

Hållbar Trähantering

- Strategier för Effektiv Återvinning och Återbruk inom Byggsektorn



**LUNDS
UNIVERSITET**
Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Bygg- och miljöteknologi / Byggproduktion**

Examensarbete:

Filip Hägerström

Martin Bengtsson

Handledare:

Professor Torleif Bramryd

© Copyright Filip Hägerström, Martin Bengtsson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Sammanfattning

Den påtagliga betydelsen av klimatfrågor framträder i allt högre grad. Byggsektorn har en betydande inverkan på klimatet genom sin resursanvändning och avfallsgenerering, vilket tydligt framgår då sektorn står för en tredjedel av Sveriges totala avfallsgenerering. Trä har för närvarande en låg resurseffektivitet och värdet hos materialet utnyttjas inte till sitt fulla. Den omfattande förbrukningen av jungfruliga resurser kan begränsas genom att främja återbruk. Ökad satsning på hållbar återvinning skulle möjliggöra för ett fullständigt utnyttjande av resurserna, dock sker detta i låg utsträckning. Oförnekligt visar sig en avsevärd potential i att öka återbruk och återvinning för att främja cirkulärt och hållbart byggande.

Rapporten undersöker bakgrunden till den nuvarande situationen samt identifierar vägar för framtida utvecklingar inom problemområdet. Syftet med rapporten har varit att framföra lämpliga utvecklingsmöjligheter för att främja återbruk och återvinning inom byggsektorn. Dessutom presenteras ett tillvägagångssätt för att implementera utvecklingsförslagen, som innefattar etablering av cirkulära flöden för träavfall. Med syfte till att motverka den bristande kunskapen inom området för hållbart byggande.

För att besvara frågeställningarna och uppnå syftet med studien, utfördes en noggrann litteraturstudie. Rapporten har identifierat flera problem som förhindrar uppskalning av återbruk och återvinning till de nivåer som krävs för att bemöta dagens utmaningar. Bland de identifierade hindren framträder en tydlig kunskapsbrist gällande hanteringen av träavfall samt behovet av en omställning på nationell nivå. Trots att flera initiativ inom branschen syftar till att hantera dessa utmaningar, är många småskaliga och saknar en övergripande strukturell påverkan. Dessutom visar dagens styrmedel brister när det gäller att främja utvecklingen av verktyg för ökat återbruk och ökad återvinning. Därmed är en omfattande förändring av styrmedel avgörande som ett första steg mot att uppnå hållbart byggande och resurshantering.

Nyckelord: Återbruk, Återvinning, Resurshantering, Demontering, DfD, Kaskadanvändning, LCA, Avfallshierarkin, Bygg- och rivningsavfall, cirkulär ekonomi, träåtervinning.

Abstract

The tangible significance of climate issues is increasingly evident. The construction sector significantly impacts the climate through resource utilization and waste generation, as is evidenced by the sector's contribution to one-third of Sweden's total waste generation. The current situation shows that wood exhibits low resource efficiency, with its value not fully exploited. The extensive consumption of virgin resources could be lessened by promoting the reuse of materials. Increased emphasis on sustainable recycling would enable the full utilization of resources, although its implementation is limited to an extent in the current state. Undeniably, there is considerable potential to increase reuse and recycling to foster circular and sustainable construction.

The report examines the background of the current situation while identifying prospects for future developments within the questioned area. It aims to propose suitable developed opportunities to promote reuse and recycling within the construction sector. Additionally, an approach for implementing the proposals is presented in the report, involving the establishment of circular flows for wood waste. The method aims to address the lack of knowledge in the field of sustainable construction.

To attain the study's purpose, a meticulous literature study was conducted. The report has identified several barriers hindering the upscaling of reuse and recycling to the levels required to address today's challenges. Among barriers, a lack of knowledge regarding wood waste management emerges, alongside the need for a national-level adjustment. Although several industry initiatives aim to address these challenges, many are small-scale and lack comprehensive structural impact. Furthermore, current policy instruments within the construction sector exhibit shortcomings in promoting the development of tools for increased reuse and recycling. Thus, comprehensive policy changes are crucial as an initial step towards achieving sustainable construction and resource management.

Keywords: Reuse, Recycling, Resource Management, Disassembly, Design for Disassembly (DfD), Cascading Use, Life Cycle Assessment (LCA), Waste Hierarchy, Construction and Demolition Waste, Circular Economy, wood recycling.

Förord

Detta examensarbete är ett avslutande moment på Höskoleingenjörsutbildningen i Byggt teknik med arkitektur vid Lunds Tekniska Högskola. Omfattningen av arbetet är 22,5 högskolepoäng.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Torleif Bramryd som varit tillgänglig och engagerad under arbetets gång. Hans vägledning har bidragit med värdefulla insikter och möjliggjort utförandet, vilket har lett till en lärrik erfarenhet vi kommer ha användning för livet ut. Även stort tack till vår examinator Urban Persson.

Lund maj 2024
Filip Hägerström
Martin Bengtsson

Innehållsförteckning

Förord	1
Begreppslista	1
1 Inledning.....	3
1.1 Bakgrund	3
1.2 Problemformulering.....	6
1.3 Målsättning	6
1.4 Avgränsningar	6
2 Metod	7
2.1 Metoddiskussion	8
3 Nutidsanalys	10
3.1 Avfallsgenerering	10
3.2 Dagens vagga till grav	12
3.3 Lagstiftning.....	13
3.3.1 Klimatdeklaration	14
3.4 Återbruk.....	15
3.4.1 Hinder inom återbruk.....	17
3.4.1.1 Billigt att köpa nytt.....	17
3.4.1.2 Demonterbarhet.....	18
3.4.1.3 Tidsbrist.....	18
3.4.1.4 Ingen etablerad marknad	19
3.4.1.5 Risker vid rivning	19
3.4.1.6 Farliga ämnen	19
3.4.1.7 Styrmedel.....	20
3.5 Återvinning.....	20
3.5.1 Hinder inom återvinning	23
4 Diskussion och Utvecklingsmöjligheter.....	24
4.1 Metodisk strategi för utvecklingsmöjligheter.....	24
4.2 Styrmedel.....	24
4.2.1 Lagstiftning	24
4.2.1.1 Avgifter och subventioner.....	25
4.2.1.2 Gränsvärden.....	25
4.2.1.3 Bonus-Malus för byggnader.....	26
4.2.1.4 Innehållsförteckning för byggprodukter.....	27
4.2.1.5 Avfallshantering	28
4.2.2 Materialhjulet.....	29
4.3 Kaskadanvändning.....	30
4.3.1 Materialflöden.....	31
4.4 Digitaliseringens effekter på utvecklingen	32
4.4.1 Demontering (DfD).....	33
4.4.1.1 Disassembly and Deconstruction Analytic System (D-DAS)	34
4.4.1.2 CIX - Cirkuläritetsindex	35
4.4.2 BASTA	37
4.5 Innovativa exempel.....	37
4.5.1 Erfarenheter från SirkTre	37
4.5.1.1 Assemble and Disassemble.....	38
4.5.1.2 Digital Twins for Buildings	38

4.5.1.3 <i>Sustainable Modular Houses</i>	39
4.5.2 Uuthuske: innovativ ansats till modulär bostadsproduktion	40
4.5.3 Nanokristallin cellulosa (NCC).....	42
4.5.4 Deponi i kontrollerad miljö	43
4.5.5 Att skapa bioekonomi	44
4.6 Bioekonomins möjliga framtid	44
5 Slutdiskussion.....	46
5.1 Förslag på ett alternativt flöde	46
6 Slutsats.....	50
6.1 Vidare forskning	51
7 Referenser.....	52
8 Bilagor	61

Begreppslista

Cirkulär ekonomi: Värdet av en produkt och material bibehålls så länge som möjligt. Avfall och resursanvändning minimeras, och resurserna behålls i ekonomin tills produkten nått slutet av sin livscykel, för att sedan användas på nytt och skapa ytterligare värde (Kommittén för modernare byggregler 2018).

Kommittén för modernare byggregler: Svensk myndighet vars uppgift är att föreslå åtgärder för att modernisera och effektivisera de nationella byggreglerna, med syfte att främja hållbarhet.

Jungfrulig råvara: En råvara som utvunnits från sitt ursprungliga tillstånd. En råvara som inte har återvunnits eller återanvänts tidigare. Tex. kol, naturgas, timmer.

Återbruk eller Återanvändning: En produkt eller komponent som inte är avfall används igen för att fylla samma funktion som den ursprungligen var avsedd för (Miljöbalk (1998:808)).

Återvinning: Restprodukter eller brukat material som används till andra ändamål än var den ursprungligen var avsedd för, med syfte att skapa ett nytt värde.

Livscykelanalys (LCA): En systematisk analys för att betrakta förväntad miljöpåverkan hos en viss produkt under hela användningscykeln. Från utvinning av jungfrulig råvara till bortskaffning av materialet.

Avfallstrappan eller Avfallshierarkin: Ett EU-direktiv antaget i den svenska miljöbalken som styr avfallshanteringen i en prioriteringsordning.

Bioekonomi: En ekonomi med grund i biobaserade råvaror som ska tas till vara på genom att främja användningen av förnybara resurser istället för fossila.

Energiåtervinning eller energiutvinning: En process för att utvinna den lagrade energin i ett material eller produkt. Energiutvinning är en del av prioriteringsordningen upprättade i avfallshierarkin.

Livscykelkostnad (LCC): En ekonomisk analys som beaktar kostnaden under livscykeln för en produkt. Används främst organisatoriskt som ett underlag för finansiella beslut.

Design for disassembly/deconstruction (DfD): En metod för att projektera byggnader eller byggnadskomponenter för att främja demonteringsprocessen.

Kaskadanvändning: Ett återvinningskoncept för att ta tillvara på produkter/material i flera led, med syfte att utnyttja dess fulla potential.

Building Information Model (BIM): En metod för att skapa och hantera digitala modeller av byggnader. Modellen innehåller information om alla delar av projektet, från design till drift. Det underlättar möjligheten att visualisera, samordna och analysera olika aspekter av ett byggprojekt.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Befolkningen i världen ökar och trenden visar att antalet människor kommer fortsätta växa. Idag utgör städer hem för cirka 56 procent av världsbefolkningen och den siffran förväntas stiga upp till 70 procent fram till år 2050. Halva tiden har nu passerat för att uppnå de globala målen i Agenda 2030. FN varnar att möjligheten för att kunna åstadkomma målen är i fara (World Bank 2023). Bygg och anläggningssektorn står för cirka 20 procent av världens utsläpp, vilket motsvarar ungefär 10 miljarder ton växthusgaser. Ökad befolkningstillväxt, högre levnadsstandard och hastig urbanisering gör att efterfrågan på byggnadsyta och infrastrukturer blir större (Boverket & Naturvårdsverket 2019).

Agenda 2030 innehåller 17 mål som består av delmål och globala indikatorer som slutligen ska leda till en bättre värld. Hållbar utveckling innebär att dagens behov ska kunna tillfredsställas utan att påverka nästa generations möjlighet att kunna tillgodose sina behov. Bestående hållbarhet kan inte åstadkommas utan att uppmärksamma ekonomisk-, social- och miljömässig hållbarhet (Naturvårdsverket u.åa).

Byggsektorn i Sverige står för cirka en tredjedel av landets avfall, vilket motsvarar ungefär 14 miljoner ton, exkluderat gruvavfall. Detta gör byggbranschen till ett av de verksamhetsområdena som genererar mest avfall i samhället (Miliute-Plepiene, et al. 2022). Sverige har satt upp ett övergripande miljömål som ska realisera den miljömässiga dimensionen i Agenda 2030 och fungera som riktmärke för miljöarbetet på nationell nivå. Målen definierar vad som i svenskt uttryck är en god miljö. Syftet med målen är att kunna överföra ett samhälle till nästa generation, där miljöproblemen är lösta utan att skapa nya problem för framtiden. Miljöarbetet är uppdelat på olika nivåer; nationellt, regionalt och lokalt. Samarbetet inom EU är viktigt för att lyckas med målen. Miljömålssystemet består av ett generationsmål, 16 miljö kvalitetsmål samt flera olika etapper med indikatorer på vad som behövs göras samt när (Sveriges miljömål 2020).

Årligen förbrukar byggsektorn omkring hälften av allt jungfruligt material som utvinns i Europa, med avseende för produktion av byggnadsmaterial. En omfattande användning av jungfruliga resurser är inte bara miljömässigt ansträngande utan även väldigt energikrävande (Hradil 2014). Förutom de tidigare nämnda faktorerna, måste det noteras att byggsektorn bidrar till avsevärda avfallsmängder. Konstruktions- och rivningsprojekt står för en tredjedel av Sveriges totala avfallsgenerering, vilket sällan återbrukas för nya projekt (Kanters 2018). Källorna framhäver att det finns ett behov av förbättring inom byggsektorn. Utöver återbruk bör även återvinning betraktas.

Materialåtervinning är ett effektivt sätt att utnyttja naturresurserna till sin fulla potential, vilket resulterar i minskad klimatpåverkan jämfört med utvinning av jungfruliga resurser. Betraktas träavfall och hur det återvinns i nuläget, går i princip allt till energiutvinning. En

anledning till situationen är att det inte finns en regelrätt metod för materialåtervinning av träavfall i Sverige. Vilket även är situationen för de övriga nordiska länderna (Miliute-Plepiene, et al. 2022).

The Circularity Gap Reporting Initiative har utfört en djupgående analys av den cirkulära ekonomin i dagens samhälle. Denna visar att samhället befinner sig långt ifrån den idealiska situationen, då endast 9,1% av världsekonomin kan anses vara cirkulär. Den linjära tanken “take-use-waste”, som förekommer i dagens industri, har blivit normen (Fig. 1). Konsumtionen av våra ändliga resurser har allvarliga konsekvenser då naturresurser försvinner samtidigt som avfall och föroreningar genereras (de Wit, et al. 2018). När hållbar utveckling betraktas tydliggörs det att industrin stärker den ekonomiska hållbarheten men samtidigt försämrar de ekologiska.



Fig. 1 How to bridge the circularity gap (van 't Hof, 2018),

Byggsektorn spelar en avgörande roll när det gäller att främja de sociala, miljömässiga och ekonomiska aspekterna av ett hållbart samhälle. Genom att skapa arbetstillfällen stärker de ekonomin och bidrar till en tillväxt i Sverige. Trots de positiva effekterna för samhället, finns det allvarliga miljökonsekvenser förknippade med byggsektorn, särskilt då mängden rivningsavfall betraktas (Ruiz, et al. 2019).

Den växande mängden rivningsavfall innebär ökande utmaningar för miljön. Konsekvenserna omfattar allt från förstörelsen av vår natur på grund av resursutvinning, till den ökade belastningen på deponier. Miljöpåverkan från byggsektorn förtydligas i data framtagen av Boverket (2024a), visar att de totala utsläppen av växthusgaser från byggsektorn ligger på 18,9 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Ett värde som motsvarar ungefär 22% av Sveriges totala växthusgasutsläpp.

Genom en omfattande EU-lagstiftning inom avfallsområdet har avfallshierarkin etablerats (Fig. 2). Det huvudsakliga ändamålet är att förebygga generering av avfall. Avfallstrappan, även känd som avfallshierarkin, fastställer en prioriteringsordning med åtgärder för avfallshantering och är enhetlig för alla medlemsstater i EU. Trots detta, är avfallsgenerering oundvikligt, och den som behandlar avfallet är ansvarig för att avfallshierarkin följs (Naturvårdsverket u.åb).

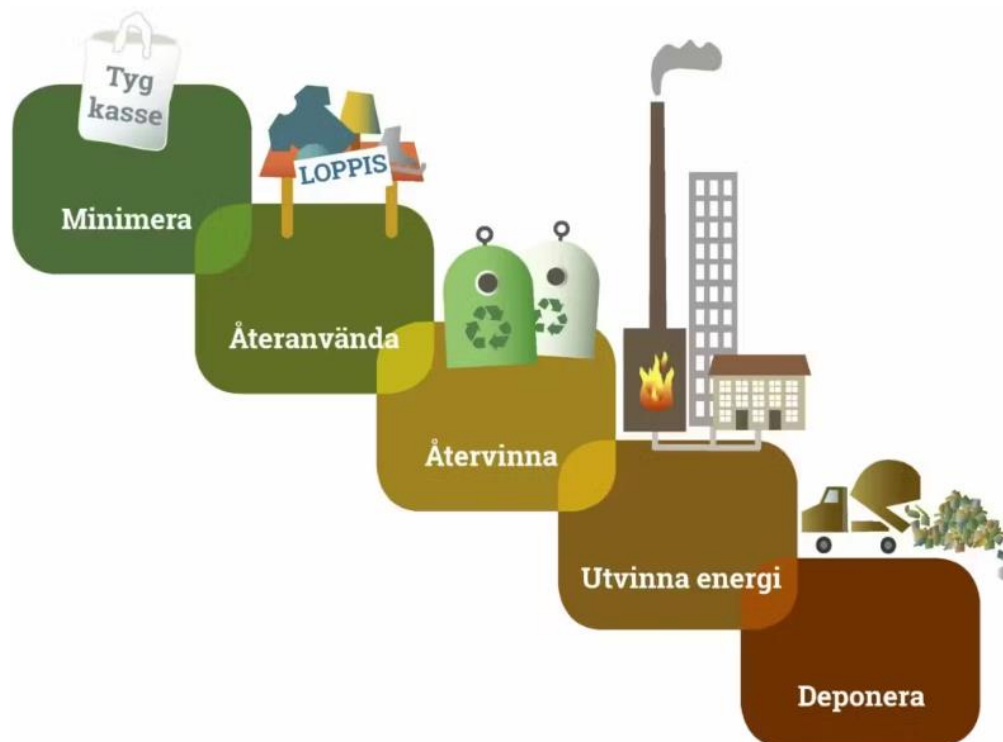


Fig. 2 Avfallshierarkin (Liljander, 2021),

För att hantera avfallet och utföra en bedömning av miljöpåverkan finns det olika verktyg att tillgå. Sveriges lantbruksuniversitet (2022) skriver att utförandet av en livscykelanalys (LCA) är en av flera metoder som möjliggör en bedömning och redovisning av miljöpåverkan. LCA är en kvantitativ metod som underlättar möjligheten att förstå vad som kan ändras, med avsikt att minska miljöpåverkan eftersom den presenterar resursflödena. Det finns olika systemgränser i en LCA, beroende på vilka avgränsningar som sätts. Generellt lämpar det sig att betrakta flödena från utvinning av råvaran tills de lämnar det tekniska systemet. Det går att beskriva att materialen går från ”vagga till graven” (Sveriges lantbruksuniversitet 2022).

När träd växer lagras koldioxid genom fotosyntesen i form av kolföreningar. Trots att träet har bearbetats och en träprodukt framställts, lagrar träet fortfarande koldioxid under hela dess livstid. Koldioxiden frigörs till slut för att sedan kunna tas upp igen på nytt. Det är ett naturligt kretslopp som inte ger något nettotillskott av koldioxid till atmosfären, vilket ger trä klimatfördelar genom alla faser. Under rätt förutsättningar går trä att återanvända och återvinna vilket gör att koldioxidens lagringstid förlängs (Svenskt trä u.åa). Egenskaperna hos trä är betydelsefulla och gör det viktigt att utveckla möjligheterna för att hantera råvaran på ett effektivare och mer hållbart sätt.

1.2 Problemformulering

Med dagens utmaningar är det avgörande att betrakta avfallshanteringen inom byggsektorn. Utvecklingsmöjligheterna samt bristen på cirkularitet kopplade till hanteringen av träavfall utgör grunden för rapporten. Genom att utforska möjligheterna för en mer cirkulär hantering av träavfall minskar inte bara miljöpåverkan utan främjar även en mer hållbar resurshantering.

1.3 Målsättning

Hur kan byggsektorn ta tillvara på de resurser som finns på ett effektivt sätt? För att svara på detta utförs en nutidsanalys på träavfall från konstruktion- och rivningsprojekt, genom att betrakta återvinning- och återbruksflödet i byggbranschen. Men även svara på frågan om dagens situation kan anses som hållbart byggande,

1. Identifiera den nuvarande situationen för återvinning och återbruk.
2. Identifiera problematiken kopplad till återvinning och återbruk av träavfall.
3. Utveckla alternativa flöden för återvinning och återbruk av träavfall.
4. Redovisa förbättringspotentialen och hur den skall implementeras.

1.4 Avgränsningar

Denna rapport fokuserar på träavfall och problematiken som finns kring dess hantering med hänsyn till återbruk och återvinning. För att få en mer ingående förståelse för byggsektorns miljöpåverkan, är det relevant att jämföra hanteringen av träavfall med andra material. Dock kommer andra material bara behandlas på ytlig nivå.

Rapportens främsta mål är att utveckla alternativa återvinnings- och återbruksflöden. Därmed kommer det inte att göras en djupgående utforskning av metoder för att minska avfallsgenereringen. Då återbruk utgör en central del av den cirkulära ekonomin kommer det bidra till en naturlig minskning av avfall. På så sätt kommer arbetet att ha en indirekt effekt för att minska avfallsmängden medan andra alternativ för att motverka avfallsgenereringen inte kommer att diskuteras.

Rapporten riktar sig till kommunala verksamheter samt större kommersiella företag, därmed inte till privatpersoner. Eftersom dessa verksamheter och företag bidrar till den primära klimatpåverkan inom byggsektorn, kommer resultatet att vara utformat för dessa målgrupper. Implementeringen av utvecklingsmöjligheterna tar bara hänsyn till behoven och förutsättningarna på den svenska marknaden.

Rapporten kommer inte att inkludera återvinning genom tillverkning av nya möbler eller annan inredning. Även om detta är ett effektivt användningsområde för återvunnet material, kommer fokus främst att ligga på fasta element.

2 Metod

Detta kapitel presenterar tillvägagångssättet för litteraturstudiens genomförande, med avsikt att besvara målsättningen. Slutligen diskuteras hur den insamlade datan bearbetas och analyseras för att beakta möjligheterna till implementering av utvecklingsmöjligheterna. Figur 3 illustrerar den process som utförts i rapportens genomförande.

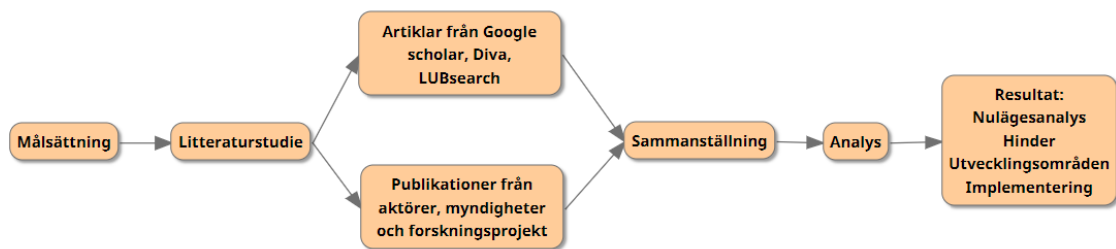


Fig. 3 Visualisering av rapportens process (egen illustration),

Patel och Davidson (2019) skriver att i en litteratursökning kommer rapporter, böcker och artiklar som har publicerats i vetenskapliga tidskrifter vara de vanligaste källorna för informationsinhämtning. Böcker presenterar ett problemområde där författarna har försökt systematisera och sammanställa den kunskap som finns, för att sedan presentera det i sin helhet med utvecklade modeller och teorier. Att förlägga en bok brukar ta relativt lång tid. För att hitta de senaste erfarenheterna inom området är rapporter och artiklar lättare att tillgå. Det är en tidskrävande process att göra en litteraturgenomgång, då sökningar genererar flertalet träffar och ett urval måste ske för att processen ska kunna fortgå. För att kunna formulera en problemformulering krävs en grundläggande bakgrundsförståelse och en omfattande genomgång av relevant litteratur. Genom att läsa och söka litteratur fortgående under arbetet och varva det med övriga moment, vilket utgör grunden i forskningsarbetet. Ett tillvägagångssätt är att:

- Förberedelse
- Introduktion till ämnet
- Välja lämpliga sökverktyg
- Litteratursökning
- Framtagandet av data
- Utvärdera datan

Efter att bakgrundsinformation har hämtats lämpar det sig att använda specifika sökord för att ta fram de begrepp som är centrala för arbetet, och att välja relevanta sökkombinationer (Patel & Davidson 2019).

I litteraturstudien används sökmotorerna Google Scholar, DIVA och LUBsearch för att säkerställa tillgången på kvalitativa vetenskapliga artiklar inom ämnesområdet. De primära sökorden inkluderar återbruk, återvinning, avfallshierarkin, cirkulär ekonomi, bygg- och rivningsavfall, design for disassembly/deconstruction(DfD), kaskadanvändning, bioekonomi

och materialflöde. För att utöka omfattningen och kvaliteten på den erhållna litteraturen, tillämpas sökorden på både svenska och engelska, vilket möjliggör tillgång till internationell forskning och innovation som kan ligga före Sverige i utvecklingen. Dessutom inkluderas offentliga publikationer från framstående aktörer och myndigheter, såsom EU-direktiv och Boverket, för att komplettera den vetenskapliga litteraturen.

Litteraturstudien skall då bidra med nödvändig bakgrundsinformation för att belysa den aktuella situationen gällande kunskapsläget kring återbruk och återvinning, samt identifiera strategier och insikter som kan främja en övergång mot en cirkulär ekonomi.

2.1 Metoddiskussion

Metodvalet grundar sig i en litteraturstudie, som lämpar sig bäst för arbetets målsättning. Informationsinsamlingen har skett främst genom publikationer för att säkerställa hög kvalitet. Den presenterade informationen ger på så sätt en trovärdighet och visar positiva effekter som kan implementeras. För att få djupare och mer nyanserad bild av problemområdet är det viktigt att reflektera hur lämpligt tillvägagångssättet av metodvalet är. Framtagandet av nutidsanalysen kunde effektivt utformas genom en grundlig analys av den omfattande datamängden rörande miljöpåverkan från byggsektorn. Litteraturstudier har begränsningar och ger endast ett synsätt på området. Enligt Diciccio-Bloom och Crabtree (2006) kan intervjuer med företag och relevanta aktörer möjliggöra diskussioner om deras inställning till problemformuleringen. Genom att betrakta praktiska erfarenheter och verksamhetsbaserade problem inom ämnet kan förståelsen fördjupas, vilket i sin tur kan leda till ett mer nyanserat och högkvalitativt resultat (Diciccio-Bloom & Crabtree 2006).

För att säkerställa en mer djupgående nutidsanalys genomfördes en kvalitativ enkätundersökning riktad till miljöansvariga inom de 11 största byggföretagen i Sverige. Syftet med enkäten var att skapa en mer nyanserad bild av den aktuella situationen angående resurshandling av trä, vilket skulle jämföras med informationen som framkommit i litteraturstudien. Svarsfrekvensen var låg, med endast två svar. De erhållna svaren visade att informationen framtagen i nutidsanalysen överensstämde, vilket stärker metodvalet. Alshenqeei (2014) påpekar att enkäter ofta inte ger samma djupgående information som intervjuer. Genom intervjuer skapas en dialog som underlättar en djupare förståelse av aktörernas perspektiv på ämnet, vilket i sin tur möjliggör insamling av högkvalitativa data (Alshenqeei 2014). På grund av den låga svarsfrekvensen valdes enkäten att exkluderas från den slutgiltiga rapporten.

Etablering av en mer storskalig återbruksmarknad är ett betydande koncept för att kunna implementera de framtagna faserna. För nuvarande sker detta på en småskalig nivå och ett platsbesök på ÅBD (Malmö Återbyggdepå) hade öppnat möjligheten att identifiera deras behov för att främja utvecklingen till en mer storskalig återbruksmarknad. Samtidigt hade en djupare förståelse om hur kraftvärmeverkens processer och arbete ser ut varit av stor betydelse, något som kan åstadkommas genom ett platsbesök. Det hade varit givande att intervjua personer på kraftverken och öka förståelsen för hur de ser på energiutvinning

gällande träavfall. Trots fördelarna med platsbesök saknar det relevans i arbetet. Ökad förståelse är alltid fördelaktigt men med de upprättade avgränsningarna krävs det inga platsbesök för att kunna uppnå målsättningen

3 Nutidsanalys

3.1 Avfallsgenerering

Byggsektorn utgör en stor andel av avfallsgenereringen i Sverige. Statistik visar att byggsektorn svarar för ungefär en tredjedel av Sveriges totala avfallsmängd, vilket motsvarar cirka 14 miljoner ton, exkluderat gruvavfall. Detta gör byggsektorn till en av de främsta källorna till avfall i samhället (Miliute-Plepiene, et al. 2022). För att förstå omfattningen går det att jämföra avfallsgenereringen med andra industrier (Fig. 4). Mängden livsmedelavfall i Sverige uppgår till ungefär 0,8 miljoner ton (Naturvårdsverket 2024). Detta framhäver vikten av att byggsektorn bör hantera sitt avfall på ett ansvarsfullt sätt.

Avfallsgenereringen i Sverige

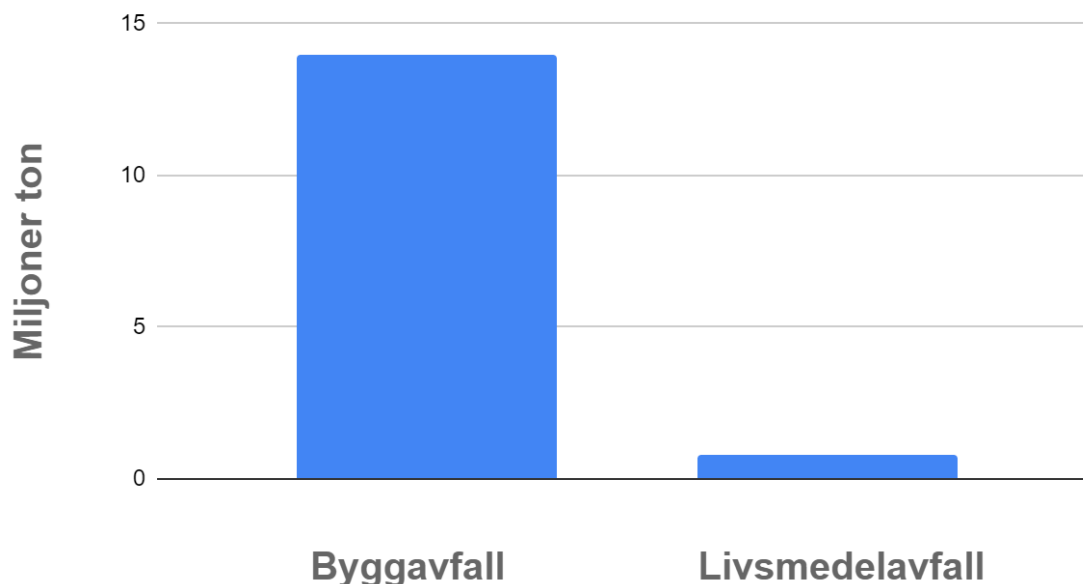


Fig. 4 Bygg- och livsmedelsavfallsgenereringen i Sverige (egen illustration),

Den primära källan till avfall uppstår direkt från produktion och konsumtion. Detta inkluderar produktion, tillverkning, bearbetning, transport och montering av byggmaterial. Trots att byggavfall även kan genereras i andra branscher, är deras bidrag försumbart jämfört med byggsektorn (Boverket 2024b). Det framgår tydligt att avfallsgenereringen fortsätter att öka. Mellan 2018 och 2020 ökade den totala mängden avfall med 1,8 miljoner ton inom byggsektorn. Det är värt att notera att dessa värden exkluderar jord- och stenmassor från gruvverksamheten, i enlighet med de regler som EU har fastställt (Boverket 2024b).

För att identifiera förbättringspotentialen är det viktigt att förstå hur dessa avfallsmängder genereras inom byggsektorn. Enligt Dainty och Brooke (2004) är de främsta källor till avfallsuppkomsten:

- Ändringar i design eller överdriven specificering
- Materialbyten efter beställning, eller eventuella ändringar efter påbörjat arbete
- Materialspill
- Emballage
- Felaktigt utformad design vid projektering
- Bristfällig lagring av material, vilket kan leda till skador hos produkter
- Pressen att hålla ned kostnader och uppfylla tidsramarna kan leda till bristfällig resurshantering

En viktig aspekt när det gäller avfallsgenerering är att granska fördelningen mellan farligt och icke-farligt träavfall. Farligt avfall är karakteriserat av egenskaper som utgör en risk för människors hälsa eller miljön och måste därmed hanteras på ett säkert sätt (Sveriges avfallsportal 2023). Ett vanligt förekommande exempel på farligt avfall är tryckimpregnerat trä (Fig. 5). Den huvudsakliga genereringen av tryckimpregnerat träavfall kommer från hushåll. Vanliga användningsområden för tryckimpregnerat trä inkluderar altantrall och olika huskompletteringar, vilket bidrar till genereringen av träavfall efter bortskaffning (Jermer 2024).



Fig. 5 Insamlad mängd farligt avfall (Svensk Avfallshantering 2021),

Ansvarsfullt agerande från både byggsektorn och hushållen utgör en viktig del av hållbarhetsfrågorna, vilket framgår i tidigare stycken. Det är hushållens skyldighet att sortera och lämna sitt avfall till de olika insamlingssystemen, vilket innefattar att de skall följa kommunens regler för avfallshantering (Avfall Sverige 2021). För byggsektorn finns det riktlinjer för resurs- och avfallshantering, vilket fungerar som ett styrmedel för att uppfylla miljöbalkens allmänna hänsynsregler och främja avfallshierarkin (Byggföretagen u.å).

3.2 Dagens vagga till grav

Den 1 januari 2022 infördes ett krav på att utföra en klimatdeklaration på nybyggnationer. Syftet är att minska klimatpåverkan från byggskedet (Boverket 2021a). Genom att göra en livscykelanalys (LCA) menar Boverket (2019) att det går att ta reda på vilket skede där miljöpåverkan är som störst. De olika skedena från byggnaden går att dela upp i tre huvudkategorier. Bygg-, användning- och slutskede, där byggskedet delas upp i två underkategorier; produkt- och byggproduktionsskede. Skedena har olika underkategorier som kallas informationsmoduler där processerna under hela livscykeln beskrivs, från råvaruförsörjning till bortskaffning (Fig. 6). Används en LCA i projekteringsfasen finns möjligheten att jämföra olika material och konstruktionslösningar, vilket underlättar beslutfattandet i ett tidigt skede (Boverket 2019).

A1–5 Byggskede		
A1–3 Produktskede	A1	Råvaruförsörjning
	A2	Transport
	A3	Tillverkning
A4–5 Byggproduktionsskede	A4	Transport
	A5	Bygg- och installationsprocess
B1–7 Användningsskede	B1	Användning
	B2	Underhåll
	B3	Reparation
	B4	Utbyte
	B5	Ombyggnad
	B6	Driftsenergi
	B7	Driftens vattenanvändning
C1–4 Slutskede	C1	Demontering, rivning
	C2	Transport
	C3	Restproduktsbehandling
	C4	Bortskaffning
D Fördelar och belastningar utanför systemgränsen		

Fig. 6 Livscykel för en byggnad med de olika skedena med respektive förteckning (Boverket 2019),

Barrträvaror som konsumerades i Sverige 2018 var cirka 5,7 miljoner kubikmeter. Den största delen kom från sågverk i Sverige. Användningsområdena för barrträ är många, där ROT (reovering, ombyggnad och tillbyggnad) är störst på 37%. Nyproduktion av hus kommer därefter på 23 % (Svenskt Trä u.åb). Materialflödet idag är ganska linjärt då råvaror

utvinns för att sedan användas och till sist bortskaffas (Fig. 7). Beroende på vilka träprodukter som sorterar ut vid rivning så kan de lämpas för återbruk eller återvinning. Om inte det är möjligt anses produkten vara förbrukad (Stigson 2016). I dagens situation går förbrukade träprodukter främst till energiåtervinning (Naturvårdsverket 2022a).



Fig. 7 Illustration av det nuvarande flödet för träavfall (egen illustration),

3.3 Lagstiftning

Det europeiska direktivet 2008/98/EG, även känt som avfallsdirektivet, har implementeras i svensk lagstiftning genom avfallsförordningen (2020:614) och Miljöbalken. Genom Direktiv 2009/98/EG och Miljöbalken regleras avfallshierarkin, som är fastställd inom hela EU. Avfallshierarkin definierar prioriteringsordningen där huvudfokus ligger på att förebygga och hantera avfall. Enligt hierarkin är det framför allt viktigt att förebygga uppkomsten av avfall, följt av att förbereda för återanvändning, återvinning, energiutvinning, och slutligen att deponera på avsedda deponier (Direktiv 2008/98/EG, s.6).

Miljöbalken tydliggör skyldigheten att förebygga avfall, vilket kan uppnås genom återbruk, ett område som utforskas närmare i senare delar av rapporten. Denna skyldighet fastställs i hänsynsreglerna enligt 2. Kap. 5 § Miljöbalken medan prioriteringsordningen för hanteringen av avfall presenteras utförligt i 15 kap. 10 § Miljöbalken.

Som tidigare benämnt är prioriteringen enligt avfallshierarkin inriktad på förebyggande åtgärder för att minska avfallsmängden. Förebyggandet innebär huvudsakligen att minska mängden avfall, skadliga ämnen och de negativa konsekvenserna som förknippas med avfall. Dock bör det noteras att medlemsstaterna har möjlighet att vidta åtgärder som avviker från första steget i prioriteringsordningen, förutsatt att de alternativa lösningarna ger det bäst resultatet för miljön ur ett helhetsperspektiv (Direktiv 2008/98/EG, s.6). För att uppnå detta är återbruk av byggmaterial av stor vikt, liksom strävan efter att förlänga materialets livslängd och att effektivt utnyttja resurserna i så hög utsträckning som möjligt.

Det är medlemsstaternas ansvar att säkerställa utformningen av avfallslagstiftningen samt att avfallspolitiken tar hänsyn till de befintliga nationella bestämmelserna. Processen för att utforma dessa lagar och policys bör vara transparent, vilket innebär att allmänheten och andra berörda parter skall ha möjlighet att delta (Direktiv 2008/98/EG, s.6). EU:s avfallslagstiftning genomgick en betydande revidering 2018, känd som avfallspaketet. Syftet med detta var att skapa förutsättningar för att minska mängden avfall och öka återanvändning, där förändringarna ska vara genomförda senast 2025 (Naturvårdsverket 2023a).

Direktiv 2008/98/EG poängterar att bygg- och rivningsavfall utgör ett särskilt område som inte omfattas av definitionen för kommunalt avfall. Därför uppmanas medlemsstaterna att vidta specifika åtgärder för att utforma lagstiftningen angående byggavfall på ett säkert och hållbart sätt. Detta innebär att det är nödvändigt för medlemsstaterna att inrätta sorterings- och återvinningsmöjligheter för olika materialfraktioner som vanligtvis genereras från bygg- och rivningsavfall. Detta inkluderar material såsom trä, mineraler (betong, tegel, klinker, keramik och sten), metall, glas, plast och gips.

Målet med dessa åtgärder är att uppnå en cirkulär ekonomi i Europa och främja hög resurseffektivitet. Det har fastställts att återbruk, materialåtervinning och annan återvinning av ickefarligt bygg- och rivningsavfall skall ha uppgått till minst 70 viktprocent år 2020. Även om avfallet användes som fyllmaterial för att ersätta andra material inkluderades detta i målet. Direktivet strävar efter att minska avfallsmängderna och främja avfallshanteringsystemen, vilket bidrar till en mer effektiv användning av resurser och minskad miljöpåverkan från byggsektorn. Genom att följa dessa riktlinjer kan medlemsstaterna bidra till att uppnå målen i direktiven och främja en mer hållbar utveckling inom EU (Direktiv 2008/98/EG s.).

3.3.1 Klimatdeklaration

Sedan den första januari 2022 har Boverket etablerat nya lagar gällande klimatdeklarationer. För att en byggherre ska erhålla ett slutbesked för en nyproduktion krävs en klimatdeklaration för byggproduktionsskedet. Denna åtgärd är nödvändig för alla projekt som kräver bygglov och måste sedan lämnas in till Boverket för godkännande. Efter att klimatdeklarationen har bekräftats av Boverket kan byggherren skicka in den till byggnadsnämnden för att erhålla ett slutbesked (Boverket 2023a).

En väsentlig del av klimatdeklarationen är att redovisa specifik information enligt Boverkets formulär. Vid beräkning av klimatpåverkan under byggproduktionsskedet ska antingen specifik- eller generisk klimatdata användas (Fig. 8). Den specifika klimatdatan, måste vara från en miljövarudeklaration framtagen enligt den etablerade metoden ur ett livscykelperspektiv. Om specifik klimatdata inte är ett möjligt alternativ ska generisk klimatdata från Boverkets klimatdatabas användas (Boverkets föreskrifter (2021:7)). Generiska värden är vanligtvis konservativt uppskattade, med en klimatpåverkan som ligger ca 25% högre än genomsnittet för att främja användning av specifik klimatdata (Boverket 2023b).

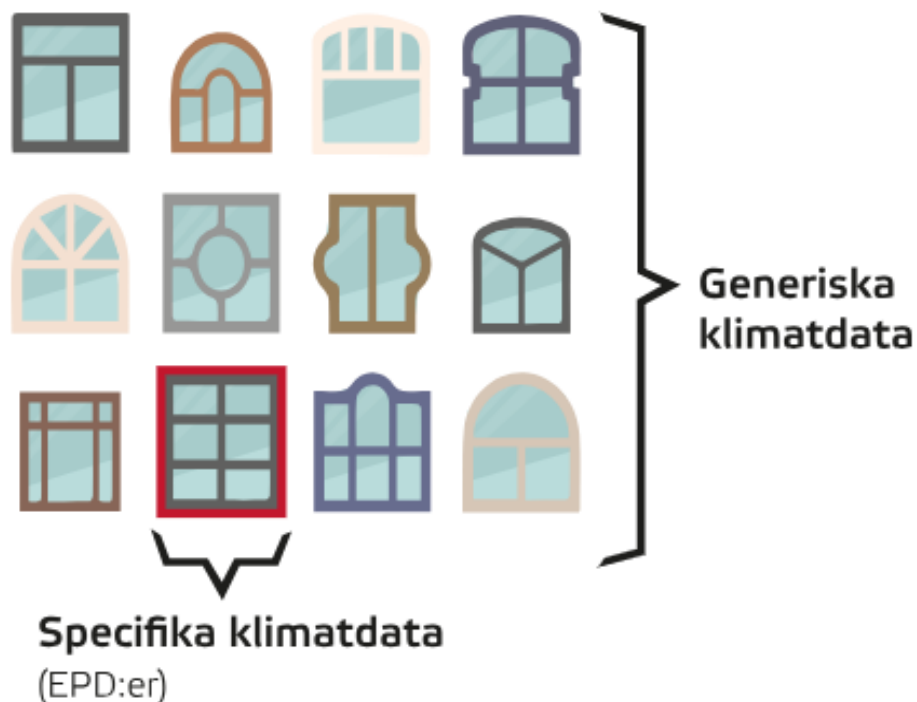


Fig. 8 EPD:er (Boverket 2023e),

För att redovisa informationen om klimatpåverkan finns flera olika beräkningsprogram på marknaden som underlättar klimatberäkningar och är oftast intuitiva att använda. Det finns även mer avancerade alternativ såsom särskilda LCA-program eller klimatberäkningsfunktioner i BIM. Företag kan välja vilket verktyg som passar deras behov bäst (Boverket 2023c). Det är viktigt att notera den generiska klimatdatan för återbrukade byggprodukter. Här redovisas klimatpåverkan som noll för modul A1-A3 samt A5, men modul A4, alltså transporten av de återbrukade produkterna måste klimatdeklarerars (Boverket 2023d).

3.4 Återbruk

Historiskt sett har återbruk av byggmaterial och produkter varit vanligt förekommande. Gamla strukturer har demonterats för att användas i nya projekt, tills materialet inte längre ansågs vara lämpligt för återbruk. Trots traditionen har denna praxis minskat under de senaste 70 åren (Hobbs & Adams 2017). Oavsett minskningen, har insamling av produkter med syfte att återanvändas ökat. Detta gäller även för återbrukade material som samlas in på återvinningscentraler. De insamlade materialerna distribueras ofta till olika samarbetspartners, antingen för att säljas eller för att skänkas bort direkt från centralen. I nuläget har cirka 70% av återvinningscentralerna någon form av mottagning för återbrukat material, vilket generellt är kopplade till välgörenhetsorganisation (Avfall Sverige 2021). Trots att denna typ av mottagning erbjuds går det att konstatera att situationen inte är optimal. Figur 9 visar fortfarande tecken på att byggmaterial inte återbrukas på likvärdig nivå som andra varor.

Insamlat material för återanvändning 2017–2021

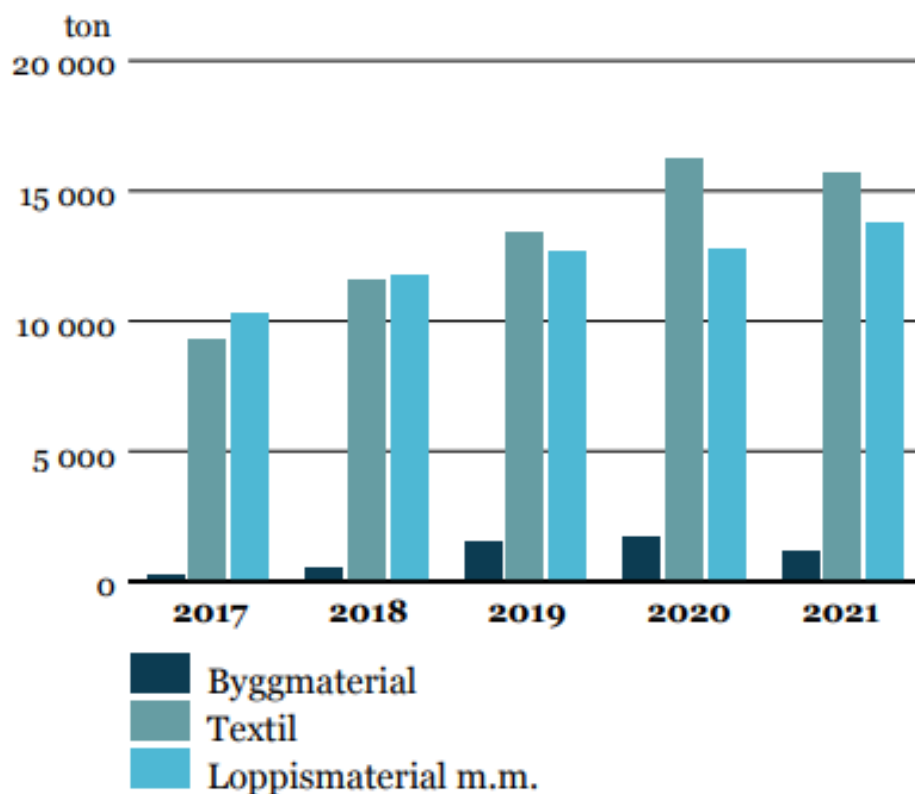


Fig. 9 Insamlat material för återanvändning via kommuner (Avfall Sverige 2021),

I de tidiga design- och planeringsskedet väljs material och volym noggrant, medvetna om deras direkta eller indirekta påverkan på byggnadens funktion och miljön. En aspekt som inte får lika mycket uppmärksamhet under denna process är "end-of-life"-fasen för byggnaden och hur materialen ska hanteras för att främja återbruk eller minimera avfallgenereringen (Kanters 2018). Vilket är något som måste börja tas i hänsyn för att främja hållbar utveckling.

Det finns verksamheter som arbetar med återbruk i dagsläget. Ett sådant exempel är Malmös Återbyggdepå (ÅBD), som är ett av de första företagen i Sverige med försäljning av återbrukade bygg- och rivningsmaterial. Verksamheten grundades redan 1997 och cirka 95% av materialet samlas in genom samarbeten med företag, särskilt bygg- och rivningsbranschen. Företagen kontakter ÅBD och behöver inte betala för att lämna eller transportera materialet (Miliute-Plepiene, et al. 2020). Tabell 1 visar en fördelning av de olika materialen som tas emot av ÅBD. Det framgår tydlig brist på virke eller träavfall som samlas in för återbruk, vilket indikerar att det finns förbättringspotential i arbetet med trä för återbruk.

Tabell. 1 Samlad byggmaterial hos ÅBD i ton (Miliute-Plepiene, et al. 2020),

Material/produkter	2015	2016	2017	2018
Tegel	2500	520	230	1680
Sten och betong	148	145	102	155
Virke	4	41	5	9
Fönster och dörrar	115	43	31	67
Takpannor	220	106	82	61
San. porslin	15	9	4	4
Gips	72	65	6	63
Inredning	45	23	19	15
Vent. Smide	-	-	20	15
Isolering	11	15	3	35
Vitvaror	-	-	1	1
VVS detaljer	-	-	3	4
El-artiklar	-	-	2	2
Byggstål	-	-	26	32
Diverse	350	78	1	2
Totalt	3 480	1 045	535	2 145

Byggbranschen står inför flera utmaningar när det gäller återbruk. En av de främsta är bristen på en gemensam marknadsplats för återanvända produkter. Detta hinder komplicerar inköpsprocessen för stora kommersiella byggföretag. Särskilt för storskaliga projekt där behoven är omfattande under en längre period. Utmaningen med att etablera en enhetlig marknadsplats för återbrukbara material är att upprätta en standardiserad kvalitetskontroll, vilket är en avgörande fråga för projektets ekonomi, miljömässig hållbarhet och framförallt säkerhet. Byggföretag känner sig osäkra gällande användningen av återbrukade material som oftast inte har en garanterad kvalitet, vilket kan påverka både säkerheten och funktionaliteten. Detta blir särskilt problematiskt i en tid där kraven på nybyggnation är strängare än någonsin tidigare (Miliute-Plepiene, et al. 2020).

Vid intervjuer som genomförts av IVL (Svenska Miljöinstitutet), poängterar byggföretag att rivningsbranschen bör anta en "start-of-a-new-life" mentalitet när det gäller framtiden. Detta skulle uppmuntra till att betrakta rivningsföretag som leverantörer av återbrukbart material istället för avfallsgenererare (Miliute-Plepiene, et al. 2020).

3.4.1 Hinder inom återbruk

3.4.1.1 Billigt att köpa nytt

Under de senaste 100 åren har Sveriges skogstillgångar fördubblats och detta fenomen fortsätter att observeras, då skogsvolymer ökar på grund av en tillväxt som överstiger uttaget. Detta tydliggör att det finns ett hinder för att uppmuntra återbruk av byggmaterial från träavfall. Närmare 70% av Sveriges yta täcks av skog, där majoriteten är barrskog. Nästan 50% av den avverade skogen i Sverige går till sågverken (Svenskt Trä u.åc). Återbruk av träavfall möter utmaningar som en följd av två huvudsakliga marknadsmisslyckanden (Kommittén för modernare byggregler 2018). Återbruk eller återvinning står inför hinder då miljöskadekostnaden inte inkluderas i deponeringsavgifterna, samt bristen på ett långsiktigt

tänkande kring kostnader för att införskaffa nytt material till framtida projekt. Något som indirekt kan leda till att återbrukat material blir dyrare än att anskaffa nytt (Kommittén för modernare byggregler 2018 och Duruvic, et al. 2017). I praktiken innebär det att kostnaderna för nya byggmaterial ofta är billigare än återbrukade samt att de är lättare att få exakta dimensioner med nyproducerade material.

3.4.1.2 Demonterbarhet

I den nuvarande situationen saknar relevanta aktörer, såsom rivnings- och byggföretag, tillräckliga incitament för att hantera träavfall på ett effektivt och hållbart sätt. Detta leder till att kostnader för demontering, sortering och bearbetning av träavfall huvudsakligen uppstår vid rivningskedet. Till skillnad från de potentiella fördelarna med att främja återbruk, såsom minskad miljöpåverkan och kostnadseffektiviteten, vilket visas under projekterings- och produktionskedet. Det dynamiska förhållandet skapar en vriden ekonomisk situation där det är mer kostsamt att demontera och återanvända, än att välja nytt material. Detta försvårar investeringar för nedmontering, sortering och deponering (Kommittén för modernare byggregler 2018). Det är dock svårt att återbruka byggelement från rivningsprojekt, samtidigt som nya material förblir billigt, jämfört med den dyra arbetskraften. Nya tillvägagångssätt och metoder behövs för att främja återbruk utanför nischade projekt (Rose & Stegemann 2018). Design for disassembly (DfD) är en metod som har utvecklats för att hantera komplexiteten med återbruk. Dock är DfD sällan en prioriterad faktor vid utformning av nya byggnader, vilket tydliggörs då mindre än 1% av byggnaderna är helt demonterbara (Kanters 2018).

3.4.1.3 Tidsbrist

För varje enskild person som krävs vid rivning av en byggnad, krävs det i genomsnitt sex personer för demontering (Sandin, et al. 2020). Detta är en betydande skillnad som lyfter fram komplexiteten och den arbetskrävande processen för demontering jämfört med traditionell rivning.

Det pressade tidsschemat för rivning och nybyggnation innebär att det oftast inte finns tillräckligt med tid eller incitament för att prioritera selektiv rivning och återbruk av material. Vanligtvis äger byggherren marken där rivningen sker och har därmed makten att bestämma metod. Byggherren har oftast benägenhet att välja den snabbaste och mest kostnadseffektiva metoden, trots att de nödvändigtvis inte behöver vara den mest hållbara. Trots att demontering kan ge möjlighet till återbruk av värdefulla material, betraktas de oftast vara för tidskrävande och kostsamt, därmed genomförs det sällan. Genom att låta materialen återanvändas istället för att skickas till deponi eller energiutvinning, går det att spara på naturresurser och minska belastningen på miljön. Däremot är det avgörande att notera hur processen skall vara ekonomiskt försvarbar. Tidsramen som finns tillgänglig mellan inventering av material och rivningen är avgörande för att kunna hitta intressenter som är

villiga att använda återbrukat material. Med planering och en längre tidsram för marknadsföring underlättar det chansen att sälja material (Johansson 2018).

3.4.1.4 Ingen etablerad marknad

I dagens byggsektor finns det ingen etablerad marknad för återbrukat byggmaterial. Utöver detta finns det inga gemensamma standarder för kvalitetsbedömning eller enkla verktyg för att beräkna de ekonomiska och miljömässiga vinsterna vid användning av återbrukade byggprodukter. Denna avsaknad av tydliga riktlinjer för bedömning av värdet hos återbrukade material utgör ett stort hinder för att normalisera en mer cirkulär marknad (IVL 2018). Som tidigare betonats är det lätt för byggföretag att införskaffa nyproducerade material till en låg kostnad. Marknaden är med andra ord inte utvecklad efter att uppmana till återbruk därmed behöver något ändras. Ett alternativ är att implementera sanktioner/avgifter mot att deponera träavfall eller eventuellt införa subventioner som stödjer återbruk.

3.4.1.5 Risker vid rivning

Ur ett arbetsmiljöperspektiv är det viktigt att känna till byggnadens konstruktion och material för att säkerställa en säker rivning. Det krävs viss information som säkerställer stabiliteten och bärförmågan under alla stadier av rivningen (Arbetsmiljöverket 2023). Hobbs och Adam (2017) tydliggör att det finns en hälso- och säkerhetsrisk vid rivning med manuell arbetskraft. Speciellt då information angående byggnaden ofta är bristfällig. Denna risk har varit en av huvudledningarna till att mekaniska metoder för rivning blivit normen i byggsektorn (Hobbs & Adam 2017).

3.4.1.6 Farliga ämnen

Bristen på tillgänglig information angående förekomsten av farliga ämnen i befintliga byggprodukter försvårar och hindrar återanvändning. Utan den nödvändiga informationen blir det svårt för återvinningsanläggningar att fatta välgrundade beslut om materialet kan vara lämpligt för vidare bruk (Kommittén för modernare byggregler 2018).

Farliga ämnen förekommer i byggprodukter inom EU, och Sverige är inget undantag. En konsultstudie beställd av Kemikalieinspektionen identifierade 46 ämnen som klassades farliga inom dagens byggproduktion, vilket innebär att de antingen är cancerogena, fortplantningsstörande, mutagena, allergiframkallande eller misstänkt hormonstörande. Särskilt farliga ämnen kan orsaka allvarliga skador vid låga exponeringsnivåer (Kommittén för modernare byggregler 2018).

3.4.1.7 Styrmedel

Kritik har väckts mot avfallshierarkin för att vara dåligt specificerad samt saknar tydlig vägledning om vilken nivå i trappan som bör väljas. Det ger ingen indikation när deponering kan användas som ett alternativ, utan hänvisar enbart att de andra alternativen är mer lämpliga (Van Ewijk & Stegemann 2016). Vilket är något som kommer diskuteras djupare senare i rapporten. För att möta behoven för en cirkulär ekonomi anser Naturvårdsverket (2023b) att det behövs en översyn och utveckling av avfallslagstiftningen och övriga styrmedel, både nationellt och inom EU. Andersson et al. (2018) föreslår flera kompletteringar för byggnadslagstiftningen, såsom kvot krav på återbrukade produkter och krav på materialinventering för återbruk. De uttrycker även att kommuner och statliga bolag bör ställa krav på återbruk genom upphandling och ägardirektiv (Andersson et al. 2018).

Huvudsakligen trycker de befintliga styrmedel inom avfallsområdet på att styra bort från deponering, medan det finns få generella styrmedel som främjar avfallsminimering eller ökad återvinning (Bisaillon et al. 2009). Bland de befintliga styrmedlen finns det vissa som har stor påverkan på avfallshantering, exempelvis deponeringsförbud och producentansvaret. Dock är det svårt att identifiera styrmedel som leder till en kraftig avfallsminimering. Avfallsmängden styrs främst av den ekonomiska och tekniska utvecklingen i samhället samt livsstilen och konsumtionsmönstret av medborgarna (Ekvall & Malmheden 2012). Källorna framhäver att den nuvarande avfallshantering har sin problematik. Avfallshierarkin är vag och visar inte hela bilden, men tar framförallt inte alla möjligheter i åtanke. Detta bidrar med hinder vid implementering av nya metoder och styrmedel för att främja återbruk eller alternativa lösningar för att nå en hållbar utveckling.

3.5 Återvinning

Trämateriäl från rivning- och byggavfall brukar inte vara rent material utan förekommer ofta i kombination med andra material. Det brukar främst vara infästningar gjorda av stål; skruvar, klämmor och spik. Betong och gips kan också förekomma, precis som färg, fogmassor och lim. Trämaterialet kan innehålla föroreningar och brukar delas upp i två kategorier. Där den ena kategorin är trä med kemikalier eller skyddsmedel, alternativt om det finns några biologiska angrepp på materialet. Beroende på hur träets användningsområde sett ut och hur underhållet har skötts kan träets kvalitet skilja sig. Beroende på träet så kan det antingen brytas ner eller hålla upp till 1000 år och utmaning blir att hindra den första situationen (Johansson et al. 2017). I Sverige är det en utmaning med materialåtervinning menar Sandin (et al. 2020) då jungfruliga material i form av trä finns i överskott. Normalt brukar trä ses som icke farligt avfall men har impregneringsmedel använts på materialet anses det som farligt avfall. Dock finns det kraftvärmeverk som har förmågan att ta emot icke farligt träavfall för att sedan utvinna energin (Sandin et al. 2020). Idag går mer eller mindre allt trä till energiåtervinning (Miliute-Plepiene, et al. 2022).

Vad som menas med energiåtervinning är att avfallets energi nyttjas och fungerar som bränsle vid förbränning. Energieffektiviteten i anläggningen måste ligga på minst 65% för att kunna klassas som energiåtervinning. Förbränningen i de svenska avfallsanläggningarna brukar normalt sett anses som energiåtervinning, då de har en energieffektivitet över 65%. I Sverige år 2020 så energiåtervanns 2 000 000 ton träavfall. (Naturvårdsverket 2022b).

Möjligheten att använda trä som bränsle i Sverige är god, vilket gör att förbränning av trä kan tillgodose byggnaders uppvärmningsbehov. Det kan ske lokala förbränningar i industrianläggningar där industriella rester förbränns till deras egna verksamheter men också skickas ut på fjärrvärmenätet, dock räknas den här förbränningen inte in i statistiken (Sandin et al. 2020). I Europa är Sverige en av de länder som utvinner mest energi per ton avfall, cirka 3,2 MWh per ton. Energiåtervinning i Sverige har större kapacitet än vad det finns tillgång av brännbart avfall, vilket resulterade i att 2 miljoner ton brännbart avfall importerades (Avfall Sverige 2021). Därmed är värmekraftverk ett effektivt alternativ för att producera både el och värme (Sandin et al. 2020).

Trädbränsle är uppdelade i tre kategorier; skogsbränsle, energiskogsbränsle och returträ. Byggindustrin genererar returträ som består av emballage, rivningsvirke, formvirke och materialspill (Johannesson et al. 2023). I figur 10 går det att se vad som utgör respektive kategori. Vinterbäck (2023) presenterar statistik från Energimyndigheten över fördelningen av oförädlad trädbränsle från 2013 till 2022. Under 2022 producerade oförädlade trädbränslen 65 051(GWh) varav returträ stod för 9 150(GWh) vilket motsvarar cirka 14% (Fig. 11). Det skedde en total ökning på 4% av förbrukningen av oförädlad bränsle 2022 jämfört med 2021 (Vinterbäck 2023).

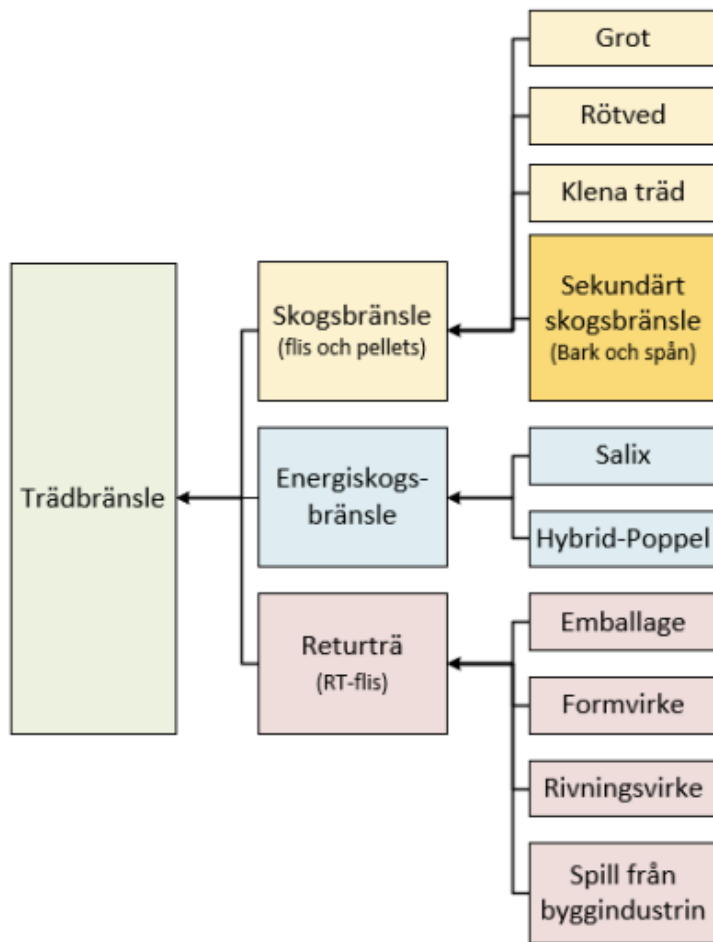


Fig. 10 Trädbränsle (Johannesson et al. 2023),

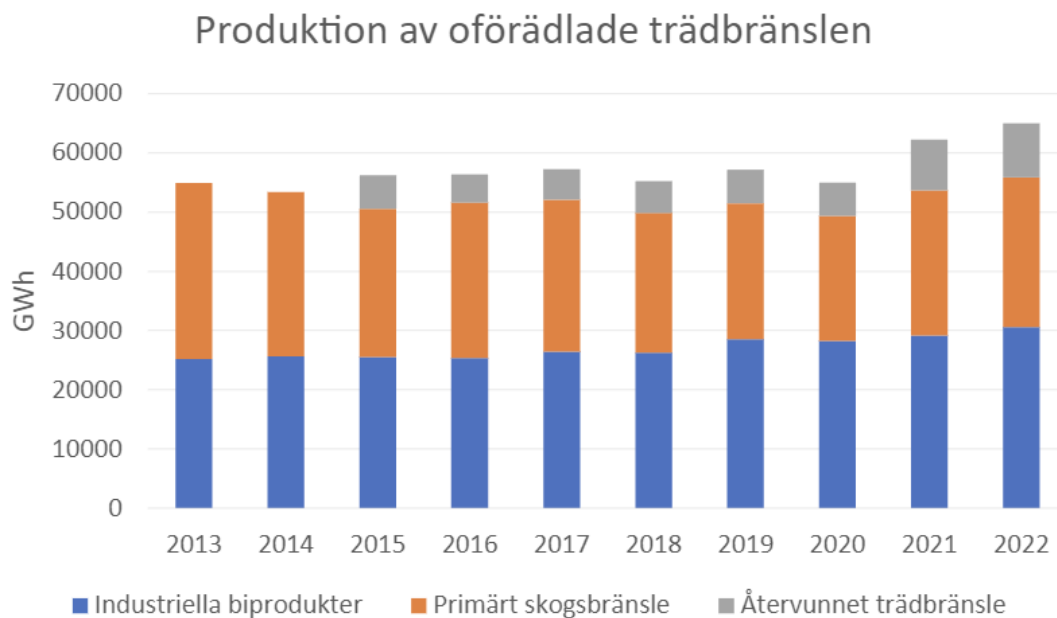


Fig. 11 oförädlad trädbränsle (Vinterbäck 2023),

3.5.1 Hinder inom återvinning

Några av de mest påtagliga hinderna för att öka återvinningen är kostnadsdrivande processer, där prioriteringen på avfallet blir sekundärt. Andra saker som påverkar är den bristande kunskapen angående miljönyttan av materialåtervinning istället för att energiåtervinna. Där saknas tydlig information, kommunikation och bevis för att visa miljönyttan. Företagsledningar måste prioritera ett cirkulärt tänk, vilket är avgörande för att kunna ställa om och bryta normerna. Idag förekommer det plats- och tidsbrist för källsortering på ett hållbart sätt. Dagens sorteringsanläggningar är anpassade till bränsletillverkning, istället för att ta tillvara på återvinningsbart material (Edo et al. 2019). Det är fördelaktigt om trä sorteras som obehandlat och behandlat för lättare hantering i avfallskedjan, speciellt vid materialåtervinning (Byggföretagen 2023).

Skulle mängden trä som energiåtervinns minska kan det uppstå ett behov för kraftvärmeverken att öka sin import av avfall. Sverige importerar också avfall eftersom det är en lönsam affär. Som en effekt av att minska mängden träavfall betyder det inte att importen kommer att upphöra. Idag är det svårt att kostnadsmässigt motivera att träavfall går till annat än energiutvinning, då Sverige är ett land med behov av värme större delen av året. Dessutom finns goda möjligheter att kunna ta tillvara på energin då kraftvärmeverken är moderna samt att infrastrukturen redan är etablerad (Sandin et al. 2020).

I Sverige finns det stor tillgång till föroreningsfria skogsråvaror. Det nationella dagsbehovet av träråvaror är täckt och det finns ett överskott. Ett problem med att trä inte återvinns i större utsträckning, är att det kan innehålla farliga kemikalier. Kommer avfallet från byggnader och konstruktioner före 1970 är det i synnerhet svårt att använda på grund av dåtida förekommande kemikalier (Sandin et al. 2020).

Impregnerat trä som är inbyggt är svårt att separera och identifiera trots de goda ambitionerna gällande källsortering. Detta kan bero på en okunskap att identifiera impregnerat trä, till exempel så kan tryckimpregnerat trä vara målat. Skulle impregnerat trä med kopparbaserad impregnering sorteras ut och inte klassas som farligt avfall så skulle mängden farligt avfall minska markant. Vilket också öppnar upp möjligheter för alternativ återvinning (Jermer 2024).

Det som gör trä svårt att återvinna i Sverige är att det går direkt till energiutvinning och inte utnyttjas till sitt fulla. Att klassa energiutvinning som återvinning speglar inte den verkliga effekten. Då den lagrade koldioxiden i trämaterial kan fortsätta göra nytta genom flera olika cyklar och därmed långsiktigt lagra koldioxid. Något som kommer diskuteras vidare är fördelarna med att deponera träavfall som ett alternativ till energiutvinning. Avfallshierarkin, som tidigare nämnt, är prioriteringsordningen som tydliggör hur avfallet skall hanteras på ett effektivt sätt innan det går till kraftvärmeverk eller deponi. Generellt i Sverige går trä från första användningscykeln till energiutvinning, men det finns mer potential i träet än att bara energiåtervinna. Trä som material har stor potential och många fler användningsområden än vad som sker idag. Avfallshierarkin är långt ifrån perfekt och fungerar mer som ett hinder än ett effektivt styrmedel för att främja cirkulär ekonomi.

4 Diskussion och Utvecklingsmöjligheter

4.1 Metodisk strategi för utvecklingsmöjligheter

För att kartlägga framtiden för återbruk av träavfall är det viktigt att ta hinderna från kap 3 i beaktan. Istället för att passivt acceptera dessa problem, bör de användas som en drivkraft för att skapa nya utvecklingsmöjligheter som garanterar mer hållbara och effektiva byggnader i framtiden. Detta blir speciellt viktigt inom byggsektorn där utveckling är en tidskrävande process. Förbättringarna kopplade till demonterbarhet och återbruk kommer först att visas många år i framtiden. Vilket Enkvist & Klevnäs (2018) uttrycker kan vara på grund av den projektbaserade och volatila affärsverksamheten.

Som tidigare nämnt går en betydande del av dagens träavfall till energiutvinning istället för att tas till vara på. Den nuvarande hanteringen av träavfall saknar tillräckliga steg för att optimera återvinningsprocessen och maximera värdet av spillmaterial. För att optimera användningen av råvaran är det nödvändigt att träet återvinns i flera steg innan det slutligen deponeras eller används för energiutvinning. I detta kapitel diskuteras utvecklingsmöjligheter för både återbruk och återvinning med fokus på träavfall. Något som tydliggörs under rapporter är behovet av nya styrmedel för att skapa incitament som främjar återbruk och återvinning. Därefter utforskas olika utvecklingsmöjligheter, inklusive metoder, koncept och goda exempel, vilket förväntas bidra till en mer hållbar hantering av träavfall och en ökad resurseffektivitet.

4.2 Styrmedel

4.2.1 Lagstiftning

Kommittén för modernare byggregler (2018) framhäver att det finns ett tydligt glapp mellan byggsektorns behov och den nuvarande lagstiftningen. Samtidigt pågår flera initiativ inom byggbranschen för att hantera dessa problem. Det innebär att fokus inte nödvändigtvis bör ligga på att lösa de problem som redan hanteras av branschen, utan istället på att identifiera framtida lösningar för att täppa till det nuvarande glappet. Detta tydliggör att det behövs styrmedel som sträcker sig längre än dagens krav (Kommittén för modernare byggregler 2018). Utvecklingen av bygglagstiftningen kan ske på många sätt, men med målet att främja återbruk finns det olika kompletteringar som kan implementeras.

Krav på kvot för användning av återvunna resurser och återbrukade byggprodukter är ett förslag framtaget av (Andersson et al. 2018). Genom att ställa krav att en viss kvot av material i byggnader ska vara återbrukade eller återvunna, uppmuntras en cirkulär ekonomi och minskar behovet av jungfruliga material. Som tidigare framhålls i rapporten, bör införandet av ett sådant krav resultera i minskat energibehov, utsläpp från resursutvinning samt tillverkning av nya produkter. Samtidigt som de främjar en mer resurseffektiv och hållbar byggbransch.

Ett förslag är att det ska finnas krav på att bygg- och rivningsplaner inkluderar materialinventering med återbruk i åtanke (Andersson et al. 2018). Om detta krav införs möjliggör det en mer effektiv lagring av information om materialen och byggelementen. En effekt av detta blir att de underlättar bedömningen av fortsatt användning i framtida projekt. Smidigare spårning av material bör resultera till minskat spill och en mer hållbar resurshantering under hela byggprocessen. Utöver detta så uppmuntras spridning av kunskap kring hantering av återbrukade material som förhoppningsvis ska leda till en mer hållbar industri. Utöver detta har Andersson et al. (2018) föreslagit en annan åtgärd. Krav på att kommuner och statliga bolag ökar arbetet med återbruk. Myndigheter och kommuner kan införa sådana krav eller mål genom exempelvis upphandling, ägardirektiv eller andra verktyg (Andersson et al. 2018). En spridning av goda exempel inom byggsektorn är en viktig del för att uppmuntra och skapa en kunskapsbas inom branschen.

4.2.1.1 Avgifter och subventioner

Tidigare i rapporten diskuteras problematiken med att trä är ett relativt billigt material, vilket väcker frågan hur återbruk skall uppmuntras istället för alternativet att köpa nytt. Innan denna fråga besvaras, skall det noteras att kostnaden för att bortskafter träavfall är låg. Ett alternativ som Andersson et al. (2018) föreslår är införandet av avfallsavgifter och subventioner.

Implementering av avfallsavgifter bör leda till en minskad avfallsgenerering, framförallt då vinstmarginalerna är små inom byggsektorn, vilket gör att alla kostnader tas på allvar. Utöver detta uppmuntras återbruk. Byggföretag skulle få incitament för att främja återanvändning eller återvinning av material. En annan aspekt som är värd att notera är definitionen av avfall i denna kontext. Komplexiteten i att definiera vad som är eller inte är avfall återspeglas genomgående i rapporten. En möjlig effekt med införandet av avfallsavgifter är att aktörer inom branschen hittar alternativa lösningar på materialbortskaffning, som nödvändigtvis inte är miljömässigt hållbara. För att motverka denna utveckling kan subventioner användas, vilket uppmuntrar byggsektorn att investera mer i återbruk och återvinning.

4.2.1.2 Gränsvärden

Boverket har framfört ett förslag där de vill utforma ett gränsvärde för klimatutsläppen från nyproduktioner. Det innebär att det skulle finnas en högsta tillåten nivå av klimatutsläpp på nyproducerade byggnader. Ett sådant gränsvärde skulle utgöra ett kraftfullt styrmedel för att minska byggnadens klimatpåverkan genom användningen av klimatdeklarationer. Dock identifieras flera hinder som måste övervinnas, däribland krävs juridiska analyser och andra omfattande utredningar. Det är även viktigt att notera att införandet av gränsvärdena upprättas för att komplettera de befintliga styrmedlen såsom koldioxidskatten och handel med utsläppsrätter. Innebörden av detta är att de kan uppstå en potentiell dubbelstyrning, vilket kan medföra flera konsekvenser som måste tas i åtanke (Boverket 2018). Regeringen har beställt framtagandet av gränsvärdet från Boverket, som publicerade utformningen och

implementeringen av gränsvärdena förra året. För önskad fördjupning på framtagandet, se Bilaga 1, Gränsvärden för byggnader.

Förslaget grundar sig på att utveckla de nuvarande klimatdeklarationerna och dess utformning, med avsikt att uppnå en hållbar utveckling. Boverket baserar sina beräkningar och framtagande med generiska klimatdata som både är konservativa och typiska. Enligt de nuvarande reglerna för klimatdeklarationer ska generiska klimatdata användas så länge specifik klimatdata inte finns tillgängligt (Boverket 2023f).

Tabell. 2 Nivåer för gränsvärden 2030 avrundade till närmaste femtal (Boverket 2023f),

	Byggnadstyp	Gränsvärde (kg CO ₂ e/m ² BTA)
Grupp 1	Flerbostadshus	285
	Kontor	290
	Utbildning exklusive förskola	285
	Förskola	250
	Småhus	155–180
	Specialbostad	290
	Grupp 2	Övriga byggnader

Det skall ske en skärpning av gränsvärdena på 25% var femte år för alla byggnadstyper, med undantag för småhus där skärpningen föreslås vara mellan 0-15% (Tabell 2). Genom införandet av gränsvärdena för klimatutsläpp på modul A1-A5, förväntas styrmedlet potentiellt stimulera åtgärder för att minska klimatpåverkan. Valet att inkludera dessa moduler görs för att de täcker den största delen av klimatpåverkan under livscykeln och fokuserar specifikt på nyproduktion, vilket är mindre komplicerat att mäta och verifiera (Boverket 2023f). Relevansen av detta förslag till rapporten är återbrukets betydelse i klimatdeklarationer. Som tidigare nämnt i rapporten finns det generisk data för återbrukade material vars klimatpåverkan sätts som noll med undantag för modul A4 (transport). Implementeringen av detta förslag uppmuntrar en kontinuerlig utveckling och användning av återbrukade material. I takt med att gränsvärdena skärps över tid, kommer detta att ge incitament för industrin att tillhandahålla resurser för att möta de ökande kraven.

4.2.1.3 Bonus-Malus för byggnader

Boverket (2018) presenterade ett styrmedel med syftet att minska klimatutsläppen. Bonus-Malus är ett system som principiellt uppmuntrar användning av fördelaktiga åtgärder, samtidigt som det motiverar till minskad användning av mindre gynnsamma alternativ. Marknadsmislyckandet som styrmedlet bemöter, är den negativa effekt från växthusutsläpp som uppstår under en byggnads livslängd. Företag som fattar beslut för att minimera genereringen av växthusutsläpp bör då belönas, medan de som inte främjar hållbart byggande bör bestraffas. Enligt Boverket bör detta system inte sammankopplas med de befintliga

samhällskraven såsom PBL, PBF, BBR och EKS. Istället bör Bonus-Malus systemet skiljas från dessa krav och istället kopplas till reglering gällande bidrag och skatthöjningar. Utformningen av systemet bör grundas på framtagna gränsvärden som avgör ifall en byggnad kvalificeras för bidrag eller höjd skatt (Boverket 2018).

Bonus-Malus systemet är effektivt eftersom de skapar incitament för företag att minska sina klimatutsläpp. Genom att belöna företag som arbetar för att minska sina utsläpp och bestraffa dem som inte gör det, kan det leda till en spiral av hållbara innovationer och metoder. Återbruk blir därmed ett mer lönsamt val för byggföretagen. Utformningen av gränsvärdet kan baseras på liknande faktorer som behandlas i det föregående delkapitlet. Genom att koppla systemet till regleringar om bidrag och skatter skiljer de sig från de nuvarande kraven. Systemet kan fungera som ett lämpligt komplement till övriga krav och ge ytterligare incitament för företag att agera hållbart.

4.2.1.4 Innehållsförteckning för byggprodukter

Europeiska harmoniserade standarder är avgörande för att tydligare specificera hur prestandan hos byggprodukter ska utformas. Dessa standarder fastställer vilka metoder och kriterier som skall användas, där kraven för byggnadsverk ska utgöra grunden för standarden och tekniska specifikationer. Resultatet används som underlag för att bedöma om produkten uppfyller de berörda lagbestämmelserna där produkten skall tas i bruk. CE-märkning är ett viktigt steg i denna process, dock skall de betonas att en CE-märkning inte nödvändigtvis innebär att byggprodukten överensstämmer med de nationella kraven. Istället indikerar den att produktens egenskaper har bedömts på ett enhetligt sätt enligt europeiska standarder, vilket ger pålitlig information om produkten (Kommittén för modernare byggregler 2018). Hanteringen av information om byggprodukter utgör en viktig aspekt för att möjliggöra återbruk. För att garantera att materialet säkert kan användas i ett cirkulärt kretslopp är informationslagring avgörande. Med de stränga kraven på byggnationer, särskilt efter införandet av mer klimatorienterade kvoter, krävs det standarder som CE-märkning för att underlätta utvärderingen för potentiell återbruk.

En undersökning utförd av Kommittén för modernare byggregler (2018) visar tydlig data på att Sveriges Byggindustrier har en stark önskan att införa lagkrav på innehållsförteckning för byggprodukter (Fig. 12).

Antal svar: 179

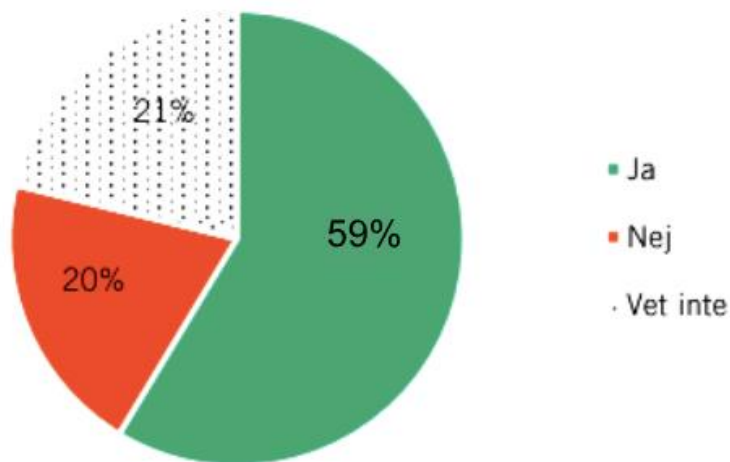


Fig. 12 Undersökning angående önskan att införa lagkrav på innehållsförteckning för byggprodukter (Kommittén för modernare byggregler 2018),

Att införa lagkrav på innehållsförteckning skulle vara ett viktigt steg för att bedöma och minska miljöriskerna. Genom att inkludera denna information på ett standardiserat sätt underlättar det att främja återbruk och återvinning. Då aktörer har all information om materialet kan de fatta välgrundade beslut när det gäller val av material och produkter redan i projekteringsskedet.

4.2.1.5 Avfallshantering

Jahan et al. (2022) skriver att det är ett paradigmskifte inom byggavfall. Där minskning, återanvändning och återvinning på en global nivå ska ge en hållbar utveckling. Produkter som är träbaserade har låg återanvändning i end-of-life-stadiet. Hantering av träavfall bör prioriteras högre än vad det görs idag. Genom att implementera en cirkulär ekonomi på träavfall kommer det skapa sociala-, ekonomiska- och miljömässiga fördelar i ett helhetsperspektiv. Det krävs dock innovationer och metoder för att implementera det i praktiken. En utvecklad avfallshantering måste implementeras under varje steg i livscykeln. Att sortera träet i olika fraktioner gör det lättare att återanvända och hantera avfallet, samt på så sätt kunna utnyttja det maximalt. Dock behövs mer forskning om hanteringen i de olika skedena (insamling, sortering och separation) samt hur end-of-life scenariot bör se ut. Byggföretag tillsammans med avfallspolitiken måste arbeta proaktivt och utvärdera fördelarna av återbruk och återvinning från trä samt på så sätt implementera cirkulär ekonomi i praktiken (Jahan et al. 2022).

Gálvez-Martos (et al. 2018) menar att implementering av olika strategier för avfallshantering är viktigt. Genom en systematisk avfallshantering kan resursanvändandet förbättras och minska miljöpåverkan. Effekten av detta ger en minskad avfallsgenerering, effektivare transporter och ökar kvaliteten på andrahandsmaterial. Därmed främjas återbruk och

återvinning. Byggbranschen grundas på standardiseringar och en stor drivkraft i branschen är ekonomi. Gällande avfall så finns det många aktörer inblandade. Det är en komplex kedja med olika nätverkskopplingar som utgör flera ansvarsområden där medlemsstaterna i EU har varierande beslutskedjor. Avfallsbudgetar är lågt prioriterade och uppmuntras sällan till någon förändring av dagens styrmedel. Genom systematisk dokumentering samt att betrakta hela EU, blir det enklare att hitta politiska strategier och tillvägagångssätt som bidrar med förslag mot en cirkulär ekonomi för byggbranschen. Något som redan finns och bör implementeras (Gálvez-Martos et al. 2018).

4.2.2 Materialhjulet

Upphovsmannen bakom avfallshierarkin uttryckte att modellen behöver en stor uppdatering. Avfallshierarkin upprättades i slutet av 1970-talet och hade nackdelar redan då. Dock har hierarkin gjort att EU kunnat enats om avfallsfrågan. Ett nytänkande alternativ på avfallshierarkin är materialhjulet, utvecklad av organisationen RE:Source. Syftet är att komma åt grundorsaken och öppna upp för frågeställningar och tankar varför vissa saker inte fungerar kring återvinning, materialanvändning och avfallshantering. Syftet är att sätta materialet som utgångspunkt och fråga vad det ska användas till. Energiåtervinning behöver inte alltid vara ett dåligt alternativ, eftersom för vissa materialströmmar är det den enda hållbara vägen. Utan en effektiv materialåtervinning behöver inte resultatet nödvändigtvis vara gynnsamt. Om situationen inte tillåter traditionell återvinning gäller det att betrakta tillvaratagandet av atomerna och molekylerna hos materialet i en annan process, såsom kemisk återvinning, krackning eller förgasning. Det är fördelaktigt om hjulet snurrar långsamt då dagens materialflöden går snabbt från användning till energiutvinning. Redan innan produkten skapas är det viktigt att utforma en tanke om vad som ska hända efter första användningscykeln. Hjulet utgörs av sex sektorer: primär, multipel, komponenter, material, atom/molekylåtervinning och energiåtervinning (Fig. 13).

1. Primär: Produktens primära användningsområde.
2. Multipel: Ska produkten lagas eller går det att använda igen, alternativt går det att ta tillvara på någon del från produkten.
3. Komponenter: Uttjänta produkter där vissa komponenter tas till vara.
4. Materialåtervinning.
5. Atom/ molekylåtervinning.
6. Energiutvinning.

Det modellen vill visa är att se till att produktens första designfas är kopplat till materialets nästa liv och på så sätt tydliggöra att allt hänger ihop. Det finns olika aspekter som är viktiga, allt från produktdesign, teknisk sortering, marknadsföring, logistik samt lagar att förhålla sig till. Viktigast är att se vad som kommer hända i nästa steg och tänka proaktivt (Olofsson 2018).

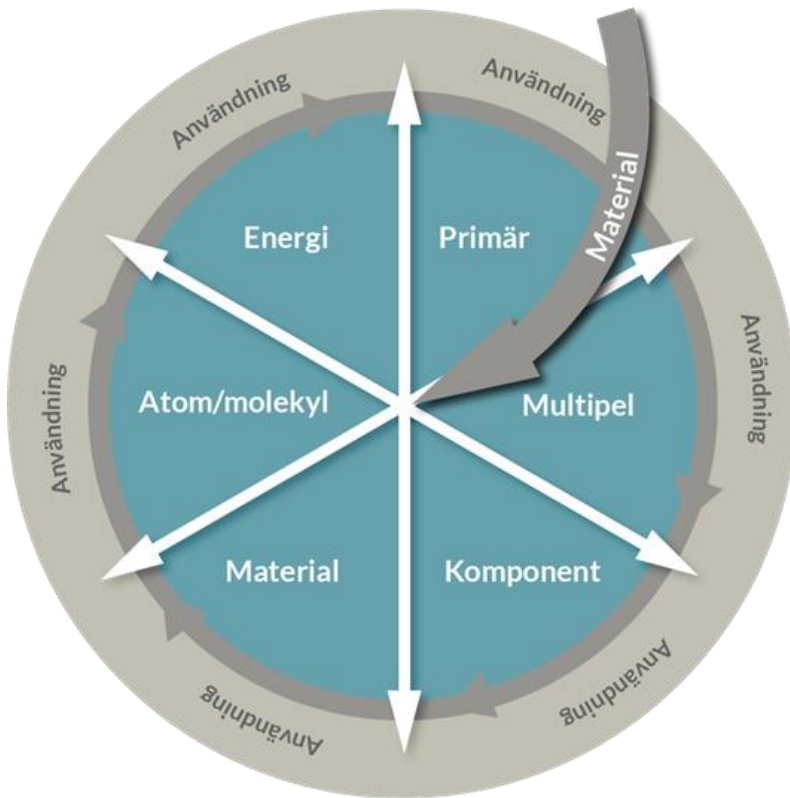


Fig. 13 Materialhjulet (Olofsson 2018),

4.3 Kaskadanvändning

Kaskadanvändning har som mål att cirkulärt och effektivt använda resurser i form av biomassa av alla dess typer. Innan industrialiseringen då sågverken inte hade etablerat sig, var det vanligt att använda av träprodukter i flera olika led. Det fanns begränsningar av resurser och ekonomi, vilket ledde till att träet användes så långt som möjligt. Det var på 1970-talet kaskadanvändning började etablera sig igen, då insikten att det gick att använda en råvara i flera cyklar, samt att miljöproblemen och resursbegränsningarna blev alltmer påtagliga (Europeiska kommissionen 2019). När trä väl är konstruerat har möjligheten att arbeta med materialet minskat, till skillnad från metall som går att smälta. Vid bearbetning av träet sker en nedgradering eftersom materialet förlorar massa och dimensionerna reduceras, vilket leder till en begränsning av antalet återvinningscyklar. Det är först när träet inte kan återvinnas flera gånger som energiutvinning kan vara ett lämpligt alternativ, vilket blir slutet av kaskadanvändningen (Wang & Haller 2024).

Det finns stor potential att ta tillvara på trä från byggsektorn och med högkvalitativt trä går det att kaskad använda i många områden. I en studie från Tyskland visade det att 45% av det återvunna träet kunde användas till tillverkning av OSB eller spånskivor och 26% av materialet kan återbrukas helt och hållet. Studien visade även att 27% av träet som återanvänds skulle kunna användas till högkvalitativa material. Träet skulle kunna kaskad användas ett flertal gånger innan det tillslut inte går att använda mer (Fig. 14). Effekten av

kaskadanvändning möjliggör längre lagring av koldioxid i träet, vilket förlänger tiden innan det kommer ut i atmosfären (Höglmeier et al. 2013). Att gå från en regel till OSB till spånskiva för att sedan energiutvinnas är ett tydligt exempel på kaskadanvändning. Vilket leder till minskad klimatpåverkan och utnyttjandegraden ökar. Kaskadanvändning av trä kan ge en total kostnadsminskning med 4-5% och upp till 26% minskning av utsläpp. På så sätt har kaskadanvändning med trä en fördel både långsiktigt och kortsiktigt (Wang & Haller 2024).

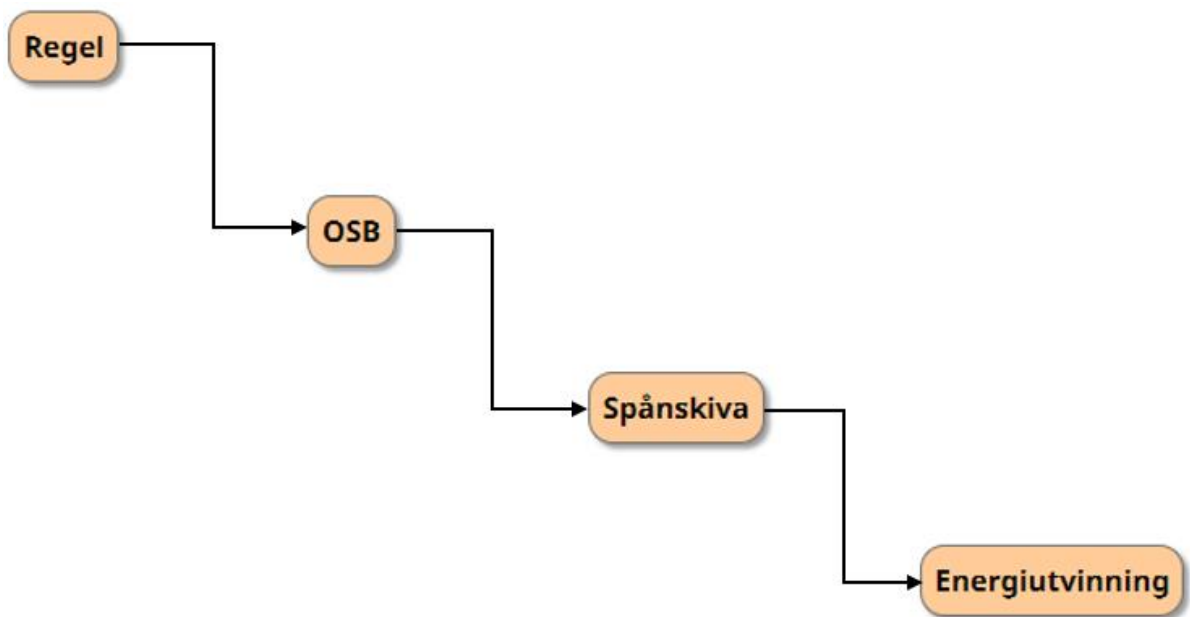


Fig. 14 Kaskadanvändning av trä (egen illustration),

4.3.1 Materialflöden

För att kunna karaktärisera hur dagens flöde, konsumtionen och efterfrågan av trä ser ut och sedan anpassa det till framtida scenarion gäller det att betrakta hur mycket av biomassan som är i rörelse och vad som faktiskt går att använda. I en materialflödesanalys är det två faktorer som utgör grunden. Det ena är flöde och det andra är processen. Flödet beskriver hur material rör sig under ett givet tidsintervall eller en given funktion. Processen beskriver slutet på flödet, slutprodukten och vart produkten är efterfrågad, vilket inkluderar bearbetning, transport eller lagring. Träflödets startpunkt är i början på strömmen som sedan går nedåt i värdekedjan (Marques et al. 2020). Genom att göra en analys över materialflödet skapar det ett effektivt verktyg för att förstå hur träet kan utnyttjas på ett optimalt sätt. Genom att påpeka de ineffektiva aspekterna, möjliggör det framtida utvecklingar för effektivare flöden för träavfall, vilket utgör en grund för cirkulär ekonomi (Wang & Haller 2024)

För att kunna skapa ett effektivt flöde för träet gäller det att ha en tydlig metodik som bygger på fem grundtankar.

1. Korrekt terminologi
2. Så verklighetstroga materialflöden som möjligt
3. Sankey diagram, vilket tydligt visar hur resurserna strömmar (Fig. 15)
4. Analysera hur olika scenarier kan utspelas
5. Säkerställa att intressenter accepterar förslagen

Avfallsträ är något som måste definieras. Det är svårt att tydligt beskriva eftersom det finns olika fraktioner och klassificeringar. För få ett trovärdigt diagram som speglar verkligheten behöver datan och enhetsmängderna vara korrekta. Då visar diagrammet en tydlig fördelning över materialströmmarna. Analysen över hur de framtida scenarierna kan utspela sig är viktig eftersom den utgör grunden för beslutsfattningen gällande framtida investeringar. Där utformning av lämpliga incitament kan utformas och implementeras på marknaden på effektivt sätt (Marques et al. 2020). Genom att analysera träets flöde, går det att skapa nya vägar vilket leder till effektivare och mer miljövänliga resultat (Wang & Haller 2024). För att effektivt ta tillvara på träavfall gäller det att kartlägga hur materialet rör sig för att optimera processen, vilket bidrar till möjligheten att utnyttja materialet i flera cyklar. Resultatet bidrar till att utvecklingen blir mer hållbar samt högt materialutnyttjande.

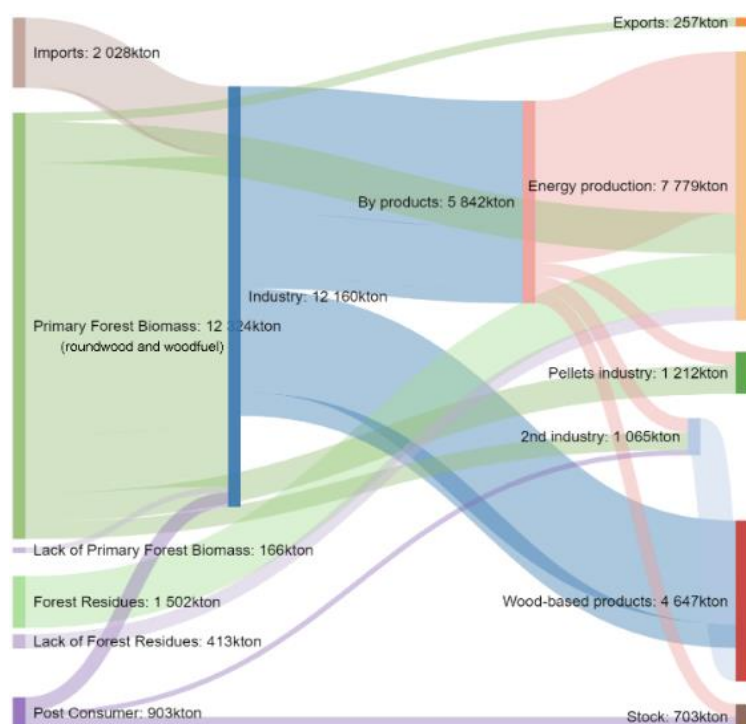


Fig. 15 Exempel på Sankey diagram (Wang & Haller 2024),

4.4 Digitaliseringens effekter på utvecklingen

Framsteg inom den digitala teknologin öppnar nya möjligheter för att skapa byggnader där återvinning och återbruk av material prioriteras. Genom att integrera miljöinformation i befintliga planerings- och projekteringssystem underlättas beslutsprocessen vid val av konstruktioner och material med minskad miljöpåverkan. Den digitala utvecklingen

möjliggör effektivare klimatberäkningar och ökad spårbarhet. Genom att samla in och analysera materialanvändningen i byggnader kan företagen effektivisera sina processer för att minimera slöseri av material (Kommittén för modernare byggregler 2018). I den kommande delen av rapporten betraktas olika digitala verktyg, processprinciper och innovativa exempel med syfte att främja återbruk och bidra till en hållbar utveckling inom byggsektorn.

4.4.1 Demontering (DfD)

Design for Deconstruction (DfD) är en holistisk designprocess där avsikten är att möjliggöra enkel demontering av en given produkt i alla dess individuella komponenter. Strategin utgör grunden i cirkulär ekonomi eftersom den möjliggör att olika komponenter lättare ersätts, återbrukas eller återvinnas separat. Det underlättar även användningen av delar från komponenterna för att producera nya produkter av liknande eller högre kvalitet (Merrild et al. 2016). De miljömässiga fördelarna inkluderar mindre energiförbrukning vid tillverkning, minskade koldioxidutsläpp och minimering av föroreningar. Det uppskattas att en besparing på 49% av den lagrade koldioxiden kan uppnås genom implementering av DfD. Dessutom innebär DfD en social fördel. Som tidigare förklarar krävs mer arbetskraft vid demontering jämfört med mekanisk rivning (Kanters 2018). Användningen av processen skulle skapa nya arbetstillfällen för okvalificerade arbetare. Den ekonomiska fördelen inkluderar även etablerandet av en ny marknad inriktad på återbruk. Långsiktigt förväntas detta leda till kostnadsbesparingar inom byggsektorn, eftersom det minskar behovet av nya byggprodukter. Därmed minskar även produktionen av nya byggelement och utvinningen av jungfruliga råvaror (Kanters 2018).

Att förlänga användningen av byggmaterial anses vara fördelaktigt ur miljöaspekterna, eftersom det hushåller med de jungfruliga råvarorna och den bundna koldioxiden som hade frigjorts vid energiutvinning. Detta gäller framförallt för högkvalitativa byggmaterial efter första användningscykeln. DfD kräver en ansträngning i designprocessen, vilket leder till högre initiala kostnader. Dock förväntas en noggrant utformad byggnad för demontering innebära ekonomiska fördelar, då byggmaterial och komponenter kan användas på nytt eller säljas efter första användningscykeln. Trots detta är en bedömning av de ekonomiska fördelarna med DfD svåra att beräkna. Detta beror på att arbetskostnader och besparingar av byggmaterial är svåra att förutsäga innan byggnaden är konstruerad. Andra aspekter som bidrar till svårigheterna är att kunskapen med att implementera DfD inte är allmänt spridd. Det kan förklaras genom att marknaden för återbrukade byggmaterial behöver tid att utvecklas (Kanters 2018).

Förutom en detaljerad demonteringsplan som underlättar processen, kräver även DfD att infästningsmetoderna och själva strukturen är utformad för att främjar demonteringsprocessen så materialet inte skadas. Detta förväntas leda till att produkter blir enklare att reparera, underhålla och uppgradera, istället för att bytas ut i sin helhet, vilket i sin tur minimera avfallgenereringen (Rios et al. 2015). Prefabricering underlättar

konstruktionen för anslutningar och komponenter med avsikt för demontering. I prefabriceringsmonteringen kan en hög nivå av precision uppnås, då specialverktyg kan användas vid produktionen av dessa element. Förutom de potentiella besparingarna, finns det goda möjligheter att stimulera skapandet av en marknad för återbrukade material (Kanters 2018).

Som källorna diskuterar är DfD en avgörande strategi för att främja återbruk inom byggsektorn. Genom att möjliggöra enkel demontering i byggnadsverk samt isärtagning i deras individuella komponenter kan DfD förenkla återanvändning. DfD möjliggör inte bara miljövänligare byggprocesser utan främjar även en cirkulär ekonomi.

4.4.1.1 Disassembly and Deconstruction Analytic System (D-DAS)

Ur ett samhällsperspektiv har byggindustrin en av de högsta potentialen att stödja principerna för cirkulär ekonomi (Akanbi et al. 2019). En viktig del av att möjliggöra återbruk är verktyg för att bedöma nivån av DfD, men för närvarande är dessa verktyg inte kompatibla med Building Information Modeling (BIM) (Akinade et al. 2017). För att hantera denna utmaning utvecklades en BIM-baserad bedömningsmodell för demontering med avsikt att utvärdera effektiviteten av avfallshanteringen kopplat till byggnadsverket. Modellen D-DAS skapad av Akanbi et al. (2019) omfattar även en metodik för livscykel evaluering av den miljömässiga påverkan av DfD på byggnadsdesignen och konstruktionen (Akanbi et al. 2019).

Akanbi et al. (2019) beskriver hur datalagringen innehåller tre kategorier: Information om byggdesign, specifikationer för byggmaterial och data relaterad till byggdemontering/rivning. Byggdesigninformationen hämtas från BIM-modellen som inkluderar detaljer om byggnadens utformning och struktur. Informationen om byggmaterialet omfattar produkttegenskaper såsom densitet, dimensioner och status, vilket beskriver ifall materialet är nyproducerat, återbrukat eller återvunnet (Fig. 16). Demoleringsdatan innehåller information från tidigare demonteringsprojekt och identifierar de material som blir avfall alternativt går att återbruka. Genom Building Elements Deconstruction Analytics (BEDA-modulen) kan en BIM-modell utvärderas för att ge en bedömning av möjliga implementeringar i byggnadsdesignen för att stödja DfD. Detta skall indikera ifall byggnaden är lämplig för demontering istället för rivning i slutskedet (Akanbi et al. 2019).

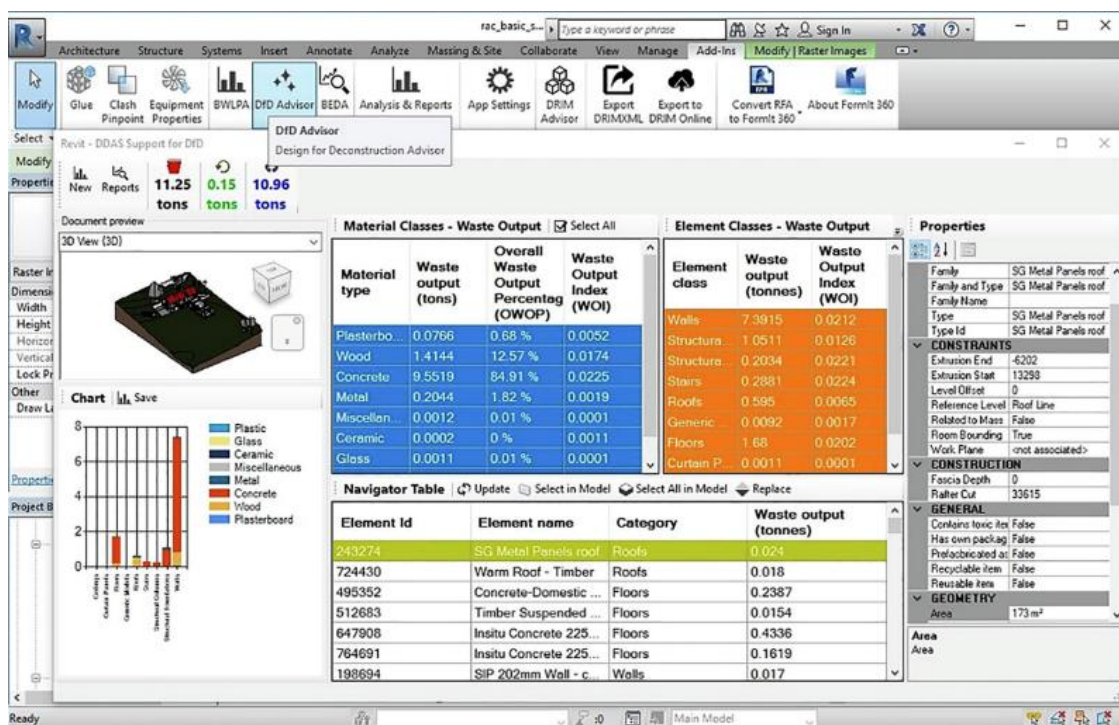


Fig. 16 D-DAS gränssnittets utformning i Revit (Akanbi et al. 2019),

Med D-DAS har arkitekter och ingenjörer möjligheten att bedöma byggnadens designprestanda över hela livscykel. De parametrar som krävs för att använda D-DAS är tillgängliga i BIM-modeller. Genom att använda pluginet visar Akanbi et al. (2019) att trästrukturer vid slutet av dess livscykel generellt går att återbruka till 65%, medan 35% är återvinningsbara (Akanbi et al. 2019). Då byggsektorn fortfarande befinner sig i en digitaliseringsprocess, utvecklas flera projekt, såsom D-DAS. Användningen av sådana system, särskilt med BIM som en växande branschstandard och med ökad press på byggsektorns hållbarhetsfrågor, kan användning av verktyg som detta leda till en mer användarvänlig och intuitiv metod för att adressera klimatfrågor.

4.4.1.2 CIX - Cirkuläritetsindex

CIX är ett projekt som initierats av ETTIELVA Arkitekter med finansiering av Boverkets stöd för innovativt och hållbart bostadsbyggande. Projektet syftar till att hantera utmaningen att bygg- och rivningsverksamheter genererar betydande mängder avfall och växthusgaser. Detta motsvarar den dubbla mängden avfall som genereras av alla hushåll i Sverige tillsammans (Cix 2021). Verktöget för cirkularitetindex var tillgänglig som en Excel-baserad lösning och har nu utvecklats till ett gratis webbverktyg för att öka användbarheten och tillgängligheten för intressenter inom byggsektorn. Verktöget är utformat för att integrera viktiga cirkulära aspekter i byggprojekt samt underlättar beslutfattandet genom en cirkulär bas som grundas på principer för den cirkulära ekonomin enligt figur 17 (Cix 2021).

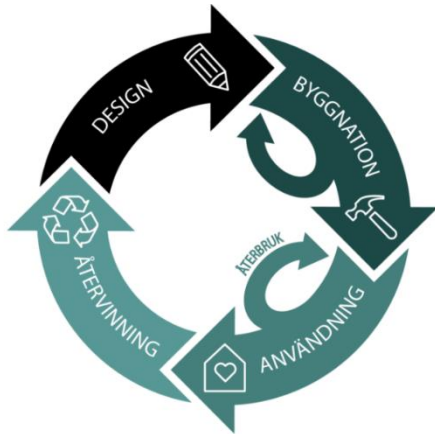


Fig. 17 Cirkularitet (Cix 2021),

I den cirkulära basen ingår en loggbok för att följa upp byggnaden under hela livscykeln. Loggboken prioriterar minimering av avfall, samt den tekniska och estetiska livslängden för olika byggnadsdelar. Arkitekturen är en central faktor för att skapa cirkularitet. Indikatorer för cirkulär arkitektur har definierats med fokus på anpassningsbarhet genom elasticitet, flexibilitet och generell användbarhet. Det är också viktigt att möjliggöra demonterbarhet, reparationer och återanvändning för nästa användningcykel. Verktøyet hanterar framförallt de ingående materialen, som är återbrukade, återvunna och biobaserade, vilket är några av de mest kritiska faktorer gällande cirkularitet (Östlund et al. 2020).

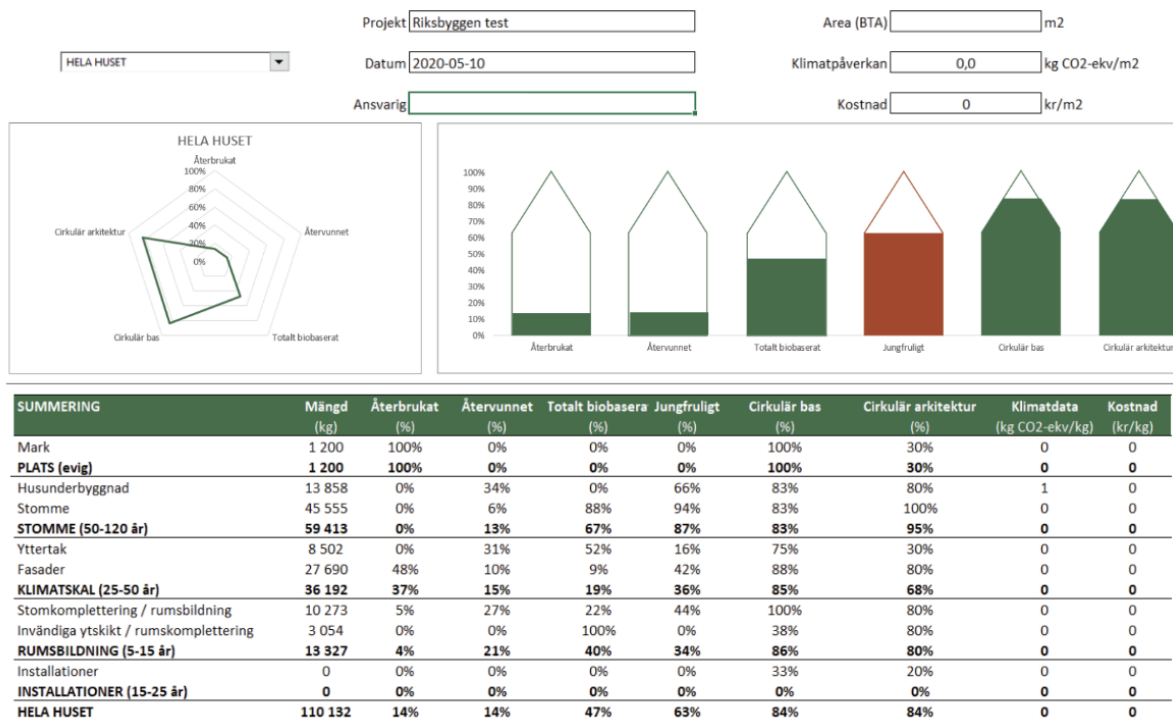


Fig. 18 Cix - Användargränssnitt (Östlund et al. 2020),

Genom att inkludera information om mängden återbrukade, återvunna och biobaserade material i byggprojektet kan verktøyet underlätta beslutstagandet för att öka cirkulariteten. Användningen kan börja som en checklista för cirkularitet i det tidiga skedet av projektet.

Sedan användas som ett effektivt verktyg för att redovisa cirkulära mål, både på hela byggnaden men även enskilda byggnadselement. CIX bidrar till en kunskapshöjning och främjar användning av cirkulära metoder och material i byggprojekt, vilket är ett värdefullt bidrag för hållbart byggande (Östlund et al. 2020). Verktöget illustrerar byggnadens miljöpåverkan intuitivt, vilket tydliggörs i figur 18. Det är vanligt att klimatpåverkan presenteras i form av abstrakta värden och procentsatser, vilket kan göra det svårt att förstå den faktiska påverkan. Genom att CIX tydligt visar och förklarar byggnadens hållbarhet på ett användarvänligt sätt, bidrar verktöget till ökad förståelse och därmed kunskap inom byggsektorn.

4.4.2 BASTA

Byggprodukter som innehåller farliga ämnen lämpar sig inte för återbruk eller återvinning, vilket skapar behovet av metoder för att undvika användning av sådana material i framtiden. Kommittén för modernare byggregler (2018) diskuterar ett alternativ för att hantera detta problem. BASTA är ett initiativ vars arbete spelar en viktig roll i ansträngningarna för att minska användningen av farliga ämnen i byggmaterial. Genom att fastställa krav på ämnesinnehållet i kemiska produkter och byggmaterial hjälper BASTA till att avlägsna särskilt farliga ämnen från byggbranschen. Dessa krav baseras på kriterier i Reach-förordningen, CLP-förordningen och det svenska miljömålet; Giftfri miljö. Genom att förhindra användningen av farliga kemiska ämnen bidrar BASTA till att främja en mer hållbar och hälsosam byggindustri (Kommittén för modernare byggregler 2018). En annan möjlighet för framtiden hade varit att certifieringar för byggnader kan inkludera skarpare kriterier för återbruk, vilket ger incitament för att integrera återbruk i verksamheten utanför de reglerande styrmedlen..

4.5 Innovativa exempel

I en tid där hållbart byggande och resurseffektivitet är avgörande, engagerar sig flera organisationer och företag aktivt i att utveckla innovativa lösningar. Det följande avsnittet diskuterar framstående exempel på utveckling inom både återbruk och återvinning. Rapporten utforskar vilka åtgärder som kan implementeras för att åstadkomma den nödvändiga förändringen.

4.5.1 Erfarenheter från SirkTre

SirkTre-projektet, med en budget på nästan 200 miljoner NOK är ett norskt initiativ med syfte att främja hållbar hantering av trä som ett material. Projektet omfattar 23 olika delprojekt med individuella mål och indikatorer för att främja återbruk och återvinning av trä. Om målen förverkligas förväntas de stå för en minskning på 8% av Norges koldioxidåtaganden (SirkTRE u.å). I det följande avsnittet kommer flera projekt att granskas och analyseras. Fokus är främst på återanvändbarhet och hållbara lösningar. Utvalda projekt kommer att beskrivas och diskuteras hur de bidrar till utvecklingen av ett hållbart byggande.

4.5.1.1 Assemble and Disassemble

Projektet strävar efter att utveckla byggsatser för demonterbara flerfamiljsbostäder i trä. Dessa byggnader kännetecknas av en trästruktur med bärande komponenter, axlar och vertikala fogar. De primära målen är att fördubbla byggnadernas livslängd och minska växthusgasutsläppen med 90% genom fullständig återanvändning. Ett av delmålen är att göra dessa byggsatser tillgängliga för fastighetsutvecklare, i hopp om att sprida resultatet till marknaden (SirkTRE 2023).

Utvecklingen av cirkulära träramverk för självmontering utgör en viktig del av projektet. Dessa ramverk är konstruerade med specifika parametrar som styr storlek, höjd och användning av återbrukat material. Genom att designa en användarprocess och struktur för modulära hus har projektet framgångsrikt skapat ett användarvänligt system som möjliggör enkel demontering och utbyte av komponenter (SirkTRE 2023). Att utveckla den omogna marknaden för återbrukade material är en viktig faktor, som tidigare har identifierats i rapporten. Införandet av färdiga byggnadssatser för miljövänliga konstruktioner framstår som ett lovande alternativ för nybyggnationer. En potentiell ekonomisk fördel är de redan utförda delarna av projekterings- och designskedet. Det kan leda till förkortade tidsramar, vilket har stor betydelse och leder till kostnadsminskningar för byggföretag.

4.5.1.2 Digital Twins for Buildings

Projektet har som huvudmål att utveckla digitala "tvillingar" för byggnader, med särskilt fokus på byggnader avsedda för rivning. Genom att identifiera, kartlägga och analysera befintliga byggnader strävar projektet efter att bedöma möjligheterna för återbruk av trämaterial. Digitaliseringen av befintliga träkonstruktioner underlättar projektplanering för återbruk och skapar en plattform för lagring av inskannad byggnadsdata som sedan omvandlas till BIM-format (Fig. 19). Metoden syftar till att använda digitala tvillingar för att bedöma trämaterialens kvalitet, beständighet och återbruksmöjlighet (SirkTRE 2023). Etablering av metoder för att identifiera återbruksmöjligheterna i befintliga byggnader är en viktig aspekt för att bemöta de aktuella utmaningarna inom byggsektorn. Många av de utvecklingsmöjligheterna som diskuterats fokuserar främst för framtida byggnationer. Dock möjliggör utvecklingen av digitala tvillingar återanvändning av de resurser som redan finns i samhället, vilket i sin tur minskar behovet av att utvinna jungfruliga resurser.



Fig. 19 Inskannad "digital twin" av befintlig byggnad (SirkTRE 2023),

4.5.1.3 Sustainable Modular Houses

Dagens byggmetoder och materialanvändning leder ofta till att byggkomponenter avvecklas i slutet av deras livscykel, vilket bidrar till 25% av allt avfall i Norge. Som svar på denna utmaning har SirkBo-projektet framträtt som en betydelsefull aktör, dedikerad åt utveckling av cirkulära modulära hus. Det övergripande målet är att etablera bostäder som inte bara är återvinningsbara utan även återbruksbara i efterföljande cykler, vilket syftar till att främja hållbart byggande. Efter en noggrann projekteringsfas och tillverkning av prototyper anpassade efter specifika platser, är projektet inriktat på att utforska och implementera lösningar inom flera dimensioner (Fig. 20). Detta inkluderar ny metodik, materialval, designkoncept, utveckling av byggnadselement och infästningstekniker (SirkTRE 2023).



Fig. 20 Förslag på Modular Houses framtagen av SirkBo-projektet (SirkTRE 2023),

Den centrala motivationen bakom SirkBO-initiativet utgör bristen på produktion av hållbara modulära hus. Projektet strävar mot att förverkliga visionen om modulära hus med klimatanpassad design, transparenta CO₂-redovisningar och användning av cirkulära byggmaterial. Tillsammans med samarbetspartnern Haugen/Zohar Arkitekter, skall SirkBO initiera en omvandling inom bostadssektorn mot ett mer modulbaserat och cirkulärt förhållningssätt. Genom att minska CO₂-utsläppen jämfört med konventionella bostäder och uppnå en grad av cirkularitet på 70%, strävar projektet efter att utmana den rådande situationen. Dessutom syftar det till att etablera nya standarder för hållbart och ekologiskt ansvarstagande inom branschen (SirkTRE 2023).

4.5.2 Uuthuske: innovativ ansats till modulär bostadsproduktion

Under 2021 anordnades en industriell utmaning i Nederländerna. Konceptet bakom “So You Think You Can Build”-tävlingen var att utmana byggsektorn till att utveckla en hållbar, cirkulär och prisvärd bostadslösning. Huset skall vara anpassat för en eller två personer, samtidigt som den ska förbättra förutsättningarna för förstagångsköpare av bostäder (Oorschot & Asselbergs 2021).

En av deltagarna var “The New Makers” som presenterade ett innovativt förslag. Organisationen består av en tredjedel arkitekter som fokuserar på användarnas krav, en tredjedel ingenjörer som arbetar med arkitektoniska- och bygginnovationer, samt den sista tredjedelen som producerar modulerna. Denna fördelning av kompetens möjliggör en

holistisk strategi med tydliga individuella mål. Modulerna konstrueras av maskiner och monteras sedan som en Ikea-liknande byggsats, utformade med en enkel monterings teknik som gör det lätt att sammanfoga dem (Fig. 21). Efter en dagskurs skall montörerna ha den nödvändiga kunskapen för att utföra monteringen (Oorschot & Asselbergs 2021).



Fig. 21 Exempel av modulhuset Uuthuske (The New Makers 2021),

En central del av The New Makers koncept är användningen av biobaserade material. Modulerna består huvudsakligen av naturmaterial, framförallt trä. För att säkerställa lågt underhållsbehov och estetiska möjligheter används ytbehandlat trä på insidan respektive utsidan med träfiberisolering för att främja användningen av biobaserade material. Uuthuske erbjuder en modulär plattform som ger köparen möjlighet att uttrycka sin personliga stil och behov genom att kombinera olika moduler på önskat sätt, enligt illustrationen i figur 22 (The New Makers 2021).

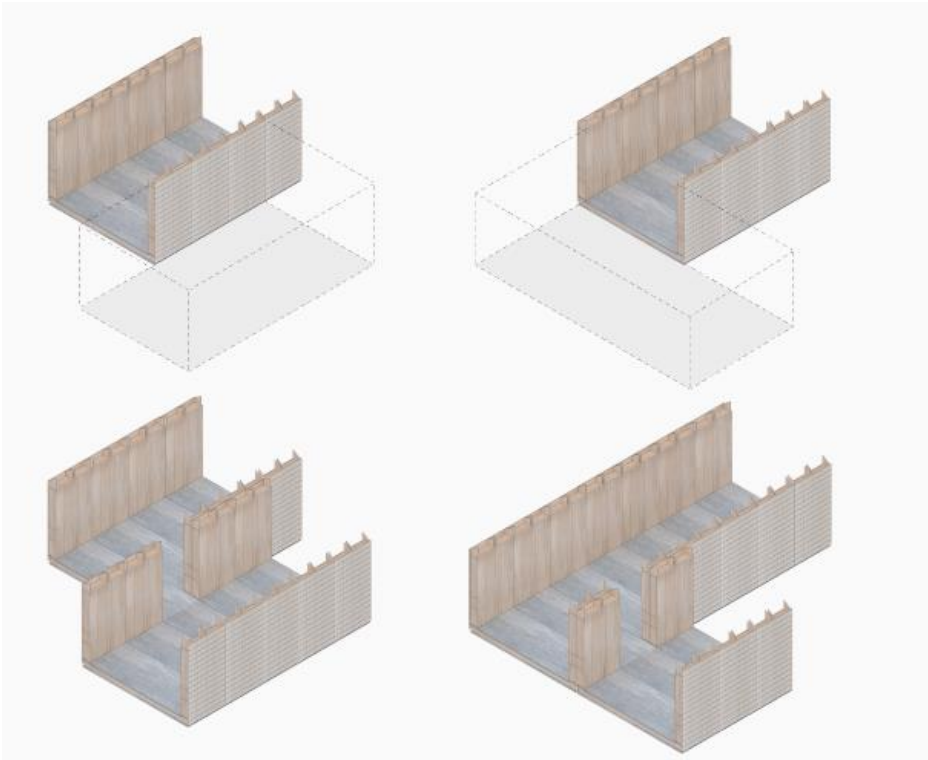


Fig. 22 Utformningsmöjligheterna för Uthuuske (The New Makers 2021),

Förstagångsköpare av bostäder står inför utmaningen att endast ha tillgång till 5% av det totala utbudet av bostäder. Uthuuskes erbjuder en möjlig lösning genom att förse hem till en kostnad från en miljon SEK, vilket är avsevärt mindre jämfört med andra alternativ på den nuvarande marknaden (The New Makers 2021). Tidigare i rapporten har fördelarna med modulära hus diskuterats. Innovationen som utvecklats av The New Builders är ett strategiskt tillvägagångssätt för att förverkliga socialt, ekonomiskt och ekologiskt hållbara byggnader. Genom att främja principerna bakom demontering för återbruk och återvinning, banar modulerna väg för DfD och bidrar därigenom till en mer hållbar byggbransch. Valet att använda trä som huvudmaterial möjliggör lagring av koldioxid och minimerar även användningen av mindre hållbara material såsom betong. Skapandet av cirkulära byggnader till ett lågt pris är exempel på de innovationer som är nödvändiga för att uppnå dagens klimatmål och bevara naturresurserna för framtida generationer.

4.5.3 Nanokristallin cellulosa (NCC)

Irlé et al. (2019) skriver om projektet MATIERES, där det utvinns nanokristallin cellulosa (NCC) från MDF skivor genom kemiska processer. Analyser visar på att NCC från MDF och från jungfruligt trä har samma kvalitet. NCC kan användas som bland annat förstärkning av kompositter, emulsions stabilisering och optiska filmer. Ett ton av bortskaffat MDF ger cirka 90 kg av NCC vid utvinning, vilket har större penningvärde än ett ton nyproducerat MDF. Dock har det analyserats att värdet av NCC kommer att sjunka i framtiden, trots detta förväntas penningvärdet fortfarande vara högre. Trots den stora massan som försvinner under processen så finns det stor potential. Vid framtida rivningsprojekt skulle entreprenören kunna

få betalt för att sortera ut MDF, vilket skapar ett incitament då det blir ekonomiskt lönsamt. Dock finns det ingen effektiv återvinning av MDF idag utan det går antingen till förbränning eller lagring eftersom produktionen av NCC inte är etablerad på marknaden (Irle et al. 2019).

Utvecklingspotentialen är stor inom området för biomassa och många innovationer krävs för att kunna ta tillvara på de resurser som finns. RISE (u.å) skriver att ett bioraffinaderi ger möjligheten att utnyttja biomassa maximalt. Utvecklas nya gröna produkter där biobaserade resurser utnyttjas på ett effektivt sätt kan det över tid ersätta fossilbaserade produkter. För att göra biomassan till klimatvänliga och nya gröna produkter behövs innovativa tekniker, lösningar och processer för att skapa rätt förutsättningar. Utvecklas området kan det bidra till att skapa en cirkulär bioekonomi (RISE u.å).

4.5.4 Deponi i kontrollerad miljö

Vid deponering av organiska restprodukter under syrefattiga förhållanden sker en rötprocess som producerar en utvinningsbar biogas, som kan uppsamlas och användas som energiråvara eller som råvara inom den kemiska industrin (Fig. 23). Rötresterna har en god vattenhållande förmåga, vilket långsiktigt upprätthåller en hög fukthalt och en stabil syrefri miljö. Tungmetaller har en god förmåga att bilda svårösliga metallsulfider under syrefattiga förhållanden, vilket de lätta näringsmetallerna inte har. Effekten av detta blir en stabil långtidslagring av tungmetallerna bundna som metallsulfider. Rester från trä- och pappersprodukter fungerar som en stabilisator för att hålla kvar en syrefri miljö, men immobiliserar även tungmetaller genom kemisk komplexbindning med, till exempel ligninrester. Under den syrefattiga nedbrytningsprocessen bildas således lakvatten som främst innehåller näringsämnen (kväve och lösliga salter av kalium, kalcium och magnesium). Det möjliggör rötningsprocessen i deponin, en separation av tunga och lätta metaller (huvudsakligen näringsämnen). Lakvattnet uppsamlas och kan sedan användas som gödning i energiskogsodlingar inom deponiområdet, vilket i sin tur ökar kapaciteten för träd att binda koldioxid. Därmed bli en effektivare kolsänka, men även en framtida råvara för spånskivetillverkning. Över 70 % av bildad biogas samlas i regel in med konventionell uppsamlingsteknik. Biogasen från fermenteringen kan då användas till energi och drivmedel, eller som råvara i kemi- och teknikindustrin. Genom optimering av uppsamlingstekniken för biogas har det visat sig att upp mot 95 % av bildad biogas kan uppsamlas och utnyttjas. (Bramryd & Johansson 2011). Genom att deponera restavfall under kontrollerade förhållanden möjliggörs effektivt tillvaratagande på biologiskt nedbrytbart avfall och utnyttja resurser inom flera olika användningsområden. Detta gör deponin till ett bra alternativ i dagens situation för icke återvinningsbart material, och kan utgöra en resursbank för framtida utvinning. Något som inte speglas i den nuvarande lagstiftningen.

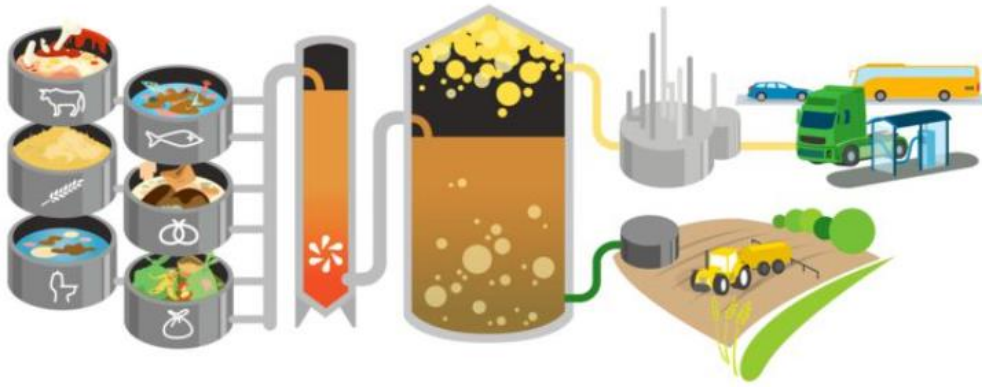


Fig. 23 Kontrollerad deponering (Sönne 2020),

4.5.5 Att skapa bioekonomi

Risse et al. (2019) menar att skapandet av en bioekonomi kommer att öka efterfrågan på förnyelsebara material, till exempel trä. Det gäller att ta tillvara på träet i så många led som möjligt och skapa en kaskadanvändning för att ta tillvara på trä så effektivt som möjligt. I dagsläget är systematiken för att kaskad använda trä begränsad till att nedgraderas i olika cyklar. Från massivt trä till spånskivor, sen OSB eller ner till kemikalier. Trots detta finns högre potential att återbruka trä. Det finns ett behov att utveckla nya återvinningsmetoder som bidrar till att kunna bibehålla hög kvalitet på materialet så länge som möjligt under kaskad användningen. Ett exempel på detta är den framtagna metoden för att tillverka limträ av träavfall. För att kunna mäta resultatet så applicerades en LCA och LCC (livscykelkostnad). Genom att utöka systemet och erbjuda flera olika lösningar, visades det att användning av träavfall till limträ är fördelaktigt både ekonomiskt och miljömässigt. Återvinningen visade upp till 29% lägre miljöpåverkan och 32% lägre kostnad kontra om träet gick till energiutvinning. Vid materialåtervinning framgick det en miljömässig fördel på 15-150% jämfört med förbränning (Risse et al. 2019).

4.6 Bioekonomins möjliga framtid

Sverige har goda möjligheter att kunna skapa en bioekonomi då tillgången på biomaterial är hög. Hagemann et al. (2016) har identifierat faktorer som påverka hur en träbaserad bioekonomin i Tyskland kan komma och att se ut i framtiden. Det presenteras fyra olika scenarion, vilket betraktar den politiska utvecklingen och potentiella avgörande faktorer för samhället. Där bland annat klimatförändringar, hur industrin ser ut, konsumtionsmönster, politiken, ekonomisk- och teknisk utveckling. Det finns en möjlighet att utveckla bioekonomi men att det ofta är politiska ramar samt hur besluten tas emot av befolkningen som sätter gränserna. Om konsumenter är redo att betala mer för biobaserade produkter och företag utvecklas mer mot en bioekonomi kan följande scenarion beskriva utfallet (Fig. 24).

- Scenario 1: Staten/regeringen är bioekonomiskt orienterad medan företag är vinstdrivande, där konsumenter är tveksamma och kritiska mot besluten.
- Scenario 2: Trend mot hållbarhet, där staten driver på och jobbar proaktivt, konsumenter och producenter har öppet sinne och är framtidsorienterade.
- Scenario 3: Stagnera, staten och samhället har nuvarande värderingar och ingen struktur har utvecklats, ingen tar risker för att införa förändringar.
- Scenario 4: Staten är hindret. Staten fördröjer processen och bevara redan etablerade strukturer, trots att samhället och företag försöker driva på utvecklingen.

Politiken spelar en nyckelroll för skapandet av en bioekonomi. Syftet blir då att säkerställa tillvägagångssättet för alla aktörer i samhället. Begränsningar kan ske om politiken inte får stöd av företagen och invånarna, samtidigt som viljan att betala mer för bioprodukter är låg. Bioekonomi baseras på samhällsutvecklingen samt hur ekonomin ser ut gällande förnybara resurser (Hagemann et al. 2016). Liknande scenario kan tänkas ske i Sverige. Det gäller att samhället och företagen är villiga att förändras, samt att politiken ger möjligheten att utvecklas mot en hållbar bioekonomi som visats i scenario 2.

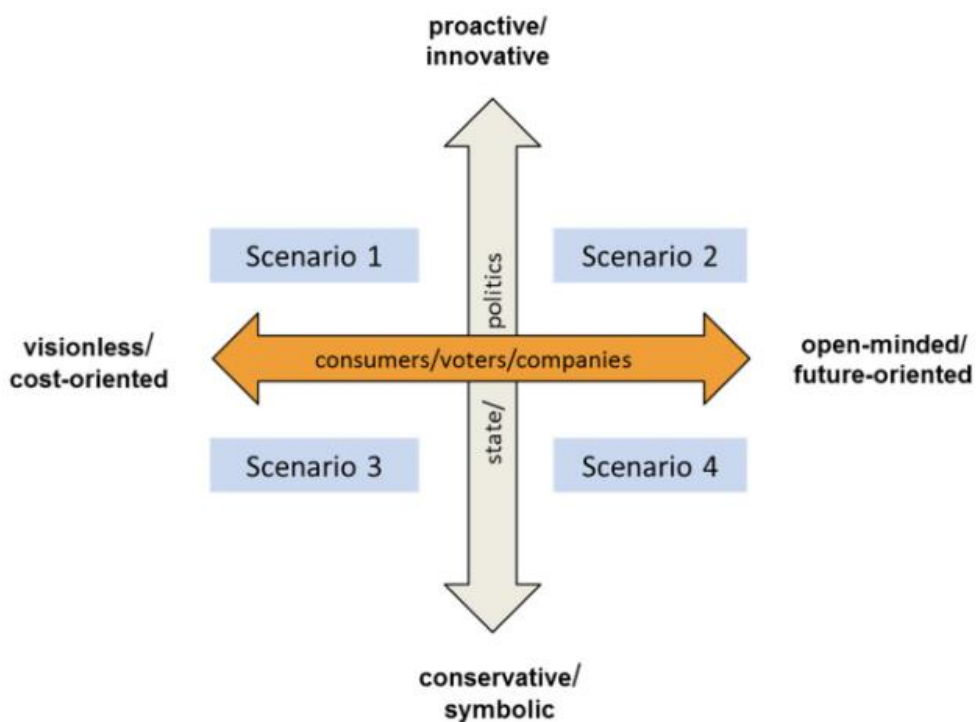


Fig. 24 Illustration av de olika tänkbara scenarierna (Hagemann et al. 2016),

5 Slutdiskussion

5.1 Förslag på ett alternativt flöde

Nutidsanalysen tydliggör den negativa miljöpåverkan från byggsektorn. Med betydande avfallsgenerering och hög resursanvändning, där råvarornas utnyttjandegrad är låg, krävs det ett ansvarstagande och framtids tänk för att motverka trenden. Rapporten visar att dagens hantering inte är hållbar då en kontinuerlig användning av jungfruliga resurser prioriteras istället för att främja återbruk eller återvinning. Med andra ord utnyttjas inte träet till sin fulla potential. Som konstaterats tidigare i rapporten, går nästan allt träavfall efter dess första användningscykel direkt till värmekraftverken, vilket inte är hållbart långsiktigt.

Rapporten har identifierat flera anledningar till den låga återbruk- och återvinningsgraden inom dagens byggindustri. För att fortsätta utvecklingen måste det i första hand vara ekonomiskt försvarbart, men Sveriges stora skogstillgångar försvårar detta. Det krävs ändringar på en nationell nivå för att skapa styrmedel och incitament för att främja återbruk/återvinning i syfte att minimera avfallsgenereringen och klimatutsläppen kopplade till byggsektorn.

Byggsektorn är omfattande, och förutsättningarna för att öka återbruk och återvinning måste förbättras. Genom en kontinuerlig utveckling av innovationer och system går det att ta tillvara på byggmaterial, och identifiera nya användningsområden. Trots detta är byggföretag skeptiska till att använda återbrukade material, vilket kan bero på bristande kunskap, eventuellt till följd av att det saknas en etablerad marknad för återbruk. Mot denna bakgrund föreslås 3 olika faser, vars syfte är att främja och implementera förbättringspotentialen (Fig. 25).

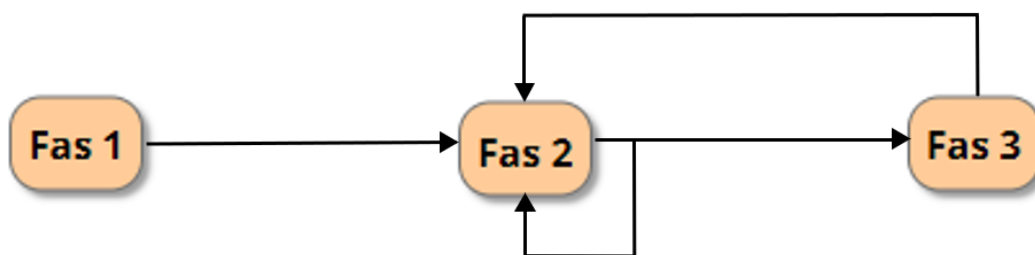


Fig. 25 Gestaltning av alternativt flöde (egen illustration),

Fas 1

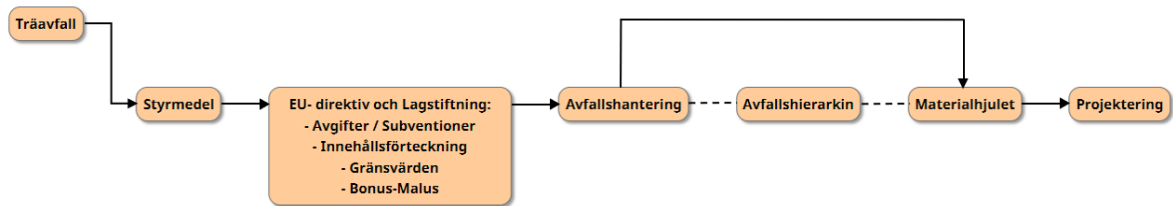


Fig. 26 Gestaltning av fas 1, alt. Se bilaga 2 (egen illustration),

Under rapporten har flera problem identifierats för att nå en hållbar utveckling. I det nuvarande läget framgår det en betydande brist på incitament för aktörer inom byggsektorn, något som behövs för att anta hållbar trähantering. Det framgår ett tydligt glapp mellan byggsektorns behov och den nuvarande lagstiftningens effektivitet. Bristen på ansvarstagandet av avfallshanteringen utgör en central problematik, särskilt då byggsektorns bidrag till Sveriges totala avfallsgenerering betraktas. Denna situation förstärks av den låga kostnaden för både inköp och bortskaffandet av trämaterial.

Fas 1 syftar till att adressera dessa utmaningar genom att införa nya cirkulära styrmedel och därigenom ställa strängare krav på avfallshanteringen inom byggsektorn (Fig. 26). Där målet är att främja återbruk och återvinning av träprodukter. Genom att introducera och gradvis skärpa dessa krav förväntas en katalysatoreffekt uppstå, som uppmanar kontinuerlig innovation och öka kompetensen kring återanvändning och återvinning.

Problematiken med den nuvarande avfallshierarkin har tidigare diskuterats i rapporten. För att främja hållbart byggande och trähantering krävs en omvärdering av de styrmedel som redan används. I detta sammanhang föreslås Materialhjulet som ett potentiellt tillämpbart alternativ. Att betrakta trä genom avfallshierarkin kan framstå som en mer linjär livscykel. Användningen av materialhjulet uppmuntrar ett mer cirkulärt tillvägagångssätt för att utnyttja resursen till dess fulla potential. Implementering av alternativet öppnar upp flera nya forskningsområden som syftar till att främja återbruk och återvinning inom sektorn. Även ifall Materialhjulets implementering är för närvarande småskaliga i jämförelsen med den totala avfallsmängden, representerar det ett steg i rätt riktning. Genom ytterligare bearbetning och utveckling av alternativet finns möjligheten att bredda metodiken till en mer omfattande lösning. Därmed kan Materialhjulet förhoppningsvis utvecklas till en mer storskalig och effektiv strategi för att hantera trä och främja en cirkulär ekonomi.

Fas 2

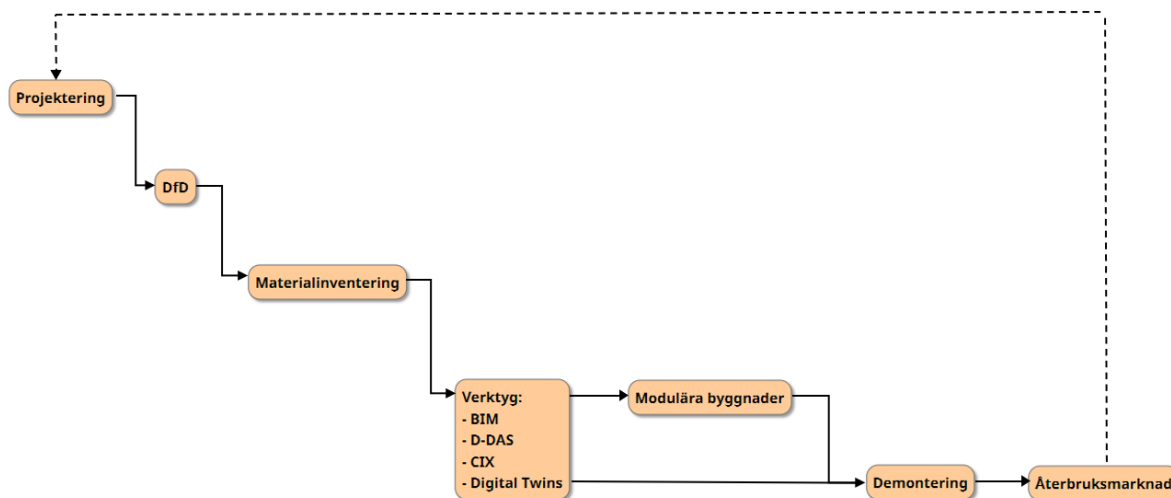


Fig. 27 Gestaltning av fas 2, alt. Se bilaga 3 (egen illustration),

Genom historien har återanvändning av byggmaterial varit vanligt förekommande, dock har denna praxis minskat under de senaste 70 åren. Tidigare diskuterades även problematiken med den ekonomiska obalansen mellan de låga kostnaderna för att anskaffa nytt trämaterial och de höga arbetskostnaderna för demontering. Obalansen innebär att incitamenten för att främja återanvändning inte har varit tillräckligt stark för att stödja en övergång till en mer cirkulär ekonomi. För att bemöta denna utmaning föreslås fas 2, vilket syftar till att öka kunskap om fördelarna och effektiviteten med återbruk (Fig. 27).

Inledningsvis krävs utvecklade inventeringslistor och rivningsplaner för att noggrant dokumentera de befintliga materialen. Genom att identifiera och kategorisera det ingående materialet underlättas bedömning av dess återanvändningspotential men även möjligheten till återvinning. Under projekteringskedet betonas vikten att främja principerna bakom DfD. Genom att inkludera demontering som en mer central del av planeringsprocessen, kan möjligheterna till återbruk förbättras avsevärt. För att underlätta dessa insatser finns flera verktyg tillgängliga för att bemöta utmaningen med den bristande kunskapen.

Utöver att fokusera på demontering är det väsentligt att överväga konceptet med modulära byggnader. Ökad användning av prefabricerade element leder till utvecklade infästningsmetoder som främjar demontering, vilket i sin tur underlättar återanvändning för framtida syften. För närvarande saknas en etablerad marknad för återbrukade byggmaterial. Genom införandet av nya styrmedel och främjandet av demonterbarhet öppnas möjligheterna för att stimulera en ny marknad, där företag kan införskaffa och sälja återbrukade material. Något som gör återanvändning ekonomiskt försvarbar. Efter etableringen förväntas materialen att cirkulera på marknaden för att få nytt liv och användas i framtida projekt. En etablerad återbruksmarknad bidrar till en resurspool av återanvändbara material, vilket ökar tillgängligheten för cirkulärt byggande. När materialets lämplighet för återanvändning anses förbrukad, möjliggörs återvinning och trämaterialiet får ett nytt användningsområde.

Fas 3

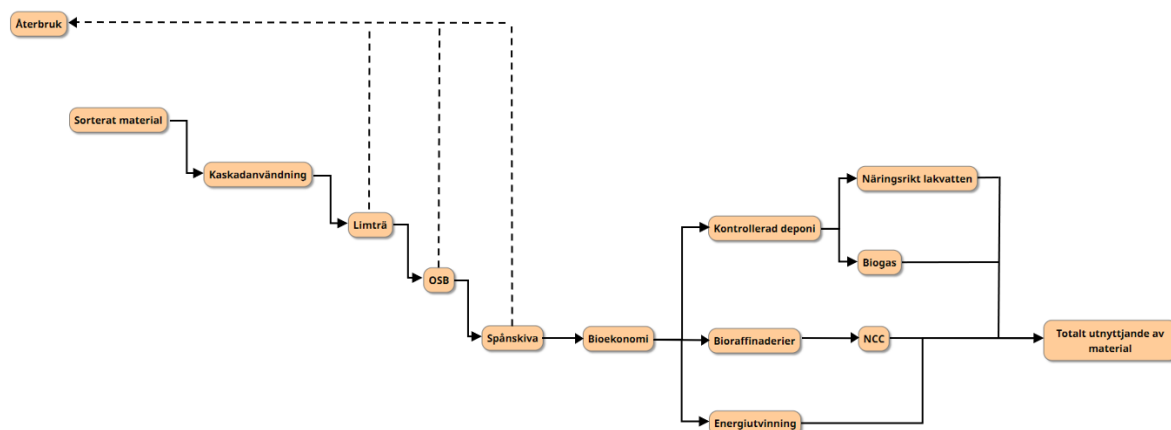


Fig. 28 Gestaltning av fas 3 alt. Se bilaga 4 (egen illustration),

För att främja återvinning gäller det att kunna ta tillvara på resurser så effektivt som möjligt. Att kaskad använda träet i flera led gör att resursen utnyttjas maximalt. I Sverige går nästan allt träavfall till energiutvinning, vilket inte är en hållbar lösning långsiktigt. Träet har mycket mer potential innan materialet eventuellt används som energi. Återvinningen av trä är viktigt för att kunna skapa ett mer hållbart förhållningssätt som tar tillvara på träet (Fig. 28).

Tidigare i rapporten visade en studie från Tyskland att 45% av återvunnet trä kunde användas för tillverkning av OSB-skivor, något som kan appliceras i Sverige. På så sätt används materialet mer effektivt och därefter går det att ta tillvara på materialet i flera led nedåt. Beroende på materialets kvalitet går det att tillämpa metoder för att bevara ett högt värde på träet. När sista etappen är nådd finns det mycket mer alternativ än vad avfallshierarkin föreslår, där energiutvinning ligger högre än deponi. Kontrollerad deponin är det ett utmärkt sätt att ta tillvara på det sista som träet har att erbjuda, för att sedan återföras som näringen till naturen.

Innovationer inom bioraffinaderier kan leda till många nya gröna produkter och mer hållbarare lösningar än vad som erbjuds idag. Det gäller att skapa en bioekonomi som sätter värde på träet och dess egenskaper för att maximera nyttan, vilket gör att utvecklingen går i en positiv riktning. Att nå ett cirkulärt kretslopp där träet cirkulerar som nya produkter och går mellan faserna är en avgörande aspekt för att maximera användningen av träet (Fig. 29).

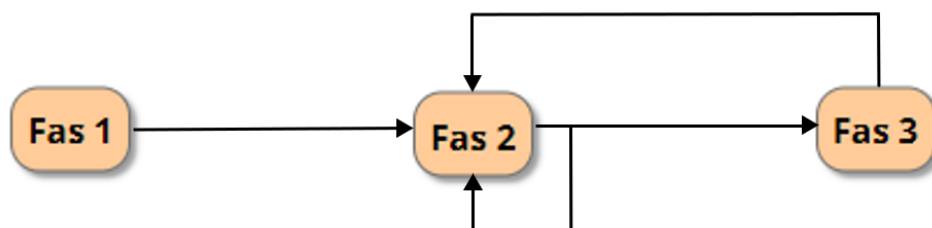


Fig. 29 Gestaltning av alternativt flöde (egen illustration),

6 Slutsats

För att besvara målsättningen kan det konstateras att dagens situation gällande återvinning och återbruk inte är hållbar. Rapporten visar en tydlig brist på dagens lagstiftning och avfallshantering. Avsaknaden leder till att byggsektorn inte har några incitament för att hantera träavfall hållbart. Det nuvarande flödet för träavfall är linjärt, och en förbättring måste ske. Dagens marknad erbjuder många olika alternativ för att lösa problemen kopplat till återbruk och återvinning, dock sker detta småskaligt. Detta är en effekt av otillräckligt engagemang och bristande kunskap. Implementering av hårdare krav på nationell nivå skall uppmana branschen till kontinuerlig utveckling. Slutdiskussionen presenterade ett alternativt tillvägagångssätt som baseras på rapportens framtagande, vilket syftar till att främja en mer hållbar resurshantering som stödjer återbruk och återvinning gällande trä.

6.1 Vidare forskning

- Utveckling av metoder för att identifiera kvaliteten hos träavfall, återbrukat och återvunnet material.
- Utveckling av metoder för att beräkna den ekonomiska fördelen av DfD.
- Framtagande av nya styrmedel för att främja återbruk och återvinning.
- Vidare forskning angående materialet utveckling till en storskalig nivå som visar fördelarna och hur en effektiv implementering kan ske.
- Fortsatt forskning inom bioraffinaderi för att främja utveckling av nya gröna produkter och skapa en bioekonomi.
- Vidare forskning gällande implementering av en effektiv och hållbar infrastruktur avsedd för återbruksmarknaden.
- Utveckling av metoder för effektiv sortering av trä i olika fraktioner med syfte att underlätta återvinning.

7 Referenser

Akanbi, L., Oyedele, L., Omoteso, K., Bilal, M., Akinade, O., Ajayi, A., Delago, J. & Owolabi, H. (2019). Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy. *Journal of cleaner production*, 223, s. 386–396. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.172>

Akinade, O., Oyedele, L., Omoteso, K., Ajayi, S., Bilal, M., Owolabi, H., Alaka, H., Ayris, L. & Looney, J. (2017). BIM-based deconstruction tool: Towards essential functionalities. *International journal of sustainable built environment*, 6(1), s. 260–271. <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2017.01.002>

Alshenqeeti, H. (2014). Interviewing as a Data Collection Method: A Critical Review. *English Linguistics Research*, 3(1). https://www.researchgate.net/publication/269869369_Interviewing_as_a_Data_Collection_Method_A_Critical_Review

Andersson, J., Gerhardsson, H. & Stenmarck, Å. (2018). *Potential och lösningar för återbruk på svenska kontor*. IVL (Rapport C339). <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn%3Anbn%3Ase%3Aivl%3Adiva-214>

Arbetsmiljöverket (2023) *Rivning*. <https://www.av.se/produktion-industri-och-logistik/bygg/risker-vid-byggnad--och-anlaggningsarbeten/vanliga-riskfyllda-arbetsmoment-vid-byggnads--och-anlaggningsarbete/rivning/> [2024-03-21]

Avfall Sverige (2021). *Svensk Avfallshantering*. https://www.avfallsverige.se/media/wwbd2za0/svensk_avfallshantering_2021_web.pdf

Avfallsförordning (2020:614). https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/avfallsforordning-2020614_sfs-2020-614/

Bisaillon, M., Finnveden, G., Noring, M., Stenmarck., Sundberg, J., Sundqvist, J & Tyskeng, S. (2009). *Nya styrmedel inom avfallsområdet*. KTH Arkitektur och Samhällsbyggnad (Rapport TRITA-INFRA-FMS 2009:7). https://www.academia.edu/86855776/Nya_styrmedel_inom_avfallsomr%C3%A5det

Boverket (2018). *Hållbart byggande med minskad klimatpåverkan* (Rapport 2018:5) <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2018/hallbart-byggande-med-minskad-klimatpaverkan/>

Boverket (2019). *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/> [2024-03-14]

Boverket & Naturvårdsverket (2019). *Klimatscenarier för bygg- och fastighetssektorn*.

<https://www.naturvardsverket.se/contentassets/8897c1c6a8a44c6e8461443625909c86/klimatscenarier-for-bygg-och-fastighetssektorn.pdf>

Boverket (2021a). *Klimatdeklaration av byggnader*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/klimatdeklaration/> [2024-03-14]

Boverket (2023a). *PBL och klimatdeklarationer*.

<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/pbl-och-klimatdeklarationer/> [2024-03-20]

Boverket (2023b). *Om Boverkets klimatdatabas*.

<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/om-klimatdatabas/> [2024-03-20]

Boverket (2023c). *Beräkna byggnadens klimatpåverkan*.

<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/berakna/> [2024-03-20]

Boverket (2023d). *Indata för produktskedet*.

<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/underlag/indata-produktskedet/> [2024-03-20]

Boverket (2023e). *Klimatdata till beräkningen*.

<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/underlag/klimatdata-till-berakningen/> [2024-03-20]

Boverket (2023f). *Gränsvärde för byggnaders klimatpåverkan och en utökad*

klimatdeklaration (Rapport 2023:20). <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2023/gransvarde-klimatpaverkan/>

Boverket (2024a). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer--aktuell-status/vaxthusgaser> [2024-03-12]

Boverket (2024b). *Bygg- och fastighetssektorns uppkomna mängder av avfall*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer--aktuell-status/avfall/> [2024-03-14]

Boverkets föreskrifter (2021:7). *Klimatdeklaration för byggnader*.
<https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/boverkets-foreskrifter-20217-om-klimatdeklaration-for-byggnader/>

Bramryd, T & Johansson, M. (2011). Landfills as moderators for climate change based on a combination of enhanced biogas extraction and sequestration of remaining long-lived organic matter in the landfill. *Proc. Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium*. S. Margherita di Pula, Sardinien, Italien 3-7 oktober 2011.
<https://portal.research.lu.se/en/publications/landfills-as-moderators-for-climate-change-based-on-a-combination>

Byggföretagen (u.å). *Resurs- och avfallshantering*.
<https://byggforetagen.se/foretagsservice/amnen/resurs-och-avfallshantering/> [2024-03-14]

Byggföretagen (2023). *Resurs - och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning*.
<https://byggforetagen.se/app/uploads/2023/11/Resurs-och-avfallsriktlinjer-vid-byggande-och-rivning-November-2023.pdf>

Cix (2021). *Det bästa verktyget för cirkulärt byggande*.
<http://www.hallbarbyggnation.se/> [2024-04-09]

Dainty, A.R.J. & Brooke, R.J. (2004). Towards improved construction waste minimisation: a need for improved supply chain integration?. *Structural Survey*, 22(1), s. 20-29.
<https://doi.org/10.1108/02630800410533285>

de Wit, M., Hoogzaad, J., Ramkumar, S., Friedl, H. & Douma, A. (2018). *The CIRCULARITY GAP report*. CGRI The Circularity Gap Reporting Initiative
<https://www.circularity-gap.world/2018#:~:text=Our%20world%20economy%20is%20only,circular%20state%20of%20the%20planet>

DiCicco-Bloom, B. & Crabtree, F. B. (2006). The qualitative research interview. *Medical Education*, 40(4), s. 314 - 321.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02418.x>

Direktiv 2008/98/EG. *avfallsdirektiv*
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj/swe>

Durmisevic, E., Beurskens, P. R., Adrosevic, R & Westerdijk, R. (2017). Systemic view on reuse potential of building elements, components and systems: comprehensive framework for assessing reuse potential of building elements, *HISER International Conference 2017*. Delft, Netherlands 21-23 June 2017, s. 275-280.

<https://research.utwente.nl/en/publications/systemic-view-on-reuse-potential-of-building-elements-components->

Edo, M., Bisailon, M., Engman, M., Jensen, C., Johansson, I., Sahlin, J. & Solis, M. (2019). *Reduktion av mängden brännbart bygg- och rivningsavfall*. RISE. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-42485>

Ekvall, T. & Malmheden, S. (2012). *Hållbar avfallshantering: Populärvetenskaplig sammanfattning av Naturvårdsverkets forskningsprogram*. IVL (Rapport 6523) <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1614181/FULLTEXT01.pdf>

Enkvist, P. & Klevnäs, P. (2018). *The Circular Economy - a Powerful Force for Climate Mitigation*. Material Economics. <https://shorturl.at/mA5IM>

Europeiska kommissionen (2019). *Vägledning om kaskadanvändning av biomassa med exempel på bästa praxis i fråga om träbiomassa*. Europeiska unionen. <https://data.europa.eu/doi/10.2873/389871>

Europaparlamentets och rådets direktiv om ändring av direktiv 2008/98/EG. (2018). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0851>

Gálvez-Martos, J-L., Styles, D., Schoenberger, H. & Zeschmar-Lahl, B. (2018). Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, conservation and recycling*, 136, s. 166–178. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.016>

Hagemann, N., Gawel, E., Purkus, A., Pannicke, N. & Hauck, J. (2016). Possible Futures towards a Wood-Based Bioeconomy: A Scenario Analysis for Germany. *Sustainability*, 8(1), Artikel 98. <https://doi.org/10.3390/su8010098>

Hobbs, G. & Adams, K. (2017). Reuse of building products and materials – barriers and opportunities, *HISER International Conference 2017*. Delft, The Netherlands 21-23 June 2017, s. 109-113. <http://resolver.tudelft.nl/uuid:d511af0d-2c03-4234-a6c2-ffb38ab0f232>

Hradil, P. (2014). *Barriers and opportunities of structural elements re-use*. VTT Technical Research Centre of Finland (Rapport VTT-R-01364-14). https://www.researchgate.net/publication/271849055_Barriers_and_opportunities_of_structural_elements_re-use

Höglmeier, K., Weber-Blaschke, G. & Richter, K. (2013). Potentials for cascading of recovered wood from building deconstruction—A case study for south-east Germany.

Resources, conservation and recycling, 78, s. 81–91.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.07.004>

Irle, M., Privat, F., Couret, L., Belloncle, C., Déroutbaix, G., Bonnin, E. & Cathala, B. (2019). Advanced recycling of post-consumer solid wood and MDF. *Wood material science & engineering*, 14(1), s. 19–23. <https://doi.org/10.1080/17480272.2018.1427144>

IVL Svenska Miljöinstitutet (2018) Analys av förutsättningarna att införa producentansvar för vissa byggprodukter, rapport U 5913.

Jahan, I., Zhang, G., Bhuiyan, M. & Navaratnam, S. (2022). Circular Economy of Construction and Demolition Wood Waste—A Theoretical Framework Approach. *Sustainability*, 14(17), Artikel 10478. <https://doi.org/10.3390/su141710478>

Jermer, J. (2024). *Avfall från tryckimpregnerat trä - fakta för cirkulär hantering*. Svenska Träskyddsinstitutet (Rapport 193).
<https://traskyddsinstitutet.se/ny-rapport-fakta-for-cirkular-hantering-av-tryckimpregnerat-tra/>

Johansson, H. (2018). *Slutrapport Återbyggmodellen*.
<https://ccbuid.se/media/y5in1lu4/slutrapport-%C3%A5terbyggmodellen-2018-05-31.pdf>

Johansson, P., Brander, L., Jansson, A., Karlsson, S., Landel, P. & Svennberg, K. (2017). *Kvalitet hos byggnadsmaterial i cirkulära flöden*. RISE (Rapport 2017:55). <https://urn-kb-se.ludwig.lub.lu.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-33195>

Johannesson, T., Valund, T. & Eliasson, L. (2023). *Uttag av grot som skogsbränsle*. Skogsmästarskolan & Sveriges lantbruksuniversitet (Rapport 2023:01).
<https://res.slu.se/id/publ/122214>

Kanters, J. (2018). Design for Deconstruction in the Design Process: State of the Art. *Buildings*, 8(11), Artikel 150.
<https://doi.org/10.3390/buildings8110150>

Kommittén för modernare byggregler (2018). *Resurseffektiv användning av byggmaterial*. (SOU 2018:51).
<https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2018/06/resurseffektiv-anvandning-av-byggmaterial/>

Liljander, S. (2021). *Avfallstrappan, Naturskyddsföreningen avfallstrappan Faktablad*.
<https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/avfallstrappan/> [2024-03-12]

Marques, A., Cunha, J., De Meyer, A. & Navare, K. (2020). Contribution Towards a Comprehensive Methodology for Wood-Based Biomass Material Flow Analysis in a Circular Economy Setting. *Forests*, 11(1), Artikel 106. <https://doi.org/10.3390/f11010106>

Merrild, H., Jensen, K. & Sommer, J. (2016). *Building a Circular Future*. Danish Environmental Protection Agency <https://adk.elsevierpure.com/en/publications/building-a-circular-future>

Miliute-Plepiene, J., Almasi, A., Hwargård, L. (2020). *Återanvändning av bygg och rivningsmaterial och produkter i kommuner*. IVL Svenska Miljöinstitutet (Rapport B2370).

<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ivl:diva-2806>

Miliute-Plepiene, J., Unsbo, H. & Sundqvist, J-O. (2022). *Klimatnyttan med materialåtervinning av byggavfall*. IVL Svenska Miljöinstitutet (Rapport C694). <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ivl:diva-3999>

Miljöbalk (1998:808). *Förordningar och föreskrifter för att främja en hållbar utveckling* https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808/#K15

Naturvårdsverket (u.åa). *Agenda 2030 och globala hållbarhetsmålen*. <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/agenda-2030-och-globala-hallbarhetsmalen/> [2024-03-12]

Naturvårdsverket (u.åb). *Avfallshierarkin visar stegen vi behöver ta*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avfall/pagaende-arbeten/avfallshierarkin-visar-stegen-vi-behoover-ta/> [2024-03-12]

Naturvårdsverket (2022a). *Statistikblad: Bygg- och rivningsavfall*. <https://www.naturvardsverket.se/49d418/globalassets/amnen/avfall/statistikblad-bygg-och-rivningsavfall.pdf>

Naturvårdsverket (2022b). *Avfall i Sverige 2020: uppkomst och behandling* (Rapport 7048). <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/publikationer/7000/978-91-620-7048-9/>

Naturvårdsverket (2023a). *En resurseffektiv cirkulär ekonomi är avgörande för att nå miljömålen*. <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/sveriges-miljomal/fordjupad-utvardering-av-sveriges-miljomal-2023/en-resurseffektiv-cirkular-ekonomi-ar-avgorande-for-att-na-miljomalen/> [2024-03-19]

Naturvårdsverket (2023b). *En resurseffektiv cirkulär ekonomi är avgörande för att nå miljömålen*.
<https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/sveriges-miljomal/fordjupad-utvardering-av-sveriges-miljomal-2023/en-resurseffektiv-cirkular-ekonomi-ar-avgorande-for-att-na-miljomalen/> [2024-04-05]

Naturvårdsverket (2024). *Livsmedelsavfall i Sverige*.
<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/avfall/avfall-mat/> [2024-03-14]

Olofsson, P. (2018). Hjul kan ersätta avfallstrappan. *Recycling*, 4 september.
https://www.recyclingnet.se/article/view/618510/hjul_kan_ersatta_avfallstrappan

Oorschot, L. & Asselbergs, T. (2021). New Housing Concepts: Modular, Circular, Biobased, Reproducible, and Affordable. *Sustainability*, 13(24), Artikel 13772.
<https://doi.org/10.3390/su132413772>

Patel, R. & Davidson, B. (2019). *Forskningsmetodikens grunder - Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. 5uppl., Studentlitteratur.

Rios, F., Chong, W. & Grau, D. (2015). Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities. *Procedia engineering*, 118, s. 1296–1304.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.485>

RISE (u.å). *Vad är ett bioraffinaderi?*. <https://www.ri.se/sv/berattelser/vad-ar-ett-bioraffinaderi> [2024-04-18]

Risse, M., Weber-Blaschke, G. & Richter, K. (2019). Eco-efficiency analysis of recycling recovered solid wood from construction into laminated timber products. *Science of the total environment*, 661, s. 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.117>

Rose, M. C. & Stegemann, A. J. (2018). From Waste Management to Component Management in the Construction Industry. *Sustainability*, 10(1), Artikel 229 <https://doi.org/10.3390/su10010229>

Ruiz, L., Ramon, X. & Doming, S. (2019). The circular economy in the construction and demolition waste sector - A review and an integrative model approach. *Journal of Cleaner Production*, 248, Artikel 119238. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119238>

Sandin, Y., Sandin, G., Cristescu, C., & Olsson, J. (2020). *Kunskapsläge kring byggnader med stomme av trä: teknik, hållbarhet och cirkulär materialanvändning*. RISE (Rapport 2020:47) <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-44980>

SirkTRE (u.å). *Establishing timber value cycles in Norway*.
<https://www.sirktre.no/en> [2024-04-09]

SirkTRE (2023). *SirkMAGAZINE midway evaluation*.
https://88bb00e7-2c2d-4d42-a49b-4d11175996b4.filesusr.com/ugd/61ae93_cbf5c464a41343b4832a91c80e99843e.pdf

Stigson, P. (2016). *Insatsvaror - En branschrappport : IVA-projektet Resurseffektiva affärsmoeller - stärkt konkurrenskraft*. IVA
<https://www.iva.se/contentassets/192aa27836ac46a5a6c99667e5952956/rask-branschrappport-insatsvaror-b.pdf>

Sveriges avfallsportal (2023). *Farligt avfall*.
<https://www.sopor.nu/sortera-och-aatervinn/farligt-avfall/> [2024-03-14]

Sveriges lantbruksuniversitet (2022). *Vad är livscykelanalys?*.
<https://www.slu.se/institutioner/energi-teknik/forskning/lca/vadar/> [2024-03-13]

Sveriges miljömål (2020). *Så fungerar arbetet med Sveriges miljömål*.
<https://sverigsmiljomal.se/sa-fungerar-arbetet-med-sveriges-miljomal/> [2024-03-12]

Sönne, M. (2020). *Biogas löser flera hållbarhetsmål*. <https://liu.se/nyhet/biogas-loser-flera-hallbarhetsmal> [2024-05-03]

Svenskt trä (u.åa). *Bygg klimatsmart*. <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/bygg-klimatsmart/> [2024-03-13]

Svenskt trä (u.åb). *Från råvara till material*. <https://www.svenskttra.se/trafakta/allmant-om-tra/fran-timmer-till-planka/> [2024-03-14]

Svenskt Trä (u.åc). *Skogsbruk*. <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/skogsbruk/> [2024-03-21]

The New Makers (2021). *Uuthuuskes*. <https://www.uuthuuske.nl/en/design/> [2024-04-15]

Van Ewijk, S. & Stegemann, J. A. (2016). Limitations of the waste hierarchy for achieving absolute reductions in material throughput, *Journal of Cleaner Production*, 132, s. 122-128.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.051>

van 't Hof, K. (2018). *The CIRCULARITY GAP report*.

<https://www.circularity-gap.world/2018#:~:text=Our%20world%20economy%20is%20only,circular%20state%20of%20the%20planet.>

Vinterbäck, J. (2023). *Ny statistik: Oförädlade trädbränslen 2022*.

<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/ny-statistik-oforadlade-tradbranslen-2022/> [2024-04-08]

Wang, R. & Haller, P. (2024). Enhancing wood efficiency through comprehensive wood flow analysis: Methodology and strategic insights. *Forest Ecosystems*, 11, Artikel 100179. <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100179>

World Bank (2023). *World Bank Annual Report 2023 : A New Era in Development* (Rapport 185130).

<http://documents.worldbank.org/curated/en/099092823161580577/BOSIB055c2cb6c006090a90150e512e6beb>

Östlund, E., Borseman, H., Hörngren, C., Brick, K., Ander, A., Stridsberg, E., Perzon, M., Högberg, A. & Ljungstedt, H. (2020). *SLUTRAPPORT/Cirkularitetsindex*. ETTTELVA Arkitekter.

<https://www.ettelva.se/app/uploads/2020/06/Slutrapport-CIX-projektet-2020-webb-1.pdf>

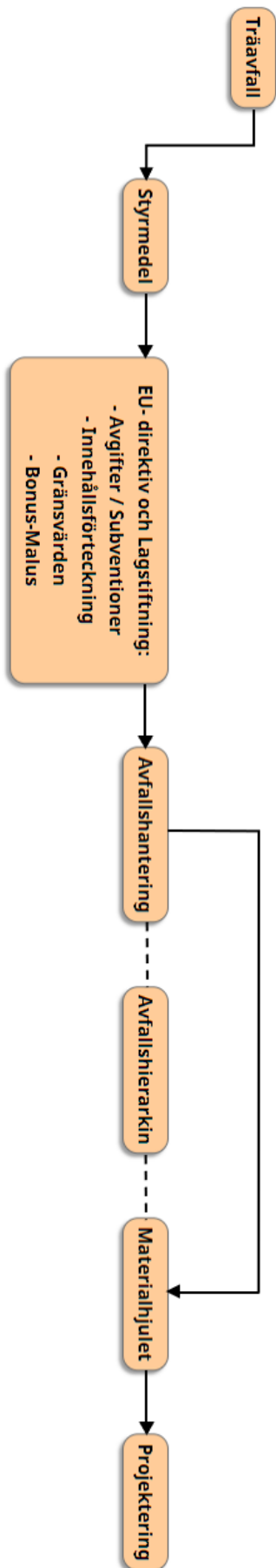
8 Bilagor

1. Gränsvärden för byggnader

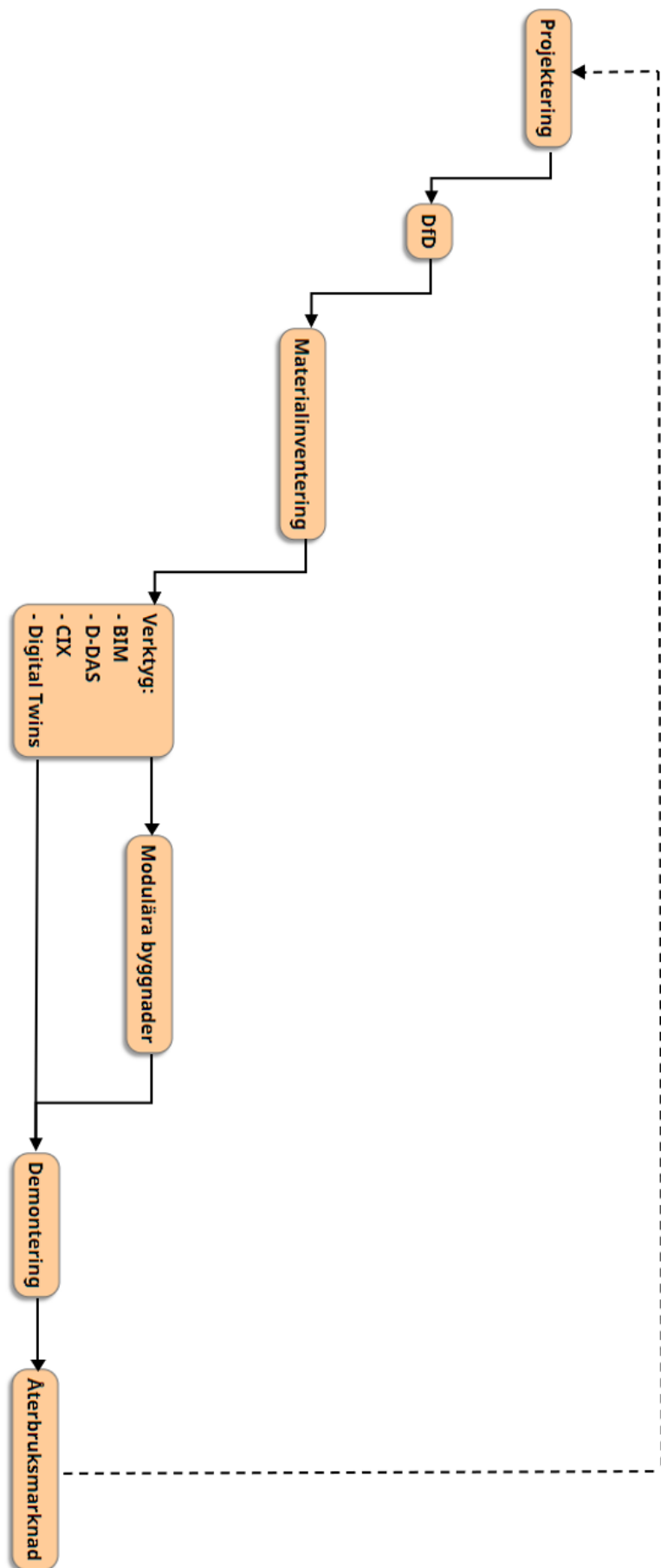
Gränsvärde för byggnaders klimatpåverkan och en utökad klimatdeklaration

<https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2023/gransvarde-klimatpaverkan/>

2. Fas 1



3. Fas 2



4. Fas 3

