

DESIGN FOR DECONSTRUCTION

Kartläggning av byggnadselement



Juni 2017

Elsa Fahlén, Johan Sidenmark, Pernilla Löfås och Linda Cusumano

Fotot på rapportens framsida visar en balk (©Sten Jansin/NCC).

Kontakt

Elsa Fahlén (elsa.fahlen@ncc.se)

Johan Sidenmark (johan.sidenmark@ncc.se)

NCC Building Sverige AB

SAMMANFATTNING

EU-kommissionen har antagit ett paket för att påskynda omställningen till en cirkulär ekonomi (EC, 2015). Enligt EU-kommissionen måste vi använda våra resurser smartare och på ett mer hållbart sätt för att säkerställa en hållbar tillväxt. Till skillnad från den linjära ekonomins ”slit-och-släng” modell ska värdet av produkter och material bibehållas så länge som möjligt i den cirkulära ekonomin.

Denna förstudie syftar till att öka kunskapen och medvetenheten hos byggbranschens aktörer kring möjligheten att bygga enligt cirkulära principer genom Design for Deconstruction (DfD). DfD handlar om att på ett tidigt skede planera och se till att byggnadselement monteras på ett sätt som gör att de kan demonteras och återanvändas vid rivning eller ombyggnation. Den övergripande frågan som undersöks i denna studie är hur förutsättningarna för DfD ser ut idag för olika byggnadselement samt vad som behöver göras framåt för att öka möjligheterna och minska hindren.

När det är dags för en byggnad att rivas är det ofta många byggnadsdelar, särskilt själva stommen, som är långt ifrån uttjänta. Denna studie fokuserar på den tekniska möjligheten att demontera och återanvända hela stomelement, såsom balkar, pelare, väggar, bjälklag och takstolar. Det bedöms finnas en stor miljöbesparingspotential om dessa byggnadselement, som består av stora mängder material, designas för demontering och återanvändning.

En genomförd enkätstudie som riktats till stomelementsleverantörer visar att DfD är en möjlighet för såväl stål- och trästommar som betongstommar. Vissa leverantörer uppger att de redan idag kan erbjuda stomelement som går att demontera och återanvända. Det skiljer dock mycket mellan olika leverantörer hur mycket de fokuserar på dessa aspekter samt hur långt de kommit med att anpassa deras byggnadselement för demontering och återanvändning.

Det finns osäkerheter kring hur lätt det är att demontera flera av de studerade stomelementen. Fogigjutning, svetsning och armering uppges minska demonterbarheten, återanvändbarheten och flexibiliteten. Entreprenörerna skulle kunna öka möjligheten för DfD genom att exempelvis arbeta med typelement och undvika gjutning på plats. Leverantörerna skulle kunna ersätta igjutning och svetsning med mekaniska kopplingar, såsom skruvade kopplingar. Ett utvecklingsområde för att fler stomelement ska kunna demonteras och återanvändas är att utveckla lösningar som gör att elementen kan leva upp till ras-, last-, brand- och ljudkrav utan att försvåra demontering.

Det finns även andra faktorer som påverkar om byggnadselement går att återanvända, framförallt vilka påfrestningar de har utsatts för. Även förändrade normer, exempelvis kring ljud och brand, kan påverka om ett byggnadselement kan återanvändas. En möjlighet vore att ta fram ett gemensamt förfarande för tillståndsbedömning av stomelement. Det vore även önskvärt att förtydliga juridiken och att upprätta specifika regler och normer vid återanvändning.

En annan utmaning är åtkomligheten till all den information som behövs för att kunna återanvända ett byggnadselement. Den ökade digitaliseringen bedöms därför vara en oerhört viktig pusselbit för att öka möjligheterna för återanvändning. Slutligen konstateras att det krävs samarbete mellan inblandade aktörer och en röd tråd genom processen för att lyckas bygga cirkulärt genom DfD.

FÖRORD

Vår värld förändras snabbare än någonsin tidigare. År 2050 kommer 70 % av världens befolkning att leva i städer. Den snabba urbaniseringen skakar om hela byggbranschen. Världens storstäder växer med ca 200 000 nya invånare per dag, och alla behöver prisvärda bostäder, kontor, skolor och sjukhus samt all den infrastruktur som krävs för att lösa detta. Denna intensiva ny- och ombyggnationen leder till att byggbranschen förbrukar ca 40 % av den totala material- och energiförbrukningen i Europa. Dessutom genererar branschen 30 % av allt avfall inom Europeiska unionen.

Ställt inför dessa fakta blir det uppenbart att byggindustrin behöver bryta med sina traditionella sätt att arbeta och istället fundera på hur en omställning till en cirkulär ekonomi ska gå till. De företag som blir vinnare i en cirkulär ekonomi är de som är mest resurseffektiva och det finns en stor potential för byggbranschen att förbättra sin produktivitet och effektivitet. En avgörande faktor är digitaliseringen och vi ser att innovativ teknik och nya arbetsmetoder kommer snabbt inom branschen. Några exempel på detta är digitalt byggande (VDC och BIM), digitala marknadsplatser, användningen av drönare, laser scanning och 3D-printing, vilket bådär gott inför framtiden.

Metoder som Design for Deconstruction (DfD), redesign, upcycle och återbruk är andra exempel på nya metoder som kan leda till en betydande minskning av byggavfallet. Genom att använda de nya principer som metoderna baseras på kan en byggnad utformas så att funktioner och byggnadsdelar kan återbrukas i helt nya byggnader. Metoderna har funnits en tid, men med digitaliseringen kan deras fulla potential bättre utnyttjas genom bättre spårbarhet och kvalitets- och funktionskontroll.

Vi vet att det finns många fördelar med DfD, som att olika byggnadsmaterials livslängd enkelt kan förlängas och att funktioner kan optimeras. DfD har även en stor potential för att skapa jobb och har potential att stimulera skapandet av en helt ny marknad för byggnadsmaterial i flera omgångar. I slutändan bidrar DfD till att producera mer flexibla och anpassningsbara byggnader, med komponenter som lättare kan underhållas och repareras. Det är därför inte orimligt att anta att byggnader med DfD-funktioner kommer att ha större marknadsvärde.

Huvudsyftet med denna SBUF-studie är att lyfta fram viktiga insikter om DfD samt att undersöka vägar framåt så att branschen kan snabba på sin omställning till cirkulär ekonomi och bidra till att sluta de tekniska kretsloppen för att kunna maximera sitt bidrag till ett resurseffektivt samhällsbyggande. Arbetet har utförts av en liten arbetsgrupp på NCC.

Vi vill tacka SBUF och NCC som finansierat denna studie. Vi vill även tacka alla engagerade referensgruppsdeltagare: Ivana Kildsgaard (LINK Arkitekter), Jens Thulin (Godsinlösen AB), Peder Welander (Moelven), Martin Sandén (NCC PD), Richard Jørgensen (NCC Recycling), Viveke Ihd och Dan Eklöf (Ragn-sells AB), Kjell Steen (Rivners/Lotus), Peter Örn (Saint Gobain), Anna Freiholtz, Åsa Pallin och Åsa Reinsson (Uppsalahem AB), Per Löfgren (JM), Joakim Jepsson (SKANSKA), Johnny Gfrörer (Lotus) samt Börje Abinger (ARECO).

Johan Sidenmark, initiativtagare till studien och projektledare

Juni 2017

ORD OCH BEGREPP

Cirkulär ekonomi	”I en cirkulär ekonomi bibehålls värdet av produkter och material så länge som möjligt. Avfall och resursanvändning minimeras, och resurser behålls inom ekonomin när en produkt har nått slutet av sin livscykel, för att användas på nytt och skapa ytterligare värde.” (EC, 2015).
Demolering	Rivning.
Demontering/dekonstruktion	När en byggnad demonteras/dekonstrueras plockas den isär till dess ingående byggnadselement, delkomponenter och material.
Design for Adaptability	Att bygga in flexibilitet och anpassningsbarhet – att på ett tidigt skede planera för både dagens behov och framtida behov så att det är möjligt att använda samma byggnad och samma byggnadselement under en längre tid utan att behöva riva och bygga nytt.
Design for Deconstruction (DfD)	Att på ett tidigt skede planera in byggnadselement och montera dem på ett sätt så att de kan återanvändas vid rivning, renovering eller ombyggnad. På detta sätt återförs byggprodukter tillbaka in i produktionen istället för att återvinnas eller bli ett avfall.
Design for Disassembly (DfD)	Samma som Design for Deconstruction.
Design for Reuse	Samma som Design for Deconstruction.
Flexibilitet	Anpassningsbarhet, se även förklaring till ”Design for adaptability”.
Fog	Skarv.
Klimatskal	Fasad- eller takelement som inte har någon bärande funktion utan finns där för att skilja inneklimat från uteklimat.
Kopplingspunkt	Ett annat ord för sammanfogning, infästning, förband, förslutning eller fog, dvs. punkter som sammankopplas genom att exempelvis bulta, skruva, gjuta, limma etc.
Montering	Hopkoppling av delkomponenter samt av byggnadselement till en gemensam konstruktion.
Platsgjutna element	Byggnadselement som gjuts i platsbyggda formar på byggnadsplatsen.

Prefabricerade element	Standardiserade byggnadselement som är tillverkade på förhand och som transporteras i dess helhet fram till byggnadsplatsen. Prefabelement går lättare att monteras in och monteras ut än platsgjutna element.
Remontering	Montering av återanvända (tidigare använda och demonterade) delkomponenter och byggnadselement.
Sekundära produkter och material	Produkter och material som återanvänds eller återvinns och därmed blir en del av andra produkters livscykel (PCR, 2014).
Semi-prefabricerade element	Prefabelement som på byggnadsplatsen gjuts ihop så att de bildar en monolitisk konstruktion.
Stomelement	Byggnadselement som behövs för att överföra krafter från personer, inredning, vind-och snö etc. ned till grunden.
Återanvändning/Återbruk	Återanvändning innebär att något som inte är avfall används igen för att fylla samma funktion som det ursprungligen var avsett för.
Återvinning	”Återvinning innebär att avfallet kommer till nytta som ersättning för annat material eller förbereds för att komma till sådan nytta eller en avfallshantering som innebär förberedelse för återanvändning” (eBVD, 2016).

INNEHÅLL

1	INLEDNING	8
1.1	BAKGRUND.....	8
1.2	SYFTE & MÅLGRUPP	9
1.3	GENOMFÖRANDE.....	9
1.4	AVGRÄNSNINGAR.....	9
2	DFD-PRINCIPER OCH METODER	12
2.1	DFD-PRINCIPER OCH STRATEGIER.....	12
2.2	BEDÖMNING AV DEMONTERBARHET OCH ÅTERANVÄNDBARHET	13
3	STUDERADE STOMELEMENT	14
4	KARTLÄGGNING AV STOMELEMENT	16
4.1	ENKÄTFORMULÄR	16
4.2	RESPONDENTER.....	16
4.3	SUMMERING AV ENKÄTSVAR	16
4.4	SAMMANFATTNING AV KARTLÄGGNINGEN	21
5	WORKSHOP – HUR GÅR VI FRÅN ORD TILL HANDLING?	24
5.1	MÖJLIGHETER	24
5.2	HINDER	24
5.3	ÅTGÄRDSFÖRSLAG	25
6	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	26
6.1	DFD-PRINCIPER OCH BEDÖMNINGSMETODER	26
6.2	POTENTIAL FÖR DFD HOS STOMELEMENT	26
6.3	KNÄCKFRÅGOR	27
6.4	IDÉER TILL FORTSATT ARBETE	30
7	REFERENSLISTA	31
BILAGA 1. LAGAR, BRANSCHSTANDARDER OCH MILJÖBEDÖMNINGSSYSTEM		33
BILAGA 2. FORMULÄR TILL LEVERANTÖRER		38
BILAGA 3. WORKSHOP		40

1 INLEDNING

I detta avsnitt ges en bakgrund till studien, följt av studiens syfte, målgrupp samt genomförande och avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Den 2 december 2015 antog EU-kommissionen ett paket för att påskynda omställningen till en cirkulär ekonomi (EC, 2015). Enligt EU-kommissionen måste vi använda våra resurser smartare och på ett mer hållbart sätt för att säkerställa en hållbar tillväxt för EU. Till skillnad från den linjära ekonomins ”slit-och-släng” modell ska värdet av produkter och material bibehållas så länge som möjligt i den cirkulära ekonomin (EC, 2015).

Byggsektorn inom EU producerar årligen 500 miljoner ton bygg- och rivningsavfall. Samma sektor står för ca 35 % av totala resursanvändningen och står även för en betydande del av koldioxidutsläpp på grund av alla transporter under produktionen. Globalt sett förväntas efterfrågan att öka med 70 % på nya bygg- och anläggningsprojekt inom en 10-årsperiod, vilket kommer att leda till ytterligare resursanvändning och koldioxidutsläpp om vi fortsätter att bygga som idag. En lösning på problemet är en omställning till ett byggande baserat på cirkulära principer.

En av de cirkulära principer som har funnits ett tag inom byggbranschen är Design for Deconstruction (DfD). DfD handlar om att på ett tidigt skede planera och se till att byggnadselement monteras på ett sätt som gör att de kan demonteras och återanvändas vid rivning eller ombyggnation. Med hjälp av DfD kan byggprodukter återföras tillbaka in i produktionen istället för att som idag bli avfall som energiåtervinns eller i bästa fall återvinns som fyllnadsmaterial. Vid återanvändning används produkten igen, utan ändringar av design eller material, till skillnad från återvinning som innebär att produktdesignen förstörs och att man endast tar vara på materialet för att tillverka nya produkter.

Att ställa om byggprocessen till att bygga enligt cirkulära principer genom DfD är en utmaning som kräver nytänkande, innovation och nya affärsmodeller. Bland annat behövs smarta monteringslösningar. Det behövs dokumentation och spårbarhet samt en långsiktig plan för åtkomst till informationen långt senare. Samtidigt som omställningen är en utmaning kan den innebära en stor nytta för branschen med fördelar inom miljö, samhälle och kostnadseffektivitet.

Affärsnyttan ligger i att den som idag äger en fastighet har en kostnad kopplad till byggnaden vid rivning eller ombyggnation. Denna kostnad beror till stor del på avfallens mängd och farlighet samt på arbets- och maskinkostnader för att riva och transportera material till och från projektet. Vid DfD som byggmetod används istället byggnaden som en materialbank. Byggnadselementen ses då som en resurs istället som ett miljöproblem och en kostnad. Till exempel kan flexibla innerväggar som är monterade enligt DfD återanvändas flera gånger om.

En aktuell studie från Danmark har visat att rivningskostnaden kan vara mycket hög. I studien visas att rivning av ett nytt kontor på ca 42 000 kvm som byggs med konventionella metoder skulle kosta fastighetsägaren ca 16 miljoner DKR (Gulddager Jensen och Sommer, 2016.). Om byggnaden istället använder DfD fullt ut som byggmetod, innebär det att fastighetsägaren istället för rivning, kan demontera byggnaden och sälja material och byggelement och därmed få en intäkt på ca 35 miljoner DKR (BCF, 2017).

Att använda DfD i byggprocessen kan även innebära att entreprenörernas arbetsflöden och logistik optimeras. Det visar ett exempel i New York, Carmel Place, där en snabb montering på plats effektiviserade tiden för byggprocessen och minskade störningar till omgivningen i form av buller, transporter samt minskade avfall.

DfD kan även medföra nya arbetstillfällen, bland annat behövs specialister på demontering. Att byggnader blir mer flexibla kan innebära nya slags uppdrag, som att t.ex. ställa om byggnader i takt med att staden växer. Ett exempel på detta är NCC:s nya huvudkontor i Oslo som är designat så att kontoret kan omvandlas till bostäder när stadskärnan växer. Det medför att ny kompetens behövs, dels för själva uppförandet, men även vid omställningen av byggnaden.

Potentialen för DfD är med andra ord stor. Dessvärre förefaller den praktiska kunskapen inom området vara låg, eller i bästa fall fragmenterad. Byggbranschen har inte lyckats att kommersialiserat dessa principer. Det är därför oklart vilka byggnadselement som bäst lämpar sig för DfD, vilka materialströmmar som är mest prioriterade och hur byggprodukter ska dokumenteras och följas upp under en byggnads livscykel.

1.2 Syfte & målgrupp

Denna förstudie syftar till att öka kunskapen och medvetenheten hos byggbranschens aktörer kring möjligheten att bygga enligt cirkulära principer genom DfD. Den övergripande frågan som undersöks är hur förutsättningarna ser ut idag för olika byggnadselement samt vad som behöver göras framåt för att öka möjligheterna och minska hindren. Mer specifikt behandlas följande frågor:

1. Vilka principer, strategier och bedömningsmetoder finns för DfD?
2. Hur förberedda är olika byggnadselement idag för demontering och återanvändning?
3. Vilka knäckfrågor behöver lösas för att öka möjligheterna och minska hindren för DfD?

Resultatet från projektet kommer att fungera som underlag för ett utvecklat arbete inom DfD-området. Målgruppen är entreprenörer, projektörer, arkitekter, inköpare och byggherrar. Genom ökad kunskap är ambitionen på sikt att nå ett scenario där byggbranschen till så stor del som möjligt designat bort bygg- och rivningsavfall.

1.3 Genomförande

Projektet har pågått från januari till och med juni 2017. Genomförandet av projektet har i huvudsak skett genom följande tre delmoment:

- Litteraturgenomgång av DfD-principer, bedömningsmetoder samt tillämpning för olika byggnadselement
- Enkätstudie som riktat sig till leverantörer för att kartlägga möjligheten att demontera och återanvända stomelement idag och framöver
- Referensgruppsmöten och workshop med branschaktörer med temat "Hur går vi från ord till handling?"

1.4 Avgränsningar

Studien fokuserar på den tekniska möjligheten att i praktiken demontera och återanvända hela stomelement. För motiveringar till detta, se följande avsnitt.

1.4.1 Demontering för återanvändning

Det finns idag en stor mängd studier kring möjligheterna för cirkulär ekonomi och DfD, men än så länge finns relativt få exempel för då DfD-principerna tillämpats fullt ut i skarpa projekt. Eftersom en större miljönytta bedöms kunna uppnås genom återanvändning av byggnadselement jämfört med material- eller energiåtervinning, ligger studiens fokus på möjligheten att återanvända hela eller delar av byggnadselement.

Potentialen att återanvända ett byggnadselement kan lätt överskattas om inte demonterbarheten beaktas noggrant. Då demonterbarheten bedöms vara en av de mest kritiska faktorerna för att möjliggöra återanvändning, har denna parameter ägnats störst uppmärksamhet i kartläggningen av byggnadselements potential för DfD. Utöver demonterbarhet behandlas även dokumentation och spårbarhet.

Det finns givetvis andra viktiga parametrar vid bedömning av potentialen för DfD, såsom ekonomiska, ekologiska och sociala, vilka dock har uteslutits pga. av studiens begränsade omfattning. För en genomgång av dessa aspekter, se exempelvis Rios m.fl. (2015).

1.4.2 Stora prefabricerade stomelement

Byggnadselementens, materialens och delkomponenternas livslängd är en viktig parameter för att det ska vara värdefullt att lägga tid och pengar på att designa för demontering och återanvändning. Jämfört med möbler och inredning (5-20 år) och installationer (5-30 år), har fasadelement (30-60 år) och bärande konstruktioner (60-200 år) en betydligt längre livslängd (Guy och Ciarimboli, 2007).

Stomelement

Det bedöms finnas en stor miljöbesparingspotential om de stora byggnadselementen som består av stora mängder material designas för demontering och återanvändning. De är ofta relativt ”rena” och består exempelvis av ett eller ett fåtal olika typer av material. Att använda material som använts under många år och som dessutom har få tillsatser innebär en minskad risk för farligt kemiskt innehåll. Med bakgrund av detta är studien avgränsad till stora bärande stomelement (balkar, pelare, väggar, bjälklagselement och takstolar).

Prefabricerade byggnadselement

Prefabricerade byggnadselement är redan från början byggda som moduler eller element och är därför lättare att montera in och ut ur en byggnad. Alternativet med exempelvis platsbyggda eller platsgjutna konstruktioner kan göra det betydligt svårare att demontera och återanvända. Med bakgrund av detta ingår endast prefabricerade byggnadselement i studien.

Övriga byggnadselement

Inledningsvis ingick även icke-bärande klimatskalselement (utfackningsväggar, paroc-element och takelement) i enkätstudien men på grund av få enkätsvar från leverantörer uteslöts senare dessa element. Den främsta orsaken till få enkätsvar var att studien avgränsades (av budgetsäl) till att enbart täcka in svenska leverantörer av byggnadselement, vilket ledde till att färre klimatskalsleverantörer kontaktades jämfört med stomelementsleverantörer.

Givetvis är det intressant att även titta på möjligheterna till återbruk av andra byggnadselement, såsom exempelvis installationer och inredning. Inom ramen för ett samverkansprojekt mellan IVL Svenska Miljöinstitutet, Vasakronan, Folksam och Kompanjonen har möjligheten för demontering och återbruk av fast konstorsinredning redan utretts (Youhanan m.fl., 2016).

I IVL-projektet identifierades sex produktgrupper som särskilt lämpliga för återbruk, nämligen dörrpartier, innerväggar och tak (glaspartier och akustikskivor) samt VVS (handfat och toaletter), beslag och dörrautomatik (handtag, beslag och dörrstängare), belysning, galler och smide (spiraltrappor, ramper och förrådsgaller). Dessa produkter sågs som särskilt intressanta eftersom de har stor efterfrågan, är standardiserade, är lätta att demontera och går att återanvända. Samtidigt ger de stora miljövinster enligt projektet. Innehållet av farliga ämnen är lågt, vilket innebär en god förutsättning för att kunna återcirkulera produkterna.

2 DfD-PRINCIPER OCH METODER

I detta avsnitt presenteras principer och strategier för att öka demonterbarheten och återanvändbarheten hos byggnadselement. Dessutom undersöks vilka parametrar och frågor som behöver ställas för att kunna bedöma potentialen för DfD hos enskilda byggnadselement.

2.1 DfD-principer och strategier

Det är viktigt att tanken om dekonstruktion finns med redan från början eftersom man redan i projekteringsstadiet bör ta med dessa aspekter. Nedan presenteras tio principer för DfD som i huvudsak baseras på de principer för DfD inom byggbranschen som Guy och Ciarimboli (2007) tagit fram. Under respektive rubrik ges tips på hur principerna kan tillämpas för stomelement utifrån en mängd olika studier.

1. Dokumentera material samt metoder för demontering

Det är mycket viktigt att dokumentera de olika byggnadsdelarna dels för identifiering och spårbarhet men även för lastkapaciteter, dimensioneringsnorm, brandklass, tillverkare, tillverkningsår, materialkvaliteter, tillverkningsritningar, underhållsdata och demonteringsanvisningar.

2. Välj material utifrån försiktighetsprincipen

Minimera risken att bygga in farligt kemiskt innehåll genom att kvalitetssäkra materialval. Använd material av hög kvalitet för att möjliggöra återanvändning. Designa och bygg med återanvänt material för att sluta kretsloppet.

3. Designa infästningar så att de är åtkomliga

Designa in utrymmen som tillåter demontering samt logistik. Att ha synliga och åtkomliga kopplingar underlättar för en varsam demontering och förhindrar att material, komponenter eller närliggande byggnadselement går sönder.

4. Välj infästningar som klarar att monteras isär

Välj infästningar som klarar att monteras isär och underlättar utbyten av material och delar. Undvik kemiska kopplingar och välj mekaniska där det är möjligt. Använd exempelvis hellre bult- och skruvkopplingar än svetsar och sammangjutningar. Fasadskivor kan klämmas fast. Tänk även på val av fogbruk och undergjutningsbruk, exempelvis kan vattenlösligt bruk spolas bort för att sedan möjliggöra demontering av elementen.

Gulddager Jenssen och Sommer (2016) presenteras vilka monteringslösningar som är lämpliga för trä, stål respektive betongelement och Guy och Ciarimboli (2007) listar för- och nackdelar med olika kopplingar.

5. Förenkla och standardisera sammanfogningar och kopplingar

Jobba enligt en standardpalett av sammanfogningar för att underlätta montering och demontering och minska arbetsinsatsen.

6. Förenkla och separera olika tekniksystem

Undvik lösningar där installationer integreras i stommen.

7. **Minska byggnadernas komplexitet**

Välj en enkel och repetitiv stomme. Använd stora element och standardmått. Använd så få olika material som möjligt och använd ”rena” byggnadskomponenter som består av få material. Om olika material blandas så begränsas elementets totala livslängd till den materialkomponent som har kortast livslängd såvida den inte kan bytas ut.

8. **Designa för prefabrikation, förmonterat och modulbyggande**

Prefabricerade stomelement är mer lämpade för demontering eftersom de redan ursprungligen är utförda som element.

9. **Designa för flexibilitet och anpassningsförmåga**

Designa för flexibilitet genom att utveckla byggnader med hög anpassningsbarhet. Försök att ha så långa spännvidder (hur långt det är mellan bärande element) som möjligt för att möjliggöra en mer flexibel användning av de invändiga ytorna. Designa in överkapacitet i grundkonstruktionen för att kunna möjliggöra en framtida påbyggnad.

10. **Säkerställa en hälsosam och säker arbetsmiljö**

Det behöver finnas utrymme att kunna röra sig fritt samt bra logistiska lösningar för att möjliggöra en säker och snabb demonteringsprocess.

2.2 **Bedömning av demonterbarhet och återanvändbarhet**

För att ta reda på vilka frågor som är viktiga att ta med vid bedömning av potentialen för demontering och återanvändning hos enskilda byggnadselement har en litteraturgenomgång genomförts. Följande frågor har undersökts: Hur ställs frågor kring demonterbarhet och återanvändbarhet i tidigare studier? Hur hanteras återanvändning och demonterbarhet i lagar, branschstandarder och miljöbedömningssystem?

I litteraturen hittas endast övergripande frågor kring demonterbarhet och återanvändbarhet. Nedan ges två exempel på studier som lyft dessa frågor. I en inventering av 146 produkter som ingick i ett typiskt byggprojekts loggbok angav producenterna att ungefär hälften av dessa produkter kan återanvändas (Löfås m.fl., 2015). Samtidigt visade det sig att det fanns flera fall där det inte skulle vara praktiskt genomförbart att återanvända de produkter som byggts in i nya byggnader. Slutsatsen drogs att det skulle krävas produktutveckling för att anpassa produkterna så att de kan demonteras för att kunna användas på nytt.

Demonterbarhet (”deconstructability”), reparerbarhet, återvinningsbarhet är några av de parametrar som användes i utvärderingen av ett antal byggnadselement i en WRAP-rapport (Stubbs, 2010). Utöver detta jämfördes även olika byggnadselements materialanvändning, spill, kostnad, tid samt koldioxidutsläpp.

Nytan med återanvändning och återvinning uppmärksammas eller avspeglas i olika hög grad i lagar, branschstandarder och miljöbedömningssystem. Däremot tenderar demonteringsaspekten att glömmas bort. Potentialen att återanvända ett byggnadselement kan lätt överskattas om inte demonterbarheten beaktas noggrant. En detaljerad genomgång av hur återanvändning och demonterbarhet hanteras i lagar, branschstandarder och miljöbedömningssystem finns presenterat i Bilaga 1.

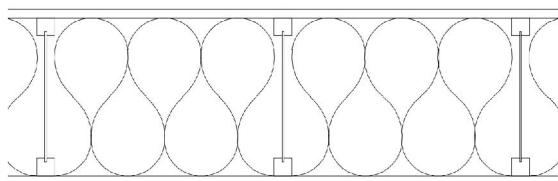
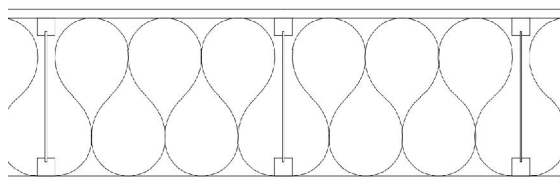
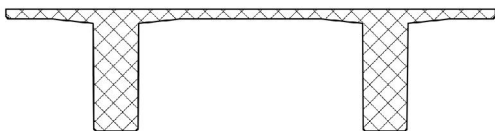
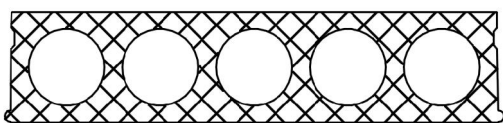
3 STUDERADE STOMELEMENT

Denna studie fokuserar på prefabricerade stomelement, vilka beskrivs mer ingående i detta avsnitt.

Med stomelement menas de byggelement som behövs för att föra krafter från personer, inredning, vind-och snö etc. ned till grunden. Exempel på prefabricerade stomelement är håldäckselement, TT-kassetter, massivplattor, gråväggar, skalväggar, sandwichväggar, takkassetter, bjälklagselement, balkar och pelare. Nedan följer en beskrivning av olika stomelement, se Tabell 1.

Tabell 1 Skisser och beskrivningar av studerade byggnadselement

Skiss av byggnadselement



Beskrivning

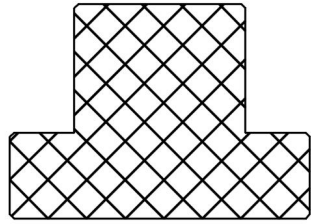
Håldäck är prefabricerade förspända betongelement med en bredd på max 1,2 m. I elementen finns ingjutna hål/kanaler för att reducera elementvikten. Håldäck används som bjälklag i många olika typer av byggnader där stora spännvidder önskas.

TT-kassetter är förspända betongelement med en bredd på max 2,4 m. Elementen ser ut som två sammansatta T-profiler. TT-kassetter används ofta som bjälklag eller tak, där stora spännvidder önskas.

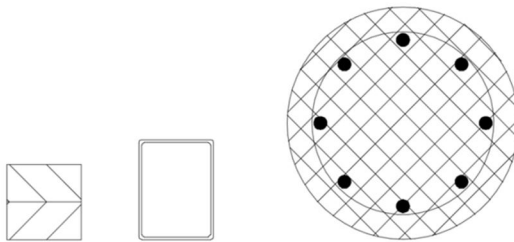
Massivplattor, även kallade RD-plattor, är rektangulära massiva prefabricerade betongelement som kan vara både slakarmerade och spännarmerade. De används oftast som bjälklagselement och kan utföras i varierande bredder.

Bjälklagselement kan utföras av betong eller av trä- och stålelement. Träelementen kan vara entingen av massivt korslimmat trä, eller av träbalkar med skivor i överkant och underkant. Bjälklagselementen finns i många olika variationer, se ett exempel till vänster.

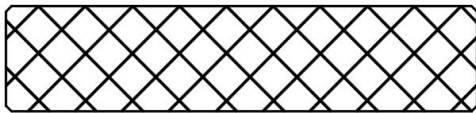
Takkassetter är bärande färdigisolerade takelement. De kan utgöras av träbalkar med skivor i överkant och underkant. Mellan träbalkarna finns isolering. Takkassetter kan även utföras som cellpast med pålimmade plåtar på vardera sida.



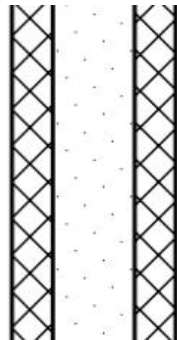
Betongbalkar – Prefabricerade balkar av betong. Kan vara både slakarmerade och spännarmerade.



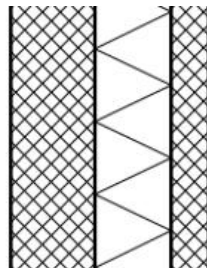
Bärande prefabricerade pelare som kan vara utförda av såväl stål, trä och betong. De görs med många olika tvärsnitt och i valbara längder. De bärande stål-, trä- och betongpelarna finns i många olika variationer, se några exempel till vänster.



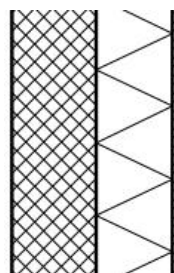
Gråväggar är bärande prefabricerade massiva betonginnerväggar.



Skalväggar består av två färdigarmerade ytterskivor av betong, med ett hålrum emellan. Skivorna är sammanbundna med armeringsstegar. Väggarna görs på fabrik och monteras på byggarbetsplatsen. Efter montaget gjuts mellanrummet mellan ytterskivorna igen med betong.



Sandwichväggar är ett bärande fasadelment av tre lager. Innerst finns en bärande betongskiva, sedan ett isoleringslager av vanligtvis cellplast eller mineralull, och ytterst en fasadskiva i betong. Elementets olika betongskivor sammanbinds med så kallade armeringsstegar.



VI-väggar består av en massiv betongskiva med isolering utanpå. Väggen kompletteras med fasadmaterial på byggarbetsplatsen.

4 KARTLÄGGNING AV STOMELEMENT

I detta avsnitt presenteras kartläggningen över hur förberedda olika stomelement är idag för att demonteras och återanvändas utifrån en genomförd enkätstudie. Slutligen presenteras leverantörernas egna förslag på vad leverantörer och entreprenörer kan göra för att öka demonterbarheten och återanvändbarheten hos dessa byggnadselement.

4.1 Enkätformulär

I och med att det saknas detaljerade frågor kring demonterbarhet och återanvändbarhet av byggnadselement i litteraturen såväl som i lagar, branschstandarder och miljöbedömningssystem har ett eget enkätformulär tagits fram, se Bilaga 2. Frågorna är anpassade för bärande stomelement och icke-bärande klimatskalselement (som till en början ingick i studien). Frågorna baseras på principerna för DfD med särskild hänsyn till de tekniska möjligheterna att i praktiken demontera och återanvända hela byggnadselement eller att kunna byta ut eller uppgradera komponenter i byggnadselementet (för klimatskalselement). Följande aspekter beaktas:

- Livslängd och begränsande faktorer
- Demonterbarhet
- Kopplingar
- Återanvändning
- Anpassningsbarhet
- Dokumentation kring demonterbarhet
- Övrig dokumentation och spårbarhet för att underlätta återbruk
- Leverantörernas möjlighet att öka demonterbarheten och återanvändbarheten
- Entreprenörernas möjlighet att öka demonterbarheten och återanvändbarheten

4.2 Respondenter

Formuläret, se Bilaga 2, har skickats ut till totalt 15 stomelementsleverantörer, varav svar har kommit in från 13 leverantörer. Enkätsvaren täcker in leverantörer av pelare, balkar samt bärande bjälklags-, väggelement och takstolar. Dessa baseras på betong, stål eller trä alternativt en kombination av dessa. Bland respondenterna finns fyra betongelementsleverantörer, tre leverantörer av både betong- och stålelement, en renodlad stålelementsleverantör, fyra leverantörer av i huvudsakligen träbaserade stomelement (vilka tillsammans täcker in tak, takstolar, väggar, bjälklag, balkar) samt en leverantör av ett stomelement (vägg) i cementbunden träull. För beskrivningar av de olika stomelementen, se Tabell 1.

4.3 Summering av enkätsvar

Nedan summeras leverantörernas enkätsvar kring hur förutsättningarna ser ut idag samt vad som kan göras mer för att öka demonterbarheten och återanvändbarheten hos byggnadselement framöver.

Livslängd och begränsande faktorer

Betongstomelementen uppges antingen vara klassade enligt livslängdsklass¹ på antingen 50 eller 100 år (L50 eller L100) eller beräknas till eller uppges hålla minst 50 eller 100 år. Vissa leverantörer påpekar att byggnadselementen kan hålla ännu längre. Begränsande faktorer för betongstomelementens livslängd uppges vara följande (utan inbördes rangordning): yttre miljö, väder och vind, beständighet, belastning², dynamiska laster³, korrosion, täckskikt och angrepp på armering, underhåll, framtida brukarkrav och markvärden samt förändrade normer gällande ljud och brand.

Livslängden för stålstomelement uppges variera beroende på ytbehandling, vilket kan resultera i en livslängd på mellan 20 och 100 år. Begränsande faktorer för livslängden är korrosion och korrosivitetskyddet.

Trästomelementsleverantörerna uppger att deras stomelement har en livslängd på minst 50 år. Underhåll, fukt samt ändrade lastförutsättningar uppges påverka livslängden. En leverantör uppger att det inte finns någon begränsning om besiktningar och kontroller utförs enligt leverantörens rekommendationer. För väggelementet i cementbunden träull anges minst 80 år som livslängd och mekanisk påverkan uppges vara begränsande för dess livslängd.

Demontebarhet

Frågan om demontebarhet för stomelement fokuserar på demontering av byggnadselementet i dess helhet.

En betongstomelementleverantör har ett koncept för en stomme bestående av pelare, balk och TT-kassetter (för P-hus) som är designat för demontering och återanvändning. Deras övriga stomelement uppges vara demontebara, men att det krävs större ansträngning då dessa har anslutningsdetaljer med fogigjutning. Leverantören ger även ett exempel på ett kontorshus i helprefab-betong som har demonterats och flyttats.

Flera leverantörer uppger att element som foggjuts ihop är svåra eller mer krävande att demontera, exempelvis uppges plattbärlag och skalväggar i betong vara svåra att demontera då dessa tillsammans med platsgjutning bildar en monolitisk konstruktion. Andra byggnadselement uppges kunna gå att demontera, även om det inte är så lätt. Rasarmering nämns som ett hinder för att demontera exempelvis håldäck.

Två leverantörer uppger att stålstommar kan bultas, vilka därmed är lättare att demontera. En annan leverantör av stålstommar uppger att deras element är svåra att demontera pga. att balkarna är ingjutna i bjälklaget.

Tre leverantörer av trästomelement uppger att hela byggnadselementet går lätt att demontera. En träelementleverantör uppger att deras takstol är en väsentlig del i byggnaden där både inner- och yttertak är fästa, och att det därför inte är lätt att demontera. Väggelementet i cementbunden träull anges inte vara lätt att demontera i dagsläget.

¹ Vid tolkning av svaren gällande livslängd är det viktigt att skilja på total teknisk livslängd och konstruktiv livslängdsklass (ex. L50 eller L100). Klassningen innebär att byggnadselementet ska kunna stå motsvarande tid (ex. 50 eller 100 år) utan inspektion eller åtgärd samt att byggnadselementet ska vara inspekterbart efter denna tid. Byggnadselementet kan därefter hålla länge till, exempelvis lika länge eller ännu längre beroende på skick.

² Med belastning avses troligtvis utnyttjandegraden av byggnadselementets totala kapacitet.

³ Med dynamiska laster avses vanligen rörliga laster såsom vibrationer och svängningar.

Kopplingar

Leverantörerna av betongelement använder sig av olika kopplingar till anslutande stomme: mekaniska kopplingar (som går att skära av), inborrade infästningar till stomme och kopplingar via den, fogigjutning, gjutna armerade kopplingar samt skruvkopplingar och svetsade eller igjutna skruvkopplingar. Det är dock oklart om skruvkopplingarna avser leverantörens betong- eller stålelement. Leverantörerna svarar olika på huruvida det är möjligt att fysiskt komma åt kopplingspunkter utan att förstöra deras byggnadselement eller intilliggande byggnadselement. Bland svaren finns "Nej", "Ibland" samt "Tekniskt möjligt". En leverantör uppger att kopplingspunkter är ilagade⁴ och att dessa måste bilas⁵ fram. En annan leverantör uppger att man behöver bila eller "bränna"⁶ fram kopplingsdetaljer, vilket inte behöver förstöra elementen om man gör det varsamt.

Stålelementen uppges bultas, skruvas eller svetsas ihop med anslutande stomme. En leverantör svarar att balkarna är ingjutna i bjälklaget. En annan leverantör av både betong- och stålelement uppger att de mestadels använder svetsade eller igjutna skruvkopplingar alternativt skruvkopplingar, men att gjutna armerade kopplingspunkter också förekommer. Det är dock oklart om vilka kopplingar som används till vad, leverantörens stålelement eller betongelement. Leverantörerna av stålstomelement svarar olika på huruvida det är möjligt att fysiskt komma åt kopplingspunkter utan att förstöra deras byggnadselement eller intilliggande byggnadselement. En stålelementsleverantör uppger att det går att komma åt kopplingspunkterna om det är rent från övrigt material. Andra leverantörer svarar att det inte går eller att det går ibland.

För stomelement i trä används vinkelbeslag, balkskor, skruv, montagejärn, spikade/skruvade vinklar som kopplingar till anlutande stomme. De tre av fyra trästomelementsleverantörer som svarat på frågan om huruvida det är möjligt att fysiskt komma åt kopplingspunkter utan att förstöra deras byggnadselement eller intilliggande byggnadselement har svarat "Ja". För stomelement i cementbunden träull används gjuten betong som koppling till anslutande stomme. Det uppges inte vara möjligt i dagsläget att fysiskt komma åt kopplingspunkter utan att förstöra byggnadselementet eller intilliggande byggnadselement.

Återanvändning

Stomelementsleverantörerna svarar olika på huruvida det är möjligt att återanvända byggnadselementet efter rivning. Flera leverantörer av betongstomelement uppger att det går att återanvända deras byggnadselement efter rivning. Bland svaren finns "Ja", "Ibland" och "Nej".

En leverantör av både betong- och stålstommar uppger att återanvändning förutsätter att det går att sågas/rivas i fogar och att dessa eventuellt måste justeras efter nya upplag⁷. En annan leverantör uppger att stomsystemet kan återanvändas förutsatt att alla tekniska förutsättningar (laster, upplag, spännvidder m.m.) uppfylls. En renodlad stålstomelementleverantör uppger att stomelementen går att återanvända, men påpekar också att delarna är specialanpassade för varje projekt.

⁴ Att kopplingspunkterna uppges vara ilagade tolkas som att hål vid kopplingspunkterna fylls med betong. Betongifyllda hål förhindrar att luft ska komma in, vilket dels påverkar beständigheten hos stålkonstruktioner och dels kan orsaka smältning vid brand.

⁵ Bilning är ett sätt att ta bort gjuten betong, exempelvis med rivningsmaskiner.

⁶ Det är oklart vad leverantören avser med att "bränna" fram kopplingsdetaljer. Leverantören som skriver detta är leverantör av betongelement, och betong kan inte brännas bort.

⁷ Ett upplag är ett stöd. Exempelvis kan väggar och pelare utgöra upplag för ett bjälklagelement.

Samtliga trästomelementleverantörer svarar att det går att återanvända deras byggnadselement efter rivning. En leverantör av takstolar påpekar att det dock sällan görs. En annan leverantör, också av takstolar, säger att elementet måste monteras på en byggnad med samma lastförutsättningar vad avser snözon, takbeklädning m.m.

Två leverantörer av diverse trästomelement svarar ja på frågan om det är möjligt att enkelt justera byggnadselementets längd/höjd för att kunna anpassa och återanvända byggnadselementet, medan två leverantörer av takstolar svarar nej. Den ena leverantören anger som anledning att konstruktionen då måste dimensioneras om. Den andra leverantören svarar att det inte är något de rekommenderar och lyfter istället upp möjligheten att använda delar som regelvirke. Väggelementet i cementbunden träull uppges kunna återanvändas efter rivning.

Anpassningsbarhet

Leverantörerna av betongstomelement svarar olika på frågan om det är möjligt att enkelt justera byggnadselementets längd/höjd för att kunna anpassa och återanvända byggnadselementet. Några svarar nej. Två leverantörer uppger att det är möjligt för håldäck, medan en tredje håldäcksleverantör svarar "nej inte enkelt" på samma fråga. Pelare och balkar uppges inte gå att kapa och återanvändas då det är extra armerat vid upplag osv.

En leverantör uppger att det är statiken⁸ som styr detta helt. Kopplingar sitter i kortändarna, vilket innebär att om elementen kapas så måste nya kopplingar skapas. Väggar uppges kunna sågas ned i vissa fall, men att det är viktigt att titta på hur väggarna är armerade. Runt öppningar, exempelvis runt fönster, finns armering. Minskning fungerar utmärkt men om fönster ska förstöras så kapas armeringen.

Tre leverantörer av betong- och stålstomelement svarar att det inte är möjligt att anpassa deras byggnadselement, medan en fjärde leverantör som enbart levererar stålstommar uppger att stålbalkar kan svetsas ihop.

Väggelementet i cementbunden träull uppges kunna anpassas i mått med hjälp av vanlig motorsåg, tigersåg eller dylikt.

Dokumentation kring demonterbarhet

I vissa fall finns dokumenterad information om hur byggnadselementen kan demonteras, men i många fall saknas detta. Monteringsanvisningar skulle dock kunna användas för demontering, enligt flera leverantörer.

En leverantör av betongstomelement svarar att dokumenterad information om hur byggnadselementet kan demonteras finns för ett specifikt koncept och att det skulle kunna utformas projektspecifikt för övriga produkter. En annan leverantör av stomelement i betong och stål svarar att det finns i vissa projekt där de säljer demonterbara lösningar, annars inte. En leverantör har egen erfarenhet av att demontera byggnader och säger att montagedetaljerna visar var kopplingar finns och att man därmed vet hur man ska kunna demontera. En annan leverantör är inne på samma spår och säger att de montageanvisningar som finns även bör kunna utnyttjas för demontering.

En leverantör av trästomelement svarar att denna dokumentation finns, och en annan träelementleverantör svarar att det borde finnas information i relationshandlingarna utifrån hur

⁸ Med "statiken" avses troligtvis konstruktionen och krav på laster.

man sätter ihop stommen. Övriga två leverantörer av trästomelement (takstolar) samt leverantören av väggelement i cementbunden träull svarar att denna dokumentation inte finns.

Övrig dokumentation och spårbarhet för att underlätta återbruk

På frågan om det är möjligt att enkelt dokumentera lastkapaciteter, exponeringsklasser, brandklasser etc. för byggnadselementet för att underlätta återbruk och spårbarhet svarar de allra flesta stomelementsleverantörer ja. Dokumentationen uppges finnas i olika former.

Dokumentationen uppges framgå av projekteringsunderlaget, de projektspecifika beräkningarna, K-handlingarna, tillverkningsritningarna samt element- och monteritningarna. En leverantör uppger att exponeringsklass och brandklass finns att utläsa på tillverkningsritningarna och att lastkapaciteter måste utläsas ur statikberäkningarna.

En leverantör uppger att dokumentationen skickas med leveransen. En annan leverantör uppger att de har full spårbarhet på elementen så länge man kan identifiera "Littra-lappen"⁹. En tredje leverantör säger att de för varje element har en "QR"-kod som kan läsas in i BIM modellen via en gratis app, vilken skulle kunna användas när relationshandlingen tas fram. Där finns information om vikt, längd samt var elementet är. EPD:n är kopplad till byggvarubedömningen.

Leverantörernas möjlighet att öka demonterbarheten och återanvändbarheten

En betongelementsleverantör har redan utvecklat ett koncept för ändamålet och uppger att de även skulle kunna ta fram instruktion för demontering även för andra koncept om efterfrågan fanns. En annan betongelementsleverantör bedömer att de inte behöver göra mer, utan uppger att om deras ritningar används vid montage så kan de även användas vid demontering.

En betongelementsleverantör svarar att det är svårt att demontera deras element pga. att balkarna är ingjutna i bjälklaget. En annan betongelementsleverantör uppger att de har element för platsbyggnad i bjälklag och väggar som svar på frågan om vad de som leverantör skulle kunna göra mer för att öka demonterbarheten och återanvändbarheten. Författarna tolkar detta som att leverantörerna inte ser DfD som en möjlig tillämpning för deras mer semi-prefabricerade byggnadselement.

Flera åtgärdsförslag berör kopplingar där exempelvis igjutning och svetsning föreslås ersättas av mer mekaniska kopplingar, såsom exempelvis skruvade och skruvskarvade kopplingar. Exempelvis kan väggar och stål skruvas ihop. Samtidigt lyfts upp att kopplingar och foggjutningar med konstruktiv betong är till för att klara ras, laster, brand och ljud. Att ersätta dessa funktioner i bjälklagen med någon lättare inklädnad skulle påverka skivverkan¹⁰/stabilitet. Detta uppges eventuellt kunna hanteras genom att komplettera konstruktionen med mer stål.

Något annat som lyfts upp är att standardisera armeringen (väggarmering, pelararmering och balkarmering) mer, dvs. att göra mer likt på alla ställen. Ett hinder som lyfts upp är att det är osäkert om man får glädje av detta om ett par decennier, då det redan idag finns problem med att räkna om gamla konstruktioner utefter nya normer pga. förändrade beräkningsregler.

⁹ Varje byggnadselement behöver "littereras", dvs. märkas, för spårbarhetens skull. Informationen kan finnas på en bricka som hänger i en stålbalk, på en påklitrast lapp på ett betongelement eller i form av en streckkod som kan läsas av.

¹⁰ Med skivverkan menas exempelvis när vindlaster, ofta via stabiliserande väggar, förs ner till grunden.

En träelementsleverantör svarar att deras produkter redan är anpassade för att enkelt kunna demonteras. En annan träelementsleverantör svarar att de har en gratis app, vilken kan ge användbar information när relationshandlingen ska tas fram. De två övriga träelementsleverantörerna svarar att de inte kan göra så mycket mer.

Leverantören av cementbunden träull, som använder sig av gjuten betong för koppling till anslutande stomme, uppger att de skulle kunna öka demonterbarheten och återanvändbarheten genom att hitta ett system där betongen byts ut mot något annat. De uppger att det då förmodligen skulle krävas att konstruktionen ”efterspänns” (ungefär som när man efterspannar t.ex. bordsben eller hjulbultar).

Entreprenörernas möjlighet att öka demonterbarheten och återanvändbarheten

En leverantör, som har ett framtaget koncept för ändamålet, uppger att det går att ta fram demonteringsanvisningar för fler produkter/koncept om efterfrågan finns. En annan leverantör uppger att det för deras del krävs en del utvecklingsarbete, dvs. pengar, och att en ökad efterfrågan av deras byggnadselement skulle kunna möjliggöra investering och utveckling av nya montagesystem. Entreprenörerna föreslås ställa krav i förfrågan och att kravet på demonterbarhet tydligt måste finnas i förfrågningsunderlaget (FU) eftersom detta påverkar kostnader och tider.

I övrigt nämns att entreprenören behöver säkerställa att lyftpunkter inte gjuts i på arbetsplatsen, att arbeta med typelement istället för helt fri gestaltning samt att designa för utanpåliggande el- och VVS-installationer. En stålelementsleverantör lyfter upp att entreprenören måste se till att konstruera med skruvade kopplingspunkter. En träelementsleverantör uppmanar entreprenören att ”skruva fast takstolen” medan en annan nämner att delar från deras takstol kan användas som regelvirke.

En tredje träelementsleverantör säger att entreprenören kan spara relationshandlingar och EPD, gärna digitalt kopplat till en app.

4.4 Sammanfattning av kartläggningen

Nedan sammanfattas enkätresultaten i några generella slutsatser följt av identifiering av potentiellt lovande stomelement för DfD.

- **Stomelement har relativt lång livslängd och under denna tid kan mycket hända.** Stomelementen har en relativt lång livslängd, som tekniskt sett kan vara längre än vad de klassas för. Det finns många faktorer som påverkar om byggnadselementet går att återanvända, framförallt vilka påfrestningar byggnadselementet har utsatts för. Dessutom kan förändrade normer, exempelvis gällande ljud och brand, påverka om byggnadselementet kan återanvändas.
- **Återanvändning av flera byggnadselement uppges vara möjligt, men det finns osäkerheter kring hur lätta de är att demontera.** I vissa fall finns dokumenterad information om hur byggnadselementen kan demonteras, men i många fall saknas detta. Monteringsanvisningar skulle dock kunna användas för demontering, enligt flera leverantörer. Det finns dock osäkerheter kring huruvida byggnadselementen går att demonterbara utan att byggnadselementet eller intilliggande byggnadselement förstörs.

- **Olika kopplingar ger olika förutsättningar för demontering och återanvändning.** Fogigjutning, svetsning och armering uppges minska demonterbarheten, återanvändbarheten och flexibiliteten. Rasarmering uppges utgöra ett hinder för att lätt kunna demontera håldäck. Extraarmering vid upplag uppges vara ett hinder för återanvändning av påldäck och balkar. Väggar kan sågas men armering, exempelvis runt fönster, minskar möjligheten att anpassa byggnadselementet efter nya förutsättningar.
- **Olika sätt att dokumentera demonteringsanvisningar och byggnadselementens egenskaper samt olika hantering kring spårbarhet.** Det finns idag flera sätta att dokumentera. Digital dokumentation är något som lyfts upp som en möjlighet.

Nedan presenteras några slutsatser kring möjligheten att demontera och återanvända olika stomelement. Notera att endast ett begränsat antal leverantörer har deltagit i enkätstudien, varför det är svårt att dra generella slutsatser kring möjligheten för DfD hos specifika byggnadselement.

- **DfD är en möjlighet för såväl stål- och trästommar som betongstommar.** Vissa leverantörer uppger att de redan idag kan erbjuda stomelement som går att demontera och återanvända. Det skiljer dock mycket mellan olika leverantörer hur mycket de fokuserar på dessa aspekter samt hur långt de kommit med att anpassa deras byggnadselement för demontering och återanvändning.
- **Renodlad prefab framför semi-prefab.** Renodlade prefabricerade element har större potential för att demonteras än semiprefabelement, såsom exempelvis skalväggar som gjuts ihop med plattbärlag.
- **DfD-lösning finns för vissa betongstomelement på marknaden redan idag.** En leverantör har ett koncept för en betongstomme bestående av pelare, balk och TT-kassetter (för P-hus) som är designat för demontering och återanvändning. Det finns dokumenterat hur byggnadselementen ska demonteras. Betongstommen har byggts in i tre referensprojekt. En annan stomelementsleverantör uppger att de har information hur deras byggnadselementet ska demonteras i de fall de säljer demonterbara lösningar. Håldäck lyfts fram som ett byggnadselement som går att anpassa och återanvända men samtidigt nämns att rasarmering försvårar demontering.
- **Stålstommar kan skruvas och bultas, vilket underlättar demontering och återanvändning.** En renodlad stålelementleverantör uppger att stomelementen går lätt att demontera om skarvarna bultas. Stålbalkar kan svetsas ihop för att kunna anpassa byggnadselementet vid återanvändning.
- **Trästomelement går ofta att demontera och anpassa för återanvändning.** För stomelement i trä används vinkelbeslag, balkskor, skruv, montagejärn, spikade/skruvade vinklar som kopplingar till anlutande stomme. Samtliga trästomelementleverantörer svarar att det går att återanvända deras byggnadselement efter rivning. Vissa stomelement verkar vara lättare att demontera och anpassa i storlek för att kunna återanvändas än andra (takstolar).

Nedan presenteras vad stomelementsleverantörerna själva anser att leverantörer och entreprenörer kan göra mer för att öka demonterbarheten och återanvändbarheten. Något som också lyftes upp i enkätsvaren är att det behövs ställa krav på att demonterbarhet finns med i förfrågningsunderlaget.

- **Vad kan entreprenören göra?** Arbeta med typelement, designa för utanpåliggande el- och VVS-installationer samt undvik gjutning på plats, exempelvis säkerställ att lyftpunkter inte gjuts i på arbetsplatsen.
- **Vad kan leverantören göra?** Ersätta exempelvis igjutning och svetsning med mekaniska kopplingar, såsom skruvade kopplingar, eventuellt komplettera konstruktionen med mer stål för att förhindra påverkan på skivverkan och stabiliteten samt standardisera armeringen, dvs. att göra mer likt på alla ställen.

5 WORKSHOP – HUR GÅR VI FRÅN ORD TILL HANDLING?

I detta avsnitt presenteras resultaten av den workshop som hölls den 22 maj i Dome of Visions, i Stockholm. Målet med workshopen var att tillsammans med branschaktörer identifiera hinder och möjligheter samt utveckla nya idéer och affärsmöjligheter inom ”Design for Deconstruction”.

På workshopen närvarade totalt 18 deltagare, som tillsammans representerade fastighetsutvecklare/förvaltare, arkitekter, entreprenörer, leverantörer, rivningsentreprenörer och avfallsentreprenörer. För en fullständig deltagarlista, se Bilaga 3.

Workshopen bestod av fyra gruppövningar och metoden grundar sig på konceptet ”Value proposition canvas” framtaget av Strategyzer. Notera att workshopen hölls på en allmän nivå för byggnader, och inte inriktat på något särskilt byggnadselement, vilket givetvis även avspeglar sig i resultaten från workshopen.

Första uppgiften handlade om att identifiera hinder (pains) och nyttor (gains) samt att identifiera om det finns kunskapsluckor eller kompetensbrist (customer jobs) som ett hinder för att påbörja omställningen till DfD. Resultaten framgår av Figur 1, se nästa sida. I nästföljande tre avsnitt analyseras dessa resultat utifrån vilka hinder, möjligheter och åtgärdsförslag som kom upp. För övriga resultat från workshopen, se Bilaga 3.

5.1 Möjligheter

Enligt en av workshopdeltagarna så kan ca 75 % av en byggnad demonteras om det finns tid och en ny mottagare. Miljönyttan var något som framhövdes som en möjlighet, exempelvis genom att DfD bidrar till ett minskat behov av att tillverka nytt byggmaterial samt att den ökade spårbarheten ger oss bättre koll på vad som byggs in. Digitaliseringen lyfts även upp som en möjlighet.

På en samhällelig nivå nämndes att DfD kan leda till nya gröna jobb. På företagsnivå kan DfD bidra till att bygga varumärke, attrahera medarbetare samt ge nya kunder. Det finns även en ekonomisk potential med nya affärsmodeller, exempelvis vid långsiktig förvaltning.

Genom att använda standardelement skulle byggprocess kunna effektiviseras. DfD skulle kunna leda till en kortare produktionstid när man väl lärt sig den nya metoden. Det skulle även kunna leda till en bättre arbetsmiljö för yrkeshantverkare.

5.2 Hinder

Bland annat sades att det inte finns någon efterfrågan från beställare, att det saknas incitament för den långsiktighet som krävs och att det saknas lagstiftning och regelverk. Ett annat hinder som nämndes är att material är för billigt. Ett robust och flexibelt system kan dock komma att kräva mer byggmaterial för att klara samma krav, enligt en annan deltagare.

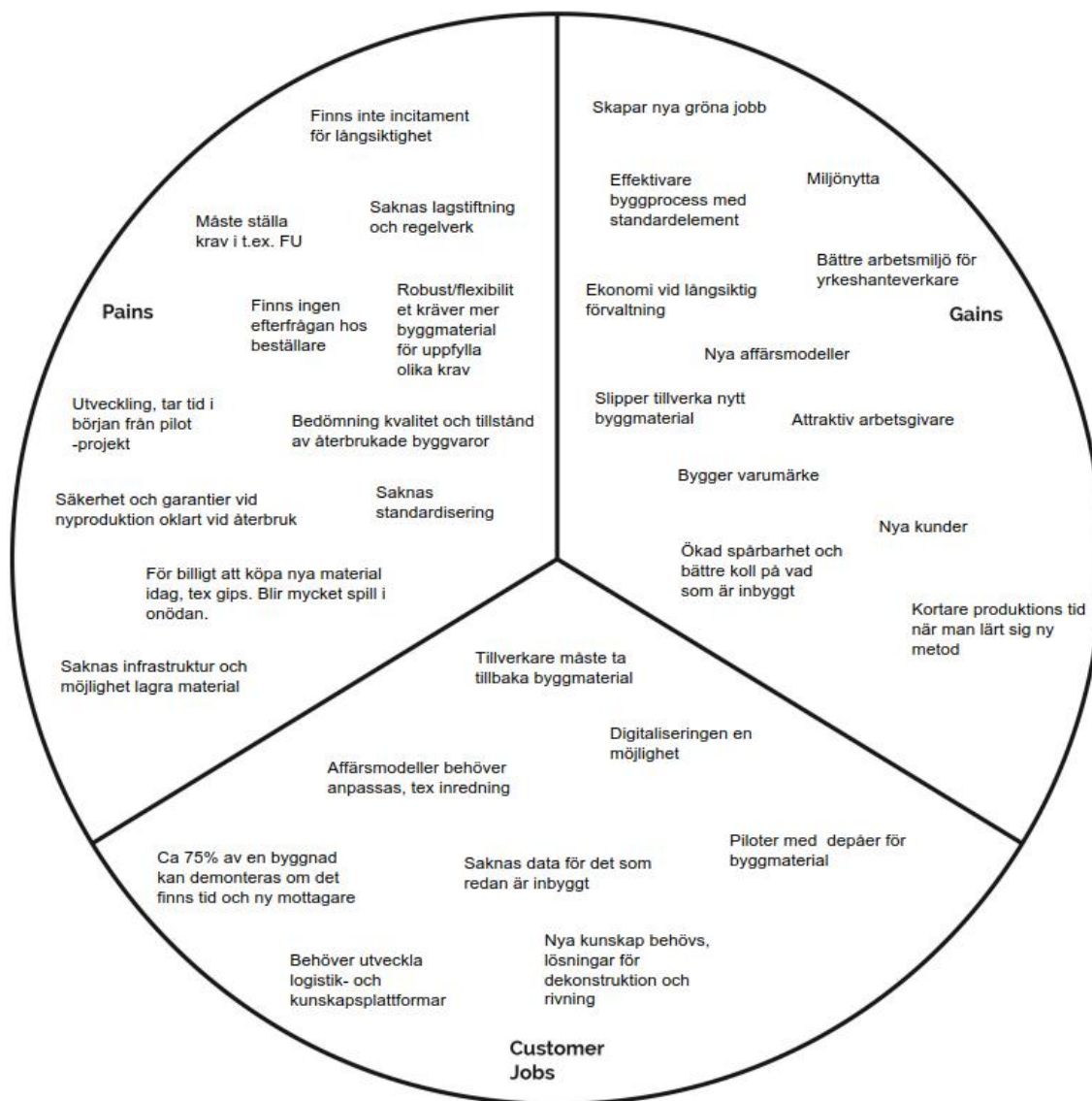
Ett hinder för återanvändning är att det saknas data för det som redan är byggt. Andra hinder som nämndes är att det saknas infrastruktur och möjlighet att lagra material. Slutligen sades att det saknas standardisering och att utveckling tar tid, exempelvis att gå från pilot till skarpa projekt.

5.3 Åtgärdsförslag

Bland åtgärder som nämndes var bland annat att affärsmodeller behöver anpassas samt att det måste börja ställas krav i exempelvis förfrågningsunderlaget.

Det behövs även någon form av bedömning av kvalitet och tillstånd samt garantier för återbruk av byggvaror. En annan åtgärd som nämns är att tillverkare måste ta tillbaka byggmaterial.

Det behövs ny kunskap kring lösningar för dekonstruktion och rivning. Det skulle även behövas utvecklade logistik- och kunskapsplattformar och uppstart av piloter med depåer för byggmaterial.



Figur 1 Identifierade hinder (pains) och nyttor (gains) samt kunskapsluckor eller kompetensbrist (customer jobs) som hindrar en omställning till "Design for Deconstruction".

6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

I detta avslutande kapitel besvaras studiens frågeställningar utifrån genomgången litteratur, genomförd enkätstudie samt utifrån resultaten av den workshop som hållits inom ramen för projektet. Slutligen ges förslag till fortsatta utredningar.

6.1 DfD-principer och bedömningsmetoder

Principer och strategier för DfD finns väl beskrivna i en rapport av Guy och Ciarimboli (2007). Om elementen ska vara lämpliga för DfD så måste de exempelvis vara fria från farliga kemiska ämnen, innehålla så få olika material som möjligt och vara kopplade mekaniskt. Helst ska även kopplingarna vara synliga och lättåtkomliga. Elementen måste vara relativt stora och robusta så att de klarar själva demonteringen och transporten utan att skadas.

Nyttan med återanvändning och återvinning uppmärksammas eller avspeglas i olika hög grad i lagar, branschstandarder och miljöbedömningssystem. Däremot tenderar demonteringsaspekten att glömmas bort. Potentialen att återanvända ett byggnadselement kan lätt överskattas om inte demonterbarheten beaktas noggrant. I litteraturen hittades endast övergripande frågor kring demonterbarhet och återanvändbarhet. Därför togs ett nytt enkätformulär fram som fokuserar på just dessa två aspekter.

6.2 Potential för DfD hos stomelement

När det är dags för en byggnad att rivas är ofta många byggnadsdelar, och särskilt själva stommen, långt ifrån uttjänta. Att kunna återanvända stomelement skulle därför vara fördelaktigt ur ett hållbarhetsperspektiv. Bärande stomelement är dessutom en grupp med ganska rena material, och de är oftast prefabricerade.

Lovande stomelement för DfD

Enkätstudie visar att DfD är en möjlighet för såväl stål- och trästommar som betongstommar. Vissa leverantörer uppger att de redan idag kan erbjuda stomelement som går att demontera och återanvända. Det skiljer dock mycket mellan olika leverantörer hur mycket de fokuserar på dessa aspekter samt hur långt de kommit med att anpassa deras byggnadselement för demontering och återanvändning.

Samtliga tillfrågade trästomelementleverantörer uppger att det går att återanvända deras byggnadselement efter rivning. Vissa stomelement verkar vara lättare att demontera och anpassa i storlek för att kunna återanvändas än andra (takstolar). Stålstommar kan skruvas och bultas, vilket underlättar demontering och återanvändning. Stålbalkar kan svetsas ihop för att kunna anpassa byggnadselementet vid återanvändning.

En leverantör har ett koncept för en betongstomme bestående av pelare, balk och TT-kassetter (för P-hus) som är designat för demontering och återanvändning. Det finns dokumenterat hur byggnadselementen ska demonteras. Betongstommen har byggts in i tre referensprojekt. En annan stomelementsleverantör uppger att de har information hur deras byggnadselementet ska demonteras i de fall de säljer demonterbara lösningar. Håldäck lyfts fram som ett byggnadselement som går att anpassa och återanvända men samtidigt nämns att rasarmering försvårar demontering.

En tydlig slutstats är att renodlade prefabricerade element har större potential för att demonteras än semiprefabelement, såsom exempelvis skalväggar som gjuts ihop med plattbärlag.

Olika förutsättningar för olika typer av byggnader

DfD lämpar sig särskilt bra för byggnader som kan komma att behöva flyttas då verksamheten inte längre behövs eller är för dyr för att finnas kvar i stadskärnan. Det skulle kunna gälla exempelvis parkeringshus eller lagerlokaler. Dessa har dessutom en synlig och lättillgänglig stomme, vilket underlättar för DfD. Kiruna är ett unikt exempel där en mix av olika typer av byggnader behöver flyttas eller rivnas och byggas nytt. DfD underlättar för både återanvändning och återvinning och därför är DfD intressant även i fall, då det inte handlar om att flytta byggnader eller byggnadselement.

Röd tråd och samarbete krävs för lyckas

Entreprenörerna skulle kunna öka möjligheten för DfD genom att arbeta med typelement, designa för utanpåliggande el- och VVS-installationer samt att undvika gjutning på plats, exempelvis säkerställa att lyftpunkter inte gjuts i på arbetsplatsen. Det är viktigt att tanken om dekonstruktion finns med redan från början i ett nybyggnads- eller ombyggnadsprojekt eftersom man redan i projekteringsstadiet bör ta med dessa aspekter. Ett sätt att förbättra de tekniska förutsättningarna för DfD är att låta mekanikingenjörer (konstruktörer med inriktning mot mekanik) vara med i projekteringsteamet. Konstruktörer och arkitekter behöver även veta mått, klassning, historik, m.m. för att kunna hantera återanvända byggnadselement.

Leverantörerna skulle kunna ersätta igjutning och svetsning med mekaniska kopplingar, såsom skruvade kopplingar. Att standardisera armeringen skulle också öka möjligheterna. En annan viktig åtgärd som förbättrar förutsättningar skulle vara att skapa lyftpunkter på prefabelementen så att det lätt går att lyfta dem för att kunna flytta och återbruka elementet.

Byggherrarna behöver dock ställa krav på att demonterbarhet finns med i förfrågningsunderlaget. Det är ofta upp till byggherren/fastighetsutvecklaren att ställa sådana krav. Fastighetsägare och rivningsentreprenörer är aktörer som är särskilt viktiga då det kommer till rivning alternativt demontering och förflyttning av en byggnad. Det är tydligt att det inte bara är en aktör som har ett stort ansvar, utan det är alla inblandade såsom leverantörerna, entreprenörerna, fastighetsutvecklarna och rivningsentreprenörerna om det ska vara möjligt att demontera olika byggnadselement för återanvändning.

6.3 Knäckfrågor

Nedan presenteras ett antal knäckfrågor som behöver lösas för att öka möjligheterna och minska hindren för DfD.

1. *Nyttan sker på lång sikt – vem ser den?*

Att byggnadsbranschen är spekulativ och att fastigheten ofta inte har en långsiktig ägare är ett hinder. Vid demontering och flyttning av en byggnad finns en ekonomisk nytta på kort sikt i, men vid design for deconstruction sker den ekonomiska nyttan först långt efter byggnaden står klar. Vem ser den kortsiktiga nyttan i att antagligen fördyra projekteringsprocessen och öka produktionskostnaden för att någon annan drygt 50 år senare ska kunna återanvända byggnadsdelarna? Statliga förvaltare? Eller krävs nya affärsmodeller?

2. *Logistiken*

Det finns risk för skador av byggnadselementen under transporten. Om inte elementen kan användas på en gång som måste det förvaras och lagras (Persson, 2015). Lagring är förenat med kostnader som ofta åter upp den kostnadsbesparing man annars skulle kunna

gjort vid demontering och flyttning av en byggnad. En möjlighet vore att skapa ett gemensamt logistiksystem för branschen.

3. Åtkomlighet till information

För att kunna återanvända konstruktionselement så är dokumentationen viktig. Exempelvis behövs dokumentation kring lastkapaciteter, dimensioneringsnorm, brandklass, tillverkare, tillverkningsår, materialkvaliteter, tillverkningsritningar och demonteringsanvisningar. Med tanke på den mängd information som bör dokumenteras så görs detta förslagsvis digitalt. En viktig aspekt är då val av programvara, filformat och lagringsrutiner så att all information blir åtkomlig, säg 50 år senare.

Det finns idag betydligt bättre dokumentationsmöjligheter än tidigare, åtminstone av vissa aspekter. Det finns många olika system för att dokumentera vad som byggs in i en byggnad, och numer även elektroniska system såsom eBVD, vilket underlättar för DfD och återanvändning i framtiden. Däremot fångas inte lika väl upp information kring produktens funktion, livslängd m.m.

För att lyckas krävs att man planerar för DfD och funderar över spårbarhet tidigt. Ökad digitalisering och standardisering är en viktig pusselbit för att möjliggöra för DfD och återanvändning.

4. Osäkerheter kring beständighetspåverkan

Även om det finns dokumentation kring lastkapaciteten och de ursprungliga dimensioneringsförutsättningarna så finns en osäkerhet kring hur mycket byggnadselementet har åldrats och fått minskad lastupptagningsförmåga av till exempel karbonatisering och kloridangrepp. Antagligen behövs en tillståndsbedömning av byggnadselementet göras.

5. Ansvarsfrågan

Juridiken för just bärande stomelement kan bli svårtydlig. Vem ansvarar för kapaciteten hos det återanvända stomelementet? Den konstruktör som ursprungligen dimensionerat elementet? Den konstruktör som ansvarar för den nya byggnaden? Det företag som tillverkat elementet? Entreprenadföretaget?

Hur vet man att elementen tillverkats exakt som det är redovisats på ritning? Vem blir ansvarig om det skulle visa sig att ett återanvänt stomelement är feltillverkat?

Det finns ett behov av förtydligande juridik, särskilt med hänsyn till ansvarsfrågan vid återanvändning.

6. Osäkerhet kring framtidens byggnadsmaterial och normer

Det sker en kontinuerlig ändring av normer. Ett bjälklagselement som idag har tillräcklig kapacitet för ett bostadshus kanske inte uppfyller de nya normkraven (lasten som vi behöver dimensionera för) om 20 eller 50 år. Detsamma gäller även energikrav och akustikkraV för fasadelement och fönster etc. Det sker även en utveckling av exempelvis byggnadsmaterial. Kanske har vi så mycket mer effektiva byggnadsmaterial om 20 eller 50 år så att det inte är lönt att återanvända dagens.

Vilka konstruktionsregler gäller vid en ”flytt” av en byggnad eller vid återanvändning av ett byggnadselement? De som gällde då den ursprungliga byggnaden uppfördes eller de som gäller vid återuppbyggandet/återanvändning?

En möjlighet vore att upprätta specifika regler och normer vid återanvändning.

7. Olika krav för olika verksamheter och för olika delar av landet

Det finns olika krav för olika verksamheter (lastkrav, brandkrav och ljudkrav) och för olika delar av landet (snö- och vindlast). I vissa länder behöver man även ta hänsyn till jordbävninglast.

Det är svårt att byta användningsområde för en byggnad exempelvis att bygga om bostäder till kontor då dess olika typer av verksamheter har olika lastkrav och brandkrav etc. Olika brandkrav innebär till exempel olika tjocklekar på det täckande betongskiktet i betongkonstruktioner.

I olika delar av Sverige råder olika vind- och snölast. Därför kan man inte utan vidare demontera en byggnad och återuppföra den någon annan stad om inte den nya platsen har samma eller lägre vind- och snölast.

En möjlighet är att överdimensionera byggnaden för att möjliggöra återanvändning vid andra förutsättningar, men det är så klart förenat med extra kostnader och miljöbelastning. En annan möjlighet är att begränsa tillämpningsområdet av återanvända byggnadselement.

8. Kopplingar och foggjutningar till för att klara ras, laster, brand- och ljudkrav

Raskopplingar, horisontellt och vertikalt, görs eftersom det inte får ske ett fortskridande ras i en byggnad. Kraven på utformning av kopplingar för att förhindra fortskridande ras skärps kontinuerligt. Alla stomelement berörs av raskopplingskravet. Dessa krav på robusthet och duktilitet försvårar utformningen av enkla och lättillgängliga kopplingar. Går det att hitta lösningar för att hantera båda? Går det att göra dessa sammankopplingar på ett sätt som gör att det går att koppla isär utan att elementen går sönder, exempelvis med hjälp av mekaniska raskopplingar.

Mekanikingenjörer (konstruktörer med inriktning mot mekanik) har kompetensen att analysera kopplingarna och bör därför vara med i projekteringsteamet för att förbättra möjligheten att hitta sådana lösningar.

9. Förekomst av giftiga ämnen

När det kommer till förekomsten av giftiga ämnen är dokumentation och spårbarhet helt avgörande. Att använda sig av Byggvarubedömningen, Basta, SundaHus, etc. samt att använda välkända material minskar risken för att i ett senare skede upptäcka oönskad förekomst av giftiga ämnen. Skulle det ändå ske så går det att spåra tack vare loggbok.

Den ökade digitaliseringen och standardiseringen och engagemanget för att uppnå en obruten informationskedja utgör en väldigt viktig pusselbit för att öka möjligheterna för återanvändning.

6.4 Idéer till fortsatt arbete

Sammanfattningsvis så krävs en hel del för att hantera ovanstående knäckfrågor. Förslag på fortsatt arbete ges nedan.

1. Utveckla nya affärsmodeller
2. Undersök förutsättningarna för ett branschgemensamt logistiksystem för återanvändningsbara byggnadselement
3. Fortsätta att förbättra system för spårbarhet och digital dokumentation av egenskaper såväl som miljöinformation. Ökad digitalisering och standardisering är en viktig pusselbit i detta.
4. Ta fram ett gemensamt förfarande för tillståndsbedömning av byggnadselementet.
5. Uppdatera nuvarande juridik med beaktande av ansvarsfrågan vid återanvändning.
6. Utredda möjligheten att upprätta specifika regler och normer vid återanvändning.
7. Försöka att hitta lösningar som gör att bärande stomelement kan leva upp till ras-, last-, brand- och ljudkrav utan att försvåra eller oomöjliggöra demontering av stomelementet för återanvändning.

Förutom det som redan nämnts krävs att olika aktörer samarbetar, framförallt leverantörer, fastighetsutvecklare, entreprenörer (och deras konstruktörer och mekanikingenjörer) och rivningsentreprenörer.

Under workshopen som hölls inom projektet framkom en rad idéer på hur DfD-principerna skulle kunna tillämpas och ge nya affärsmöjligheter, inte bara kopplade till stora byggnadselement som denna studie har fokuserat på. Bland de möjligheter som diskuterades fanns följande idéer: ”Ta ditt hus och gå”, ”Demonterbara stommar”, ”Recycling Bauhaus”, ”Flexibla ytor”, ”Office riders” och ”Delning av lägenheter”. De senare idéerna handlar om att bygga in flexibilitet för att kunna maximera användningen av ytor genom att hyra ut ett rum eller kontorsplatser under vissa tider på dygnet och året då dessa inte används. Detta skulle minska resursutnyttjandet då färre byggnader behöver byggas samt generera en intäkt till flera aktörer som tar del av den ekonomiska nyttan (vid försäljning, uthyrning m.m.).

7 REFERENSLISTA

- BCF, 2017. Building a circular future (www.buildingacircularfuture.com).
- BI, 2015. *Resurs och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning*, November 2015. Sveriges byggindustrier (BI). Tillgänglig från: https://publikationer.sverigesbyggindustrier.se/sv/energi--miljo/resurs--och-avfallshantering-vid-byggand_860 (170214).
- Boverket, 2014. *Kontrollplan*. Tillgänglig från: <http://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/rivningsavfall1/allmant-om-rivningsavfall-och-avfallshantering/kontrollplan/> (170412).
- Boverket, 2015. *Dokumentationssystem för byggprodukter vid nybyggnation – En så kallad loggbok*. Tillgänglig från: <http://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2015/dokumentationssystem-for-byggprodukter-vid-nybyggnation/> (170412).
- BVB, 2016. *Byggvarubedömningens kriterier för innehåll och livscykelaspekter*, version 4.0 (tillämpas från 2016-07-01). Tillgänglig från: <https://byggvarubedomningen.se/globalassets/information/kriterier-2016.pdf> (170413).
- Debacker, Wim, Geerken, Theo, Stouthuysen, Peter, Van Holm, Marlies, Vrancken, Karl och Willems, Stijn, 2011. *Sustainable building, materials use and Cradle to Cradle. A survey of current project practices*. Danny Wille, OVAM, report D/2011/5024/17.
- eBVD, 2016. *Anvisningar för att upprätta en byggvarudeklaration i eBVD-applikationen enligt eBVD-2015 standarden*, Version 2016-03-17. IVL Svenska Miljöinstitutet och Byggmaterialindustrierna, 2016. Tillgänglig från: <http://www.byggmaterialindustrierna.se/wp-content/uploads/2016/03/Anvisningar-eBVD-2015-2016-03-17.pdf> (170412).
- EC, 2015. European Commission (EC), MEMO/15/6204. Tillgänglig från: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6204_sv.htm (170414).
- Gulddager Jensen, Kasper, och Sommer, John, 2016. *Building a Circular Future*, ISBN 978-87-998670-1-1, andra utgåvan, 2016.
- Guy, Brad, och Ciarimboli, Nicholas, 2007. *DfD – Design for Disassembly in the built environment: a guide to closed-loop design and building*. Pennsylvania State University, 2007.
- Hedberg, Marianne, 2017. Personlig kontakt.
- Löfås, Pernilla, Hastig, Sara och Nolte, Emma, 2015. *Hur sluter vi kretsloppet? – en inventering av andel återvunnet och återvinningsbart material i olika byggnadselement*. SBUF-rapport, ID: 13111.
- Naturvårdsverket, 2017. *Nationella avfallsplanen*. Tillgänglig från: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Avfall/Avfallsplanen/> (17-06-30).
- PCR, 2014. *Product Category Rules according to ISO 14025:2006*, Product group: UN CPC 531 Buildings, Version 1.0, 2014:02.

- Persson, 2015. *Cirkulär ekonomi och dekonstruktion för återanvändning och återvinning inom byggindustrin*. Examensarbete, Lunds universitet, 2015.
- Rios, Fernanda Cruz, Chong, Wai K. och Grau, David, 2015. *Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities*, Procedia Engineering, Volume 118, 2015, Pages 1296-1304, ISSN 1877-7058, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.485>.
- Ronneby Kommun och SundaHus, 2015. *Ronneby Kommun och SundaHus deltar i stort EU-projekt om cirkulärt byggande*, Pressmeddelande, 2015. Tillgänglig från: <http://www.ronneby.se/kommun-politik/pressrum/arkiv-pressrum-2011-2015/pressmeddelanden/ronneby-kommun-och-sundahus-deltar-i-stort-eu-projekt-om-cirkulart-byggande/> (17-06-30).
- SGBC, 2017. *Miljöbyggnad 3.0 Bedömningskriterier för nyproduktion*. Tillgänglig från: <https://www.sgbc.se/docman/miljobyggnad-2017/898-miljobyggnad-3-0-nyproduktion-170510/file> (17-06-28).
- Stubbs, Ben, 2010. *Design detailing for materials resource efficiency – A guide to ten alternative construction design details which offer good materials resource efficiency*. WRAP-report, WAS400-040, v.2, 2010.
- Youhanan, Lena, Palm Cousins, Anna, Stare Lins, Anna och Stenmarck, Åsa, 2016. *Options for increased low-risk recycling of building products*. Report No. B 2269, 2016.

BILAGA 1. LAGAR, BRANSCHSTANDARDER OCH MILJÖBEDÖMNINGSSYSTEM

I denna bilaga presenteras hur demontering och återanvändning hanteras i lagar, branschstandarder och miljöbedömningssystem samt vilka krav som ställs på dokumentation kring dessa aspekter.

EU

Enligt EU:s avfallsdirektiv (2008/98/EG) måste alla EU:s medlemsländer ha en avfallsplan och alla länder ska också ta fram särskilda program för förebyggande av avfall (Naturvårdsverket, 2017). I Sverige är det Naturvårdsverket som är ansvariga för den nationella avfallsplanen och programmet för att förebygga avfall.

Europeiska kommissionen presenterade i slutet av 2015 ett nytt paket för cirkulär ekonomi. Inom ramen av paketet presenterades en ny handlingsplan för cirkulär ekonomi samt ett nytt avfallspaket. Fem prioriterade områden lyftes fram varav bygg- och rivningsavfall var ett av dessa områden (EC, 2015).

Genom avfallsdirektivet (2008/98/EG, artikel 11.2.b) har EU antagit ett återvinningsmål för byggavfall; ”förberedelse för återanvändning, materialåtervinning och annan återvinning (exklusive energiåtervinning) av icke farligt bygg- och rivningsavfall ska enligt EU:s avfallsdirektiv öka till minst 70 viktprocent före år 2020”.

Plan- och bygglag

Normalt sett får rivningsarbeten i Sverige inte påbörjas före det att byggnadsnämnden har fastställt kontrollplanen (med vissa undantag). I kontrollplanen, som är grunden i plan- och bygglagens (Plan- och bygglag 2010:900) tillsyns- och kontrollsystem, ingår hantering av rivningsavfall. Syftet är att förbättra förutsättningarna för att farligt avfall ska hanteras på ett miljömässigt godtagbart sätt samt att rivningsmaterial som kan återanvändas eller materialåtervinnas ska tas tillvara (Boverket, 2014).

För vägledning hänvisar Boverket till branschriktlinjerna Resurs- och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning från Sveriges Byggindustrier (BI, 2015) samt till Naturvårdsverket kring hantering av farligt avfall. Naturvårdsverket, som är ansvariga för den Sveriges avfallsplan och program för att förebygga avfall, hänvisar också till de riktlinjer för resurs- och avfallshantering vid byggande och rivning som Sveriges Byggindustrier har tagit fram.

Riktlinjer för resurs- och avfallshantering vid byggande och rivning

Sveriges Byggindustrier har åtagit sig att kontinuerligt uppdatera de branschgemensamma riktlinjer som finns för resurs- och avfallshantering vid byggande och rivning (som ursprungligen togs fram av Kretsloppsrådet 2007). I dagsläget innehåller riktlinjerna branschnormerande texter för materialinventering, återanvändning, källsortering och avfallshantering inför rivning samt källsortering och avfallshantering vid byggproduktion (BI, 2015). Samtliga vd:ar för medlemsföretagen i Återvinningsindustrierna har skrivit under på att de ska följa dessa riktlinjer (Hedberg, 2017).

Det saknas i dagsläget branschnormerande texter kring förebyggande av avfall. Sveriges Byggindustrier jobbar med att förtydliga återanvändning av byggspill och rivningsmaterial i

riktlinjerna (Hedberg, 2017). Det finns presenterade förslag till krav som kan ställas för att förebygga avfall. Vid utformning av byggnader och byggmetoder, ges nedanstående (något nedkortade) rekommendationer (BI, 2015), av vilka samtliga harmoniserar med DfD-principerna.

- Utgå från användarperspektivet, både idag och längre fram, vid val av lösningar för exempelvis el, ventilation, avlopp, takhöjder och rumsindelning, för att minska behovet av ombyggnation vid exempelvis en ändrad verksamhet.
- Välj prefabricerade lösningar eftersom tillverkningen sker i en kontrollerad miljö där det är lättare att effektivisera materialanvändningen och minimera spill.
- Projektera i 3D för att minska risken för fel och krockar samt för att lättare få en mängdförteckning.
- Använd standardlösningar och standardmått, vilket gör att det uppstår mindre spill.
- Använd system, såsom BASTA, SundaHus eller Byggvarubedömningen, för att undvika produkter med ej önskvärda ämnen.
- Välj lösningar som underlättar återanvändning och återvinning vid rivning.

Byggvarubedömningen

Byggvarubedömningen bedömer miljö- och hälsoaspekter för de mest använda produkterna/varorna i fastighetsbranschen (BVB, 2016). Bedömningen anges i tre nivåer – rekommenderas, accepteras eller undviks – och baseras främst på kemiskt innehåll, men även livscykelkriterier.

Byggvarubedömningen baserar sina bedömningar på underlag från både leverantörer och kunder och innefattar följande: byggvarudeklaration (BVD), miljövarudeklaration (EPD), säkerhetsdatablad, producentintyg, certifikat gällande hållbart skogsbruk, dokumentation om CE-märkning, emissionsrapport (för inomhusmiljö) samt annan produktspecifik information (produktfaktablad, prestandadeklaration, monteringsanvisningar och drift- och skötselinformation). Annan produktspecifik information är inget krav men uppmuntras för bedömningens skull och för kundnyttan.

Byggvarubedömningen främjar återanvändning och återvinning – både som ingående material och vid rivning. För ”Ingående material och råvaror” rekommenderas eller accepteras en produkt/vara bland annat utifrån andel återvunnet material som den innehåller; för att rekommenderas krävs att minst 50 % av ingående material och råvaror utgörs av återvunnet material.

I avsnittet ”Avfall och rivning” särskiljs bedömningen för återanvändning och för återvinning. För att rekommenderas i kategorin ”Återanvändning” krävs att minst 70 % av varan kan återanvändas efter att den är förbrukad. Motsvarande gäller för kategorin materialåtervinning, att produkten/varan rekommenderas om minst 70 % av varan kan materialåtervinnas.

Utifrån bedömningskriterierna, tycks det inte finnas något krav på att skicka in demonteringsanvisningar som underlag för att kunna bevisa att återanvändning eller återvinning av produkterna/varorna är möjlig. Detta skulle dock redan idag kunna inkluderas som ”Annan produktspecifik information”.

Byggvarudeklarationer

En byggvarudeklaration (BVD) uppges utgöra ”en samlad och överenskommen grund för att informera om en varas miljöaspekter i olika skeden av dess livscykel. Informationen är till för att

prioritera val av varor ur miljösynpunkt liksom att underlätta för att kunna dokumentera inbyggda varor till efterföljande drift och förvaltning” (eBVD, 2016). Det finns flera olika system för byggvarudeklarationer och för att föra loggbok över vilka produkter som byggs in i en byggnad.

Byggmaterialindustrierna och IVL Svenska Miljöinstitutet tillhandahåller en elektronisk applikation för byggvarudeklaration, en så kallad eBVD (2016). Innehållet i deklarationen baseras på nuvarande och kommande lagkrav, marknadskrav samt krav som specificeras i miljöcertifieringssystemen Miljöbyggnad, BREEAM, och LEED.

I anvisningarna för att upprätta en eBVD står att det är ”viktigt att veta hur olika material ska hanteras för att underlätta för återanvändning och återvinning”. Det står även att leverantören bör ange om varan är förberedd för demontering. I eBVD:n ställs frågan till leverantören om varan är förberedd för demontering (isärtagning) med följande svarsalternativ: ”Ej relevant”, ”Ja”, ”Nej” och ”Om ”Ja”, specificera”). Det är däremot inte obligatoriskt att svara på frågan.

Loggböcker

På uppdrag från regeringen har Boverket undersökt om det finns förutsättningar för att införa ett nationellt system med loggbok för dokumentation av byggprodukter i byggnadsverk (Boverket, 2015). Användningen av loggbok ger en ökad spårbarhet för använda produkter och material i byggnadsverk, vilket underlättar för återanvändning. Boverket föreslår att loggbok ska tas fram för vissa typer av byggnadsverk, men att byggherren själv ska kunna välja loggbokssystem förutsatt att vissa grundläggande krav är uppfyllda.

SundaHus, *Byggvarubedömningen* och *Basta* utgör olika system/verktyg för att säkerställa medvetna materialval i byggbranschen med en ambition om att fasa ut särskilt farliga kemiska ämnen i det som byggs in och används i våra byggnadsverk. Både SundaHus Miljödata och Byggvarubedömningens byggvarudeklaration kan användas som loggbok för att registrera vilka produkter som byggs in, vilket kan utgöra ett viktigt underlag vid en framtida rivning.

Building As Material Banks (BAMB)-projektet är ett EU-finansierat projekt som syftar till att undersöka och visa hur material och råvaror i byggnader ska kunna återanvändas och återvinnas utan att tappa i värde (Ronneby Kommun och SundaHus, 2015). Utredningen omfattar utredning kring reversibel design, inventering av befintliga fastigheter, utveckla produktdata, undersökning av lagstiftning och standarder, utveckling av materialpass samt demonstration i sex olika pilotprojekt. Ett så kallat materialpass (*material passport*) ska samla väsentlig material- och produktinformation, såsom egenskaper hos produkter och material, för att underlätta för återanvändning och återvinning av produkter, material och komponenter över tid.

Miljövarudeklaration (EPD) och LCA

När produkter och material återanvänds eller återvinns så blir de en del av andra produkters livscykel. Vid genomförandet av en livscykelanalys som en del i en miljövarudeklaration (EPD) för en byggnad i enlighet med Product Category Rules (PCR, 2014) allokeras miljöpåverkan från dessa sekundära produkter och material enligt principen förorenaren betalar (Polluter pays principle). Det innebär att all miljöpåverkan som uppstår under materialets livscykel, ända fram till då det betraktas som ett avfall eller ett sekundärt material och transporteras till en sortering- och avfallshanteringsanläggning, ska allokeras till den första användaren. Nästkommande användare belastas endast för miljöpåverkan från och med hanteringen och förädlingen av det sekundära materialet eller avfallet.

Det finns möjlighet att redovisa potentiella miljölaster eller miljönyttor av sekundära material, bränslen eller återvunnen energi som lämnar produktens system. Detta görs i en separat modul (Module D). I modul D är det möjligt att redovisa miljöpåverkan från hanteringen av dessa sekundära material (och bränslen) samt miljöpåverkan relaterad till produktionen av material (och bränslen) från andra källor som skulle kunna ersättas. Däremot ska inte ”net avoided environmental burdens” redovisas, vilket motiveras med att ett bokförande LCA-approach eftersträvas och att en separat redovisning ökar transparensen. Föredragsvis ska tre olika scenarier användas för vad som ersätts, av vilken en utgör praxis och två scenarier representerar bästa och sämsta fall. Den undvikta miljöbelastningen är som störst då primära material ersätts.

Sammantaget torde det i en EPD för byggnader vara väldigt fördelaktigt att återanvända komponenter och material. Det finns även incitament för att designa för dekonstruktion och återanvändning genom att det går att redovisa potentiell miljönytta av substitution av andra komponenter och material, även om redovisningen ska hållas separat från resterande miljöbedömning. Att redovisa miljönyttan av potentiell återanvändning (eller återvinning) av sekundära material är valbart.

Demonterbarhet är en förutsättning för att kunna återanvända komponenter och material. I PCR-dokumentet står inget skrivet om krav på redovisning av demonterbarheten. I och med att en EPD alltid tredjepartgranskas så krävs troligen en motivering kring varför en komponent eller ett material kan antas återanvändas eller återvinnas, även om det inte uttryckligen står i PCR-dokumentet. Det finns dock en risk att miljöbedömningen kan bli missvisande om det senare visar sig inte vara praktiskt genomförbart att demontera byggheddelarna utan att förstöra dem eller dylikt.

C2C-certifiering

Cradle-to-cradle (C2C)-certifiering är ett certifieringssystem för produkter som fokuserar på cirkularitet (Debacker m.fl., 2011). C2C-certifieringssystemet för produkter bygger på ett antal C2C-designprinciper. Det finns fem utvärderingsmoduler fokuserade på material, återanvändning, energi, vattenanvändning och socialt ansvar.

Inom kategorin ”Reusability of materials” finns ett ”nutrient reutilisation score” vilket är ett kombinerat mått på återvinnings-/komposterbarheten av komponenterna samt användningen av återvunna och förnybara komponenter. Design för återvinning inkluderas även i detta mått. Den sökande måste också demonstrera att deras produkt utgör en del i den tekniska eller ekologiska cykeln, alternativt att det finns en strategi för att realisera detta. Endast den högsta av de fyra certifieringsnivåerna (Platinum) kräver slutning av återanvändningscykeln och lever upp till de olika C2C-principerna.

Det är oklart om C2C-certifieringskriterierna innehåller några specifika krav på demonterbarhet. I en analys av C2C-certifierade byggnader fanns exempel där ingen hänsyn togs till demonterbarheten. En slutsats var att det är svårt att göra materialval utifrån demonterbarhet. Konklusionen var att trots att projekten skulle C2C-certifieras var deras arbete med att göra material- och konstruktionsval utifrån detta under förväntad nivå.

Det finns få certifierade byggnadselement enligt Debacker m.fl. (2011). I deras rapport utvärderades åtta C2C-certifierade produkter: *carpet tiles*, *roof and facade covering*, *wooden supporting elements*, *PUR-insulation*, *aerogel*, *ceramic sewerage pipes*, *composites from under-cover for light fittings*, *lightweight wuick-build stone*. Som högst uppnådde en produkt Gold av de fyra nivåerna (Basic, Silver, Gold och Platina). Enligt författarna av rapporten är C2C-certifierade

produkter inte nödvändigtvis mer hållbara över deras livscykel än vad icke-certifierade är. De menar att C2C-certifieringen framförallt har ett mervärde för producenterna som en del i deras förbättringsarbete och att det har ett mindre värde för kunden.

Andra certifieringssystem

LCA-aspekten inkluderas i Miljöbyggnad 3.0, men endast klimatpåverkan vid produktion och transport av byggvaror inkluderas (SGBC, 2017). Det är möjligt att få poäng i miljöcertifieringssystemet BREEAM SE (i MAT 5) om vissa byggnadselement består av produkter med återvunnet material (eBVD, 2016). För LEED v4 och LEED 2009 certifiering är det möjligt att få poäng (MR Credit) om produkten består av återanvänt eller återvunnet material (eBVD, 2016). Däremot premierar inte miljöcertifieringssystemen produkter som är utvecklade för att kunna demonteras.

BILAGA 2. FORMULÄR TILL LEVERANTÖRER

I en studie som finansieras av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) och NCC undersöks potentialen för att demontera och återanvända hela eller delar av stora byggnadselement. Detta frågeformulär riktar sig till leverantörer av stomelement (balkar, pelare, bärande väggar, bärande bjälklagselement och takstolar) samt mer sammansatta konstruktionselement (utfackningsväggar och takelement). Svaren kommer att sammanställas för respektive typ av byggnadselement och inte utifrån specifik leverantör, vilket innebär att svaren blir avidentifierade men redovisas i projektets slutrapport trots få eller enstaka respondenter per byggnadselement.

Del 1. Vad har ert byggnadselement för potential att anpassas efter nya behov vid ombyggnation, tillbyggnad eller renovering?

Instruktion: Fråga 1-10 riktas till samtliga leverantörer och avser byggnadselementet i dess helhet.

1.	Vilket byggnadselement är ni leverantör för (och som ni utgår ifrån i denna enkät)? <u>Svar:</u>
2.	Vad har byggnadselementet för livslängd? <u>Svar:</u>
3.	Vilken faktor är begränsande för livslängden för byggnadselementet? <u>Svar:</u>
4.	Går hela byggnadselementet lätt att demontera? <u>Svar:</u>
5.	Hur ser kopplingar till anslutande stomme ut? <u>Svar:</u>
6.	Är det möjligt att fysiskt komma åt kopplingspunkter utan att förstöra byggnadselementet eller intilliggande byggnadselement? <u>Svar:</u>
7.	Går byggnadselementet att återanvända efter rivning? <u>Svar:</u>
8.	Är det möjligt att enkelt justera byggnadselementets längd/höjd, exempelvis genom att kapa, skarva eller koppla ihop (för att kunna anpassa och återanvända byggnadselementet)? <u>Svar:</u>
9.	Finns det idag dokumenterad information om hur man kan demontera byggnadselementet? Exempelvis, finns monteringsanvisningar som möjliggör demontering? <u>Svar:</u>
10.	Är det möjligt att enkelt dokumentera lastkapaciteter, exponeringsklasser, brandklasser etc. för byggnadselementet för att underlätta återbruk och spårbarhet? Om ja, hur? <u>Svar:</u>

Del 2. Vad har delkomponenterna i ert byggnadselement för potential att anpassas efter nya behov vid ombyggnation, tillbyggnad eller renovering?

Instruktion: Fråga 11-17 riktas endast till leverantörer av utfackningsväggar och takelement som är sammansatta av flera material eller komponenter. Om du inte är leverantör av ett sådant byggnadselement, gå direkt vidare till Del 3.

11.	Vilken livslängd har de olika ingående materialen och komponenterna i byggnadselementet? <u>Svar:</u>
12.	Går det lätt att demontera delkomponenter i byggnadselementet? <u>Svar:</u>
13.	Är det möjligt att fysiskt komma åt kopplingspunkter utan att förstöra delkomponenterna eller intilliggande komponenter/material/byggnadselement? <u>Svar:</u>
14.	Vilka typer av sammanfogningar används i ert byggnadselement (exempelvis skruv, bult, spik, nit, lim etc.)? <u>Svar:</u>
15.	Finns det möjlighet att använda färre typer av sammanfogningar för att förenkla vid en framtida demontering? <u>Svar:</u>
16.	Innehåller ert byggnadselement någon kemisk sammankoppling, såsom bindemedel, tätningemedel eller lim, som medför att byggnadselementet inte går att demontera? Om ja, finns det möjlighet att byta ut dessa till mekaniska sammankopplingar (och istället exempelvis skruva eller bulta)? <u>Svar:</u>
17.	Finns det möjlighet att byta ut/uppgadera delkomponenter i byggnadselementet? <u>Svar:</u>

Del 3. Vad skulle ni som leverantör och vi som entreprenör kunna göra mer för att öka demonterbarheten och återanvändbarheten av ert byggnadselement?

Instruktion: Fråga 18-19 riktas till samtliga leverantörer.

18.	Vad skulle ni som leverantör kunna göra mer för att öka demonterbarheten och återanvändbarheten av hela eller delar av ert byggnadselement? <u>Svar:</u>
19.	Vad skulle vi som entreprenör kunna göra mer för att öka demonterbarheten och återanvändbarheten av hela eller delar av ert byggnadselement? <u>Svar:</u>

BILAGA 3. WORKSHOP

Inom ramen för projektet genomfördes en workshop med målet att tillsammans med branschaktörer identifiera möjligheter, hinder samt utveckla nya idéer och affärsmöjligheter inom ”Design for Deconstruction”. Workshopen genomfördes den 22 maj 2017, kl 9.30 till 16.30 på Dome of Visions, Stockholm. I denna bilaga presenteras deltagarlista samt dagens innehåll och resultat.



Deltagarlista workshop den 22 maj i Dome of Vision, Stockholm

Förnamn	Efternamn	Område/roll	Företag
Ivana	Kildsgaard	Arkitekt	LINK Arkitektur
Pernilla	Löfås	Avfall	NCC Building
Johan	Sidenmark	Projektledare	NCC Building
Elsa	Fahlén	Cirkulär ekonomi	NCC Building
Louise	Wall	Certifiering byggnader	NCC Building
Jennie	Fridolin	Social hållbarhet	NCC Building
Richard	Jørgensen	Avfall och retursystem	NCC Recycling
Dan	Eklöf	Avfall och behandling	Ragn-sells
Kjell	Steen	Rivningsentreprenör	Lotus
Johnny	Gfrörer	Rivningsentreprenör	Lotus
Peter	Örn	Leverantör	Saint Gobain
Mats	Öberg	Leverantör	Weber
Åsa	Pallin	Fastighetsutvecklare	Uppsalahem AB
Åsa	Reinsson	Fastighetsutvecklare	Uppsalahem AB
Per	Löfgren	Fastighetsutvecklare	JM
Diana	Redeker	Marknadsansvarig	SKANSKA
Per Anders	Enkvist	Cirkulär ekonomi	Material Economics
Maria	Olsson	Affärsmodeller	Interface

WORKSHOP DEL 1 – REDOVISNING AV RESULTAT OCH ERFARENHETER

Johan Sidenmark, NCC, hälsade välkomna och inledde dagen med att berätta om de utmaningar byggbranschen står inför. Under de närmsta tio åren förväntas orderingången för byggbolag och leverantörer öka med 70 % globalt sett. I Sverige planeras det för över 710 000 nya bostäder under samma tidsperiod. Samhällsplaneringen hänger inte med denna snabba utveckling. Genom nya affärsstrategier och byggmetoder kan branschen vända denna negativa utveckling och bidra till positiva effekter på samhälle och miljö samtidigt som det innebär lönsamma affärer.

Nästa pass var en inspirationsföreläsning om ”Material economics” där Per Anders Enkvist berättade om hur byggbranschen kan ställa om till en cirkulär ekonomi (Bild 1). Föreläsningen följdes upp av att Elsa Fahlén och Pernilla Löfås redogjorde för innehållet i SBUF-rapporten, både litteraturgenomgång samt resultaten från enkätundersökningen (Bild 2). Efter lunch följde ett pass om nya affärsmodeller. Det var Ivana Kildsgard från LINK arkitektur som berättade om ett case från möbeltillverkaren Steelcase (Bild 3) samt Maria Olsson från matföretaget Interface som berättade om sina erfarenheter från att arbeta med cirkulära affärsmodeller.



Bild 1. Per Anders Enkvist från Material economics pratar om behovet av resurseffektivisering inom byggbranschen.



Bild 2. Elsa Fahlen och Pernilla Löfås från NCC berättar om resultatet från SBUF-projektet.

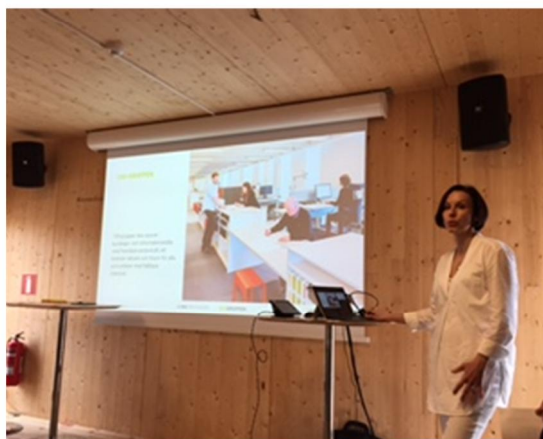


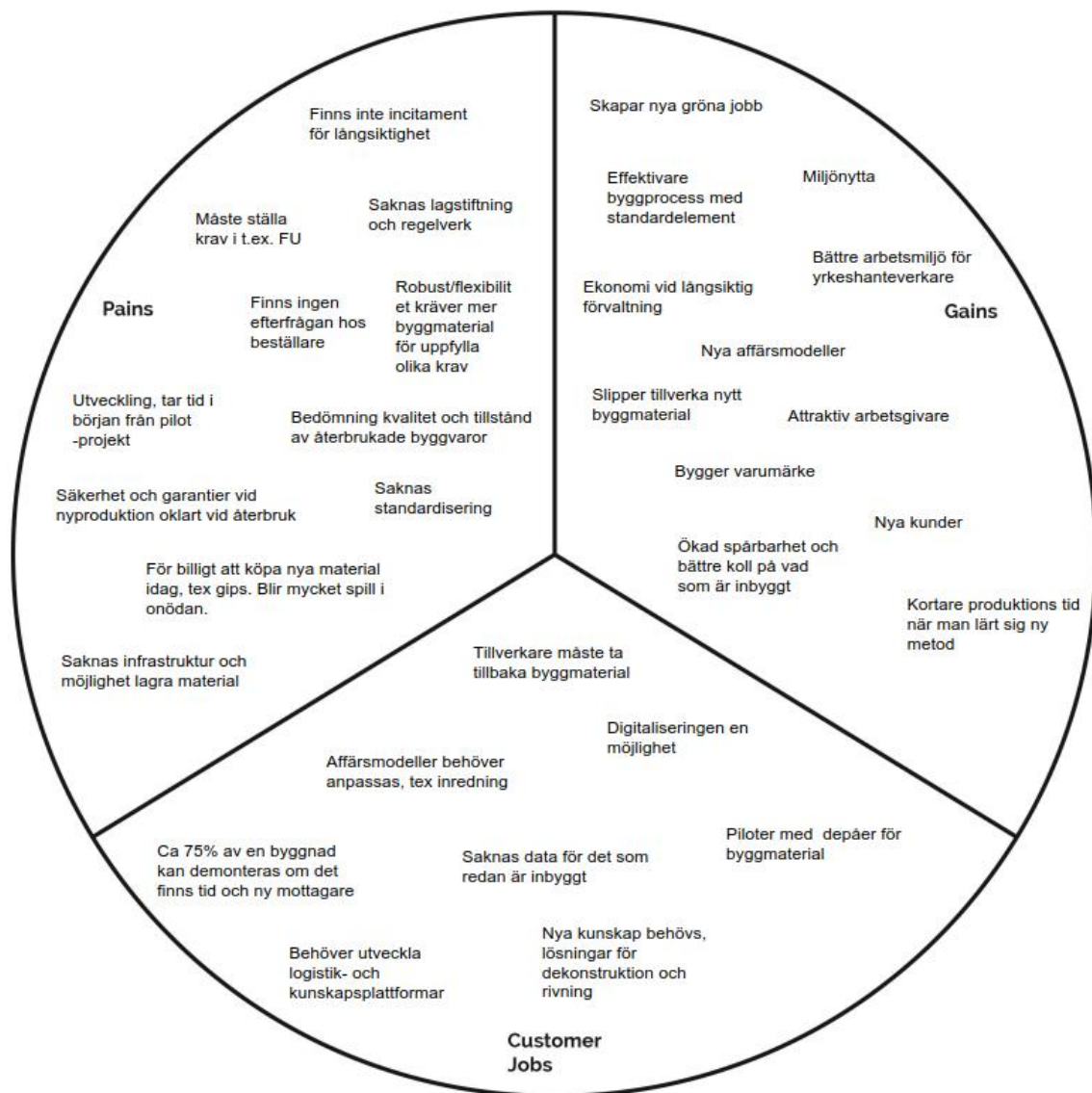
Bild 3. Ivana Kildsgaard från LINK Arkitektur berättar om nya affärsmodeller.



Bild 4. Redovisning av grupparbeten.

WORKSHOP DEL 2 – HUR GÅR VI FRÅN ORD TILL HANDLING?

Dagen avslutades med en workshop (Bild 4). Första uppgiften handlade om att identifiera hinder (pains) och möjligheter (gains) samt om det finns kunskapsluckor eller kompetensbrist (customer jobs) som ett hinder för att påbörja omställningen till DfD. Resultat framgår av figuren nedan.



Den andra gruppövningen handlade om att generera idéer. Exempel på frågeställningar var:

- Kan din verksamhet göras mer cirkulär? Hur blir erbjudandet då?
- Kan verksamheten behållas linjär men med högre cirkularitet i materialflödet? Hur?
- Går det att resurseffektivisera radikalt i er bransch? Hur?
- Saknas det kompetenser och/eller kunskap?

Ett antal förslag på lösningar från de fyra grupperna presenterades på post-it lappar, se figuren nedan.

Producent ansvar och system med retur eller pant	Synka inköpsorg. med långsiktiga mål	Nya digitala verktyg och applikationer	Affärsplan, använda business canvas model	Nya samverkans former i värdekedjan	Ställa krav i FU
Nya koncept att mäta återbruk och återvinning inom bygg- och anläggning	Hitta nya affärer, tex: isolering gips plast	Använda lösningar som redan finns, tex P-hus och logistikbyggnader	Nya samarbeten för återbruk och återvinning	Hyra vitvaror i flerfamiljshus, ta betalt för tex per tvätt	Harmonisera krav på byggprodukter och avfall
Ta fram branschgemensamma krav för tillverkare av liknande produkter (tex gips)	Nya fastighetsaffärer. Ta betalt för hälsas och produktivitet	Utveckla nya koncept för kontor. Hyr inredning, väggar installationer etc.	Nya belöningsmodeller och incitament	Robust stomme, livslängd 200 år, ger stor flexibilitet i byggnaden	Fastighetsägare samarbetar med väggleverantör och "hyr innerväggar"
Starta upp nytt FoU projekt som räknar på helheten - ekonomi	Involvera leverantörer tidigt i projekt. Långsiktighet behåll organisation i nästa projekt	Utveckla flexibla lägenheter med möjlighet att skärma av tex ett rum för uthyrning som tex kontor under dagtid	Tillverka byggprodukter som är lätta att koppla och demontera så att bygg- element inte skadas. Ny design	Leverantör leasar ut sina byggprodukter tillsammans med service och reparationskit	

De två sista gruppövningarna handlade om att prioritera de föreslagna lösningarna. Uppgiften var att få djupare insikt om de idéer som deltagarna trodde hade störst potential och var mest lämpligt att börja med för att ställa om till DfD. De idéer som grupperna prioriterade var följande:

- Ta ditt hus och gå
- Flexibla ytor
- Demonterbara stommar
- Recycling Bauhaus
- Office riders
- Delning av lägenheter