i fabrik.

3.1 Innerväggsuppbyggnader

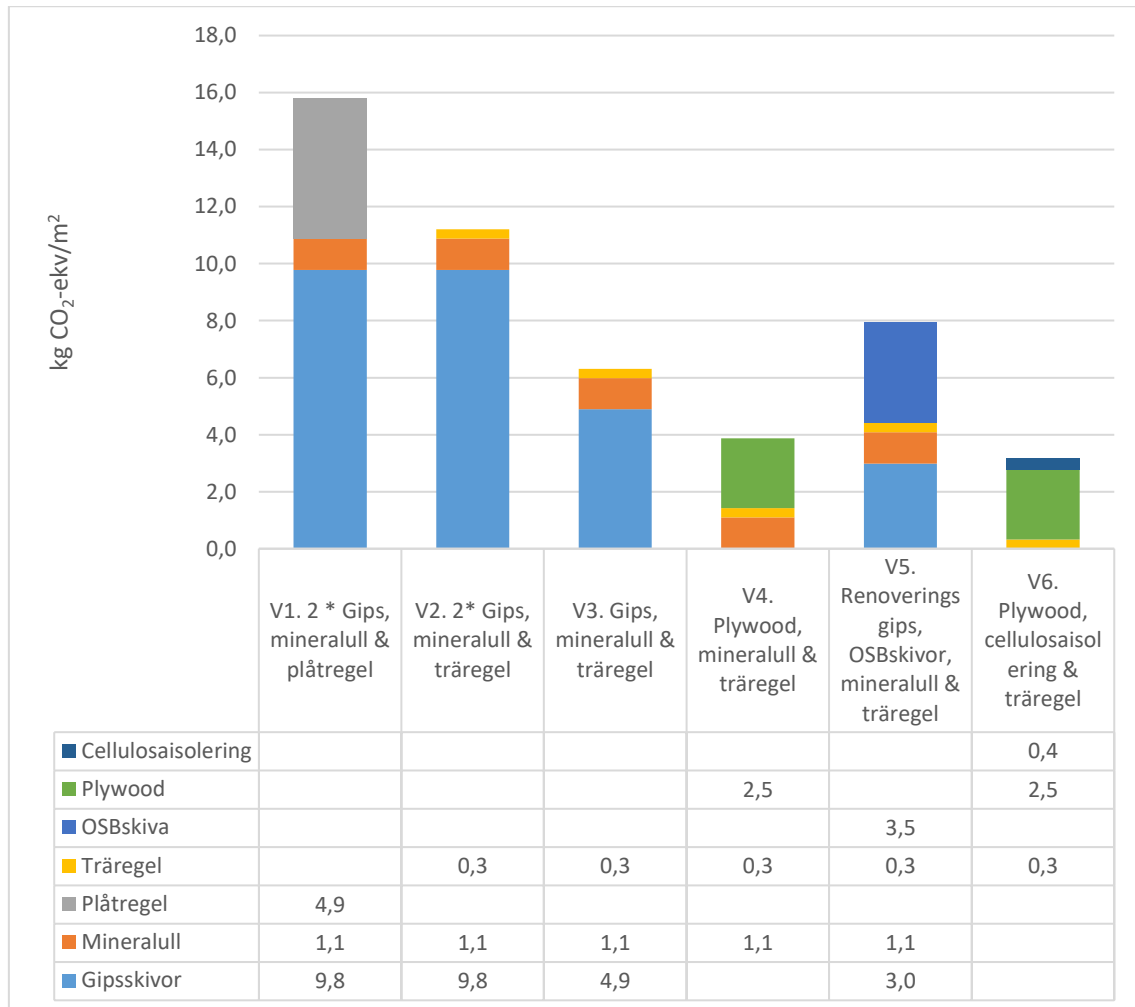
Följande typer av innerväggsuppbyggnader har undersökts:

- V1. 2 st 12,5 mm gipsskivor + 45 mm mineralull + plåregel + 2 st 12,5 mm gipsskivor
- V2. 2 st 12,5 mm gipsskivor + 45 mm mineralull + träregel + 2 st 12,5 mm gipsskivor
- V3. 1 st 12,5 mm gipsskivor + 45 mm mineralull + träregel + 1 st 12,5 mm gipsskivor
- V4. 12 mm plywood + 45 mm mineralull + träregel + 12 mm plywood
- V5. 6 mm renoveringsgips + 11 mm OSBskiva + 45 mm mineralull + träregel + 11 mm OSBskiva + 6 mm renoveringsgips
- V6. 12 mm plywood + 45 mm celluloseisolering + träregel + 12 mm plywood

3.1.1 Klimatpåverkan innerväggsuppbyggnader

Högst klimatpåverkan per kvadratmeter har innerväggslösning V1 och V2, vilka till största del består av gips. Det är mängden gips i kilo, som bidrar till den höga klimatbelastningen. Användning av plåregel bidrar till högre utsläpp än träregel, vilket tydliggörs i jämförelse mellan V1 och V2. Om mängden gips reduceras med 50 % kan en betydande klimatbesparing erhållas, vilket innerväggslösning V3 indikerar.

Lägst klimatpåverkan erhålls med lösning V4 och V6, som båda innehåller plywood och träreglar. Dessa innerväggsuppbyggnader är både lättare och innehåller material som genererar relativt låg utsläpp per kg material. Minarull är det material med högst klimatbelastning per kg material, varför ett byte till celluloseisolering har positiva effekter på klimatet. Dock är viktandelen isolering relativt liten, varför ett byte av isolering inte påverkar resultatet avsevärt.



Figur 3-1: Klimatpåverkan från olika innerväggsupbyggnader uttryckt i kg CO₂-ekv per m². Klimatberäkningar med miljödata från IVL500, ingen negativ klimatpåverkan från träråvaror.

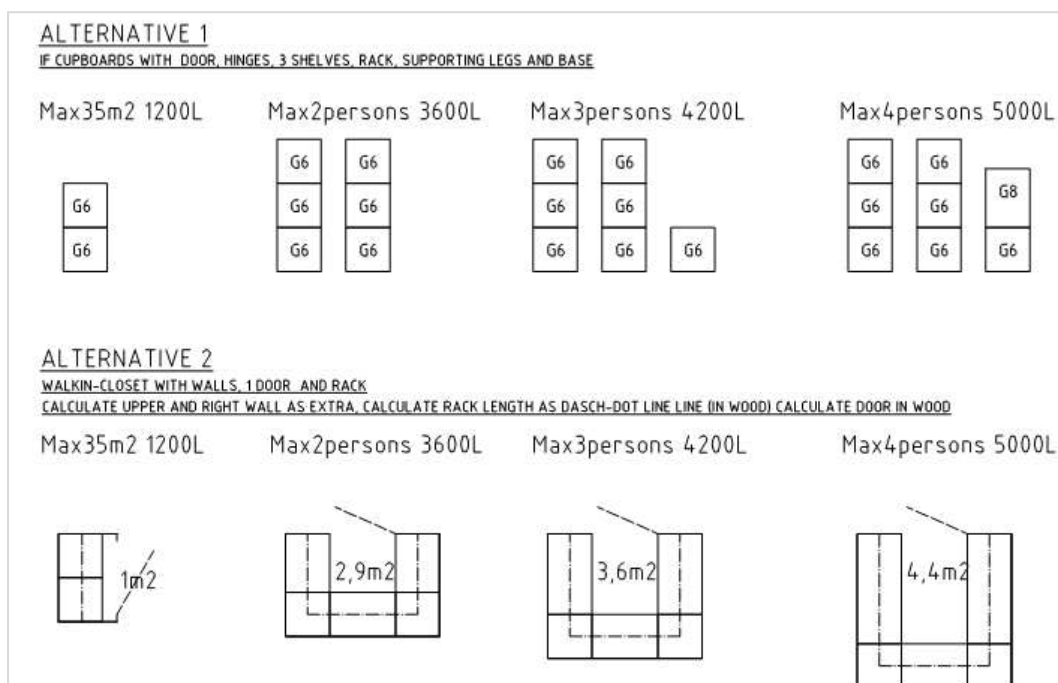
3.2 Förvaringslösningar

Följande förvaringslösningar har undersökts:

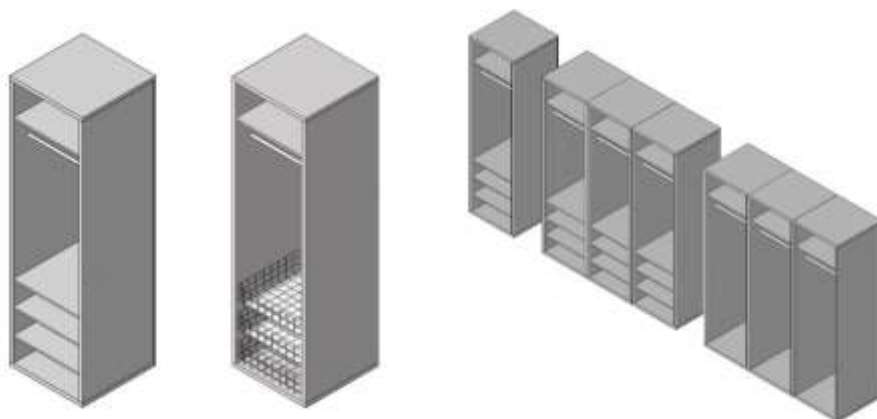
- F1. Garderob – förvaring i stålbackar
- F2. Garderob – förvaring på hyllplan i spånskiva
- F3. Garderob – dörrar, stomme och hyllplan i massivt furu
- F4. Walkin-closet – innervägg V1 med högst klimatpåverkan från utredning 1
- F5. Walkin-closet – innervägg V6 med lägst klimatpåverkan från utredning 1

Mått över walkin-closet och garderober har inhämtats från A-ritning med standardmått för två personer, se Figur 3-2. Vid beräkningar med walkin-closet har två nya innerväggar antagits tillkomma. Data över mängder och material för har inhämtats från IKEA:s garderob PAX, se Figur 3-3. Garderober har sedan dimensionerats för att motsvara garderobsdimensioner i Figur 3-2.

I bilaga 1 redovisas komponenter och material i en PAX-garderob. Endast det dominerande materialet i de olika komponenterna har använts i beräkningarna. Förpackningsvikter är inkluderade i materialvikterna.



Figur 3-2: Klimatberäkningarna har utgått ifrån en walkin-closet respektive garderob för 2 personer.



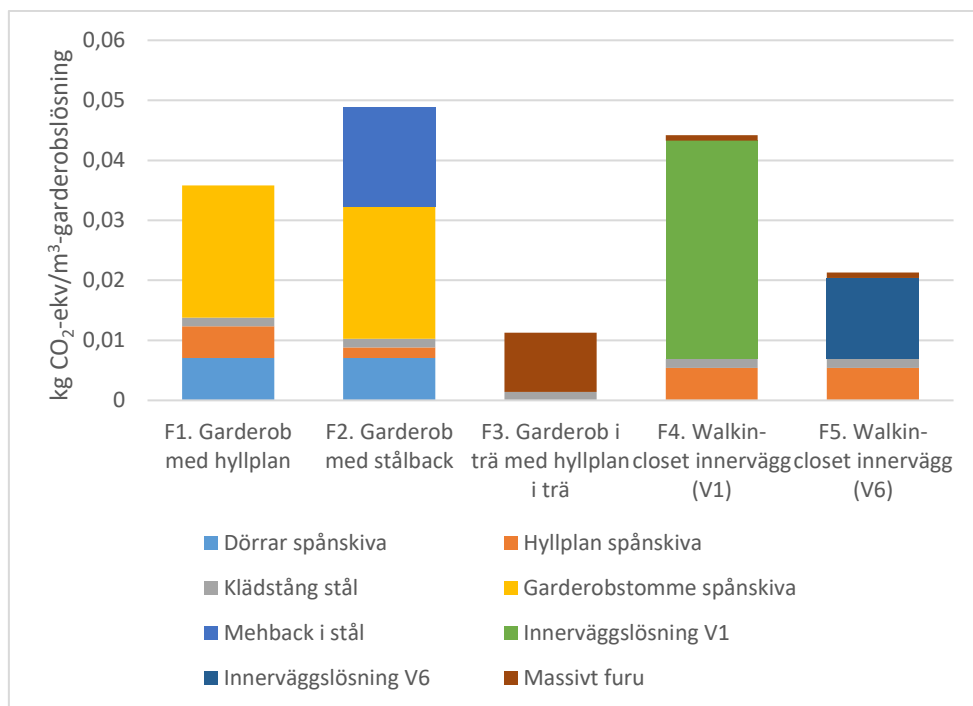
Figur 3-3: Invändig förvaringslösning i garderob med hyllplan respektive stålbackar. Garderob dimensioneras för att motsvara en walkin-closet.

3.2.1 Klimatpåverkan förvaringslösningar

Resultatet pekar på att val av innervägg (walkin-closet) och material (garderob) samt inredning är avgörande för förvaringslösningarnas klimatbelastning.

I Figur 3-4 redovisas förvaringslösningarnas klimatpåverkan fördelat på deras ingående material. För garderober utgör den ”tunga” garderobstommen en betydande del av CO₂-utsläppen och för en walkin-closet innerväggen. Ett byte från spånskivor till massivt furu medför en kraftig reducering av garderobens klimatbelastning.

Användning av stålkorgar istället för hyllplan ökar klimatbelastningen, trots att stålbackarna är lättare än hyllplanen. Detta som en följd av stålets höga klimatbelastning.



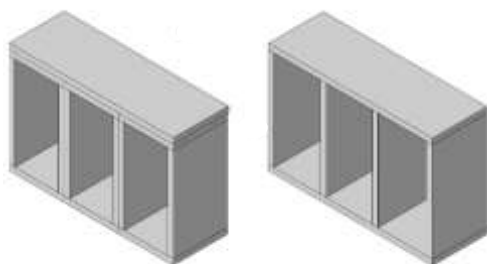
Figur 3-4: Klimatpåverkan från förvaringslösning med garderob och walkin-closet uttryckt i kg CO₂-ekv per m³. Klimatberäkningar med miljödata från IVL500, ingen negativ klimatpåverkan från träråvaror.

3.3 Flexibel köksinredning

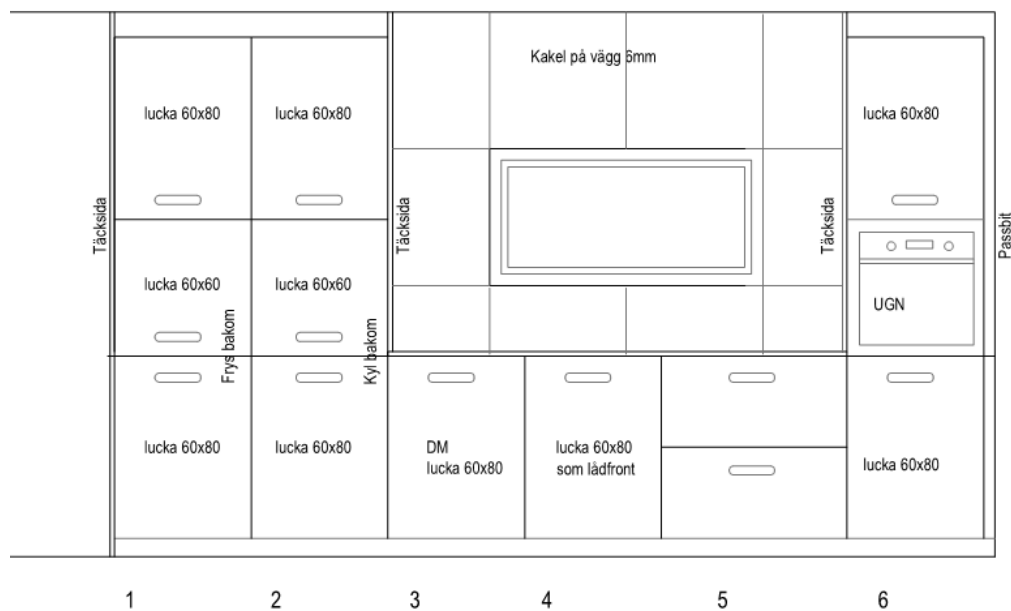
Komponenter, material, vikter och antal har sammanställts utifrån materialspecifikationen för ett verkligt IKEA kök, se kökets layout i Figur 3-6 och Figur 3-7. Klimatpåverkan från köket har sedan jämförts med samma kök där någon av följande åtgärder vidtagits:

- KÖ1. IKEA kök
- KÖ2. Ett kök som inte innehåller några dubbla lager. Inklädnad för kyl och frys, täcklucka på diskmaskin, täckluckor på lådor som redan har en front, täcksidor, skåpsstommar – lager på lager mellan skåp har exkluderats, se Figur 3-5. I köket finns det till skillnad från det verkliga köket bara ett lager med lådfronter/skåpsluckor. Information om vilka produkter som ingår i köket samt de som exkluderats finns sammanställt i bilaga 2.
- KÖ3. Ett kök där spån- och träfiberskivor bytts ut mot furu.
- KÖ4. Ett kök där spån- och träfiberskivor bytts ut mot furu och som inte innehåller några dubbla lager enligt KÖ1.
- KÖ5. Ett kök där mängden plast och stål har reducerats med 75 %, vilket motsvarar materielmängder på ca 5,8 kg plast och 11,7 kg stål.
- KÖ6. Ett kök där mängden plast och stål har reducerats med 50 %, vilket motsvarar materielmängder på 3,6 kg plast och 7,8 kg stål.
- KÖ7. Ett kök med ny spishäll, fläkt, ugn, kyl, frys och diskbänk. Klimatpåverkan från kapitalvaror och diskbänk har inhämtats från den första studien i projektet.

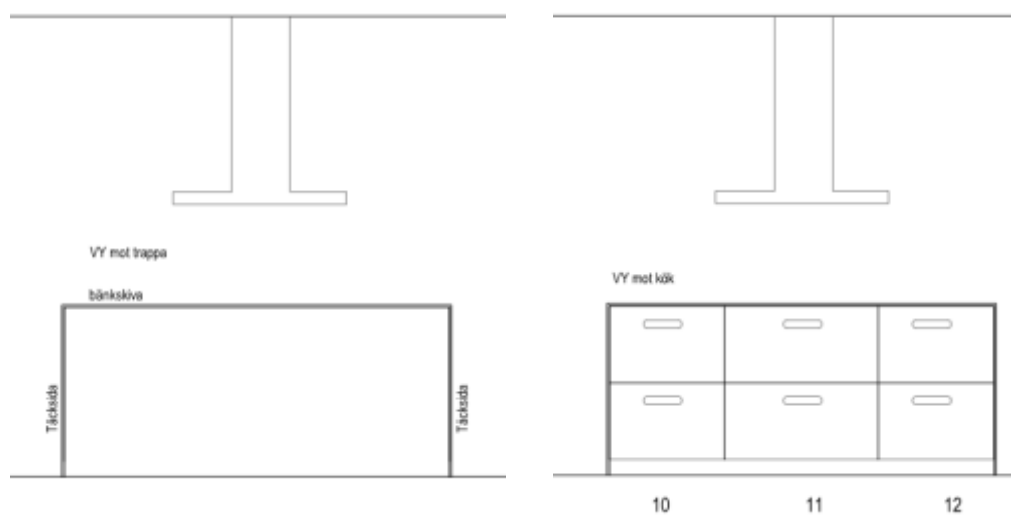
Vid beräkning har det dominerande materialet i de olika komponenterna beaktats. För de komponenter där det inte finns ett tydligt dominerande material har en uppskattad materialfördelning gjorts. Förpackningsvikter är inkluderade i materialvikterna för att undvika en ”positiv” uppskattning av CO₂-påverkan.



Figur 3-5: Exempel på hur lager på lager mellan skåp exkluderats.



Figur 3-6: Ritning över det studerade köket från IKEA. Numreringen följer materialspecifikationen i bilaga 2.

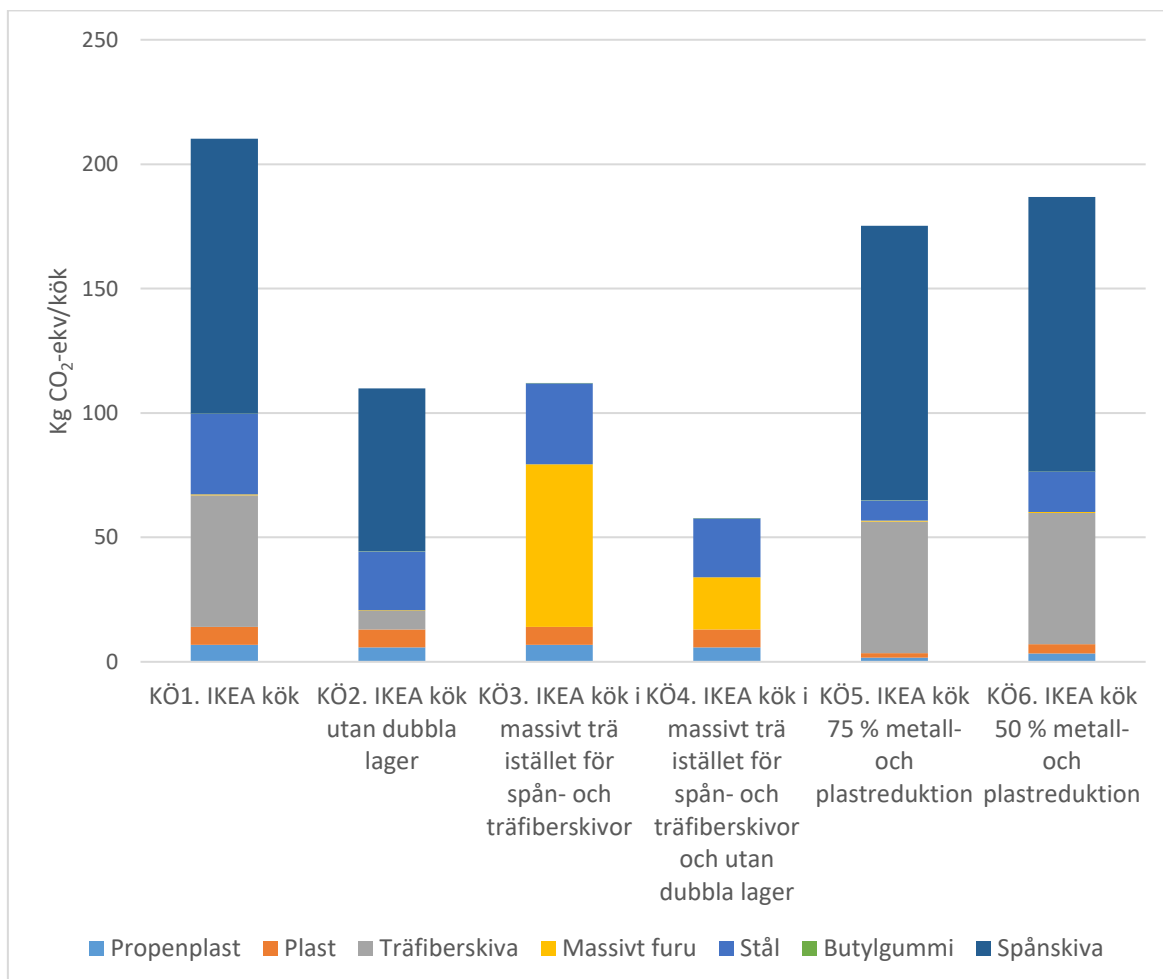


Figur 3-7: Köksö som ingår i det studerade köket från IKEA. Numreringen följer materialspecifikationen i bilaga 2.

3.3.1 Klimatpåverkan flexibel köksinredning

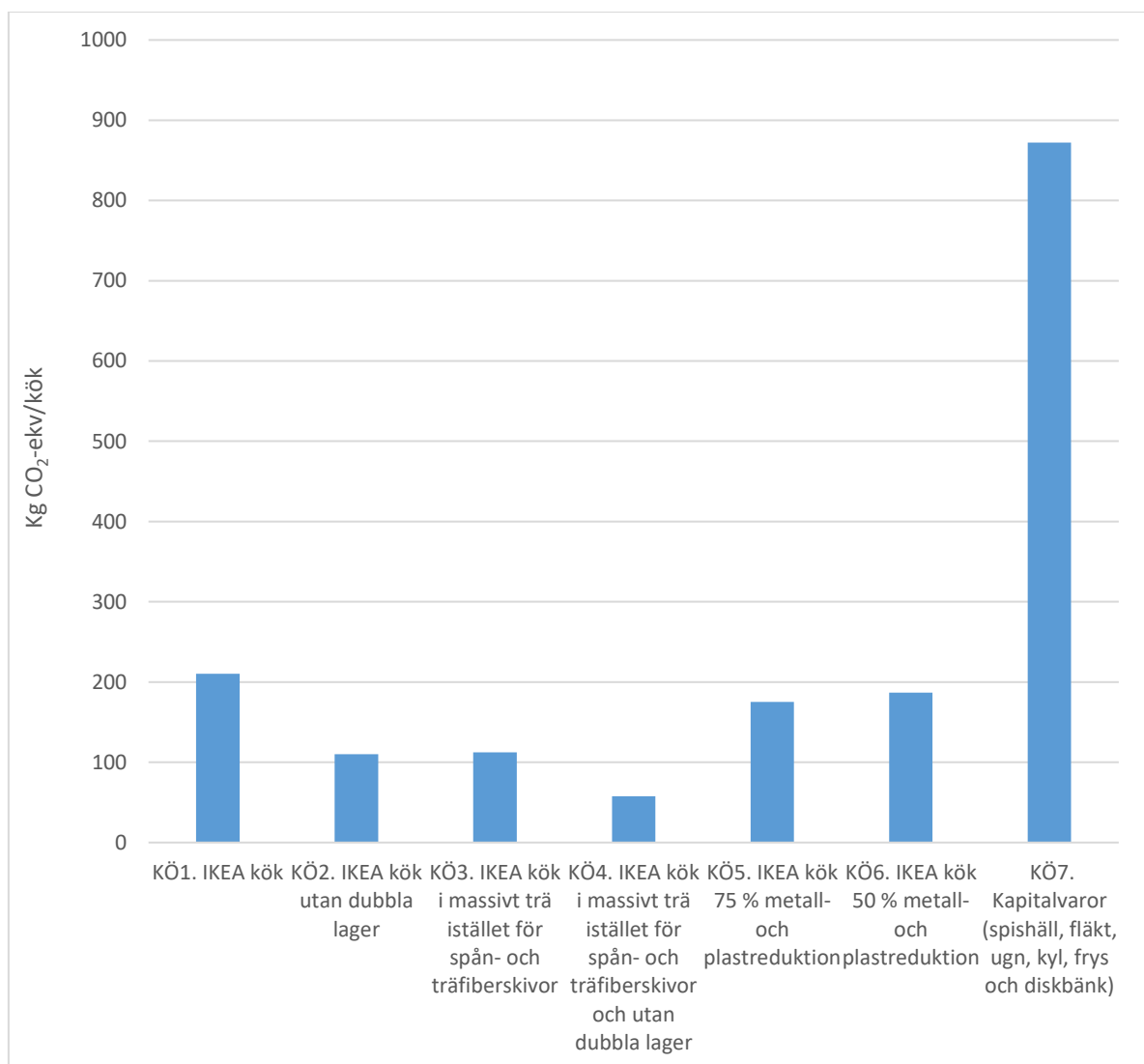
Figur 3-8 visar klimatpåverkan från ett IKEA kök uppbyggt efter materialspecifikation i bilaga 2. I figuren visas också klimatpåverkan från köket där material plockas bort för att undvika dubbla lager, där trä- och spånskivor ersatts av furu och där andelen metall och plast reducerats med 50 respektive 75 %. I de köksutredningarna är klimatpåverkan från spishäll, fläkt, ugn, kyl, frys och diskbänk inte inkluderat utan redovisas separat, se Figur 3-9.

Resultatet pekar på att störst klimatbesparing kan uppnås genom att ersätta spån- och träfiberskivor med fura och samtidigt undvika dubbla lager. En reduktion av plast och metall medför inte lika stor CO₂-reduktion, då dessa material förekommer i mindre omfattning jämfört med trä- och spånskivor.



Figur 3-8: Klimatpåverkan uttryckt i kg CO₂-ekv per kökslösning. Vitvaror och diskbänk är inte inkluderat i köken. Klimatberäkningar med miljödata från IVL500, ingen negativ klimatpåverkan från träråvaror.

Den enkätstudie som genomfördes i den inledande delen av projektet visade på att byte av vitvaror är en av de vanligaste renoverings- och ombyggnadsåtgärderna (Femenías et al., 2016). I Figur 3-9 jämförs klimatpåverkan från ett IKEA kök med klimatpåverkan från ny spis, fläkt, ugn, kyl, frys och diskbänk. Resultatet pekar på att nya skåpsluckor och skåpsstommar, se samtliga material i bilaga 2, har betydligt lägre klimatbelastning än nya kapitalvaror. Ett nytt kök från IKEA med både ny inredning och nya kapitalvaror har en total klimatpåverkan på cirka 0,9 ton.



Figur 3-9: Klimatpåverkan från undersökta kök jämfört med klimatpåverkan från nya kapitalvaror och diskbänk.

3.4 Golvkonstruktioner

Följande golvkonstruktioner har undersökts:

- GK1. Laminatgolv 7 mm
- GK1. Laminatgolv 7 mm med clipps
- GK1. Laminatgolv 7 mm (IVL500)
- GK2. Linoleummatta 2,25 mm + golvlim
- GK3. Plastmatta 2,4 mm + golvlim
- GK4. Klinker + fix/fästmassa + fog
- GK5. Fanergolv med träfaner. 0,6 mm trä av 7,5 mm + foam
- GK6. Trägolv, ekparkett 11 mm

Material som antogs vara gemensamma för de olika golvkonstruktionerna har avgränsats bort, så som flytspackel och stegljudsmatta. Använda EPD:er återfinns i bilaga 1.

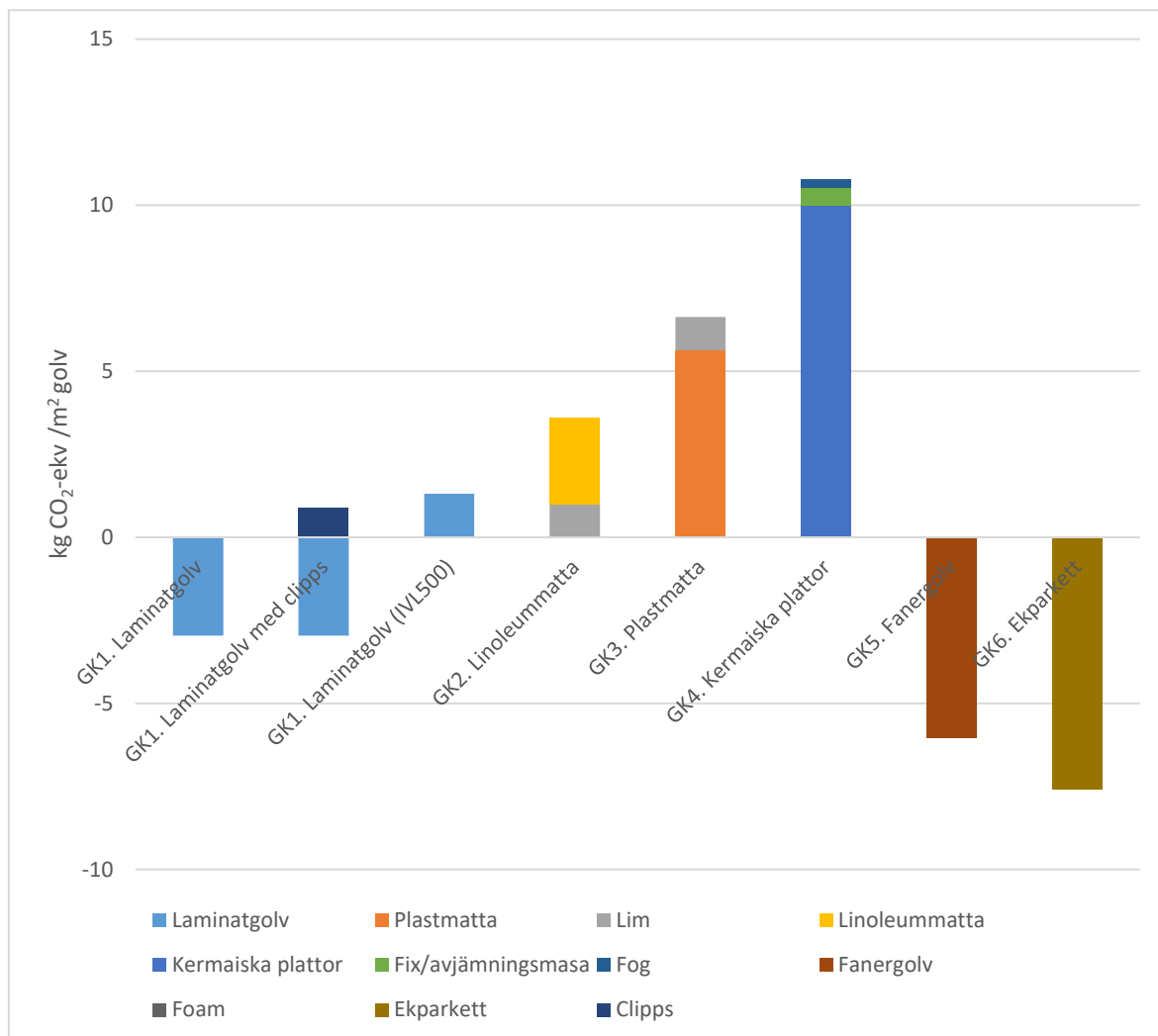
3.4.1 Klimatpåverkan golvkonstruktioner

Resultatet pekar på att en golvkonstruktion med klinkers har högst klimatpåverkan per kvm. Det kan förklaras med åtgången av klinkers per kvm, ca 20 kg/m² och materialets höga klimatbelastning per kg-material.

Notera att klimatpåverkan för flera golvlösningar är negativ, se Figur 3-10. I de studerade EPD:erna antas koldioxid ha tagits upp via fotosyntesen och är bundet i träet under de första faserna i en produkts livscykel. Miljödata från IVL500, som inte tar hänsyn till under fotosyntesen upptagen koldioxid, har använts i en beräkning för laminatgolv. Resultatet tyder på att lösningen ändå ger upphov till lägre klimatbelastning än övriga icke träbaserade golvlösningar.

Då laminatgolvets klimatpåverkan är negativ enligt resonemanget ovan, bidrar användning av clipps till minskad negativ klimatbelastning. Klimatpåverkan förändras från - 2,96 till - 2,07 kg CO₂-ekv/m² golv med clipps.

Materialåtgången för både plastmatta och linoleummatta är lägre än för golvlösningarna i trä. Utsläppen per kg-material är dock betydligt högre, vilket resulterar i högre klimatbelastning per kvm.



Figur 3-10: Klimatpåverkan från golvkonstruktioner uttryckt i kg CO₂-ekv/m². Klimatberäkningar med miljödata från EPD:er. IVL500 har använts i ett fall för laminatgolv.

3.5 Väggytskikt

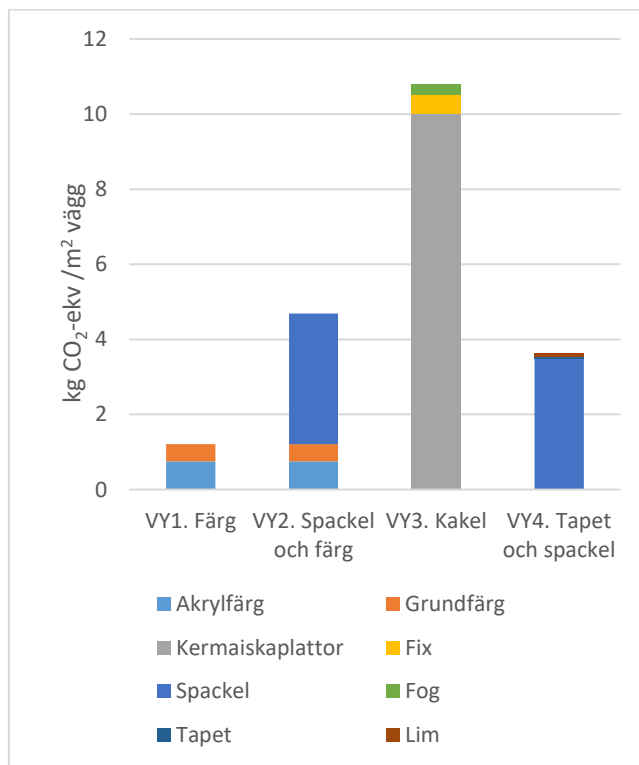
Följande väggytskikt har undersökts:

- VY1. Målarfärg, 2 strykningar + grundfärg, 1 strykning
- VY2. Spackel + målarfärg, 2 strykningar + grundfärg, 1 strykning
- VY3. Kakel + Fix/fästmassa + fog
- VY4. Spackel + tapetklister + tapet

Material som antogs vara gemensamma för de olika väggytskikt har avgränsats bort, så som gips. Använda EPD:er återfinns i bilaga 1.

3.5.1 Klimatpåverkan väggytskikt

Resultatet pekar på hög klimatbelastning vid användning av keramiska plattor, se Figur 3-11. En spacklad vägg har betydligt högre klimatpåverkan än en ospacklad, se VY1 och VY2 i samma figur. Beräkningarna tyder på att användning av tapet ger upphov till lägst klimatpåverkan av de undersökta väggytskikten. Detta förutsatt att väggen behöver spacklas. En spacklad vägg har betydligt högre klimatpåverkan än en ospacklad.



Figur 3-11: Klimatpåverkan från väggytskikt uttryckt i kg CO₂-ekv/m². Klimatberäkningar med miljödata från EPD:er.

3.6 Byte av vitvaror

38 % av de bostadsrättsinnehavare som deltog i den initiala studien hade sedan inflytt bytt vitvaror. Motivet till bytet skiljde sig åt, från att kylmöbeln nått sin tekniska livslängd till att de bytts ut vid ombyggnad eller att vitvarorna inte uppnådde personliga önskemål. (Femenías et al., 2016)

Köpa nytt och slänga ut det gamla är i många fall förknippat med negativ miljöbelastning. För vitvaror däremot kan ett byte av kyl- och frysskåp generera miljövinster. Naturskyddsföreningen (2013) har i sin rapport *Undersökning miljöbelastning kyl och frys* undersökt när ett kyl- och frysskåp bör bytas ut ur klimatsynpunkt. Den årliga energibesparingen som ny kyl eller frys medför divideras med klimatpåverkan vid nyttillverkning av en ny A+++-modell. Antalet år det tar att tjäna hem det nya skåpet med dess effektivare energianvändning kan då beräknas. I beräkningarna används nordisk elmix.

Resultatet pekar på att ett kylskåp som är äldre än 2005 och en frys äldre än 2007 bör bytas ut. Det betyder att de byten som skett i första studien kan ha varit miljömässigt motiverade, eftersom bostadstäderna färdigställdes mellan 2001–2008. För att kunna räkna hem önskad miljövinst bör bytet ske till en A+++-modell och inte till någon av de standardmodeller som finns på marknaden, då dessa har betydligt lägre energieffektivitet. En viktig förutsättning är att den gamla kylmöbeln återvinns, eftersom miljöpåverkan då ”reduceras”.

Ett kylskåp i 2001–2010-års modell tar 6,5 - 7,9 år att räkna hem. Ett kylskåp märkt med energiklass A++ räknas hem efter 17,7 år, A+ 7,3 år och A 5,2 år. Ett frysskåp i 2001–2010-års modell tar mellan 3,4 och 3,8 år att räkna hem. Ett frysskåp märkt med energiklass A++ räknas hem efter 9,53 år. Äldre modeller av kylmöbler går ännu fortare att räkna hem.

Ett byte av kyl och frys behöver alltså inte vara förknippat med ökad klimatpåverkan utan kan tvärtom bidra till en miljövinst. Modell på befintlig och ny kyl och frys samt hur det omhändertags påverkar antalet år bytet tar att räkna hem.

Resultatet påverkas av vad för typ av el som användas i beräkningarna. Är det ursprungsmärkt förnyelsebar el eller nordisk elmix, som idag delvis härstammar från fossila källor. Från införandet av energimärkning 1995 av kyl och frys har energieffektiviseringen gått snabbt. Hur ofta det i framtiden kommer vara motiverat att byta kyl och frys kan därför också antas bero på hur energieffektiviteten utvecklas.

3.7 Sammanfattande resultat

I Tabell 3-1 presenteras en resultatsammanställning, som kan ge en fingervisning om vilka klimatsmarta val som kan göras vid invändiga renoveringar och nybyggnation.

Tabell 3-1: Sammanställning över klimatpåverkan från samtliga delutredningar.
Miljödata från IVL500 och EPD:er.

Innervägguppgagnader	
2 st 12,5 mm gipsskivor + 45 mm mineralull + plåregel + 2 st 12,5 mm gipsskivor	15,8 kg CO ₂ -ekv/m ²
2 st 12,5 mm gipsskivor + 45 mm mineralull + träregel + 2 st 12,5 mm gipsskivor	11,2 kg CO ₂ -ekv/m ²
1 st 12,5 mm gipsskivor + 45 mm mineralull + träregel + 1 st 12,5 mm gipsskivor	6,3 kg CO ₂ -ekv/m ²
12 mm plywood + 45 mm celluloseisolering + träregel + 12 mm plywood	3,2 kg CO ₂ -ekv/m ²
6 mm renoveringsgips + 11 mm OSBskiva + 45 mm mineralull + träregel + 11 mm OSBskiva + 6 mm renoveringsgips.	7,9 kg CO ₂ -ekv/m ²
12 mm plywood + 45 mm mineralull + träregel + 12 mm plywood	3 kg CO ₂ -ekv/m ²
Förvaringslösningar	
Garderob med förvaring på hyllplan i spånskiva	0,036 kg CO ₂ -ekv/m ³
Garderob med förvaring i stålbackar	0,048 kg CO ₂ -ekv/m ³
Garderob och hyllplan i massivt furu	0,011 kg CO ₂ -ekv/m ³
Walkin-closet med innervägg i gips, mineralull, plåregel	0,044 kg CO ₂ -ekv/m ³
Walkin-closet med innervägg i plywood, cellulosisolering, träregel	0,021 kg CO ₂ -ekv/m ³
Flexibelköksinredning	
IKEA kök	210 kg CO ₂ -ekv
IKEA kök utan dubbla lager	109 kg CO ₂ -ekv
IKEA kök i massivt trä istället för spån- och träfiberskivor	112 kg CO ₂ -ekv
IKEA kök i massivt trä istället för spån- och träfiberskivor och utan dubbla lager	57 kg CO ₂ -ekv
IKEA kök 75 % metall- och plastreduktion	175 kg CO ₂ -ekv
IKEA kök 50 % metall- och plastreduktion	186 kg CO ₂ -ekv
Spishäll, fläkt, ugn, kyl, frys och diskbänk	662 kg CO ₂ -ekv
Golvkonstruktioner	
Laminatgolv	-2,96 kg CO ₂ -ekv/m ²

Laminatgolv med clipps	-2,07 kg CO ₂ -ekv/m ²
Laminatgolv (IVL 500)	1,31 kg CO ₂ -ekv/m ²
Linouemmatta	3,60 kg CO ₂ -ekv/m ²
Plastmatta	6,63 kg CO ₂ -ekv/m ²
Keramiskaplattor	10,78 kg CO ₂ -ekv/m ²
Fanergolv	-5,97 kg CO ₂ -ekv/m ²
Ekiparkett	-7,59 kg CO ₂ -ekv/m ²
Väggytskikt	
Färg	1,2 kg CO ₂ -ekv/m ²
Färg och spackel	4,69 kg CO ₂ -ekv/m ²
Kakel	10,78 CO ₂ -ekv/m ²
Tapet och spackel	3,63 CO ₂ -ekv/m ²

4 KLIMATSMARTA VAL VID RENOVERING

Vid val av konstruktions- och materiallösningar i samband med renovering bör materialens klimatpåverkan, kg CO₂-ekv per kg- material, ställas mot skillnader i materielmängder (kg). Ett materialval med låg klimatpåverkan medför automatiskt inte lösningen med lägst klimatbelastning. Nedan presenteras fler reflektioner över de klimatsmarta val som kan göras vid invändig renovering.

Allmänna reflektioner

- Försök utforma robusta lösningar som medför få ombyggnationer.
- Välj lösningar som innebär låg materialanvändning.
- Vid materialval använd biobaserade material så långt som möjligt.
- Undvik/minimera användning av metall, plast samt geologiskt baserade material, som ofta har en hög klimatpåverkan kopplat till produktion.
- Välj produkter som transporteras korta sträckor och/eller så klimatneutralt som möjligt.

Innerväggskonstruktioner

- En innerväggskonstruktion i plywood medför lägre klimatbelastning än en lösning i gips med samma dimensioner.
- Träreglar har lägre klimatbelastning än stålreglar. Detta trots att en träregel är tyngre än en stålregeln.
- Cellulosaisolering har lägre klimatpåverkan än mineralull. Dock är viktandelen relativt liten jämfört med övriga material, varför ett byte till cellulosaisolering inte medför en betydande klimatbesparing.

Förvaringslösningar

- Både för förvaringslösning med garderob och walkin-closet medför användning av hyllplan lägre klimatbelastning än stålbackar.
- En garderob i massivt furu har lägre klimatpåverkan än en garderob i spånskivor.
- För en walkin-closet är val av innerväggskonstruktion avgörande för dess klimatbelastning.

Flexibel köksinredning

- Dubbla lager utgör en betydande del i ett köks klimatbelastning. Genom att undvika dubbla lager kan en klimatbesparing på nästan 50 % göras.
- Ett byte från spån- och träfiberskivor till furu kan medföra en klimatbesparing på nästan 50 % göras.
- Reducering av plast och metall medför inte en betydande klimatbesparing, då andelen plast och metall i det undersökta köket är relativt liten.
- Nya kapitalvaror medför ca 3 gånger högre klimatpåverkan än ett byte av skåp och stommar. Tänk efter innan nya kapitalvaror byts ut.

Golvkonstruktioner

- Keramiska plattor medför hög klimatbelastning jämfört med undersökta alternativ. Undvik därför keramiska plattor om möjligt, annars välja tunnare plattor.
- Negativ klimatpåverkan för produkter som innehåller trä; laminatgolv, fanergolv, ekparkett.
- Användning av foam har mycket liten klimatpåverkan.
- Clickgolv är bättre ur klimatsynpunkt än en lösning med clipps i stål.

Väggytskikt

- Keramiska plattor medför hög klimatbelastning jämfört med undersökta alternativ.
- En vägg som behöver spacklas har ca 4 gånger högre utsläpp av CO₂-ekv/m² än en vägg som endast målas.
- Tapet har betydligt lägre klimatpåverkan än en målad eller kaklad vägg förutsatt att väggen inte behöver spacklas.

5 REFLEKTIONER

Genom att studera produktionsfasen A1-A3 i en livscykel avgränsas övriga faser bort, så som användningsfasen och end-of-life hantering. Avgränsningen gör jämförelse mellan produkternas produktionsfas möjlig. Det är dock viktigt att ha i åtanke att hela livscykeln bör beaktas för att återspegla en produkts totala klimatpåverkan.

I de studerade EPD:erna har hänsyn tagits till den under fotosyntesen upptagna koldioxid i träråvaror. En stor del av den bundna koldioxiden frigörs senare i en produkts livscykel. Dessa utsläpp har inte beaktats då endast livscykelfas A1-A3 studeras. Avgränsade faser kan utgöra en betydande del i en produkts totala klimatpåverkan.

IVL500 innehåller inte några negativa värden för träråvaror, vilket tyder på att hänsyn inte tagits till upptagen koldioxid. Resultatet i delutredningarna beräknade med IVL500 och EPD:er är därför jämförbara. I samband med den inledande utredningen i projektet konstaterades det också att klimatdata från IVL500 både vara osäker omfattnings- och kvalitetsmässigt.

Med bakgrund av ovanstående ger resultatet i första hand en fingervisning om klimtpåverkan från olika konstruktions- och materiallösningar.

EPD:er kan utgöra ett bra stöd för klimatsmarta val inom bygg- och fastighetssektorn. Användning av generiska EPD:er gör det möjligt att föra ett allmänt resonemang kring klimatpåverkan från olika konstruktions- eller materiallösningar. Med specifika EPD:er är det möjligt att jämföra två produkter ur klimatsynpunkt. EPD:er kan således utgöra ett bra stöd i valet mellan både specifika produktval och generella material- och konstruktionslösningar.

I denna utredning har både specifika och generiska EPD:er använts. Det medför vissa begränsningar i att dra generella slutsatser samt säga något om huruvida en enskild produkt är bättre än en annan.

Under tiden denna utredning färdigställdes lanserades IVL:s klimatberäkningsverktyg *Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg*. I verktyget kan klimatavtrycket beräknas för en hel eller delar av en byggnad med generiska data. Möjlighet finns också att lägga in EPD:er, vilket ger mer specifik data. I dagsläget saknar verktyget information om flera invändiga produkter.

6 REFERENSER

- Boverket. (2018). *Klimatdeklaration av byggnader*. Hämtat från <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2018/klimatdeklaration-av-byggnader/>
- European Environment Agency. (2017). *Circular by design*. Copenhagen.
- Femenías, P., Holmström, C., Jonsdotter, L., & Thuvander, L. (2016). *Arkitektur, materialflöden och klimatpåverkan i bostäder*. Stockholm.
- IKEA. (2018). *IKEA*. Hämtat från <https://www.ikea.com/se/sv/catalog/products/20297236/?query=202.972.36#/70297234>
- IVL. (u.d.). *Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg*. Hämtat från <https://www.ivl.se/sidor/omraden/miljodata/byggsektorns-miljoberakningsverktyg.html>
- Naturskyddsföreningen. (2013). *Undersökning miljöbelastning kyl och frys*.
- Regeringen. (2017). *Cirkulär och biobaserad ekonomi*. Hämtat från <http://www.regeringen.se/regeringens-politik/regeringens-strategiska-samverkansprogram/cirkular-och-biobaserad-ekonomi/>

Bilaga 1

Komponenter i PAX	Material
Garderobstomme	Spånskiva, Träfiberskiva, ABS Plast, Propenplast, Folie
Dörr	Spånskiva, Folie
Hyllplan 3 st	Spånskiva, Folie
Klädstång 1 st	Stål, rostskyddande fosfatskikt, epoxi

Typ av produkt	EPD	Finns i BVB
Laminatgolv	Direct Pressure Laminate Floor Coverings, Unilin Division flooring	Nej
Fanergolv	Golvabia Trägolv	Ja
Foam	FOAMGLAS BOARD W+F/F/S3/T4+/T3+/Pernisul HL/Pernisul S	Ja
Ekiparkett	Longlife Parkett	Nej
Plastgolv	Navilon, Forbo	Ja
Lim	CascoProff Extra	Ja
Kermaiska plattor	Serie Lacca	Ja
Fix/Fog	Sopro FKM® XL	Ja
Linoleummatta	DLW Linoleum	Ja
Akrygfärg	Joton JOTAPROFF Akryl 07	Nej
Grundfärg	JOTAPROFF PVA 07	Nej
Spackel	Jotashield Filler Smooth	Nej
Tapet	Wallcovering on non-woven bas	Nej
Vägglim	UZIN Terracoll 30	Ja

Bilaga 2

Komponenter	Material	Antal	Kommentar
Högsåp, 1 Fry, egen lösning			
ME högsåpsstomme	Spånskiva, Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Märsta dörr 60*80	Träfiberskiva	2	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Märsta dörr 60 * 60	Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Utrusta kopplingsask f frntr	Stål	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Utrusta fast vent hpl 60 * 60	Spånskiva	2	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
ME vent sockel 60 rostfritt stål	Stål, rostfri	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Utrusta gånghörn 90	Stål, förnicklad	2	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Utrusta gångjärn 125	Stål, förnicklad	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Variera hplskydd	Propenplast	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager			
Högsåp 2 Kyl egen lösningar			
ME högsåpsstomme k/u 60*60*220	Spånskiva, Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Märsta dörr 60*80	Träfiberskiva	2	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Märsta dörr 60*60	Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Utrusta kopplingsask f frntr	Stål	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Utrusta fast vent hpl 60 * 60	Spånskiva	2	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
ME vent sockel 60 rostfritt stål	Stål, rostfri	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Utrusta gångjärn 90	Stål, förnicklad	2	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Utrusta gångjärn 125	Stål, förnicklad	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Variera hplskydd	Propenplast	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager			
Skåp 3 Diskmaskin			
Skinande N Integrerad diskmaskin A++	Diskmaskin beaktas under övriga prod	1	
Märta dörr 60*80	Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Nyttig N golvsydd	Propenplast	1	
Bänkskåp 4 Disk, egen lösning			
ME bänksk inbügen/diskb 60*60*80	Spånskiva, Träfiberskiva	1	
Märsta dörr 60*80	Träfiberskiva	1	
MA låda hög 60*45	Spånskiva	1	
	Stål	1	
MA låda hög 60*37	Spånskiva	1	
	Stål	1	
Utrusta lådfnrt låg 60	Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Utrusta beslag mont ld/dr	Stål	1	
Variera hplskydd	Propenplast	1	
Variera tätningssats	Butylgummi	1	
Bänkskåp 5			
ME Bänksåpsstomme 80*60*80	Spånskiva, Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Märsta lådfnrt 80*40	Träfiberskiva	2	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
MA låda hög 80*60	Spånskiva	1	
	Stål	1	
Ma låda med 80*60	Spånskiva	2	
	Stål	2	
Utrusta lådfnrt med 80	Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
HögSkåp 6 ugn/mikro			
ME högsåpsstomme k/u 60*60*220	Spånskiva, Träfiberskiva	1	
Märsta dörr 60*80	Träfiberskiva	2	
MA låda hög 60*60	Spånskiva	1	
	Stål	1	
MA låda med 60*60	Spånskiva	1	
	Stål	1	
Utrusta lådfnrt hög 60	Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Utrusta lådfnrt med 60	Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Utrusta fast vent hpl 60 * 60	Spånskiva	3	
Utrusta gångjärn 125	Stål, förnicklad	1	
Utrusta gångjärn 153	Stål, förnicklad	1	
Bänkskåp 10 Köks-Ö			
ME bänksåpsstomme 60*60*80	Spånskiva	1	
Märsta lådfnrt 80*40	Träfiberskiva	2	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
MA låda hög 60*60	Spånskiva	1	
	Stål	1	
MA låda med 60*60	Spånskiva	2	
	Stål	2	
Utrusta lådfnrt med 60	Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Bänkskåp 11 Häll,Köks-Ö			
ME bänksk f inbügen/diskb 80*60*80	Spånskiva, Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Märsta lådfnrt 80*40	Träfiberskiva	2	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
MA låda hög 60*80	Spånskiva	2	
	Stål	2	
MA låda låg 60*80	Spånskiva	1	
	Stål	1	
Utrusta lådfnrt låg 80	Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Nyttig avsiljare f häll 80	Träfiberskiva	1	
Bänkskåp 12 Köks-Ö			
ME Bänksåpsstomme 80*60*80	Spånskiva	1	
Märsta lådfnrt 60*40	Träfiberskiva	2	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
MA låda hög 60*60	Spånskiva	1	
	Stål	1	
MA låda med 60*60	Spånskiva	2	
	Stål	2	
Utrusta lådfnrt med 60	Träfiberskiva	1	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager
Kvarvarande artiklar			
Sockel	Propenplast	4	
Ben	plast (amid, styren, propen,återvunne	9	
ME montkit f köksö	Träfiberskiva	2	
ME stödf f köks ö 40	Massiv furu	3	
Upphängningsskena	Stål, förzinkad	2	
Dörddämpare	Stål	4	
Täckside till passbait och takanslutning	Träfiberskiva	5	Exkluderad vid beräkning av kök utan dubbla lager



Runt 35 procent av all energi i Sverige används i bebyggelsen. I forskningsprogrammet E2B2 arbetar forskare och samhällsaktörer tillsammans för att ta fram kunskap och metoder för att effektivisera energianvändningen och utveckla byggandet och boendet i samhället. I den här rapporten kan du läsa om ett av projekten som ingår i programmet.

E2B2 genomförs i samverkan mellan IQ Samhällsbyggnad och Energimyndigheten åren 2013–2017. Läs mer på www.E2B2.se.

