

# Kartläggning av förbättringsmöjligheter gällande materialspill hos småhustillverkare

Mattis Sjösten  
Olivia Stålebrink



**LUNDS**  
UNIVERSITET



Copyright ©Mattis Sjösten, Olivia Stålebrink

Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola, Lund

ISRN LUTVDG/TVBP-23/5687-SE(156)  
Lunds Tekniska Högskola  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Byggproduktion  
Box 118  
SE-221 00 LUND

Lund University  
Lund 2023

# Summary

Prefabricated elements became an important component in housing construction industry during the housing shortage of the 20<sup>th</sup> century to achieve increased production rates. Industrial construction involves manufacturing in a controlled environment, which provides better control over the construction process. For the single-family house industry, construction with prefabricated elements currently constitutes the majority of the Swedish market. The closed factory environment creates potential for more optimized production, thereby minimizing generated waste material. Despite the advantages provided by the factory environment, fully usable material is often discarded because the handling costs quickly exceed the purchase price of new material. Working towards waste prevention is therefore an important measure to avoid cumbersome handling of waste products.

Today, 60% of nature's resources are being utilized, and the number is expected to increase with a growing population and standard of living. If resources are to be sufficient for the Earth's population, more efficient utilization is required with minimized waste. In Sweden, construction and demolition waste accounted for more than one-third of all waste in 2020, excluding mining waste, making it an important area for waste prevention efforts. The goal by 2025 is for 70% of all construction and demolition waste to be either reused, recycled, or used for other non-hazardous waste material utilization.

This study has been conducted as a qualitative case study at two single-family house manufacturers, where an inventory of material flows in the factory and an examination of waste quantities of timber have been carried out. The study has then been supplemented with interviews addressing work methods and factory conditions. Both factories generate timber waste, with poor control over the generated quantities. All waste timber that is not directly reused in the factory is currently sent for energy recovery, which, according to the waste hierarchy, is the level above landfill. To contextualize the study, a literature review has been conducted on the topics of Prefabrication and Element Manufacturing, Waste in the Construction Sector, and Climate Declaration.

The work has led to a comparison of the two actors' work methods regarding waste prevention measures, where Götenehus works more with *computer-controlled machines that can optimize cutting through a cutting file*. They also actively work on *optimization based on different lengths*, which takes more time but is done to minimize waste volumes. At Götenehus, *larger cutting orders* are processed in the machines, allowing for better optimization. What limits the extent of cutting for both actors are the effort to enable proper sorting of the timber pieces after cutting.

The timber waste generated in both factories is usually stored in a rack or next to the workstation to be used in future cutting, cut into nogging pieces, used as walkways to attic spaces, or used as components for protective devices during delivery of finished elements. The waste that is generated but not reused in the factory is sent away for energy recovery. Finding other alternatives for reuse or material recycling would have resulted in more resource-efficient utilization. If the factories themselves cannot reuse the waste material, possibilities for allowing someone else to do so should be considered. *Minimizing waste from processed materials* simplifies the handling of the materials and finding other purposes for them.

The work of single-family house manufacturers to prevent waste would have been facilitated if all houses had dimensions adapted to the lengths of timber held in stock. *Standardizing the work process would have generated minimal waste.* Adapting to customers' preferences complicates the effort to reduce waste, where less emphasis on optimization during design becomes an effect. Therefore, minimizing the occurrence of waste largely falls on the production staff. The larger volume of waste occurs during cutting since most components are delivered pre-cut for assembly. The waste mainly arises from the quality check for visible components such as panels, trims, reveals, and fascia boards, as well as from length optimization.

#### *Key words*

Industrial housing, prefabrication, Waste hierarchy, waste prevention, single-family house

# Sammanfattning

Prefabricerade planelement blev en viktig beståndsdel i bostadsbyggandet under 1900-talets bostadsbrist för att uppnå en ökad produktionstakt. Det industriella byggandet innebär tillverkning i en kontrollerad miljö, vilket ger en bättre kontroll över byggprocessen. För småhusindustrin utgör byggandet med prefabricerade planelement idag större delen av den svenska marknaden. Den slutna fabriksmiljön skapar potential för en mer optimerad produktion varav mängden materialspill som uppstår kan minimeras. Trots de fördelar fabriksmiljön genererar slängs fullt brukligt material på grund av att hanteringskostnaderna snabbt överstiger inköspriset på nytt material. Att arbeta avfallsförebyggande är därför en viktig åtgärd för att undvika omständlig hantering av spillprodukter.

Idag nyttjas 60% av naturens resurser och siffran väntas bli högre med en ökande befolkning och levnadsstandard. Om resurserna ska räcka till jordens befolkning krävs ett effektivare nyttjande där slöseri minimeras. Bygg- och rivningsavfallet i Sverige utgjorde under 2020 mer än en tredjedel av allt avfall, exklusive gruvavfall, och utgör därför en viktig post för avfallsförebyggande arbete. Till år 2025 är målet att 70% av allt byggnads- och rivningsavfall antingen ska återanvändas, materialåtervinnas eller användas till annat materialutnyttjande av icke-farligt avfall.

Studien har genomförts som en kvalitativ fallstudie hos två småhustillverkare där en kartläggning av materialflöden i fabrik och en undersökning av spillmängder av trävaror har utförts. Därefter har studien kompletterats med intervjuer som behandlat arbetssätt och fabriksförutsättningar. De båda fabriksmiljöerna genererar spill i form av trävaror där kontrollen över genererade mängder är dålig. Allt spill från virke som inte återanvänds direkt i fabriken går i dagsläget till energiåtervinning, vilket sett ur avfallshierarkin är nivån över deponi. För att sätta undersökningen i ett sammanhang har en litteraturstudie genomförts med ämnesområdena Prefabricering och planelementtillverkning, Avfall inom byggsektorn samt Klimatdeklaration.

Arbetet har lett fram till en jämförelse mellan de båda aktörernas arbetssätt kring spillförebyggande åtgärder där Götenehus arbetar mer med *datorstyrda maskiner* som via en kapfil kan optimera kapningen. De arbetar också mer aktivt med *optimering utifrån olika längder*, vilket tar längre tid, men görs för att minimera spillvolymen. Hos Götenehus sker *större kaporder* i maskinerna, vilket möjliggör en bättre optimering. Vad som begränsar kapningens omfattning hos de båda aktörerna är arbetet i att möjliggöra en god sortering av virkesbitarna efter kapningen.

Träspillet som uppstår i de båda fabrikerna sparas vanligen i ett ställ eller intill arbetsstationen för att användas i kommande kapning, kapas till kortlingar, landgångar till vindsutrymmen eller användas som komponenter till skyddsanordning vid leveranser av färdiga planelement. Det spill som genereras, men inte återanvänds på plats i fabriken, går till energiåtervinning. Att hitta andra alternativ för återanvändning eller materialåtervinning hade givit ett mer resurseffektivt nyttjande. Om fabrikerna inte själva kan återanvända spillmaterialet bör möjligheter att låta någon annan göra det ses över. Att *minimera spillet från behandlat material* förenklar omhändertagandet av materialet för att hitta andra syften.

Småhustillverkarnas arbete för att förebygga spill hade underlättats om samtliga hus hade en måttsättning anpassad till de virkeslängder som lagerhålls. *Att standardisera arbets sättet hade genererat minimalt med spill.* Att anpassa sig efter kundernas önskemål försvårar arbetet mot ett minskat spill där mindre krav på optimering vid projektering blir en effekt. Att minimera spillens uppkomst landar därför i högre grad hos produktionspersonalen. Den större volymen av spillet uppstår redan vid kapning eftersom de flesta komponenter levereras till montage färdigkapat. Spillet uppstår främst från kvalitetsurlägg av synliga komponenter såsom panel, foder, smyg och vindskivor samt från längdoptimering.

**Nyckelord:** industriellt byggande, prefabricering, avfallsförebyggande arbete, spillreducering, småhus

**Handledare:** Stefan Olander, Universitetslektor vid Avdelningen för Byggproduktion.

**Examinator:** Rikard Sundling, Biträdande universitetslektor vid Avdelningen för Byggproduktion.

# Förord

I denna rapport redovisas examensarbetet som genomförts i samband med avslutade studier på programmet Väg- och Vattenbyggnad vid Lunds Tekniska Högskola. Rapporten omfattar ett arbete på 30 av utbildningens totala 300 högskolepoäng. Arbetet har pågått under vårterminen 2023.

Denna studie har blivit genomförbar i samarbete med Eksjöhus AB, Götenehus AB och Industrial Development Center (IDC) West Sweden AB. Vi vill rikta ett stort tack till dessa aktörer för ett starkt förtroende samt engagemang och stöd genom arbetets gång för ett lyckat genomförande.

Vi vill även tacka vår handledare Stefan Olander och examinator Rikard Sundling för nyttiga kommentarer och återkoppling.

Lund den 8 juni 2023

Mattis Sjösten & Olivia Stålebrink



# Innehållsförteckning

|   |    |
|---|----|
| Inledning   | 1  |
| Bakgrund  | 1  |
| Syfte och mål   | 2  |
| Avgränsningar   | 3  |
| Metod   | 4  |
| Fallstudie  | 5  |
| Teori och litteraturgenomgång                             | 6  |
| Intervju  | 8  |
| Observation   | 10 |
| Validitet och reliabilitet                                | 11 |
| Analys  | 12 |
| Prefabricering och planelementtillverkning                | 14 |
| Lean Production   | 15 |
| Industrialisering av byggbranschen                        | 17 |
| Lean Construction   | 17 |
| Industrialisering jämfört med traditionellt byggande      | 19 |
| Prefabricerade småhus                                     | 21 |
| Svår etablering av prefabricerade småhus i Storbritannien | 22 |
| Leverans från sågverket                                   | 22 |
| Avfall inom byggsektorn                                   | 24 |
| Mål för hållbar avfallshantering                          | 25 |
| FN:s hållbarhetsmål                                       | 25 |
| Svenska miljömålssystem                                   | 25 |
| Cirkulär ekonomi och kretsloppsprincipen                  | 26 |
| Lagstiftning  | 28 |
| EU:s lagstiftning om avfallshantering                     | 28 |
| Miljöbalken   | 29 |
| Avfallsförordningen                                       | 29 |
| Styrmedel   | 29 |
| Avfallets klimatpåverkan                                  | 30 |
| Avfallshierarkins steg och dess påverkan                  | 30 |
| Avfallshantering  | 32 |

|  |     |
|--|-----|
| Avfallsförebyggande åtgärder                     | 33  |
| Byggnadens utformning                            | 34  |
| Logistik- och materialhanteringsprocessen        | 35  |
| Inköp  | 35  |
| Byggfel och skador på färdigbyggda delar         | 36  |
| Förutsättningar på företagsnivå                  | 36  |
| Beställare och entreprenör                       | 37  |
| Beställaren som privatperson                     | 38  |
| Klimatdeklaration                                | 39  |
| Bakgrund   | 39  |
| Arbetsätt  | 40  |
| Utveckling av klimatdeklarationen                | 41  |
| Egna initiativ och certifieringar                | 42  |
| Konsekvenser vid införande av skarpare krav 2027 | 43  |
| Resultat   | 44  |
| Generellt  | 44  |
| Produktionsprocess                               | 44  |
| Väggelement                                      | 45  |
| Takstol  | 51  |
| Delelement                                       | 53  |
| Vindskiva  | 55  |
| Gavelspets                                       | 56  |
| Måleriverkstad                                   | 56  |
| Spillmaterialets uppkomst och hantering          | 57  |
| Götenehus  | 62  |
| Eksjöhus   | 68  |
| Undersökning                                     | 78  |
| Götenehus  | 78  |
| Eksjöhus   | 86  |
| Summerande tabeller                              | 95  |
| Intervjuer                                       | 96  |
| Götenehus  | 96  |
| Eksjöhus   | 100 |
| Industrial Development Center (IDC)              | 104 |
| Analys   | 108 |
| Spillundersökning hos Götenehus och Eksjöhus     | 108 |
| Skivor   | 108 |
| Panel  | 109 |
| Vindskivor                                       | 110 |
| Foder och smyg                                   | 111 |
| Hammarband, syll och regler                      | 111 |
| Spikläkt   | 112 |

|   |     |
|---|-----|
| Delelement  | 113 |
| Väggmontage                                       | 114 |
| Snedsågning                                       | 116 |
| Takstol   | 117 |
| Produktionen i helhet                             | 118 |
| Kvalitetsurlägg                                   | 118 |
| Optimering av material och produktion             | 118 |
| Köpemönster och kundanpassning                    | 119 |
| Materialspill och avfallsförebyggande arbete      | 120 |
| Informationsutbyte                                | 121 |
| Storlek på maskinpark och lokaler                 | 122 |
| Eget sågverk eller extern leverantör?             | 123 |
| Dagens prisbild på trävaror                       | 123 |
| Slutsats  | 125 |
| Fortsatta undersökningsområden                    | 126 |
| Referenser  | 127 |
| Bilaga A – Intervjuguide I1                       | 132 |
| Bilaga B – Intervjuguide I2                       | 134 |
| Bilaga C – Intervjuguide I3                       | 136 |
| Bilaga D – Intervjuguide I4                       | 137 |
| Bilaga E – Intervjuguide I5                       | 138 |
| Bilaga F – Intervjuguide I6                       | 140 |
| Bilaga G – Intervjuguide I7                       | 142 |
| Bilaga H – Formulär till spillundersökning virke  | 143 |
| Bilaga I – Formulär till spillundersökning skivor | 144 |



# Inledning

## Bakgrund

Det bästa spillet är det som uteblir, men att undgå spill helt är väldigt osannolikt. Vad som däremot är möjligt är att det förekommer i minimala mängder och att det omhändertas på ett bra sätt. Under 90-talet infördes miljömål i Sverige med koppling till att avfallsmängder inte ska öka. Sedan dess har sortering av byggavfall förbättrats, dock finns det en tydlig positiv korrelation mellan avfallsmängd och BNP som behöver brytas. (Fredriksson et al. 2012). Med styrmedel och vidare reglering kan byggsektorn bli mer hållbar, cirkulär och korrelationen dirigeras om.

Samhället utvecklas ständigt varvid nya byggnader behöver upprättas för att motsvara den efterfrågan på både bostäder och lokaler som finns. Därför kommer resurser och material att brukas. För att på bästa möjliga sätt förhålla sig till avfall har EU tagit fram lagstiftning och handlingar för hur medlemsstaterna ska arbeta kring avfallshantering (EUR-Lex 2022). Till exempel har *avfallshierarkin* införts som stöd i hur resursförbrukningen ska minskas i strävan mot en cirkulär ekonomi.

Idag är material billigt i förhållande till arbetskraft (Rose & Stegemann 2018). Därför har fokus snarare legat på att optimera produktionen utifrån att bli tids- och resurseffektiv snarare än att förbruka lite material. Dock börjar intresset för att undersöka materialspill öka. Detta grundar bland annat i införandet av klimatdeklarationen varvid en byggnads klimatavtryck skall redovisas vid uppförande. Klimatdeklarationen innefattar redovisning av råvaror, tillverkning av byggprodukter, arbete på byggarbetsplatsen, transporter, byggmaterial i klimatskärmen, bärande konstruktionsdelar och innerväggar (Boverket 2022). År 2020 kom Boverket (2020b), på uppdrag av regeringen, med förslag på färdplan för utveckling av klimatdeklarationen varvid maximalt utsläpp av växthusgaser för uppförandet av nya byggnader bör införas 2027, vilket sätter ytterligare press på branschen att påbörja en miljövänlig omställning redan idag.

Med materialspill menas det material som uteblir vid byggnation, normalt i form av avfall. Denna mängd motsvarar generellt 4–12% av byggprojektets totala kostnad där transport, inköp av material och bearbetning utgör väsentliga poster (Backman & Junkers 2012). Att kartlägga produktionsprocessen och dess aktiviteter ger upphov till möjliga förbättringsområden att effektivisera genom att kolla var, hur och när spillet uppstår. Med en optimerad produktion minskar klimatavtrycket från transporter och uteblivet material.

Vid planelementtillverkning av byggnadselement finns goda förutsättningar för att både mäta och följa upp hur spillmaterialhanteringen sker idag och kan utvecklas, eftersom det sker under kontrollerade förhållanden i en sluten industrimiljö.

Enligt Svenskt Trä (2023d) byggs runt 90 procent av alla småhus i Sverige med en träregelstomme. Byggnader i trä är förutom i Skandinavien vanligt förekommande i Nordamerika, Australien och delar av Asien (Svenskt Trä 2023e). ”*Framtiden växer på träd*” skriver Svenskt Trä (2023a). Trä som byggnadsmaterial är använt världen över och kommer i framtiden utgöra en viktig del i klimatomställningen för byggsektorn om att bli mer hållbar.

Global uppvärmning i kombination med hårdare miljökrav har forcerat byggbranschen till att utveckla nya smartare metoder. Sedan införandet av de globala hållbarhetsmålen med större fokus på byggnaders klimatavtryck under stadie A1-A5 har synen på inbyggt koldioxid växt (Boverket 2021b). Inbyggt material är ett av de områden som anses spela en viktig roll i att minska det globala klimatavtrycket jämfört med koldioxid som biprodukt vid förbränning av fossila bränslen skriver Santana-Sosa & Fadai (2015). Genom effektivt nyttjande av material med lågt klimatavtryck kan koldioxidutsläppen reduceras med upp till 30%.

Jämfört med betong är trä förnybart, mindre koldioxidintensivt och kan lagra kol under en lång tid. Dess styrka i förhållande till vikt-andel är även bättre vilket gör det till ett attraktivt material när det kommer till transport och arbetbarhet (Santana-Sosa & Fadai 2015). Dock löper trämaterial en risk för *fuktbetingade rörelser* där träets volym förändras i enighet med fuktkvoten i en icke reversibel transformation. Ju tunnare material desto större risk för att materialet vrider sig. Det är därav viktigt att materialets fuktkvot motsvarar den miljö det byggs in i och att den inte förändras innan montage för att minimera kassering av material (Svenskt Trä 2023b). Att undersöka hur trä tas vara på och vad som händer med överblivet material är en början på det idag avfallsförebyggande arbetet. I undersökningen jämförs småhustillverkarna Eksjöhus och Götenehus vilka producerar prefabricerade småhus i trä.

## Syfte och forskningsfrågor

Det övergripande målet för arbetet är att utföra en kartläggning av spillmängder, hitta orsaker till spilllets uppkomst och se över möjligheter för att minska kasseringsmängden av fullt funktionsdugligt material vid planelementtillverkning hos småhustillverkare.

Arbetet genomförs genom att besvara följande forskningsfrågor:

- Hur skiljer sig det avfallsförebyggande arbetet mellan aktörerna?
- Hur ser materialflödena ut i respektive fabrik med avseende på överblivet trämaterial?
- Vilken eller vilka faktorer spelar in på spillmaterialets uppkomst?

## Avgränsningar

Undersökningen omfattar kartläggning av spillmaterial på fabrik. Byggarbetsplats och sågverk utesluts. Aktörerna har även olika relation till både sågverk och byggskede: Eksjöhus har ett sågverk inom samma koncern men utför i normala fall ingen entreprenad, Götenehus köper virke från extern leverantör och upphandlar normalt totalentreprenad i projekten.

Förutom småhus producerar Götenehus även fritidshus och flerbostadshus. Fokus i denna rapport ligger på att undersöka småhusproduktionen eftersom dessa processer har liknande förutsättningar vad gäller utformning, produktionsprocess och restbitar.

Produktionsprocessen undersöks inte ur ett ekonomiskt perspektiv.

Arbetet är avgränsat till att enbart kolla på spillmaterialhantering av träprodukter som uppstår vid kapning och tillverkning av takstolar och ytterväggselement.

Beroende på produktionsupplägg har vissa moment, speciellt för väggelement, som ej är direkt jämförbara aktörerna sinsemellan uteslutits. Det kan även handla om vad som producerats de dagar undersökningen genomförts. Detta gäller exempelvis installationsskikt, snedsågning av skivor hos Götenehus samt montage av gavelspets hos Eksjöhus.

I rapporten finns inga representanter från beställarens sida. Denna avgränsning är gjord i enighet med att förstå de tillverkande aktörernas roll i byggprocessen. Tillverkarna arbetar med kunden i fokus. I analysavsnittet har detta tagits i beaktande vilket gett en inverkan på resultatet.

Vid industriellt byggande lyfts endast Lean Production fram som förbättringsverktyg. Anledningen till detta är eftersom det är en vanlig metod vid förbättring av industrialiserade processer.

# Metod

Att förstå spillens uppkomst kräver en förståelse för processen i sin helhet och samtliga variabler som ingår. För att få svar på de frågeställningar som ställts och därmed uppnå målet med studien har en kombination av litteratur- och fallstudie genomförts.

Arbetet påbörjades med att undersöka relevant teori och befintlig forskning (Davidson & Patel 1994, Davidson & Patel 2011). Detta för att skapa möjligheter till att bidra i forskningen och undvika att genomföra studier som redan gjorts inom området (Merriam 1988).

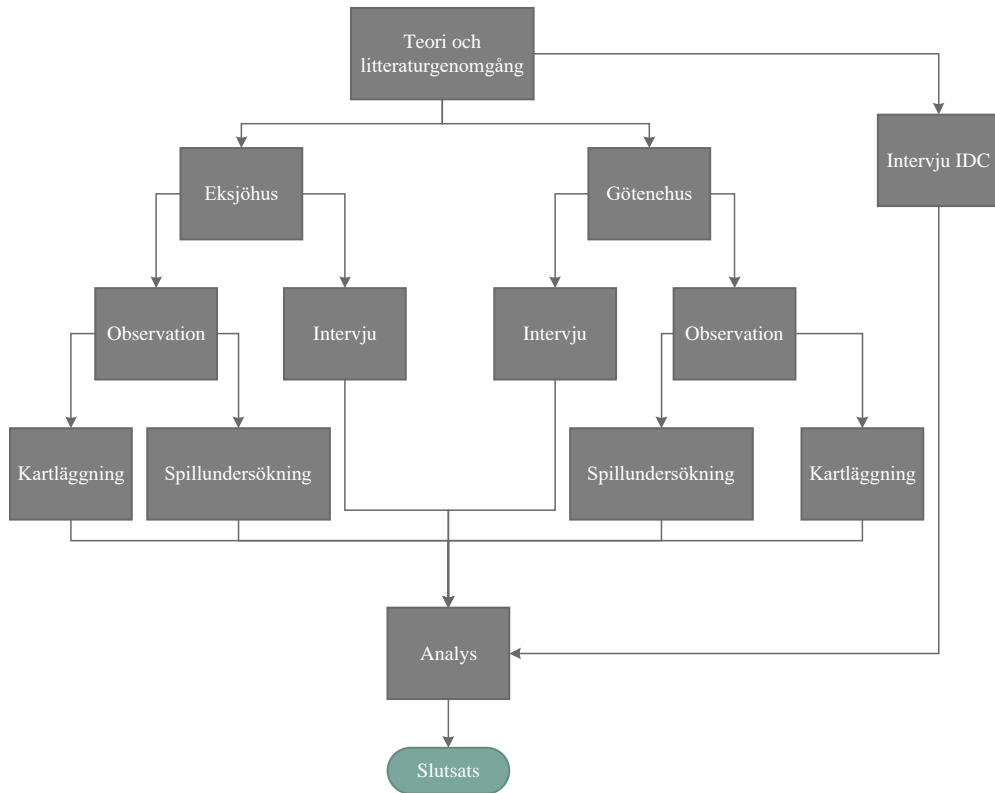
Fallstudien genomfördes i fabrikslokaler tillhörande Eksjöhus AB och Götenehus AB där deras tillverkningsprocess av planelement till småhus undersöktes. Företagen är båda väl etablerade historiskt och ledande inom småhustillverkning. Med liknande arbetssätt möjliggjordes en jämförelse mellan dem.

Valet mellan en kvalitativt och kvantitativt inriktad fallstudie beror på vilken tyngdpunkt som studien har. En kvalitativt inriktad fallstudie undersöker processer och söker svar på en hypotes, medan en kvantitativt inriktad fallstudie undersöker resultat och utvärderar en hypotes. Att i fallstudien studera både kvalitativa och kvantitativa resonemang ger en större bredd i studien. Den kvalitativa delen bidrog till en förståelse för skillnader mellan fabrikerna samt hur och var materialspill uppkom. Informationen kompletterades därefter med kvantitativa data för att fastställa andelen spill som uppstod i processen. Intervjuer och observationer användes för att samla in data till den kvalitativa delen, medan statistik användes till den kvantitativa delen.

Studien har formats allt eftersom arbetet framskridit. Omfattningen började med en stor bredd av teorier, forskning och bakgrund för att därefter smalna av och bli mer inriktad och avgränsad med en högre anpassning till de problemställningar som lett arbetet framåt. Att börja brett ger enligt Merriam (1988) en bredare förståelse för problematikens betydelse.

Den forskningsdesign som ligger till grund för genomförandet presenteras i Figur 1.





Figur 1 - Forskningsdesign

## Fallstudie

Begreppet fallstudie, *"case study"*, har ingen vedertagen begreppsförklaring men kan användas synonymt med fältarbete eller deltagande observation och användas för att undersöka en del i ett större förlopp. Att genomföra en fallstudie innebär att systematiskt studera en företeelse för att lösa ett problem. Det kan även förklaras som att studera ett avgränsat system på djupet skriver Merriam (1988). Enligt Davidson & Patel (2011) definieras fallstudie som en metod där en mindre avgränsad grupp undersöks, i vårt fall en situation, för att studera tillverkningsprocessen av planelement och takstolar.

Fallstudien utfördes som en deskriptiv, även kallad icke-experimentell, forskning där beskrivning och förklaring söktes framför en faktisk styrning av processens variabler. Enligt Merriam (1988) kan då målet ses som att studera skeenden eller företeelser och inte att kontrollera styrningen av dessa.

Ovan nämndes att arbetet utfördes som en kombination av kvalitativ och kvantitativ forskning där intervjuer och observationer utgör den kvalitativa större delen av studien medan sammanställning av statistik utgör den kvantitativa delen. Den kvalitativa forskningen är explorativ och utforskar processen snarare än målet, slutresultatet eller produkten. Kvalitativ metod är ett angreppssätt där forskaren själv befinner sig i den verklighet som undersöks. Här tas beteende och handlingar i åtanke för att få ett helhetsperspektiv av det som undersöks skriver Merriam (1988).

Vanligtvis används intervjuer och observationer för datainsamling. Som verktyg i den kvalitativa undersökningen är forskaren själv viktig för att kunna filtrera, bearbeta, värdera och sammanställa information redan i ett tidigt skede, vilket kan vara ovärderligt för undersökningen. En kritik mot forskaren som instrument är bristen i att vara människa där misstag kan ske, möjligheter gås miste om eller risken att resultaten färgas av egna värderingar förklarar Merriam (1988). Den kvantitativa forskningen är mer av experimentell stil med precisa och detaljerade resultat som erhålls från "icke-levande" instrument, genom till exempel datorbearbetning (ibid.).

I fallstudien har intervjuer kombinerats med observationer för att få en bred förståelse för processen i sin helhet. Dokumentationen har hjälpt för att bygga upp en bakgrund och grundlig förståelse för det aktuella fallet och dess betydelse i ett större sammanhang.

Blomkvist & Hallin (2014) konstaterar att vid en fallstudie ska en tillräcklig mängd information samlas in för den del som studeras för att sedan kunna användas i den studerade delen för att beskriva, utforska eller förklara fenomenet som studien ämnat sig åt. Genom kartläggning av materialflödet hos respektive aktör för att se dess skillnader och likheter ges förutsättningar till företagen att själva utveckla dagens arbete kring spillmaterialhantering.

Att avgränsa studien och göra ett urval i vad som ska studeras är ett måste eftersom det är omöjligt att studera allt, intervju alla och samla in allt potentiellt material. Urvalet kan göras både innan och efter datainsamlingen (Merriam 1988), för det här arbetet bestämdes i förväg att trävarorna skulle undersökas närmare.

## **Teori och litteraturgenomgång**

En viktig del av forskningsprocessen utgörs av teori och litteraturgenomgång. Arbetet kan börja så snart studiens ämne, metod och datakälla tagit form (Yin 2013). Tidigare forskning och teorier är en viktig utgångspunkt för att fortsatt forskning ska bli relevant inom ämnesområdet och inte bli en upprepning av tidigare studier (Merriam 1988). Genom att i ett tidigt stadie hitta lämplig forskning kan bidra till en ökad förståelse, bättre formuleringar, upplägg samt rimliga avgränsningar för det fortsatta arbetet.

Kritik kopplat till litteraturgenomgång avser främst forskarens tendens till ett önskat filter inför ämnet. Särskilt inom nya studier som anses unika, med ett bidrag av medvetenhet och att finna kunskapsluckor inom ämnet utgör litteraturgenomgången trots allt en viktig del i forskningen skriver Yin (2013).

Den litteraturgenomgång som genomförts för det här arbetet påbörjades med att en tankekarta ställdes upp med första tankar kring rimliga avgränsningar av arbetet. I kartan listades områden med koppling till materialspill och planelementtillverkning som grund för studien. Vidare påbörjades en litteratursökning kring övergripande områden som listats. För att därefter bättre kunna avgränsa omfattningen i litteraturgenomgången gjordes två studiebesök på en dag i respektive fabrik för att bättre få grepp om vilka ämnen som fortsättningsvis var av större vikt inför vidare litteratursökning.

Sökningen genomfördes både med material från internet såsom rapporter och vetenskapliga artiklar samt med hjälp av böcker. Davidson & Patel (2011) menar att böcker främst utgörs av sammanställningar av teorier och modeller i helhet, men dessa tar lång tid att publicera och kan därmed behöva kompletteras med mer aktuell forskning såsom artiklar och rapporter. Att använda internet som en sökmotor kan bidra till att en enorm mängd information samlas in på kort tid genom att ange lämpliga sökord skriver Yin (2013). Genom att förstå källan kan eventuell subjektivitet eller vinkling av källans innehåll blottläggas. Hjälpande sökord som används under litteraturgenomgången presenteras i Tabell 1.

Tabell 1 – Sökord för litteraturstudie

| Kartläggning/<br>småhusbyggande             | Förebygga avfall   | Planelement-<br>tillverkning   | Effektivisering  |
|---|--|--|--|
| Överblick, utredning, enbostadshus, housing | Avfallshierarkin, globala hållbarhetsmålen, bygg- och rivningsavfall, miljöpåverkan, material handling, waste, waste hierarchy, svenska miljömål, cirkulär ekonomi, avfallshantering, avfallsförebyggande åtgärder | Prefabrication, fabriksstillverkning, industriellt byggande, pre-assembly, lean production, materialflöden, logistics, standardization, off-site manufacture, panelised construction, construction | Förbättringspotential, minska kostnader, minska resurser |

När det kommer till dokumentation är det viktigt att vara källkritisk. Här handlar det om att ta reda på när och var dokumentet uppkommit, varför det finns och till vilket syfte menar Davidson & Patel (2011). En handling behöver vara objektiv fastställd av en sakkunnig för att få hög trovärdighet.

Huvudsakligen är material från internet hämtade via svenska och internationella myndigheter samt genom *DiVA* (Digitala Vetenskapliga Arkivet), och *LUBsearch* (Lunds Universitets digitala portal till bibliotekens samlade resurser), för att få både nationella så väl som internationella perspektiv.

## Intervju

Underlaget kompletteras med intervjuer för att beskriva hur medarbetare på företagen uppfattar och beter sig i en viss situation. En intervju består vanligtvis av en intervjuare och en respondent och kan likställas med ett samtal fast med ett bestämt syfte. Intervju är en vanlig datainsamlingsmetod för att samla in kvalitativ information av sådant som inte direkt går att observera skriver Merriam (1988).

Beroende på struktureringsgrad och standardisering ges intervjupersonen olika möjlighet att spinna vidare på frågan. Intervjuer med låg struktureringsgrad där respondenten får utrymme att svara med egna ord är vanligt i en kvalitativ undersökning (Davidson & Patel 2011). Under observationen användes låg grad av standardisering för att i stunden ställa lämpliga frågor till produktionspersonalen gällande förtydligande av moment och materialhantering. Detta eftersom det kan vara svårt att ställa upp konkreta frågor i förväg beroende på hur observationen tolkas. När det vid ett senare tillfälle genomfördes intervjuer med produktions- och flödeschef användes högre grad av standardisering för att kunna jämföra och generalisera svaren. Högre grad av standardiserade intervjuer ger även bättre reliabilitet, medan de ostrukturerade intervjuerna medför en risk för forskaren att förvirra sig i att försöka sortera all osammanhängande information och därmed aldrig uppnå insikt och förståelsen som intervjuens resultat egentligen bidrar till (Merriam 1988). Intervjuerna med produktions- och flödeschef har inte varit helt strukturerade eftersom detta inte lämnar mycket utrymme till intervjupersonen att svara inom menar Davidson & Patel (2011).

En god kontakt mellan intervjuare och respondent kan underlätta intervjun. Att bidra till en tillitsfull stämning, ställa rätt frågor samt vara en god lyssnare är viktiga egenskaper hos intervjuaren för att få ut så mycket som möjligt av intervjun. En intervju har stora möjligheter att ta fram vad någon vet men det krävs att intervjuaren är objektiv och rättvis för att återge vad som faktiskt framkommit under samtalet (Merriam 1988). Eftersom intervju är en andrahandsredogörelse och inte en direkt erfarenhet är det också viktigt att få fram sanningsenlig information för att bygga vidare studien på insamlade data.

Valet av respondenter gjordes utifrån vem som ansågs mest lämplig inom respektive område och vad för typ av information respondenterna kunde bidra med. Vid observationerna i produktionen kunde en bild fås av det dagliga arbetet och en förståelse för utförandet vid respektive moment, produktionskultur och beteenden. För att ta del av mer övergripande information kring taktisk planering, vad produktionspersonalen har för utbildningar och vilka parametrar som går att påverka utsågs produktions- och flödeschefer ut som respondenter. Genom att intervjua kunniga individer inom området undviks risken att ledas in på felaktiga informationsspår (Merriam 1988).

Att spela in intervjun genom ljudbandsinspelning är den vanligaste metoden att registrera informationen som erhålls. Metoden tillåter analys på allt som sagts och kan hjälpa intervjuaren att förbättra sina intervjuande färdigheter (Merriam 1988). Om respondenten inte medger inspelning finns andra metoder att tillgå såsom att ta anteckningar under intervjun, men det medför en viss risk i att gå miste om information eftersom det är omöjligt att hinna skriva upp allt som sägs.

Att kombinera ljudbandsinspelning med antecknar är värt att nämna eftersom det kan bidra till ett långsammare tempo under intervjun samt hjälpa intervjuaren i ett senare skede för vidare analys (ibid.).

Att återge en inspelad intervju med en transkription är tidskrävande och kostsamt men är den bästa grunden för en analys. Ett alternativ kan vara att skriva en loggbok. I undersökningen spelades samtliga intervjuer in via ljudbandsinspelning för att i efterhand analyseras. På det här sättet kunde fullt fokus erhållas och intervjun genomföras effektivt.

Inför utfrågning skickades ett dokument ut med syftet intervjun avsåg. På det här sättet gavs möjlighet till att be om förtydligande samt att intervjupersonen kunde förbereda sig inför samtalet och effektivisera intervjun. Urvalet av personer att intervjua gjordes tillsammans med företagsrepresentant. På respektive företag intervjuades tre personer med olika roller för att få en bra bredd från strategisk till taktisk och operativ nivå. För att diskutera hur framtidens hantering av restmaterial från trä kan komma att se ut har även en industriutvecklare intervjuats. Samtliga frågor som ställts till respektive person presenteras i bilaga A–G.

De respondenter som intervjuats presenteras i Tabell 2.

**Tabell 2 - Respondenter för respektive intervju**

| Namn och kod | Roll                                   | Beskrivning   | Längd på intervju [min] |
|--------------|--|---|-------------------------|
| 11           | Produktionsledare, Götenehus           | Ansvarar för måleri och kapenheter. Arbetar även med förbättrings- och utvecklingsarbete kopplat till produktionen.               | 35                      |
| 12           | Produktionschef, Götenehus             | Övergripande ansvar för produktionen, ritavdelning och beredning. Ser till att rätt material levereras i rätt tid till rätt pris. | 20                      |
| 13           | Teknik- och hållbarhetschef, Götenehus | Övergripande ansvar för byggsystemet, hållbarhetsfrågor kopplat till långsiktiga mål samt eftermarknad och entreprenad.           | 32                      |
| 14           | Teknisk chef, Eksjöhus                 | Fokus på forskning och utveckling. Sammankallande inom koncernens hållbarhetsråd.   | 44                      |
| 15           | Produktionschef, Eksjöhus              | Övergripande ansvar för husfabriken i Eksjö och Sävsjö.   | 20                      |
| 16           | Fabrikschef, Eksjöhus                  | Ansvarar för det dagliga arbetet ute i fabriken i Eksjö.  | 25                      |
| 17           | Industriutvecklare, IDC                | Driver projekt mellan tillverkningsindustri och forskning.  | 55                      |

## Observation

Att genomföra en observation bidrar till att bygga upp en förståelse för dagslägets arbetsprocesser på fabrikerna. Enligt Blomkvist & Hallin (2014) går observation som metod ut på att under en tid observera och dokumentera vad som händer systematiskt, exempelvis på ett företag. Observationerna kan ha olika struktureringsgrad och deltagandegrad. Struktureringsgraden behandlar hur pass övergripande eller djupt olika områden som observeras. Forskarens deltagandegrad kan beskrivas i skalan mellan icke-deltagande eller deltagande (ibid.).

Att observera olika företeelser i fält brukar kallas för deltagande observation och innebär att forskaren är känd för deltagarna (Merriam 1988), vilket beskriver hur den här studien genomförts. Enligt Ejvegård (2009) bidrar en sådan observation till en djupare förståelse för det som studeras. Till skillnad från intervju så är observation en direkt erfarenhet som inte filterats av någon annan person, vilket möjliggör för forskaren själv att se vad intervjuerna eventuellt inte avslöjar (Yin 2013, Merriam 1988). Observationen är planerad och registreras systematiskt.

I studien hos fabrikerna är det främst handlingar, händelser samt den fysiska omgivningen som är föremål för observationen. Även om fler parametrar spelar in är det en omöjlighet att observera allt och därför kräver omfattningen en avgränsning.

Observationen påbörjas när forskaren stiger in i observationsmiljön och avslutar när den lämnas. Under datainsamlingstiden bör observatören agera passiv och omärkbar. Det är också viktigt att få deltagarna att känna sig bekväma. Till att börja med kan korta observationer vara att föredra för att inte bli överväldigad. Enligt Merriam (1988) behöver deltagarna till en början inte ha en allt för stor inblick i tekniska detaljer som undersökningen syftar till. Att agera som observatör är ett krävande arbete där en hög koncentration är ett måste för att få godtyckliga resultat.

En bra struktur på anteckningarna och att lägga så mycket information som möjligt på minnet är en bra inställning eftersom det underlättar för senare renskrivning av fältanteckningarna. En avbild av miljön, rörelsemönster och huvudlinjer för observationen kan bidra till ett bättre minne (Merriam 1988).

Den kritik som observationer mottagit genom åren omfattar forskarens filter i genomförandet där egna åsikter påverkar uppfattning, registrering och tolkning av informationen (Merriam 1988). Enligt Davidson & Patel (2011) ska observationerna förbli objektiva till dess att studien nått slutet av sammanställningen där tolkning av resultatet görs. Att inte förbise deltagarnas och miljöns inverkan kan leda till en förvrängd bild av verkligheten. Däremot är observation som angreppssätt en bra metod för att kunna ta in och behandla stora mängder osorterad information menar Merriam (1988).

Ytterligare kritik mot metoden är forskarens deltagande i observationen som kan påverka eller förändra den observerade situationen, vilket kan ge felaktig input till datainsamlingen. Exempelvis genom att moment blir felaktiga eller att produktionsproblem uppstår. Att ha kontroll över sådana effekter är en utmaning i genomförandet av observationen.

Men risken att stora förändringar ska ske i observationerna är dock av mindre sannolikhet eftersom deras dagliga arbete är något som utförts på rutin under längre tid (Merriam 1988).

Observationerna som utförts på respektive fabrik genomfördes i tre omgångar. Den första observationen var av ostrukturerad karaktär för att få en första bild av respektive aktörs fabrik i ett tidigt skede. Detta besök låg sedan till grund för hur kommande, mer omfattande observationer skulle genomföras. Under nästa observation genomfördes en kartläggning av träets förädlingsprocess där stegen från såg till färdigt planelement dokumenterats. Slutligen gjordes en mer ingående observation där utstickande moment, med koppling till materialspill under tillverkningsprocessen, beaktades.

Den sista observationen med fokus på materialspill genomfördes under tre arbetsdagar per fabrik där såg, takstols- och ytterväggstillverkning undersöktes. Det hölls först en genomgång med produktionsledare där kommande dagars arbete diskuterades. Där fastställdes en plan för mätningens genomförande och vilka stationer som ansågs representativa för mätningen bestämdes. Undersökningen påbörjades sedan genom att hålla en introduktion vid respektive station där operatör fick möjlighet att ställa frågor kring genomförandet samt att en blankett för enkel anteckning av plockat, sparat och slängt material delades ut, se bilaga H–I. Beroende på fabrikernas olika förutsättningar och möjligheter sammanställdes mätdata på olika sätt. I några fall vägdes spillet, i andra mättes det längdmässigt och i vissa fall jämfördes plockat material mot kapnota.

Efter genomförda observationer sammanställdes inhämtade data. Delar som ansågs oklara eller krävde ytterligare förtydligande uppdaterades i efterhand via telefonsamtal eller vid nästkommande besök.

För att på ett begripligt sätt förstå innebörden av resultatet ställdes några initiala frågor upp vilka efter genomförd studie kunde besvaras:

- Hur ser layout och flöden ut i fabriken?
- På vilka stationer behandlas trä?
- Hur tillförs trä och vilka maskiner eller verktyg används?
- Hur uppkommer spill av trä och var samlas avfallet?
- Vilka förutsättningar finns för ett spillförebyggande arbete?
- Hur tas spillet omhand i ett senare skede?

## **Validitet och reliabilitet**

För att få ett representativt resultat är arbetets trovärdighet av stor betydelse. Validitet står för i vilken utsträckning en undersökning mäter det som är avsett att mäta. Merriam (1988) skriver att det kan delas upp i inre validitet som säger hur väl resultaten stämmer överens med verkligheten och yttre validitet vilket beskriver den utsträckning som undersökningen kan tillämpas även i andra fall.

Faktorer som påverkar validiteten är hur information presenteras samt i vilken mån resultat påverkats av en observation eller mätning. Viktigt är också att resultaten *försöker* beskriva verkligheten men att de inte *är* verkligheten förklarar Merriam (1988). Det är forskarens erfarenheter som får tolka och bedöma validiteten av det som betraktats. Resultaten från den kvalitativa forskningen kommer att återge perspektiv av verkligheten, men inte verkligheten i sig, där validiteten i stort är av högre grad.

För att säkerställa den inre validiteten finns flera metoder skriver Merriam (1988). Den kontroll som deltagaren kan bidra med i form av att säkerställa att sammanställd information verkar sanningsenligt samt att observationerna sker under en längre tid där situationen kan undersökas flera gånger är metoder som nyttjats i denna undersökning.

Den yttre validiteten beskriver generaliserbarheten studien ger inför framtida undersökningar, och för att kunna göra generaliseringar krävs ett säkerställande av den inre validiteten. Den kvalitativa fallstudien är inriktad mot ett fördjupande specifikt problem där den yttre validiteten vanligtvis är av mindre betydelse (Merriam 1988).

Enligt Davidson & Patel (1994) kan även validiteten mätas genom att jämföra utfallet från en metod med en annan som är avsedd att mäta samma sak. I undersökningen kunde observationerna jämföras med svar från intervjuer och litteraturstudien.

Reliabilitet för undersökningen innebär möjligheten att upprepa ett försök och fortfarande uppnå samma resultat. Som begrepp har reliabilitet historiskt sett varit svårhanterbart eftersom människans beteende är föränderligt över tid. Om den inre validiteten förbättras kommer också en ökad reliabilitet att fås, detta genom att exempelvis fler upprepade observationer ger mer tillförlitliga svar och därmed samma slutsatser (Merriam 1988).

Metodvalet löper alltid en risk för felkällor. För undersökningen kan det handla om att exkluderat material blandas med det som är avsett för mätningen, operatör har antecknat fel antal plockade bräddor eller haft extra varsamhet för spillproduktion under undersökningen. Som observatör kunde inte kontroll över samtliga mätstationer säkerställas eftersom undersökningen pågick under en begränsad tid med parallella mätningar. Att enbart kontrollera enstaka kapningar säkerställer inte representativa resultat, detta är något som försökt beaktas vid studiens tidsbegränsade genomförande.

## **Analys**

Samtidigt som datainsamlingen görs, i form av intervjuer och observationer, sker en analys. Analysen är vad som bidrar med nya frågor och iakttagelser för fortsatt arbete i den konstant utvecklande kvalitativa studien. Perioden av datainsamlingen innebär däremot inte att analysen är klar, utan snarare att den går in i en mer intensiv del menar Merriam (1988). Det ständiga analysarbetet genom studiens olika skeenden genomförs för att hålla ihop arbetets struktur för att slutligen få en tydligare slutprodukt i undersökningen.



Utan kontinuerlig bearbetning av information riskeras slutprodukten att bli spretig, inte bidra med något nytt eller bli allt för omfattande och tidskrävande för att behandla (ibid.). Arbetet med analys har ingen mall utan är en iterativ process där slutprodukten förhoppningsvis utmynnar i en teori eller slutsatser (Yin 2013).

En analys av kvalitativa data består vanligtvis av fem olika faser. Inledningsvis sker en sammanställning av data till en databas eller journal där anteckningar från fältarbetet eller annan data från observationer ordnas (Yin 2013). I den här studien utgörs det av utskrift från intervjuer, fältanteckningar, kapnotor samt reflekterande minnesanteckningar. Därefter bryts lämpligen informationen ner i mindre delar för att kunna sorteras ytterligare, så kallad demontering. Nästa steg, remontering, handlar om att se mönster och kopplingar vilket är något mer beroende av forskarens förståelse snarare än att vara ett mekaniskt arbetssätt. Demontering och remontering utgör en iterativ process som kan ske flera gånger för att hitta nya samband. Därefter sker en sammanställning av data där tolkningar som gjorts framkommer. Insamling och analys bör ha sitt slutskede då datainsamlingen är mättad inom det avgränsade området för att möjliggöra tidsrum för slutförande av studien (Merriam 1988). Slutligen ska slutsatser från hela studien kopplas samman genom den slutgiltiga tolkningen av resultaten (Yin 2013).

För att kunna genomföra en bra analys och undvika att överväldigas av att bearbeta en stor mängd osorterade data i ett sent skede är det enligt Yin (2013) viktigt att tänka på att se till att de data som inhämtats under processens gång är korrekta, att analysen inte tar genvägar utan att den är så genomgripande och fullständig som möjligt samt att kritiskt granska att egna värderingar inte vinklar insamlad data. Ständiga jämförelser av de kvalitativa insamlade data kan bidra till ännu en försiktighetsåtgärd (ibid.). Att avgränsa undersökningen kan underlätta vidare analys genom att plocka bort det som är diffust och irrelevant och i stället samla mer information om ett ämnesområde. Avgränsningen kan öka effektiviteten i den fortsatta analysen (Merriam 1988). Andra råd att ta hänsyn till kan vara att tydliggöra undersökningens omfattning, utveckla analytiska frågor som bidrar till undersökningens syfte och låta datainsamlingsprocessen i intervju och observation vidareutvecklas allt eftersom arbetet tar form.

Genom att föra anteckningar under datainsamlingen engageras forskaren och reflektionsbenägenheten ökar. Merriam (1988) benämner även att minneslistor beträffande kunskaper och insikter kan vara hjälpsamt. Att vara något insatt i ämnet före fältarbete eller att sätta sig in i det mer under fältarbetets genomförande kan också bidra till ökad reflektion och kritiskt tänkande. Detta är något som tagits hänsyn till, varför den första observationen sågs mer som en introduktion till ämnet snarare än genomförande av själva studien.

Analysarbetet är något som sker under stora delar av studien, vilket kan innebära veckor eller månader, där osammanhängande erfarenheter från arbetets olika faser kan länkas samman slumpartat allt eftersom arbetet fortgår (Yin 2013). Resultatet från analysen beror till stor del på forskarens kunskaper att kunna finna samband och inte enbart arbeta rutinmässigt. Det är inte förens vid sammanställning av samtlig information och mätdata som resultatet kan tolkas och slutsatser dras (ibid.).

# Prefabricering och planelementtillverkning

Efter andra världskriget och framåt rådde en bostadsbrist i Sverige. Svensk industri började expandera vartefter det ekonomiska välståndet växte. Detta ledde även till bättre levnadsstandard hos den svenska befolkningen och ett mer konsumerande samhälle (Allmännyttan 2023). Allt eftersom näringslivet utvidgades ökade behovet av arbetskraft vilket resulterade i en omfattande arbetskraftsinvandring från Europa. Med en ökande befolkning gick efterfrågan på bostäder snabbt upp till att bli en politisk fråga vartefter ett statligt bostadslån med hög belåningsgrad till låg ränta främjade ökat bostadsbyggande (ibid.).

På 50-talet började den tidigare hantverksbaserade industrin influeras av byggkranar och mer rationella tekniker för att bli effektivare. Begreppet systemtänk blev en central beståndsdel varvid samordning, standardisering och prefabricerade byggnadsdelar fick stor betydelse skriver Crowley (1998). När sedan miljonprogrammet, där 1 000 000 bostäder skulle byggas på 10 år pågick, blev den tekniska utvecklingen av byggbranschen intensiv eftersom hög efterfrågan på bostäder och arbetskraft pressade upp löner. Boverket (2008) skriver att lösningen stod för en mer automatiserad och industriell metod för vilket obildad personal kunde nyttjas. En viktig del i detta var att komponenter producerades i fabrik för att sedan snabbt och smidigt monteras på plats. Dessa komponenter bestod av allt från stommar och bjälklag till installationsmoduler samt fasadsystem (Statens råd för byggnadsforskning 1969). Utfallet resulterade i en effektivare byggprocess vilket idag utvecklats till att även innefatta tekniska, organisatoriska samt informations- och materialflöden (Boverket 2008).

Syftet med prefabricering är att minimera tiden på byggarbetsplats samtidigt som en mer stimulerad byggprocess med hög produktivitet och lite spill sker. Ju mer kontroll som går att få över produktionsprocessen desto bättre potential till högre kvalitet, repeterbarhet och lägre produktionskostnader skriver Bailey (2015). För medarbetarna blir det en säkrare arbetsplats oberoende av väderförhållanden samt en kortare produktions- och byggtid (Homes and Communities Agency 2008). Arbetsförhållandena är bättre och ställer inga krav på fysisk förmåga hos medarbetarna eftersom tillgången på hjälpmedel är stor. En ökad grad av prefabricering har även visat medföra en mer miljövänlig produktion, mindre byggavfall och i slutändan en tätare byggnad (Berge 2009, Lancashire & Twist 2008, Alistair et al. 2008). Med avstämning mot byggtreprenör och intern mätning av återkommande processer finns förutsättningar för en lyckad byggprocess.

Det finns olika grad av förtillverkade element. Det system med minst inverkan av prefabricering är lösvirke, här levereras samtligt material till arbetsplatsen i fallande längder varvid det bearbetas och till slut monteras (Ivansson & Johnsson 1970). Vid öppen elementtillverkning sammanställs väggar, takstolar och yttertaksluckor på fabrik för att sedan på plats kompletteras med fönster, dörrar, isolering, beklädnadsskivor och installationer (Lancashire & Twist 2008). Vid mer avancerad förtillverkning med slutna element, vilken är vanligast förekommande metod i Skandinavien, monteras i stället fönster, isolering, beklädnadsskivor och installationer redan på fabrik vilket effektiviserar arbetet för montörerna på byggarbetsplatsen ytterligare (ibid.). Det är viktigt att byggnadsdelarna är så färdigställda som möjligt när de anländer till arbetsplatsen för ett effektivt genomförande.

## Lean Production

Vid industrialiseringens genomslag i början av 1900-talet drömde Henry Ford om att tillverka en bil alla skulle ha råd med. Detta förverkligade han genom principen *löpande bandet* varvid produktionsprocessen, som tidigare skett på individnivå för respektive fordon, nu sågs som ett linjeflöde genom fasta monteringsstationer (Ahrén & Bühlmann 2015). Ford insåg att det gick fortare att förflytta själva produkten än personalen som monterade ihop den. Genom utveckling av maskiner och arbetsmoment möjliggjordes massproducering av bildelar för effektiv montering vilket resulterade i hög produktionskapacitet till en låg produktionskostnad. Massproduktionens framväxt var avgörande för kostnadseffektiv tillverkning, jämfört med hantverkarsamhället blev nu kvaliteten jämnare där färre personer kunde tillverka mer.

Insyn och kunskap över hela förädlingsprocessen försvann eftersom det inte längre var nödvändigt på individnivå innan det gick vidare till nästa arbetsstation (Hansson et al. 2015). Att växa som företag och rekrytera nya medarbetare blev enkelt eftersom det vid start inte krävde mycket förståelse för systemet i stort. Det integrerande produktionsflödet hade skapats vilket lade grunden för fortsatt utveckling av tillverkningsindustrin (ibid.).

Löpande bandets princip byggde på en liten produktvariation. Allt eftersom världen började ställa krav på valmöjligheter behövde systemet utvecklas. Det bristande systemtänket där respektive avdelning utgick från den individuella effektiviteten för att få hög ”output” per enhet arbetsinsats och kapital skapade obalans. Ayres (1991) förklarar även att löpande bandets stora fokus på maximal genomströmning tenderade till att småfel började accepteras genom flödet, vilket resulterade i höga kostnader för omarbetning samt inspektion och kontroller längre ner i produktionen.

Allt eftersom bilindustrin etablerade sig världen över öppnades ögonen för den japanska succén där optimering på komponentnivå ansågs kontraproduktivt för systemet i stort skriver Crowley (1998).

Efter andra världskriget utvecklades *Toyota Production System* (TPS) vilket genom anpassad kapacitet på maskiner möjliggjorde omställning till olika produkter samtidigt som låg tillverkningskostnad erhöles. Liker (2004) skriver att filosofin inte bara handlar om en fysisk omställning av lokalerna utan också en attityd av stolthet över sitt arbete och ständigt vilja hitta förbättringar. Några andra viktiga grundpelare är lagarbete, kommunikation, effektivt användande av resurser samt eliminera slöseri. Det hela resulterar i en förändrad företagskultur i ett bredare perspektiv för verksamheten.

Ansvar för produktionen blev decentraliserat och fördelades i stället ut på multifunktionella team varvid rollen som arbetsledare blev mindre viktig. De multifunktionella teamen ansvarade själva för hantering av material, beställningar och planering vilket resulterade i färre stödfunktioner i företaget (Boverket 2008). Detta byggde även på en stödjande ledning där medarbetare fick möjlighet till utbildning och utveckling för att bättre klara av att förbättra processer.

Baserat på TPS har ledningssystemet Lean Production utvecklats vars syfte är att minimera slöseri genom att eliminera ej värdeskapande aktiviteter (Olhager 2013). Men det handlar också om att använda resurser på ett effektivt sätt. Med resurser avses samtligt material, tid, pengar, personal och maskiner som krävs för att framställa en produkt.

En process kan aldrig bli helt perfekt. Ett stort begrepp inom Lean Production är att arbeta med ständiga förbättringar, känt som *Kaizen*. Det finns alltid möjlighet till förbättring och syftet med detta synsätt att genomsyra hela verksamheten för att processer succesivt ska förbättras (Toyota 2023). Crowley (1998) skriver att Lean Production blev så funktionell eftersom det bara krävde hälften av vad löpande bandet gjorde: hälften av personalinsatsen, hälften av verktygsinvesteringarna, hälften av tillverkningsutrymmet och hälften av ingenjörens timmar för att utveckla samma produkt betydligt snabbare.

Andra viktiga begrepp inom Lean Production är de 7 +1 slöserier som skall minimeras, se Tabell 3.

Tabell 3 - 7+1 slöserier (Gopinath & Freiheit 2012)

| Slöseri              | Omfattning  |
|----------------------|---|
| Omarbete             | Vid produktion av felaktiga produkter behöver dessa omarbetas för att bli funktionsdugliga och därav behålla värde.                         |
| Överproduktion       | Att producera utan order resulterar i inestående kapital som lagerhållning, transport och resurs.   |
| Väntan               | Med stillastående produkter ökar kostnader och risk för försenade processer.  |
| Transporter          | Att flytta material långa sträckor är ineffektiv transporter.   |
| Rörelse              | All rörelse en medarbetare behöver utföra för att hämta material eller verktyg ses som ett slöseri som ska minimeras.                       |
| Lager                | Lagerhållningen ska endast motsvara kundens efterfrågan, all övrig hållning är onödig.  |
| Överarbete           | Överarbete sker vid fel i processer eller med dåliga metoder. När resultatet får ett högre värde än det kunden efterfrågat uppstår slöseri. |
| Onyttjad kreativitet | Att inte lyssna på medarbetare ökar ökar risken för att verksamheten går miste om färdigheter, idéer och förbättringar.                     |

Lean Production har visat sig vara applicerbar för fler typer av verksamheter och används idag i många olika branscher världen över skriver Jones & Womack (1996). Systemet ska vara dragande där ett kundbehov initierar samtliga processer, ingen vara eller tjänst ska påbörjas förens en efterfrågan längre ner i försörjningskedjan finns.

## Industrialisering av byggbranschen

### Lean Construction

Byggbranschen är känd för att ha stora inslag av ej värdeskapande aktiviteter och låg produktivitet (Crowley 1998). Med influenser från Lean Production har *Lean Construction* uppmärksammats som ett modernt sätt att förbättra byggindustrin. Målet ligger i att möta kundernas behov bättre och samtidigt använda färre resurser (Hansson et al. 2015). För att mildra inslaget av osäkerheter i byggprocessen är stabilisering av produktionsmiljö, reducering av variation i flödet samt en ökning av pålitlighet i planeringsfasen väsentliga delområden.

Ett sätt att undvika oförutsedda händelser från yttre påverkan är att tillverka komponenter i fabrik. Med målsättning att minska arbetskraftsbehovet samtidigt som en ökad kvalitet på enskilda komponenter fås har industrialiseringen av byggbranschen blivit ett strategiskt utvecklingsområde varvid många aktörer ser nya metoder och affärsmöjligheter för ett effektivare byggande (Boverket 2008).

Vid industriellt byggande förtillverkas byggelement i en sluten fabriksmiljö vilka sedan monteras på en specifik geografisk plats. Detta menar Hansson et al. (2015) är en betydande skillnad gentemot tillverkningsindustrin eftersom slutprodukten då i princip levereras färdigmonterad. Skillnader i omfattning och processer gör det svårt att jämföra dem sinsemellan. En tidig definition på industriellt byggande står för en byggmetod med inslag av serietillverkad elementtillverkning och storskalig produktion av likartade byggnader. Det innehåller många återkommande moment och sker i fabriker under kontrollerade förhållanden där produktionslinjer skräddarsys efter respektive element (ibid.).

Det finns två strategier för hur Lean Construction kan appliceras. Den ena är *produktstrategin* vilket innebär att förflytta tillverkningen bort från byggarbetsplatsen till en kontrollerad miljö. Det andra är *processstrategi* där fokus i stället ligger på att utveckla arbetsplatsen till att bli effektivare och rationell genom smidiga metoder och verktyg (Bertelsen 2004). Mer konkret kan dessa strategier delas in i industrialiserat och industriellt byggande. Med hjälp av Apleberger et al. (2007) definieras de två begreppen som:

**Industrialiserat byggande:** Här drivs byggprocessen enligt industriella principer. Byggandet sker främst på plats men med inverkan av prefabricerade komponenter. Det är stort fokus på logistik och metod för att rationalisera själva arbetet.

**Industriellt byggande:** Står för en tillverkningsprocess som sker i sluten industrimiljö med syfte att på ett systematiskt sätt effektivisera framtagningen av plan- eller volymelement. Med stort fokus på produktens utformning underlättas arbetet på byggarbetsplatsen.

Dessa metoder kan kombineras och handlar i grund och botten om systematisering och standardisering. Kunskapsåterföring och att ständigt arbeta med förbättringar underlättar återkommande besvär i byggprocessen och ger kunden den efterfrågade produkten på bästa sätt.

Byggsektorn består av en stor projektvariation vilket har försvårat implementeringen av Lean Production i branschen (Höök & Stehn 2008). Detta förklarar även varför det inte finns någon klar definition av begreppet Lean Construction, men det är baserat på principerna och filosofin Lean Production (Boverket 2008).

Exempel på applicerbara koncept från Lean Production i byggbranschen:

**Just-in-time (JIT):** Handlar om att rätt saker ska levereras vid rätt tidpunkt. Olika produkter kräver varierande grad av JIT men målet är att producera en produkt i taget i exakt rätt tid (Boverket 2008). Flexibiliteten ett lager medför när det kommer till hantering av osäkerhet, försening samt fördelen av lägre transportkostnader vid köp av större kvantiteter värderas ofta högt. JIT är en produktionsfilosofi om att fortlöpande reducera och slutligen eliminera all form av misshushållning för att öka förädlingsprocessens värde från råmaterial till färdig produkt (ibid.)

**Total quality management (TQM):** Detta koncept fokuserar på att se över organisationens ledning och kvalitet för hela verksamheten. På det viset kartläggs samtliga processer och spill kan reduceras skriver (Hansson et al. 2015). Det säkrar en hög standard av styrningen och förebyggande åtgärder vilket reducerar risken för omarbete. Genom att implementera TQM fås ett bättre helhetsperspektiv över hela organisationens processer.

**Supply chain management (SCM):** SCM är ett väl beprövat arbetssätt som nått stora framgångar inom tillverkningsindustrin. Det ger ett processbaserat perspektiv där ledning och integrering av viktiga affärsprocesser sker över hela försörjningskedjan (Lessing et al. 2005). Det kan även ses som stimuleringen av kundkrav, interna processer och leverantörsprestanda. När arbetet flyttar från arbetsplats till fabrik ökar efterfrågan på flödesledning och logistik. Inom byggbranschen kan detta appliceras på fabrik med krav på inköpsstrategi, materialhantering och transporter. Men också på byggarbetsplats där fokus i stället ligger på slutmontering, leveranser (JIT) och samordning av olika moment. Genom att implementera SCM i verksamheten kan en bättre flödesekonomi erhållas vilket främjar en lyckad byggprocess.

## **Industrialisering jämfört med traditionellt byggande**

Hansson et al. (2015) skriver att problem kopplat till byggandet är allt från kostnads- och tidsöverskridande till förhöjd resursförbrukning samt kvalitetsfel. I en rapport från Waste Resource and Action Programme (2008) uppskattas materialspillet potentiellt kunna reduceras med 20–40%, beroende på grad av prefabricering, genom att gå från traditionellt byggande till fabriksstillverkade element.

Det finns inget koncept som löser samtliga problem eftersom byggprocessen ser olika ut beroende på fall, men beställarens förhållningssätt till metod spelar en viktig roll.

Med stort fokus på låg investeringskostnad ges favör för mer traditionella byggmetoder, även större projekt av mer unik karaktär präglas av låg prefabricering. För rationellt byggande ses ofta en ökad grad av industrialisering som lösning för många problem, exempelvis kan småhusbyggandet i princip förläggas till 100 procent i fabrik (Hansson et al. 2015).

Traditionellt byggande utgörs av kundanpassade verk i en projektorienterad styckesproduktion. Utrustningen är enkel och flexibel vilket ger stora möjligheter i byggnadens utformning menar Hansson et al. (2015). Metoden är hantverksmässig vilket ställer krav på duktiga yrkesutövare och eftersom standardisering saknas är det en väldigt begränsad inkörningseffekt. Slutligen betalar kunden för den tjänst som utövas varvid ett hus, från ritning, blir till verklighet. Vid industriellt byggande betalar kunden i stället för en produkt, byggnadskroppen, som kräver vidare upphandling för att monteras på plats. Byggelementen är framtagna genom en process- och kostnadseffektiv produktion med maximal inkörningseffekt samt standardisering. Här begränsas kunden vanligtvis av standardelementens potential till att bli mindre flexibel. Kunden behöver därav vara mer anpassningsbar till leverantörens metoder. Industriellt byggande behöver påvisa tydlig nytta för att beställaren ska prioritera ett sådant val framför mer traditionellt byggande.

Graden av industrialisering är svår att definiera, men utifrån följande faktorer tydliggörs förutsättningarna (Hansson et al. 2015):

- Mekaniska verktyg
- Datoriserade styrsystem och verktyg
- Löpande tillverkningsprocess
- Standardisering
- Rationalisering
- Modultänkande
- Prefabricering
- Massproduktion

Vidare behövs ekonomiska drivkrafter samt behov av en förbättrad arbetsmiljö, kvalitetssäkring, miljöledning och bättre anpassning efter brukarnas krav. Resultatet av ökad industrialiseringsgrad grundar i effektivisering av processer vilka väntas ge sänkta produktionskostnader till en hög standard och kortare byggtid på byggarbetsplatsen (Hansson et al. 2015).



## Prefabricerade småhus

1930 ställdes det första helt fabriksstillverkade huset ut på Stockholmsutställningen vilket satte starten för utvecklingen av monteringsfärdiga hus runt om i Sverige. På 40-talet etablerade HSB Egenhemsavdelningen för självbyggeri där Borohus tillverkade och levererade ytterväggselement och kompletterande byggnadsmaterial skriver Engfors (1987). Parallellt med att flerbostadshusen utvecklades genomgick småhusmarknaden stor produktionsutveckling. Hela 2/3 av småhusproduktionen bestod sedan tidigt av fabriksstillverkade element där kompletta hus levererades till byggarbetsplatsen för montering. Tekniker och metoder togs till vara och utgör idag en stor del av småhusmarknaden. Bergström & Stehn (2005) menar även att småhusaktörerna ofta kontrollerar en stor del av byggprocessen från projektering till tillverkning och montering ute på arbetsplats vilket haft en inverkan på dess utvecklingspotential jämfört med flerbostadshusens framsteg efter miljonprogrammet.

Den främsta produktionsstrategin för prefabricerade småhustillverkare är ”make to order” (Boverket 2008). Ett välutvecklat system som karakteriseras av att till viss grad kunna anpassas efter kundens önskemål. Strategin påverkas av vilken typ av projekt som ska genomföras men också val av tekniska system och kundens inflytande under projekteringen. Materialflödet initieras av att kunden lägger en order.

Planelementtillverkning av småhus har jämförts med flerbostadshus mer standardiserade lösningar vilket bättre kan jämföras med tillverkningsindustri. Men produktivitetens utvecklingen är betydligt lägre inom bostadsbyggande jämfört med tillverkningsindustrin (Boverket 2008). Industrialiseringen bygger på att unika slutprodukter bildas med ingående komponenters olika grad av standardisering. Tillverkningsindustrier jobbar ständigt med att öka standardiseringsgraden. En av många fördelar med standardisering är relationen mellan enhetskostnad och tillverkade enheter skriver Gibb (2000). Enhetspriset sjunker markant allt eftersom tillverkningen repeteras där en högre initial fast kostnad blir dividerad på mängden tillverkade enheter.

I gränssnittet mellan traditionellt och industrialiserat byggande menar dock Gibb (2000) att det finns en ständig konflikt mellan standardisering och flexibilitet. Konflikten resulterar ofta i att design eller utformning påverkas vilket för slutkunden kan spela en viktig roll. Ett hushåll som väljer att köpa ett prefabricerat hus möter stora begränsningar i dess utformning, ju större frihet desto mer likt traditionellt byggande. Med hög grad av industrialisering ökar andel standardprodukter och standardlösningar, vilket begränsar kundens möjligheter i att fritt välja utformning (Hansson et al. 2015).

Här går hustillverkaren in och medvetet begränsar frihetsgraden för att förutsätta en rationell produktion och minska arbetsinsatsen vid montering på byggarbetsplats, vilket också kopplas till priset leverantören kan lämna på huset eftersom det är direkt kopplat till produktionssystemet.

Beim et al. (2005) menar att för att uppnå ett välutvecklat industriellt byggande krävs ett systemtänk där olika delområden samverkar. Standardisering fungerar som bäst med god utbytbart och kompatibilitet för att åstadkomma variationsbegränsning. Därför är gränssnittet mellan respektive delområde i produktionen viktigare än produkterna själva när det kommer till prefabricerade småhus (ibid.).

## **Svår etablering av prefabricerade småhus i Storbritannien**

Prefabricerade småhus har inte expanderat på samma sätt över hela världen. I Storbritannien har metoden haft incitament till att införas flera gånger utan lyckat utfall skriver Bailey (2015).

Första världskriget resulterade i en bostadskris med stor brist på rutinerade hantverkare och byggnadsmaterial. Detta drev på tidigare byggmetoder till att utvecklas för storskaligt byggande. Tegel och murbruk var alldeles för krävande och tog för lång tid att bygga varvid ett system med trä- och stålstomme samt förtillverkad betong infördes. Dock var husen ofta dåligt konstruerade med bristfällig mediaförsörjning vilket ledde till att det aldrig fick ett storskaligt genombrott efter vare sig första eller andra världskriget.

Idag ser marknaden annorlunda ut där standardisering och byggmetod influerats av länder som Sverige och Tyskland vilket gett prefabricerade hus en uppkomst (Davies 2005). Arkitekturen har blivit mer tilltalande med större flexibilitet på utformning. Möjlighet till massproduktion har även drivit ner priserna för bostäder. Men metoden har en bit kvar för ett storskaligt genombrott i ett land där traditionella principer och ett tydligt konservativt tänk står emot innovation menar Barker & Naim (2008). Detta är även något Hansson et al. (2015) förklarar finns generellt kopplat till industriellt byggande där bristande erfarenhet i kombination med ingående aktörers specialintressen enkelt tar över. Rationalitet och standardisering tappar fokus varvid nackdelarna med industriellt byggande blir överdrivna. I Australien utförs exempelvis bara 3–5% av alla nybyggda hus med prefabricerade element (Navaratnam et al. 2022, Gunawardena et al. 2019).

## **Leverans från sågverket**

Sågverken förser småhustillverkarna med trämaterial till samtliga ingående komponenter. De drivs och är konkurrenskraftiga genom en produktionsorienterad produktion som blir lönsam genom stordrift menar Sjölund (2019).

Som aktör jobbar sågverken mycket med att serva kunder med material. Det finns flera faktorer som tillsammans utgör grunden för värdet på god leveransservice. Som kund är inte bara leveranstid utan leveransstabilitet ett viktigt begrepp eftersom det kan säkerställa leveranstidens variation mellan olika order (Mattsson 2003).

Med för stor variation mellan leveranser blir det svårt för beställaren att dels veta när nytt material behöver beställas, dels säkerställa att inte onödigt material beställs vilket ger upphov till en kapitalbindning. Det är därför viktigt att information från leverantör och kommunikation mellan de två parterna är god för att fastställande och garanterad leveranstidpunkt följs (ibid.).

Leveransen kan antingen vara standard varvid material kommer oavsett nuvarande beläggnings- eller materialsituation, en konsekvent metod båda parter kan anpassa verksamheten efter. Men nackdelen är den större säkerhetsmarginal som krävs från leverantör för att hålla utlovad tid menar Mattsson (2002). Det andra sättet är flexibla leveranser från leverans till leverans. Ett bra alternativ för beställaren med sämre förmåga att lagra material men till ett betydligt högre pris (ibid.).

Ett viktigt element för småhustillverkarna är leveranssäkerhet, att rätt kvantitet till rätt kvalitet levereras (Jonsson & Mattsson 2011). Detta fenomen kan uttryckas som en procentsats mellan antalet order utan anmärkning dividerat med totala antalet order. En låg leveranssäkerhet ger upphov till reklamation och extraleveranser, men också att material kasseras när de nått produktion om det inte upptäcks i tid (ibid.). Ju längre in i produktionen ett material kommer desto högre värde har det. En sen kassering värderas betydligt högre än om det sorterats ut redan vid ankomst till fabriken. Detta eftersom ju längre in i värdekedjan materialet kommer desto mer har det förädlats och bekostat företaget skriver Eriksson & Krstic (2019).

I en studie där leveransservice från sågverk till bygghandel utreds har ett flertal byggvaruhandlare intervjuats rörande deras relation och förväntningar på sågverket de beställer material ifrån. Samtliga handlare påpekar att hög leveranssäkerhet är av central betydelse, men att ingen genomför någon mätning på att det uppfylls skriver Sjölund (2019). Detta kan ge upphov till problem i byggprocesser där sprickor och kvistar tvingas sorteras ut i ett sent skede.

Lumsden (2012) nämner även precision, säkerhet och flexibilitet som de grundläggande elementen för att kunna utvärdera leveransservice. Hög leveransservice ökar kundvärdet, men det medför också kostnader för beställarens organisation. Det är därför viktigt att veta vad som förväntas av leverantören för att kunna erbjuda bäst service skriver Sjölund (2019).

Att hitta balansen mellan en dyrare mer säker leverans kontra billig och oviss leverans är svårt. Det gäller att kunna mäta kostnaderna för ökad kundservice mot de intäkter de förväntas ge upphov till menar Storhagen (2003). Det är enkelt att mäta kostnader för olika servicenivåer men betydligt svårare att mäta den intäkt det väntas ge upphov till. En kartläggning utifrån beställarens önskemål handlar mer om att få koll på vilka serviceelement som anses viktiga för att sedan ställa dem gentemot kostnaderna de ger upphov till än att försöka definiera intäktsförändringar uttryckt i kronor (ibid.). Att jämföra med konkurrerande leverantörer är också ett sätt att uppskatta servicenivå. Men här handlar det mer om produktens kvalitet och pris. En dyrare vara håller oftast en högre kvalitet och med det kommer även förväntningar på stabilare leveransservice till exempel.

# Avfall inom byggsektorn

På 1990-talet infördes ett miljömål om att avfallsmängderna inte ska fortsätta öka. Trots det har avfallsmängderna följt den ekonomiska utvecklingens tillväxt (Fredriksson et al. 2012). Idag finns ett stort tryck där 60% av världens resurser utnyttjas och trycket förväntas bli ännu större med en ökande befolkning och levnadsstandard (Naturvårdsverket 2020). Bygg- och fastighetssektorn står idag för 21% av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser, där nybyggnad utgör drygt en femtedel skriver Boverket (2023).

Enligt miljöbalkens (SFS 2022:1799) 15 kap. 1 § definieras avfall som det ämne eller föremål som innehavaren gör sig av med eller är skyldig att göra sig av med. Avfallet upphör att vara avfall efter att ha genomgått ett återvinningsförfarande om:

- Ämnet eller föremålet ska användas för ett visst ändamål,
- Om det finns en marknad eller efterfrågan på sådana ämnen eller föremål,
- Ämnet eller föremålet uppfyller tillämpliga krav i lag och annan författning, och
- Användningen av ämnet eller föremålet inte leder till allmänt negativa följder för människors hälsa eller miljö (Miljöbalken, SFS 2022:1799, 15 kap. 9 a §)

Avfallens mängd vid nyproduktion är enligt Fredriksson et al. (2012) svår att uppskatta men varierar normalt mellan cirka 25–30 kg avfall per kvadratmeter. Vilka material som dominerar beror på stomme samt byggnadstyp och utformning. Under 2020 uppkom 14 163 500 ton avfall från byggverksamhet vilket utgjorde 39,6% av den totala avfallsmängden i Sverige, exklusive gruvavfall. Från trä- och trävarutillverkning uppkom 142 100 ton vilket motsvarar 0,4% av den totala mängden avfall. Avfallshantering i form av återvinning utgjorde 18,4% av mängden (SCB 2022).

Rapporten ”*Standard wastage rates*”, beskriver hur stor andel av levererat material som normalt blir till avfall i Storbritannien (Fredriksson et al. 2012). De normala avfallsandelarna varierar vanligtvis mellan 5–15%, men 3 olika projekt visade att variationerna kan vara inom intervallet på 2–50%. Gipsskivor var ett av de material som genererade höga andelar avfall hos samtliga studerade projekt, där 20–50% av levererat material blev avfall. Den genomsnittliga fördelningen visar att avfallsandelen för trä var 30%, gips 20%, fyllnadsmassor 17%, brännbart 10%, skrot och metall 10%, deponi 8%. Resterande andelar med mindre än 2% av totala avfallet för respektive fraktion var wellpapp, plast, papper, mineralull, farligt avfall och elavfall (ibid.).

# Mål för hållbar avfallshantering

## FN:s hållbarhetsmål

Vid FN:s toppmöte 2015 antogs Agenda 2030 och de globala hållbarhetsmålen. Agenda 2030 är en ambitiös handlingsplan för världens länder att arbeta mot i utvecklingen av ett hållbart samhälle. Totalt fastställdes 17 globala mål i samband med mötet, exempelvis att avskaffa extrem fattigdom, minska ojämlikheter och orättvisor i världen, främja fred och rättvisa samt att lösa klimatkrisen (Regeringen 2016). Tre av målen har en starkare koppling till just avfall från produktion av byggnader inom industriellt byggande, där en effektivare resurshantering ger en positiv effekt i arbetet att uppnå målen (Naturvårdsverket 2020):

9. Hållbar industri, innovationer och infrastruktur

*Rusta upp infrastrukturen och anpassa industrin för att göra dem hållbara, med effektivare resursanvändning och fler rena miljövänliga tekniker och industriprocesser.*

12. Säkerställa hållbara konsumtionsmönster

*Effektivare resurshantering, frikoppling av ekonomisk tillväxt och negativ miljöpåverkan samt en minskad mängd avfall och spridning av farliga ämnen.*

13. Bekämpa klimatförändringen

## Svenska miljömålssystem

De svenska miljömålen består av generationsmålet, 16 miljökvalitetsmål samt ett flertal etappmål inom områden som avfall, biologisk mångfald, farliga ämnen, hållbar stadsutveckling, luftföroreningar och klimat. Målen är baserade på och framtagna utifrån de globala hållbarhetsmålen (Sveriges miljömål 2023b).

*Generationsmålet* definieras enligt följande:

*”Det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser.”*  
(Sveriges miljömål 2023a)

Målet, som beslutats av riksdagen, är ett övergripande mål som ska vara vägledande för ett miljöarbete på alla nivåer i samhället. Innebörden av generationsmålet är att ha resurseffektiva kretslopp, i största mån undvika farliga ämnen samt att ha en god hushållning av naturresurser (Naturvårdsverket 2020).

### *Miljökvalitetsmålen*

De 16 miljökvalitetsmålen beskriver det önskvärda tillstånd som miljöarbetet ska resultera i (Sveriges miljömål 2023b). Av de 16 miljökvalitetsmålen är främst två relevanta för avfall och avfallsförebyggande åtgärder; *God bebyggd miljö* samt *Begränsad klimatpåverkan*.

God bebyggd miljö trycker på hushållning med energi och naturresurser där användningen av energi, mark, vatten och andra naturresurser ska ske på ett effektivt, resursbesparande samt miljöanpassat sätt. Avfallshanteringen ska vara enkel att nyttja, hållbar och effektiv. Arbetet ska vara förebyggande för att undvika uppkomsten av avfall där avfallet som uppstår ska hanteras för att minska dess miljöpåverkan (Naturvårdsverket 2020).

Målet för Begränsad klimatpåverkan innebär en målbild för maximalt utsläpp av växthusgaser vid olika tidpunkter (Sveriges miljömål 2022). Genom att minska mängden avfall som uppkommer i tillverkningsprocessers alla delar erhålls också ett minskat klimatavtryck.

### *Etappmål*

Även 24 etappmål återfinns bland de svenska miljömålssystemen. Ett av dessa är benämnt *Ökad resurshållning i byggsektorn* (Boverket 2023). Etappmålet innebär förberedande insatser för återanvändning, materialåtervinning och annat materialutnyttjande av icke-farligt byggnads- och rivningsavfall vilket ska motsvara minst 70 viktsprocent senast 2020 (Naturvårdsverket 2020). Enligt Boverket (2023) var återvinningsgraden för icke-farligt byggnads- och rivningsavfall 53% under 2020. Däremot är dataunderlaget bristfälligt, särskilt för återvinning vid mindre anläggningar, vilket kan ge missvisande värden. Återvinningen klarade inte etappmålet för bygg- och rivningsavfall till 2020 och den nya målsättningen är att klara det till år 2025 skriver Boverket (2023).

## Cirkulär ekonomi och kretsloppsprincipen

En ökad cirkulär ekonomi är ett av målen både inom Europeiska Unionen (EU) och Sverige (Naturvårdsverket 2020). Begreppet är en modell av produktion och konsumtion där de befintliga material och produkter ska brukas så länge som möjligt.

Det innebär att nyttja, återanvända, reparera, renovera eller återvinna för att förlänga materialets eller produktens livscykel (European Parliament 2022). Utgångspunkten för den cirkulära ekonomin är att material kan återanvändas och därmed minska förbrukningen av resurser genom extraherande av jungfruligt material. Det kan beskrivas som en systematisk cirkulation bestående av återanvändning, återtillverkning eller materialåtervinning skriver Hållbar Utveckling Skåne (2018).

Cirkulär ekonomi, även kallat kretsloppsprincipen, kan liknas vid det kretslopp naturen själv ger upphov till där den möjliggör nedbrytning av en viss mängd ämnen upp till ett visst flöde. Den kan däremot inte hantera skadliga eller svårnedbrytbara ämnen (Hansson et al. 2021). Rent praktiskt innebär en cirkulär ekonomi att minimera bildandet av avfall genom att använda materialet eller produkten så länge som möjligt för att fortsätta skapa eller behålla värde. En produkts materiella resurser kan fortsätta skapa värde även efter produktens livslängd är förbrukad (European Parliament 2022). Avfallet ska efter förbrukad livslängd återföras till naturens kretslopp på ett hållbart sätt. Principen för cirkulär ekonomi skulle då minska de negativa följderna från uppkomsten av avfall, hanteringen av avfall samt minska förbrukningen av resurser (Naturvårdsverket 2020).

Övergången till en cirkulär ekonomi kräver att de produkter som tillverkas är hållbara, möjliga att reparera och återanvända för att slutligen materialåtervinnas (Naturvårdsverket 2020). Sunda material och en avskiljbar utformning förbättrar cirkulariteten och underlättar återanvändning menar Hansson et al. (2021). Det kräver också att de resurser som används behöver nyttjas effektivare längs hela värdekedjan, vilket också sätter press på att förebygga avfall och en hög grad av återvinning (Naturvårdsverket 2020). Här kan aktörer tillsammans samverka för att göra skillnad skriver Hansson et al. (2021). För att uppnå kretsloppsprincipen kommer ny teknik, innovativa produkter och tjänster, hållbara samt resurseffektiva affärsmodeller och förändrat konsumentbeteende att krävas. Det kommer behövas styrmedel, frivilliga initiativ och en förändring i livsstil för att till slut hamna i ett cirkulärt tänkande (Naturvårdsverket 2020).

Regeringens strategi för omställningen mot en cirkulär ekonomi för byggsektorn omfattar en resurseffektiv användning av byggmaterial (Naturvårdsverket 2020). EU:s handlingsplan menar på att framtagande av digitala loggböcker för byggnader är ett tillvägagångssätt för att minska klimatpåverkan och förbättra tillgång på information. Enligt Hansson et al. (2021) kan byggregler som ställer krav på ingående material i nybyggnation och dess återvinningsmöjligheter föra branschen ett steg närmare en cirkulär ekonomi. Regeringens strategi för omställningen mot en cirkulär ekonomi för byggsektorn omfattar en resurseffektiv användning av byggmaterial.

# Lagstiftning

## EU:s lagstiftning om avfallshantering

EU har genom direktiv 2008/98/EG fastställt en rättslig ram för avfallshantering inom unionens gränser. Ramen har tillkommit i syfte att minska påfrestningen på naturresurser för ett effektivare nyttjande, vilket ska ge en positiv effekt på miljön och människors hälsa. Direktivet medför att EU:s medlemsstater ska vidta förebyggande åtgärder och minska de negativa följder som avfallsuppkomsten innebär (EUR-Lex 2022). Inom direktivet benämns avfallshierarkin vilken syftar till att minska resursförbrukningen i strävan mot en cirkulär ekonomi och är uppbyggd enligt prioritetsordningen (EUR-Lex 2022):

1. Förebyggande
2. Återanvändning
3. Återvinning
4. Återvinning för andra ändamål (till exempel energiåtervinning)
5. Avfallshantering

Hierarkin kan ses som en inverterad pyramid där de mest rekommenderade alternativen återfinns i de övre delarna och sista alternativet är avfallshantering (EUR-Lex 2023). Avfallshierarkin ska vara ett hjälpmedel för att styra medlemsstaterna mot resurseffektivitet samt underlätta att avfallshanteringen sker på bästa sätt ur ett miljömässigt perspektiv (Naturvårdsverket 2020, Hållbar Utveckling Skåne 2018).

Direktiv 2008/98/EG beskriver hur den ursprungliga förorenaren betalar för avfallshanteringen och innebär ett förlängt producentansvar där producenten bär ekonomiskt ansvar för avfallshanteringen när produkten eller materialet nått slutet på sin livscykel (EUR-Lex 2022). Där framkommer även hur kompetenta och nationella myndigheter ska upprätta planer för hantering av avfall och förebyggande av avfall. Det avfall som uppstår ska hanteras utan risk för vatten, luft, jord, växter eller djur förbises. Även här återfinns målet med att 70 procent av bygg- och rivningsavfall ska återvinnas till år 2020 (EUR-Lex 2022).

Under 2018 beslutade EU om ändringsdirektiv 2018/851, även kallat avfallspaket, för att bättre arbeta mot en cirkulär ekonomi (EUR-Lex 2022, Naturvårdsverket 2023b). Direktivet ska bidra till att minska avfallsmängder, uppnå en högre grad av återvinning samt förbättrad avfallshantering (Naturvårdsverket 2023b). Ändringarna innebär ett förlängt producentansvar och organisatoriskt ansvar där avfallsförebyggande åtgärder, återbruk och återvinning av produkter ingår som ställer hårdare krav på produkters utformning samt materialval. Avfallspaketet uppmuntrar också avgifter på avfallsanläggningar och förbränningsanläggningar (EUR-Lex 2022).



## Miljöbalken

Miljöbalken innehåller bestämmelser som syftar till att *”främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer ska tillförsäkras en hälsosam och god miljö”* (Miljöbalk SFS 2022:1799 1 kap. 1 §). I Sverige regleras lagar och regler om avfall i Miljöbalkens 15 kapitel ”Avfall”. Där återfinns information om avfallshierarkin i 15 kap. 10 §, beskrivningen av avfallshierarkin innebär att den som är ansvarig för behandling av avfallet ska se till att det:

1. Återvinns genom att det förbereds för återanvändning
2. Materialåtervinns, om det är lämpligare än pkt. 1,
3. Återvinns på annat sätt, om det är lämpligare än pkt. 1 och 2, eller
4. Bortskaffas, om det är lämpligare än pkt. 1–3

Valet ska falla på alternativet som i sin helhet bäst skyddar människors hälsa och miljö, såvida behandlingen inte är orimlig (Miljöbalk SFS 2022:1799). Skyldigheten att följa avfallshierarkin definieras i 2 kap. 5 § där hushållning av råvaror, energi och minskning av avfallsmängder, mängd skadliga ämnen, negativa effekter av avfall samt återvinning nämns. Tillsyn för avfallshanteringen utförs av kommunen enligt 26 kap. såvida verksamheten inte anses vara miljöfarlig verksamhet där särskilt tillstånd krävs (Miljöbalk SFS 2022:1799).

## Avfallsförordningen

Avfallsförordningen (SFS 2020:614) är en svensk förordning som innehåller bestämmelser kring avfall, avfallshantering och avfallsförebyggande åtgärder.

Enligt 9 kap. 11 § i avfallsförordningen (SFS 2020:614) är Naturvårdsverket ansvariga för att se till att det finns en nationell avfallsplan (NAP) och ett nationellt avfallsförebyggande program (PAF). Dessa ska uppfylla kraven i EU:s direktiv 2008/98EG. NAP och PAF ska kontinuerligt uppdateras för att vara aktuella (SFS 2020:614).

## Styrmedel

Enligt den avfallsplan och det avfallsförebyggande program som Naturvårdsverket (2020) tagit fram krävs bland annat styrmedel för att nå en cirkulär ekonomi och en ökad resurseffektivitet. Styrmedel kan vara ekonomiska, administrativa eller juridiska. De kan även finnas i form av information, forskning och samhällsplanering. Nedan nämns styrmedel som påverkar hur avfallshanteringen inom bygg- och rivningsbranschen sker i Sverige och vilka år de införts (Naturvårdsverket 2020):

1999 – Miljöbalken och avfallsförordningen  
2000 – Deponiskatt (250 SEK/ton)  
2001 – Förordning om deponering av avfall  
2002 – Deponiförbud för utsorterat brännbart  
2003 – Deponiskatt (370 SEK/ton)  
2005 – Deponiförbud organiskt avfall  
2006 – Deponiskatt (435 SEK/ton)  
2006 – Skatt på förbränning av avfall  
2010 – Avskaffande av skatt på förbränning av avfall  
2010 – Naturvårdsverkets handbok för återvinning av avfall i anläggningsbranschen  
2012 – Nationell avfallsplan  
2013 – Nationellt avfallsförebyggande program  
2017 – Deponiskatt (500 SEK/ton)  
2018 – Ny nationell avfallsplan och avfallsförebyggande program  
2020 – Avfallsförbränningsskatt (75 SEK/ton)  
2021 – Avfallsförbränningsskatt (100 SEK/ton)  
2022 – Avfallsförbränningsskatt (125 SEK/ton)

## Avfallets klimatpåverkan

### **Avfallshierarkins steg och dess påverkan**

Avfallshierarkins utformning är uppbyggd utefter resursförbrukning med hjälp av en prioritetsordning. Ordningens utformning ska minimera en ogynnsam påverkan på miljön och effekter vid hanteringen av avfallet (EUR-Lex 2023). Hanteringen av avfallet innebär enligt Miljöbalkens 15 kap. 5 § (SFS 2022:1799) att samla in, transportera, sortera, återvinna, bortskaffa eller ta annan fysisk befattning med avfall.

#### *Förebygga avfall (1)*

Att förebygga avfall innebär att vidta åtgärder innan ett material eller en produkt blir avfall. Effekten av att arbeta avfallsförebyggande minskar den totala mängden avfall och den ogynnsamma påverkan som slöseriet av resurser medför i form av påverkan på naturen och människors hälsa (EUR-Lex 2023). Nya byggmaterial behöver framställas om materialen kan hanteras effektivare, vilket ger en besparing av transporter och bearbetning av material (Fredriksson et al. 2012). Enligt Miljöbalkens 2 kap. 5 § (SFS 2022:1799) är det en skyldighet att vidta avfallsförebyggande åtgärder vilket även är antaget i PAF. Att arbeta avfallsförebyggande är en grundförutsättning för att säkerställa långsiktiga cirkulära materialflöden och en hög resurseffektivitet skriver Naturvårdsverket (2020), det är här den största miljövinsten går att få.

### *Återanvändning (2)*

Återanvändning av produkter eller material innebär att resursen kan användas igen utan vidare förbehandling förutom eventuell kontroll, rengöring eller reparation (EUR-Lex 2023). Enligt NAP är det ett krav att sedan 1 augusti 2020 i kontrollplanen, som tas fram vid nybyggnad eller större ombyggnationer, redovisa vilka byggprodukter som kan återanvändas och hur dessa ska hanteras (Naturvårdsverket 2020).

### *Återvinning (3)*

Materialåtervinning innebär enligt Miljöbalkens 15 kap. 6 § (SFS 2022:1799) att uppbeta avfallet till nya ämnen eller föremål som inte ska användas som bränsle eller fyllnadsmaterial. Flera studier visar på att materialåtervinning i ett livscykelperspektiv är bättre för miljön jämfört med förbränning skriver Naturvårdsverket (2020). Materialåtervinning är ett bättre val där en mindre mängd nytt material behöver tillverkas, som annars är en energikrävande process. Likt återanvändning finns sedan 1 augusti 2020 krav på att det i kontrollplanen ska framgå hur en hög materialåtervinning kan erhållas (Naturvårdsverket 2020). Särskilt viktigt är det att möjliggöra en materialåtervinning av hög kvalitet.

### *Återvinning för andra ändamål (4)*

Återvinning för andra ändamål behandlar exempelvis energiåtervinning. Här fyller avfallet en funktion som annars behövt ersättas av annan resurs (EUR-Lex 2023). Den frigjorda energin kan användas som fordonsbränslen, uppvärmning och el samt ersätta fossila bränslen (Byggföretagen 2020b). Beredning av alternativ resurs undviks vilket resulterar i en lägre åtgång av resurser. I Sverige tillvaratas i stort sett all energi från avfallsförbränningen i fjärrvärme för att täcka det stora värmebehov som finns under större delen av året. Detta ger en kostnadseffektiv lösning i jämförelse med andra hanteringsalternativ (Naturvårdsverket 2020).

### *Avfallshantering (5)*

Det avfall som inte behandlas enligt ovan nämnda kategorier skickas till deponi. Enligt Miljöbalkens 15 kap. 5 a § (SFS 2022:1799) innebär deponi en upplagsplats för avfall, i eller på jorden. Deponi omfattar all annan hantering av avfallet som inte innebär återvinning, även om avfallet i ett senare skede skulle medföra utvinning av ämnen eller energi, som exempelvis fyllnadsmaterial eller förbränning (EUR-Lex 2023). Att deponera avfall är varken hållbart eller cirkulärt eftersom en mängd olika föroreningar och miljögifter samlas på liten yta med risk för spridning av exempelvis metangas och dioxiner (Naturvårdsverket 2023a). Det avfall som vanligtvis deponeras är förorenat med ämnen som inte kan återföras till naturens kretslopp på ett säkert sätt.

Utmaningen med deponianläggningar är att minska dess utsläpp samt mängden avfall som hanteras på deponier. Detta sker genom producentansvar vid framtagning av produkter, skatt på avfall som går till deponi, sorteringskrav på brännbart avfall samt förbud mot att deponera utsorterat brännbart avfall och organiskt avfall (ibid.).

## **Avfallshantering**

90-talet var starten för sortering av avfall i olika fraktioner, vilket medfört en ökad återvinning och mindre deponering (Fredriksson et al. 2012). Enligt Naturvårdsverket (2020) beror idag hanteringen av avfall från en produkt eller ett material inom bygg- och rivningsverksamhet på dess sammansättning, efterfrågan på återvunnet material, avsättningsmöjligheter, lönsamhet och kapacitet. För att kunna avgöra det mest lönsamma mellan återanvändning, materialåtervinning eller energiåtervinning kan en livscykelanalys genomföras (Naturvårdsverket 2020).

För att främja sortering vid bygg- och rivningsverksamhet har det införts en del krav. Bland annat har krav för sortering av olika avfallsslag införts vilka ska förvaras separat och skiljas från övrigt avfall. Enligt avfallsförordningen 3 kap. 10 § (SFS 2020:614) gäller sorteringen för trä, mineral (bestående av betong, tegel, klinker, keramik eller sten), metall, glas, plast och gips. Enligt 11 a § och 12 § ska även farligt avfall och brännbart avfall sorteras ut vid bygg- och rivningsåtgärder, där brännbart avfall avser det kvarvarande avfallet efter sortering av ovan nämnda fraktioner. Enligt Naturvårdsverket (2020) bör också framtida byggregler ställa krav på ingående byggnadsmaterial, komponenter och dess potential för återanvändning.

Byggföretagen (2020b) anser att krav bör ställas på en avfallshanteringsplan för att nå en effektivare avfallshantering. Planen bör innehålla uppgifter om rutiner för avfallshantering samt redovisning av materialinventeringen vid nybyggnads- eller rivningsprojekt.

### *Dålig avfallshantering i Australien*

Mellan 1996 och 2015 ökade Australiens befolkning med 28% varvid runt 500 000 nya bostäder byggdes under tio år skriver Jahan et al. (2022). Detta ökade på byggavfallet till att idag utgöra 44% av landets totala avfall, vilket kan jämföras med det globala genomsnittet på 30–40% (Chen et al. 2019). På denna punkt sticker Australien ut med en bransch som haft för stort fokus på hur avfallet ska *hanteras* i stället för hur det *uppkommer* (Olanrewaju & Ogunmakinde 2020). Däremot återvinns upp till 76% av allt avfall (Pickin et al. 2018) men ett större fokus på utformning och metod krävs för att bli mer cirkulära.

Olanrewaju & Ogunmakinde (2020) menar att upp till en tredjedel av byggavfallet kan reduceras med smartare design och mer prefabricering. Ett dåligt kunskapsutbyte mellan designstadiet och byggprocessen bidrar till ökat avfall eftersom avfallsförebyggande åtgärder inte kan implementeras i efterhand.

Som kund spelar slutkostnaden för upprättandet av huset en större roll än processen i övrigt. För implementering av prefabricering krävs en högre initial kostnad för fabrik och maskiner samt en hög efterfrågan på bostäder för att det ska bli lönsamt för byggföretagen. Trots de långsiktiga fördelarna prefabricering för med sig med koppling till mindre avfall, kortare byggtid och längre totalkostnad har marknaden i Australien inte uppmuntrats tillräckligt för att nyttja dess fördelar menar Jaillon et al. (2018).

## Avfallsförebyggande åtgärder

Genom att förebygga att avfall uppkommer erhålls den största miljövinsten (Fredriksson et al. 2012). Byggandet kräver stora resurser och att minska resursbehovet över tid är en förutsättning för att uppnå ett hållbarare samhälle (Hansson et al. 2015). Att framställa nya material kräver utvinning av råmaterial, transporter och bearbetning. Därefter tillkommer dessutom kostnader för hantering och bearbetning av materialet vilket kräver resurser och energi. Att arbeta avfallsförebyggande innebär en minskad hantering av material, minskade kostnader från inköp och avfallskostnader samt en mindre påverkan på miljön. Referensprojekt i Storbritannien visar att kostnaderna för avfallshantering kan mer än halveras genom att systematiskt arbeta avfallsförebyggande (Fredriksson et al. 2012). I ett samarbetsprojekt mellan Tyréns AB, NKS-bygg inom Stockholms läns landsting och Skanska Healthcare har ett flertal metoder tagits fram där resultatet påvisar en mindre mängd avfall genom att arbeta avfallsförebyggande (Fredriksson et al. 2012). Hållbar Utveckling Skåne (2018) har publicerat en rapport om de tekniska lösningar som idag finns att tillgå och hur de kan halvera klimatpåverkan genom att minska avfall vid nybyggnation. Rapporten beskriver dock att branschen saknar incitament för att faktiskt aktivt arbeta för att minska avfallet (ibid.).

Den verkliga kostande för avfall utgörs av inköpt material som blir avfall, kostnaden för lagring och hanteringen av materialet samt kostnader för avfallshantering. Här spelar materialtyp en viktig roll i vilken av respektive kostnad som blir störst skriver Fredriksson et al. (2012). Den potentiella kostnadsbesparingen som fås från åtgärderna ska jämföras med de ansträngningar som åtgärderna kräver för att genomföras. Erfarenheter från Storbritannien visar att, med hjälp av dagens teknik, kan 0,2–0,8% av produktionskostnaden sparas in genom att förebygga avfall. (Byggföretagen 2020b). En bättre sortering medför också lägre kostnader vid hämtning och hantering av avfallet (ibid.).

Hållbar Utveckling Skåne (2018) trycker på det avfallsförebyggande arbetet eftersom resurssnålhet är effektivare än återvinning. Vilka metoder som är mest effektiva är inte fastställt, men enkelhet, självklarhet och lönsamhet är en bra vägledning menar Fredriksson et al. (2012).

För att förebygga uppkomsten av avfall under byggnation, förvaltning och rivning samarbetar Naturvårdsverket, Boverket och branschorganisationen Byggföretagen tillsammans i vägledningskampanjer, informations- och utbildningsåtgärder (Naturvårdsverket 2020).

## **Byggnadens utformning**

Att minska mängden avfall, eller att förebygga avfall, kan ske genom olika val som görs genom processen med start i ett tidigt skede (Hållbar Utveckling Skåne 2018). Redan vid produktbestämningen när arkitekt och beställare tillsammans arbetar med att ta fram utformning och materialval sätts utgångspunkterna för det avfallsförebyggande arbetet. Genom att fokusera på hållbara, spårbara och återbrukbara material minimeras materialförbrukningen och arbetet enligt avfallshierarkin underlättas. Ett förslag är att sätta en ambitionsnivå för materialval i projektet där samtligt material finns registrerade i relevant databas skriver Hållbar Utveckling Skåne (2018).

Materialvalen bör ha en livslängd som matchar byggnadens. Produkter av hög kvalitet eller återbruk är att föreslå (Byggföretagen 2020b). Ett resurssnålt tänk är också bra, genom att anpassa projekteringen för ett minskat slöseri av resurser eller minska ytbehovet fås en ökad cirkularitet (Byggföretagen 2020b). För att minska resursbehovet i framtiden bör hänsyn även tas till hur byggnaden förväntas brukas. Genom att se till framtida potentiella nyttjanden av byggnaden kan kommande spill undvikas med hjälp av en bättre projektering av el, VVS, takhöjder och rumsindelning (Fredriksson et al. 2012). En byggnad som är anpassningsbar för potentiella framtida behov kan minska avfallsmängder som uppstår vid ombyggnation eller nedmontering eftersom arbetet då inte blir lika omfattande (Hållbar Utveckling Skåne 2018).

Prefabricerade lösningar ger förutsättningar för en en strukturell arbetsmiljö (Hansson et al. 2015). Arbetssättet möjliggör upptäckten av spill samtidigt som en högre effektivitet uppnås (Fredriksson et al. 2012). Förmonterade moduler för exempelvis VVS- och elinstallationer visade sig vara effektiva vid byggnationen av Barts Hospital i London för att minska spillmängder på arbetsplatsen. Modulerna innebar mindre exponerat material och avfall på byggarbetsplatsen, vilket i sin tur medförde en mer organiserad och säker arbetsplats (Fredriksson et al. 2012). Projektet visade också att hanteringen av avfall var enklare i fabrik än på byggarbetsplats. Detta på grund av bristande utrymme, körvägar och svårigheter att organisera och samla material på byggarbetsplatsen (ibid.). Andra fördelar för ett avfallsförebyggande arbete vid utformningen av byggnaden är att projektera i 3D. Detta möjliggör mängdförteckningar där en tydligare bild av materialmängder kan fås i ett tidigt skede och därav hitta åtgärder för dessa.

3D-projektering minskar även risken för kollisioner mellan olika installationer och andra fel. Andra förslag på åtgärder är att använda standardiserade lösningar och modulmåt, använda system för att undvika skadligt avfall samt att välja tekniska lösningar som underlättar återanvändning och återvinning vid rivning skriver Fredriksson et al. (2012).

## **Logistik- och materialhanteringsprocessen**

Logistik- och materialhanteringsprocessen innefattar leveranser till byggarbetsplatsen, lagring av material, hur materialet är förpackat samt möjligheter att återlämna överblivet material skriver Fredriksson et al. (2012). Flera fördelar kan fås genom att ha ett logistikcenter, en form av lager. Centret medför att material kan hämtas och levereras till rätt plats i rätt tid, vilket är positivt utifrån att undvika spill. Arbets sättet kräver en noggrann planering, men ger en mindre risk för skador på material samt en mindre mängd material på byggarbetsplatsen. Materialet blir både enklare att hantera och hitta. Ett logistikcenter kan även underlätta för större transporter, uppsamla överblivet material och flergångsförpackningar underlättas samt att leverantören kan vara säker på att kvaliteten på materialet är oförändrad. Arbets sättet möjliggör också för en prefabriceringsverkstad.

Med en god kontroll på materialflöden kan en bättre kontroll fås på avfallsnivåerna genom att följa upp mängden material som kommer in i processen samtidigt som förekommen avfallsmängd mäts. Siffror på totala material- och avfallsmängder kan då ställas mot varandra, vilket underlättar uppföljning och jämförelser (Fredriksson et al. 2012).

## **Inköp**

Vid inköp av material bör flera aspekter kontrolleras menar Fredriksson et al. (2012). Ett exempel innebär att se över möjligheter till måttbeställning. Går det möjligtvis att optimera materialen för att minska spillmängder redan hos tillverkaren? Om leveranser av material eller komponenter kommer i engångsförpackningar kanske andra alternativ bör ses över. För flergångsförpackningar bör ett retursystem införas. Förpackningens utformning bör inte överdimensioneras för att slösa material. En fördel kan vara om varan dessutom är förpackad med alla delar som krävs för montage eller installation i ett paket, för att undvika separata sändningar.

Utvecklingssamarbeten med materialleverantörer för att hitta goda alternativa lösningar på olika produkter vore positivt (Fredriksson et al. 2012). Möjligheten att skicka tillbaka obrutna förpackningar till leverantören samt samordning mellan leverantör och transportör bör också undersökas. Här är industriellt byggande en fördel. Att se över beställningsrutiner kan också vara att rekommendera för att fånga upp möjliga aspekter till avfallsförebyggande.

Vad gäller entreprenörer och underentreprenörer kan en kravställning över förväntade material- och avfallsmängder beräknas vilket bidrar till ett gemensamt utvecklingssamarbete. Om underentreprenören är transparent med de materialkostnader som uppstår och påslaget som görs för avfall under byggnationen möjliggörs ett samarbete där avfallsmängden kan minskas och priserna pressas (Fredriksson et al. 2012).

## **Byggfel och skador på färdigbyggda delar**

Genom att minimera fel, brister och slöseri nås en högre grad av cirkularitet (Byggföretagen 2020b). Ett byggfel kan ske på grund av ofullständiga handlingar eller mänskliga faktorn och innebär att arbetet behöver rivras eller göras om. En dåligt planerad logistik i detaljprojekteringsskedet kan medföra skador på material eller färdigbyggda delar under produktionen. Det kan bero på att arbetsmoment sker i fel ordning eller i närhet till färdigbyggda delar (Fredriksson et al. 2012). Att ha material liggandes kan också innebära en risk för skador samtidigt som det är en arbetsmiljörisk (Byggföretagen 2020b). Både byggfel och skador genererar en ökad mängd avfall som med hjälp av en god logistikplanering, detaljprojektering och samordning kan undvikas (Fredriksson et al. 2012).

## **Förutsättningar på företagsnivå**

På företagsnivå finns förutsättningar för att aktivt arbeta med att förebygga avfall, men det kräver strategier och mål samt uppföljning av dessa. Även integrering av arbetet i existerande kvalitets-, miljö- och arbetsmiljöarbetet bör ses över. Detta kan göras genom kompetensutveckling av nyckelgrupper, strategiskt utvecklingssamarbete med leverantörer och kravställning i ramavtal. Det är även viktigt att föra statistik och följa upp material- och avfallshantering samt arbeta med erfarenhetsåterföring där företaget kan förbättra sitt avfallsförebyggande arbete (Fredriksson et al. 2012).

I studien *"Att minska byggavfallet"* (Fredriksson et al. 2012) föreslås att som utgångspunkt utgå från en uppskattad mängd avfall som förväntas fås, se över vilka materialkomponenter som blir avfall, dess påverkan på miljön under livscykeln och varför de blir avfall. En del av informationen som avfallstyper och ungefärliga mängder går att få fram genom tidigare erfarenheter.

Kategorisering av avfall och koppling till olika aktörer kan också vara relevant för att därefter kunna söka efter lösningar till att förhindra uppkomster till avfall. För att därefter kunna välja lämpliga åtgärder ska helheten för byggnadens livscykel undersökas. Helhetsperspektivet omfattar miljö, funktion, ekonomi, hälsa och arbetsmiljö för projektet och den slutgiltiga byggnaden (Fredriksson et al. 2012).



Viktigt är att det avfallsförebyggande arbetet inte får ha negativ påverkan på byggnadens funktion, estetik, driftförutsättningar eller förvaltningen i form av energiförbrukning, livslängd eller ombyggnadsbehov. Ansvaret för att säkerställa ett bra resultat ligger vanligtvis hos arkitekt och projektörer (ibid.).

## **Beställare och entreprenör**

Beställaren och entreprenören spelar en viktig roll i det avfallsförebyggande arbetet. Genom kravformulering i programskedet, en handlingsplan, utvärdering och erfarenhetsåterföring kan ett bättre resultat uppnås menar Fredriksson et al. (2012). Beställaren kan i grund och botten bestämma plats för projektet, utformning av byggnaden och entreprenadform, men också ställa krav på processen. Genom att redan i produktbestämningen reflektera över avfallsminimering kan ett bättre resultat uppnås.

Kravställning från beställaren kan innebära 3D-projektering, materialsamordning, avfallsförebyggande kompetenser hos nyckelpersoner eller att entreprenören ska upprätta en plan för förebyggande avfall (Fredriksson et al. 2012). Att ställa krav på hållbara, spårbara och återbrukbara material kan bidra till en lägre material- och resursförbrukning (Hållbar Utveckling Skåne 2018). Uppföljning av arbetet är viktigt för att kontrollera resultat och fortsättningsvis förbättra arbetet (Fredriksson et al. 2012).

Den beställare som är en konsument av en byggtjänst kan ses som en engångsbeställare (Hansson et al. 2015). Engångsbeställaren har ett kortsiktigt fokus där den specifika byggnaden ska färdigställas snabbt, till ett lågt pris och med en hög kvalitet. Detta kortsiktiga synsätt på byggprocessen gör att ansvar för kunskapsuppbyggnad inte kan anses hamna hos beställaren vid en sådan byggprocess.

Entreprenörens fokus bör ligga på samordning, kommunikation och en god planering för att nå resultat skriver Fredriksson et al. (2012). Genom att utse en materialsamordnare vars uppgift är att upprätta en handlingsplan och följa upp denna gentemot uppställda krav, kan en minskad spillmängd fås. Handlingsplanen ska innehålla de åtgärder som ska genomföras samt hur uppföljning av åtgärderna sker. Att ta hjälp av berörda aktörer vid framtagningen av handlingsplanen kan vara en god idé för att få fler förslag på möjliga åtgärder.

Framtagandet av handlingsplanen påbörjas i projekteringskedet med en nulägesanalys för att ta fram förväntade material- och avfallsmängder för valda material för att möjliggöra för reducering (Hållbar Utveckling Skåne 2018). Därefter bör fler viktiga aktörer som berör avfallsfrågan identifieras. Det kan vara arkitekter, projektörer, inköpare, logistikansvariga, bygglidare, materialsamordnare och miljösamordnare som enligt tidigare nämnda områden har olika inverkan på spilllets uppkomst. Att ha en grundläggande kompetens inom avfallsförebyggande är viktigt för att aktivt kunna arbeta för att minska spillet. Ett studiebesök, en inspirationsworkshop eller liknande kan vara en god start om sådan saknas (Fredriksson et al. 2012).

De identifierade aktörerna kan, i samverkan med entreprenören, därefter bidra med åtgärdsförslag för att prioritera och välja åtgärder. Att utse en ansvarig för åtgärden, hur uppföljning ska ske och vem som utför uppföljningen bör också finnas med i planen (ibid.).

Processen av byggandet innehåller flera brytpunkter där information riskerar att gå förlorad (Fredriksson et al. 2012). Exempel på överlämningspunkter är när en nyckelperson överlämnar handlingar till nästa. Genom god kommunikation kan aspekter på avfallsförebyggande åtgärder föras vidare i ledet. God kommunikation kan också bidra till bättre erfarenhetsåterföring mellan olika befattningar och aktörer.

För att därefter säkerställa att valda åtgärder förankras hos aktörerna bör de vara inblandade tillsammans med bygglidning och beställare. Regelbundna möten och en god planering i tid underlättar stressiga eller oförutsedda situationer. Även här är god kommunikation viktigt (Fredriksson et al. 2012). Steget för att ta kontakt och kommunicera blir enklare om de inblandade fått en chans att bekanta sig med varandra tidigare, exempelvis genom att fysiskt arbeta nära varandra eller på annat sätt träffas under mer informella former (ibid.).

## **Beställaren som privatperson**

Att bygga eget hus är bland det största och mest omfattande beslutstagande ett hushåll tar. Det är därför av yttersta vikt att kunden är nöjd där det hus som byggs motsvarar de förväntningar hushållet har skriver Hasu (2018). Det hus kunden väljer att bygga baseras på en mängd val och preferenser. Vissa krav är styrande och fasta medan andra är mer flexibla eller utbytbara. Kunden vill ha ett individanpassat hus till ett lågt pris, samtidigt vill husleverantören försöka nyttja serieproduktionens ekonomiska fördelar för att reducera produktionskostnaden (Malmgren 2010). Småhusföretagens förmåga att vara flexibla och anpassningsbara efter kundens önskemål är därav en avgörande faktor för att bli konkurrenskraftig och en attraktiv aktör på marknaden. Vart i livet kunden befinner sig, tillfredställelsen av att bygga något eget samt befintlig marknad och ekonomi beskriver Hasu (2018) är några av beslutspunkterna hushållet står inför.

# Klimatdeklaration

## Bakgrund

På nationell nivå styrs Sveriges klimatpolitik av uppsatta mål inom EU. Europeiska rådet och Europaparlamentet har enats om ett klimatmål som innebär att reducera nettoklimatutsläppen med minst 55% år 2030 för att vidare bli klimatneutralt 2050 (Europeiska rådet 2023). Som medlemsstat innebär detta en skyldighet till att införa lagstiftning som främjar uppfyllande av målet.

För att uppnå dessa mål finns det ekonomiska styrmedel som kan nyttjas, till exempel koldioxidskatt och EU:s system för handel av utsläppsrätter (Europeiska revisionsrätten 2022). Koldioxidskatt innebär att aktörer betalar skatt utifrån icke förnybara bränslen baserat på kolinnehåll samt vid förbränning som genereras till koldioxid. Detta är ett sätt för myndigheter att styra marknaden mot att nå klimatmålen samtidigt som det genererar kapital till stadskassan (ibid.). EU:s system för handel av utsläppsrätter är ett gemensamt system som bygger på att politiska mål styr hur mycket deltagarna tillsammans får släppa ut. Varje medlemsstat blir till en början tilldelad ett visst antal utsläppsrätter baserat på Europeiska kommissionens kriterielista. Ansvar för fördelas sedan ut på deltagande företag att genomföra utsläpps begränsande åtgärder för att klara av målet (Naturvårdsverket 2023d). Utöver detta har även ingående aktörer möjlighet till att antingen spara, auktionera ut oanvända utsläppsrätter eller köpa till nya för att täcka utsläppen (ibid.).

Sedan införandet av koldioxidskatt i Sverige 1991 har utsläppet av växthusgaser minskat med drygt 33% (Naturvårdsverket 2023c). Dock har klimatpåverkan orsakad av byggsektorn inte minskat sedan 1990. 2018 stod bygg- och fastighetssektorn för en femtedel av det totala koldioxidutsläppet i Sverige varav en tredjedel av detta sker under byggskedet (Boverket 2021a). Sett över hela livscykeln för ett flerbostadshus från stadiet A–C utgör byggnationen, stadiet A1–A3, runt 45% av det totala klimatavtrycket (Boverket 2021c). Byggnaders uppförande påverkar klimatet i stor utsträckning och det krävs en betydande omställning för att Sverige ska nå uppsatta klimatmål, därför har *klimatdeklaration* införts.

Den 1 januari 2022 infördes krav på klimatdeklaration vid uppförande av nya byggnader. Deklarationen innebär att byggherren ska redovisa byggnadens klimatpåverkan vid uppförande av klimatskärmen, samtliga bärande konstruktioner samt innerväggar (Boverket 2022).

Deklarationens införande ledde till kartläggning och uppmärksammande av hur stort klimatavtrycket blir vid upprättande av nya byggnader. Syftet med deklARATIONEN är att öka kunskapen om miljöaspekten redan i projekteringen genom konsekventa materialval och konstruktionslösningar (Boverket 2021c). Att påbörja klimatberäkning i ett tidigt skede baserat på grova nyckeltal, generiska data och uppskattningar ger en första förståelse för byggnadens klimatavtryck. Allteftersom projekteringen fortskrider, varav revidering av tidplaner och ekonomiska kalkyler förfinas, ska klimatkalkylen också revideras till att bli mer specifik för den aktuella byggnaden (Klinthäll 2020). KlimatdeklARATIONEN innebär en redovisning av kilogram koldioxidekvivalenter per kvadratmeter bruttoarea för ingående byggnadsdel och avgränsas till utsläpp orsakade under byggskedet fram till färdig byggnad (Boverket 2020a). Detta utgörs av stadie A1–A5 enligt Boverkets definition på en byggnads olika stadier ur ett livscykelerspektiv.

## Arbetsätt

För berörda byggnader spelar klimatdeklARATIONEN en viktig roll i att få slutbesked och byggnaden kan sättas i bruk. Byggherren ansvarar för att klimatdeklARATIONEN upprättas och skickas in följt av ett slutbesked från byggnadsnämnden ska godkänna denna (Regeringskansliet 2020). Vid småhusbyggande är en stor del av beställarna privatpersoner men byggherren utgörs oftast av ett företag. Om beställaren, som privatperson, själv utser sig till byggherre och väljer att projektleda bygget omfattas inte projektet av klimatdeklARATIONEN enligt lagstiftningen (Borgström et al. 2021). Det finns ytterligare några fall då kravet på klimatdeklARATIONEN utsluts (2021:787):

- Tidsbegränsat bygglov
- Inte kräver bygglov enligt Plan och bygglagen (PBL)
- Används för industri- eller verkstadsändamål
- Är ekonomibyggnader för jordbruk, skogsbruk eller annan liknande näring
- Har mindre bruttoarea än 100 kvadratmeter
- Byggnader avsedda för Sveriges säkerhet eller totalförsvaret
- Vissa statliga byggherrar
- Byggt av privatpersoner och inte sker inom näringsverksamhet

För att beräkna klimatavtrycket finns ett flertal beräkningsverktyg framtagna av aktörer som IVL Svenska miljöinstitutet, Trafikverket och Naturvårdsverket vilka beroende på område underlättar för byggherren vid framtagning av klimatdeklARATIONEN.

Verktygen analyserar exempelvis utsläpp från transporter och klimatpåverkan från byggskedet (Ejlertsson et al. 2020). Med materialdatabaser för vanligt förekommande resurser inom svensk byggbransch kan verktyg grafiskt redovisa resultatet av det totala utsläppet koldioxidekvivalenter beroende på informationsmodul för respektive miljöpåverkanskategori (Dahlgren & Ek 2018).

Ett annat sätt är att mängdberäkna aktuell byggnad vilket resulterar i dess klimatpåverkan från transport, material- samt byggproduktion (IVL Svenska miljöinstitutet 2018).

## Utveckling av klimatdeklarationen

År 2020 kom Boverket (2020b), på uppdrag av regeringen, med förslag på färdplan för utveckling av klimatdeklarationen. Förslaget innebär att fler byggnadsdelar ska räknas med samt maximalt utsläpp av växthusgaser för uppförandet av nya byggnader bör införas från och med 2027. Förslaget syftar till ökad styrning av klimatförbättrande åtgärder som omfattas av etappvisa gränsvärdenmålpoinkter i utvecklingen mot netto-noll klimatpåverkan år 2045 (ibid). Byggnadsdelar som förväntas adderas är installationer, invändiga ytskikt och fast inredning.

Med bakgrund av klimatdeklarationens införande år 2022 anser Boverket att hårdare kravbild bör införas 2027. Detta kopplas till den kompetensuppbyggnad som krävs för kvalitativa beräkningar och där med bättre förutsättningar för förslagets införande (Boverket 2020b). Detta bygger dels på marknadens förmåga att kartlägga egna produkter, dels digitaliseringens utveckling av enklare och mer tillförlitliga beräkningar. I ett yttrande från 2021 kommenterar Naturvårdsverket (2021) Boverkets förslag där de förtydligar vikten av tillräckligt skarpt satta gränsvärden och dess anpassningar efter olika byggnadstyper för att effektivt komplettera befintliga styrmedel. Något de benämner är att det exempelvis inte ska bli så enkelt som att gå från generiska klimatdata till specifika klimatdata för att klara gränsvärdet.

Förslaget säger att referensvärden för flerbostadshus, småhus och lokaler skall tas fram med klimatberäkning av befintliga byggnader (Boverket 2020b). Det är viktigt att skilja på byggnadstyperna eftersom det via Boverkets byggregler (BBR) exempelvis ställs olika krav när det kommer till energianvändning. I förslaget trycker Boverket även på att den utredning som förväntas genomföras av befintliga byggnader bör ske med olika klimatberäkningsverktyg samt omfatta varierande materialval, våningsplan, garage med mera för att ge en rättvis bild. På uppdrag av Boverket genomförde Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) år 2021 en studie om klimatpåverkan vid uppförande av olika byggnadstyper. Studien har genomförts på 68 byggnader och har genomförts dels utifrån de krav som ställs i klimatdeklarationen år 2022 samt med införandet av fler byggnadsdelar år 2027 (Borgström et al. 2021). Resultatet visar att småhus står för minst klimatavtryck följt av förskolor, skolor, kontor och till slut flerbostadshus. De påvisar stor spridning i klimatavtryck där fler av byggnadstyperna överlappar varandra.

Utstickande är småhusen som har betydligt lägre klimatavtryck samt liten spridning, mellan 150–175 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> BTA jämfört med flerbostadshusen som varierar mellan 250–400 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> BTA (ibid.).

Några relevanta slutsatser Borgström et al. (2021) drar är att antalet våningar spelar en betydande faktor för småhusens klimatpåverkan genom träets förhållande till betonggrunden. Detta eftersom betongen har så mycket större klimatavtryck än träet. Vidare har byggnader av trä generellt lägre klimatpåverkan än andra stommar, men det finns ett större förbättringspotential hos betong- och stålbyggnader eftersom materialen är mer koldioxidintensiva. Slutligen står stadiet A1–A3 vanligtvis för 80% av klimatpåverkan följt av 20% från A4–A5 (ibid.).

Baserat på referensvärdena Borgström et al. (2021) kommer sedan gränsvärdet ligga 20–30% lägre år 2027 följt av 40% lägre 2035, 80% lägre 2043 och till slut netto-noll 2045 (Boverket 2020b). Gränsvärdena baseras på politiska mål och med dessa åtgärder väntas regelverket bli ett mer kraftfullt styrmedel i att de nationella klimatmålen uppfylls (ibid.).

## **Egna initiativ och certifieringar**

Det har länge diskuterats kring benchmarking inom klimatavtryck från byggnader och hur det går att styra utformning till ett lägre miljöavtryck (Boverket 2020b). Som beställare kan målbild för klimatpåverkan formuleras som ett tekniskt krav vid upphandling (Upphandlingsmyndigheten 2023). För att göra detta applicerbart gäller att beställaren tydligt beskrivit vilka material och mängder som ska ingå vid beräkning och att en fast specifikation framgår av förfrågningsunderlaget som alla anbudsgivare kan räkna på. Entreprenören får då genom aktiva val och åtgärder för byggnaden säkerställa att ett lågt klimatavtryck erhålls (Byggföretagen 2020a).

Klimatdeklarationen utgör en del av området livscykelanalys (LCA) vilket i ett större sammanhang innebär att beräkna byggnadens totala klimatavtryck under hela dess livslängd. På grund av brist på information, incitament och kunskap görs sällan fullständiga livscykelanalyser. Det är vanligt att byggaktörer gör egna klimatkalkyler för bygg- och förvaltningsskedet då det inte finns någon branschstandard skriver Klinthäll (2020). Detta resulterar i varierande ambitionsgrad och svårigheter i att jämföra kalkylerna sinsemellan.

Ett annat sätt att styra klimatpåverkan vid nyproduktion är genom miljöcertifiering. Det förekommer ett stort antal system på marknaden där flera har valt att belysa klimatpåverkan hos byggnaden (Sweden Green Building Council 2023). En av dessa system är NollCO<sub>2</sub> vilket är en vidareutveckling av antingen Miljöbyggnad, BREEAM, LEED eller Svanen. NollCO<sub>2</sub> är en certifiering som bygger på att reducera byggandets klimatavtryck genom gränsvärden för växthusgasutsläpp av byggdelsproduktionen, byggprocessen samt gränsvärden för byggnadens energianvändning.

Detta ska i slutändan leda till en balanserad klimatpåverkan där kvarvarande klimatåtgärder resulterar i ett nettonoll klimatavtryck (ibid.). Men något skarpt styrande lagkrav finns inte, vilket styrker behovet för införandet av gränsvärden för klimatdeklaration av byggnader.

## **Konsekvenser vid införande av skarpare krav 2027**

För byggherren kommer utvecklingen av klimatdeklarationen medföra en mindre kostnadsökning eftersom omfattningen på arbetet ökar. Men detta intervall varierar också beroende på företagets storlek eftersom större aktörer ofta besitter fler resurser och kunskap till nyttjande av idag tillgänglig teknik (Boverket 2020b).

Boverket har hopp om att det redan 2027 ska kunna ställas krav på specifika klimatdata vilket för tillverkare medför tillhandahållande av EPD (Environmental Product Declaration). Enligt Byggmateriellindustrierna kostar framtagningen av en EPD mellan 50 000–200 000 kronor per byggprodukt, följt av detta tillkommer även registrerings- och årsavgift hos den programoperatör företaget väljer skriver Boverket (2020b). Kostnadsspannet är relativt stort eftersom framtagningen är beroende av företagets storlek, produktionsanläggningar och interna kompetenser, produktens komplexitet samt hur tredjepartsgranskning av produkten och tillverkningsprocessen kan gå till. För mindre byggprodukttillverkare kan detta komma att spela en viktig roll i deras konkurrenskraft och etablering på marknaden samtidigt som det riskerar att medföra stora kostnader (ibid.).

# Resultat

Undersökningen har genomförts med två observationer och därefter kompletterats med intervjuer. Delarna består av en beskrivning av produktionsprocessen, uppkomsten av materialspill och dess hantering på de olika företagen samt en sammanställning av spillmängder.

## Generellt

Eksjöhus och Götenehus är två ledande småhustillverkare i Sverige. Eksjöhus tillverkar småhus utifrån 50 olika grundmodeller, medan Götenehus utbud består av 94 olika varianter av flerbostadshus, fritidshus samt småhus, varav 69 är småhus. Husmodellerna kan anpassas till kundernas önskemål i olika utsträckning beroende på husmodell där även garage går att addera. Kundenpassningarna kan påverka storlek på väggar, spännvidder, taklutning, fönster- och dörrplacering samt andra tillval. Företagen jobbar ständigt med att standardisera produktionsprocessen, samtidigt som de vill möta kundens önskemål.

Som småhustillverkare bidrar båda företagen med en materialsats bestående av olika planelement, takstolar samt kompletterande material för montering på byggarbetsplats. För Eksjöhus tar byggprocessen slut när lastbilen lastar av materialsatsen på byggarbetsplatsen, medan Götenehus, genom totalentreprenad, även kan fullfölja processen till nyckelfärdigt hus.

Studien undersöker enbart tillverkningen av väggelement och takstolar eftersom produktionsprocessen för elementen är lik för båda företagen och därmed jämförbar i hög utsträckning.

## Produktionsprocess

Både tillverkningen av väggelement och takstol startar med att materialet kommer in till fabriken, det kapas upp och förflyttas på vagnar eller ställningar till rätt produktionsavdelning där montage av vägg eller takstol sker. Eksjöhus använder främst rullvagnar för att flytta runt material samt en truck för att ta in nya virkespaket, medan förflyttning av material i Götenehus fabrik sker med truckar.



## Väggelement

Väggarna som monteras består av en 195 millimeter regelstomme med tillhörande installationsskikt på 45mm hos Eksjöhus och 70mm hos Götenehus. Fortsättningsvis är isoleringen 240mm tjock hos Eksjöhus och 265mm hos Götenehus, vindduk på utsida, tätskikt mellan stomme och installationsskikt samt OSB-, spånskiva eller plywood på insidan. Beroende på fasadval monteras på utsida spikläkt följt av antingen panel eller lämnas tomt för putsskiva som monteras på byggarbetsplats.

Till en början reglas väggen upp med 195-reglar som möter hammarband och syll vartefter delelement med fönster eller dörrar placeras ut enligt ritning. Beroende på om väggen är till bottenvåningen eller ovanvåningen kan syllen utgöras av olika dimensioner. På nedervåningens långsidor används en 95mm bred syll hos de båda aktörerna för att på byggarbetsplats kunna möta en styrregel som visar väggens placering på plattan. Eksjöhus använder 95-syll även på ovanvåningen, medan Götenehus har en bredd på 195mm. Vidare isoleras väggen, tätskikt monteras följt av ett installationsskikt. Slutligen monteras invändiga skivor på väggen innan den vänds vartefter vindduk, läkt och panel monteras. Det sista som sker är att foder, smyg, plåtdetaljer och skyddsreglar monteras på väggen, som skydd under leverans, följt av att den placeras på en vagn och körs ut på färdigvarulager redo för leverans.

Vid enstaka felkapat material eller en miss i kapordern till de individuella arbetsbänkarna kan montörerna själva kapa upp rätt virke direkt på stationen utan att begära instick i någon av kapmaskinerna. Vid större avvikelser eller uteblivna dimensioner kontaktas kapavdelningen för att korrigera problemet så produktionen kan fortsätta med minimal väntetid.

### *Götenehus*

I Götenehus fabrik sker väggproduktion på 12 arbetsbänkar fördelat i tre arbetsgrupper, A1–A3. Mellan stationerna A1 och A3 finns ett materialtorg där allt uppkapat material från kaphall finns tillgängligt för operatörerna att hämta. Material som tas härifrån ska inte behöva vidare behandling av operatör vid montage, se Figur 2.



**Figur 2 – Materialorg med uppkapat material**

Vidare finns ytterligare ett materialorg med inköpta konfektionerade reglar av standardlängder enligt standard takhöjd (2,5m och 2,7m) och spånskivor i standardstorlekar. Där ligger även spik- och skyddsläkt vilka kapas på plats vid respektive montagestation. Lagret fylls ständigt på efter behov, se Figur 3.



**Figur 3 - Materialtorg med standardmaterial**

Med denna uppdelning hämtas det material som behövs på vagn från respektive materialtorg och det samlas därav inte onödigt virke runt arbetsbänkarna.

Montagearbetet sker med två montörer per bänk som färdigställer en hel vägg i taget. På insida vägg förbereder montör för elinstallation med kabelrör och eldosor. Samtlig spikläkt kapas upp i kapsåg vid arbetsbänken innan panel sätts. Urtag för detaljer eller fasadkomplettering monteras följt av att väggen placeras stående på en vagn som sedan tillsammans med tillhörande väggar i samma order körs ut på färdigvarulager innan leverans. En normal montagestation ser ut enligt Figur 4 med tillhörande bänk för verktyg och tillbehör.



**Figur 4 - Montagebänk**

*Eksjöhus*

Produktionen sker på en linje eller på specialbänk. Vägglinjen har upp emot 12 väggar i omlopp samtidigt på ett löpande band, se Figur 5.



**Figur 5 - Vägglinjen**

Vägglinjen är utformad som ett U och löper neråt i lokalen i bild. Till höger syns färdigställda väggelement.

Eftersom arbetet vid vägglinje innebär mer repetitiva moment, liknande löpande bandet, är det därav enkelt att ersätta personal vid frånvaro eller anställa ny personal eftersom momenten är av enklare falang med många hjälpande händer runt omkring.

Runt linjen ställs materialvagnar på lämplig plats i produktionsordningen. I början av linjen placeras alla delelement samt uppkapade hammarband, syll och regler från kap för den aktuella väggen. Vidare finns ett lager av standardreglar för takhöjderna 2,4m och 2,6m samt kortlingar. I mitten av vägglinjen ligger uppkapat material för spikläkt och skivor och i slutet av linjen placeras panel, foder och smyg samt plåtdetaljer. Om en felkapning skett upptäcks denna vid montage följt av att hela vägglinjen behöver stanna upp för att invänta ny kapning.

Bänkarna är utformade för att utföra en specifik uppgift vilket möjliggjort att två större maskiner placerats ut vid installation av 45-regel samt panel. Operatören markerar vart respektive spikrad ska fästas vartefter maskinen spikar samtliga virke över hela väggen.

Maskinen möjliggör effektivisering av arbetet och bidrar till en mer ergonomisk arbetsplats där montörer inte behöver klättra över väggen, med spikpistol, för att fästa allt material.

Väggstillverkning sker även på tre specialbänksstationer där väggar med mer specifik utformning, avvikande takhöjd, gavelidor eller annan typ av snedsågning sker. På specialbänkarna jobbar personalen i par om två per arbetsbänk. Här sker montage antingen från start till färdigt planelement på en eller två bänkar. Effekten av en felkapning eller miss i kaporder påverkar inte övriga bänkar i produktionen än för den egna stationen. Här ställs högre kompetenskrav på montören eftersom de genomför samtliga moment och hanterar en mängd olika verktyg. Innan virket kommer till specialbänkarna hamnar det på ett mellanlager intill kapmaskiner, se Figur 6.



**Figur 6 - Mellanlager**

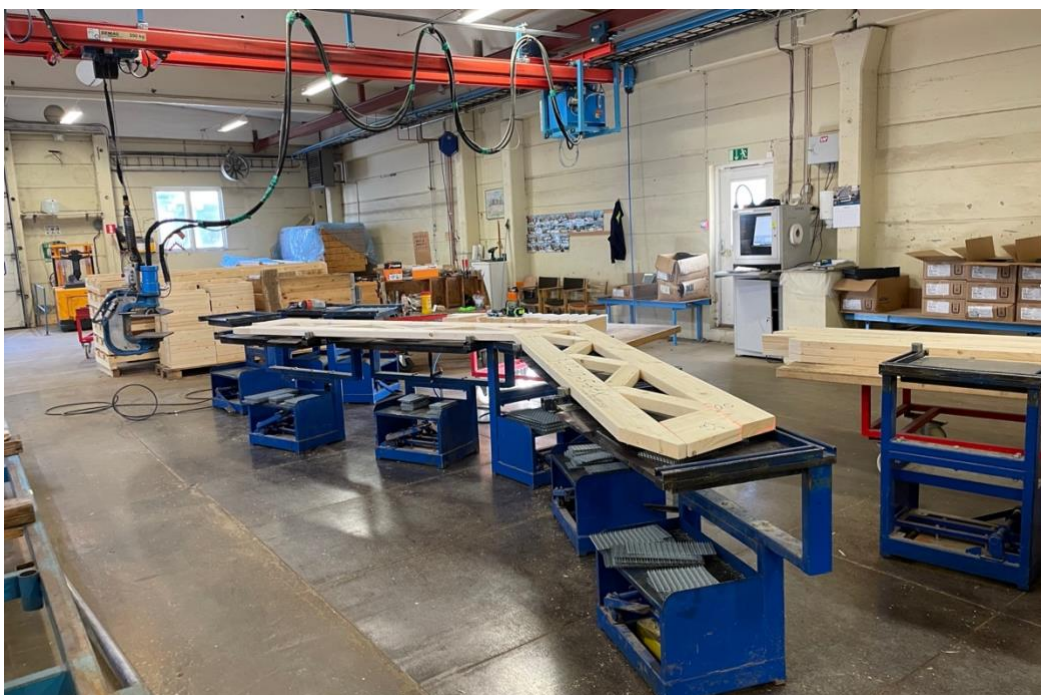
Här placeras uppkapat material i ordning innan det går vidare till montagestation.

Vad gäller behandlingen av virket anländer samtliga panelbrädor till fabrik med en grå grundstrykning. För foder och smyg har virket en grundstrykning och en första strykning i vit kulör. Vindskivorna har en grundstrykning och två lager med vit färg. Övrigt virke är obehandlat.

## Takstol

Material till takstol kapas upp i styrd automatisk maskin. Maskinerna på respektive fabrik fungerar på liknande sätt och kan optimera för spill samt säkerställa korrekt snedkapning. För maskinoperatören är det viktigt att kapning sker på en nivå som möjliggör en god sortering av det kapade virket för att underlätta vid montage. Att uppnå en god sortering är svårt om en stor mängd material kapas i samma svep, därför måste operatören begränsa volymerna till några enstaka takstolar i taget för att underlätta sortering på de två till tre vagnar som finns att tillgå. Respektive del i takstolen markeras därefter med tillhörande nummer från ritningen. Vid sjukdom kan operatören vara svår att ersätta på grund av maskinens avancerade teknik.

I respektive fabrik finns två monteringsstationer. Stationerna består av flera mindre pressbänkar som hålls på plats med hjälp av magnetism mot ett stål-golv. Två laseranordningar i taket projicerar vart undre och övre spikplåt ska sitta samt skarv mellan bitar varefter operatören placerar pressbänkarna på rätt plats, se Figur 7.



**Figur 7 - Montagestation takstolar (Eksjöhus)**

Till vänster om takstolen syns den maskin som används för att sätta pressplåtarna på plats. Runt om stationen finns fler pressbord att tillgå, med enkel justering av pressborden kan större takstolar monteras.

Bitarna häftas ihop med en klammerpistol följt av att pressplåtar sätts på plats enligt ritning. Efter pressning lyfts takstolen upp på vagn med travers och bandas ihop med takstolar av samma utformning innan de körs ut på färdigvarulager.

## Götenehus

Utifrån kapfil, med hänsyn till tillgängliga längder på lager, optimerar maskinen kapningen och redovisar hur många av respektive dimension och längd som truckföraren sedan hämtar. Vid framtagning av konstruktionshandlingar utgås från att virke med längden 5,4 meter finns tillgängligt på lager. Detta möjliggör att överläggare sällan behöver skarvas. Däremot kan toppen behöva separeras på höga takstolar för att få plats på lastbil. Pressplåtar pressas då in i takstolen vartefter toppen monteras på byggarbetsplats.

Materialet körs fram med truck till ett band där operatör säkerställer att virkets dimension och längd matas in i rätt ordning innan det bearbetas. Efter bearbetning placeras materialet på vagn och körs direkt till montering, eller på pall för mellanlagring.

På Götenehus kan kapning till takstolar ske i två kapmaskiner. Uppdelningen medför en minskad risk för att ett driftstopp av en maskin skulle medföra försenade leveranser. Materialet ligger, i normala fall, 2–3 dagar efter att det kapats upp. Arbetsstationen ser ut enligt Figur 8.



**Figur 8 - Datorstyrd maskin (Götenehus)**  
Maskinen kapar upp samtligt stomsvirke.



### *Eksjöhus*

Material kommer in på en rullbana med plats för några olika virkespaket. Dock kan operatören endast utgå från ett virkespaket i taget varvid någon optimering mellan olika virkespaket inte sker. Den främsta längden som används för konstruktionsvirket är 4,8 meter och ritningarna är därför även anpassade efter detta. På grund av detta behöver ibland både över- och underliggare skarvas, vilket sker på en, ur konstruktionssynpunkt, läglig position.

Kapning sker order- och dimensionsvis där operatören via kapfil från beredningsavdelning säkerställer att rätt virke ligger på ingående rullbana innan bearbetning. Uppskapat material kommer ut och sorteras enligt montagepersonalens föredragna ordning för smidig montering.

Färdig order körs ut på ett mellanlager innan det går vidare till montage. Vid behov kan kompletterande sågning ske i pendelkapar som också finns i lokalen, men helst kapas allt i den större datorstyrda, automatiserade maskinen för att få en god kvalitet på snitten.

Eftersom Eksjöhus enbart har en maskin för kapning till takstol är det viktigt att hålla i drift för att produktionen av takstolar ska fortlöpa effektivt. Ett avbrott på längre än två dagar kan medföra försenade leveranser.

### **Delelement**

Sammanställningen av fönster och dörrar sker på separat montagestation för att enkelt kunna lyftas och monteras i väggblocket. Fönster eller dörr placeras i en rigg som sammansätts med stolpar, över- och underliggare samt tätning till ett komplett block. Efter sammanställning placeras delelementen i en ställning. Produktionspersonal på väggmontage ska enkelt kunna ta delelementen i den ordning de är placerade på ritning. En montagestation med tillhörande delelement syns i Figur 9.



Figur 9 – Delelement

### *Götenehus*

Materialet till delelement levereras färdigkapat från kaphallen. Det färdigkapade materialet består av fingerskarvade regler med urhak samt överliggare. Fingerskarvningen bryter träets fibrer vilket reducerar risken för vridning av materialet. Övrigt material utgörs av vanligt virke i dimensionen 45x195mm. Underliggare köps in som konfektionerat material i några utvalda återkommande mått med en fasning för bättre vattenavrinning. För andra mått behöver montör kapa upp underliggare vid arbetsbänk. Montage av bärlinor och isolering av delelementen sker först i väggproduktionen. Efter montage placeras delelementen ståendes i en ställning för att underlätta plockningen av rätt delelement vid montage.

## *Eksjöhus*

På Eksjöhus finns en kapmaskin avsedd för att endast kapa upp virke till delelementtillverkningen. Här kapas samtliga ingående komponenter såsom regler, bärlinor samt över- och underliggare. Vidare skickas materialet på vagn till montagebänkar där personalen individuellt sammansätter elementen som slutligen isoleras innan de skickas vidare till väggmontaget. För bärlinor som följer hela väggens längd sker montage i stället på vägg tillverkningen. Delelementen placeras på en vagn där den översta kommer först i montageordning. Allt virke utgår från dimensionen 45x195mm.

## **Vindskiva**

Vindskivor består av två brädor med kompletterande styrregel för smidig montering. Beroende på fabrik kan de levereras som behandlade eller obehandlade. Eftersom vindskivan är en synlig detalj har den högre estetiska krav där skarvning undviks i största möjliga mån. Om skarvning sker ställs höga krav på dess genomförande. Vindskivan utgörs av långt virke som täcker hela taklutningen. En vindskiva ser ut enligt Figur 10.



**Figur 10 - Vindskiva**

I bild visas en vindskiva, ovasidan är det som syns utåt. Undertill sitter en styrregel som håller vindskivan på plats.

## Gavelspets

På gavlar förses takstol med spån- eller OSB-skiva, vindduk, spikläkt och panel. Panelen kapas upp av montör vid montagestationen. Respektive fabrik har en enskild station där detta utförs. En typisk gavelspets ser ut enligt Figur 12.



Figur 11 - Gavelspets

## Måleriverkstad

Götenehus har en egen måleriverkstad där samtlig panel, foder och smyg grundmålas samt får en mellanstrykning. Sista lagret målas på plats efter färdigställd byggnad. Som kund för flerbostadshus kan valfri kulör väljas, men för fritidshus och villor finns standardkulörer grå, mörkgrå, vit och röd att välja mellan. För foder och smyg förekommer vit och grå kulör.

Virke placeras på en ingående rullbana vartefter en automatiserad maskin målar och torkar virket. Operatörernas uppgift är att ordna material på ingående rullbana samt paketera det efter behandling. Efter måleriverkstad placeras materialet på mellanlagret innan det når kaphall eller produktion.

## Spillmaterialets uppkomst och hantering

Större andelen av spillet uppkommer där materialet kapas upp. Kapmaskinerna som används har olika förutsättningar, vissa är i princip helt datorstyrda medan andra är manuella. De datorstyrda maskinerna får en kapfil och kan därefter optimera materiallängder för ett minskat spill, en typisk maskin ser ut enligt Figur 12.



Figur 12 - Datorstyrd maskin (Götenehus)

I de manuella maskinerna får operatören själv optimera utifrån materiallängder och kapnota i pappersform, en typisk maskin ser ut enligt Figur 13.



Figur 13 - Manuell maskin (Götenehus)

Det finns också olika grad av automatisering där maskinen själv kan mata in obearbetat material på ena sidan och skicka ut färdigkapat material på den andra, exempelvis de större maskinerna som kapar upp material till takstol. Då får operatören en mer övervakande uppgift. Däremot kräver de flesta maskinerna att operatören placerar dit rätt virkestyp och -längd för varje ny kapning. Vanligtvis påbörjas manuell kapning, där ansvaret ligger på operatören att optimera för spill, med att ta ut de längre längderna och därefter gå på de kortare, för att minimera mängden restbitar eller spill som uppstår.

Restmaterial eller restbitar utgörs av överblivet virke från tidigare order som sparats i ställning, intill montagestation eller kapstation. Ett exempel för sparad material vid den egna stationen visas i Figur 14 och en ställning för restbitar visas i Figur 15.



**Figur 14 - Sparat material intill maskin (Eksjöhus)**



**Figur 15 - Sparat material intill E3 och E4**  
Vagnen består av varierande dimensioner och längder.

Att spill uppstår beror på flera olika orsaker. Det görs alltid en *renkapning* på virket från sågverket för att bli av med brister i virkets ändrar där sprickor, vinklar och böjningar kapas bort. Renkapning är normalt 2-10cm per ände.

Det spill som uppstår vid längdkapning efter optimering kallas *längdspill* och utgörs normalt sett av kortare bitar. Vissa komponenter har företagen valt att köpa in konfektionerat, det vill säga att materialet är förbearbetat och i rätt längd. För detta material uppstår inget längdspill. Att genomföra kapning för en hel order i ett svep för att optimera för längdspill kan dock i vissa fall ställa till sorteringen av materialet inför montage och är därför inte alltid möjligt.

För panelbrädor, foder, smyg och vindskivor sker vanligtvis *kvalitetsurlägg*. Kvalitetsurläggen orsakas av kvistbildning, sprickor eller om virket är vridet eller böjt. För de kvistar som är torrkvistar finns en risk att de faller ut efter en tid, såvida de inte redan gjort det före behandling, och då bildar en urgröppning. Denna visuella kvalitetsdefekt är inte önskvärd för synliga komponenter och går därför till spill.

För takstolar sker kvalitetsurläggen i stället vid kvistbildning, sprickor eller vankant. Kvistgrupper kan medföra svårigheter att få pressplåtar att fästa ordentligt. Vankant innebär att virket har en träfattighet i tvärsnittet, det vill säga mindre dimension på någon sektion. Detta uppstår i sågverket då optimering av timret ger en rundning i kanten på brädan för att få ut så mycket virke som möjligt av stocken. Även vankant medför svårigheter att få takstolens pressplåt att fästa tillräckligt vilket leder till kassering av materialet.

Att optimera för materialspill prioriteras hos de båda företagen i den mån som är möjlig. Vid krav på högre produktionstakt kommer effektiviteten prioriteras och optimering avseende materialspillens uppkomst åsidosätts för att säkerställa att produktionen blir klara i tid. Under en sådan period nedprioriteras att spara på restbitar eller lägga ner tid för att minimera längdspill jämfört med en period med lugnare produktionstakt. Produktionspersonalen har alla olika arbetssätt för att hantera spill eller minimera dess uppkomst där vissa är mer noggranna än andra för optimering. I de maskiner som är datorstyrda och automatiska har den mänskliga faktorn en mindre inverkan på materialspillens uppkomst.

Materialspill kan även uppstå vid skador på material i form av stötar eller hög fuktpåfrestning vid leverans eller transport inom den egna fabriken. Leveransskadat material är ovanligt och reklameras normalt direkt till sågverk vid ankomst.

För att undvika spill från fuktbetingade rörelser av virket i fabriken sker en befuktning av lokalerna, vilken håller en fukthalt på 50% relativ fuktighet, se Figur 16.





**Figur 16 - Befuktare**

Befuktare är monterade i taket med jämna mellanrum i lokalerna.

Befuktning sker för att materialet ska kunna lagerhållas längre samtidigt som det behåller sin form. Skulle befuktaren sluta fungera under en längre period än några timmar finns risk för att omonterat virke vrider sig och behöver då kasseras. Det är därför viktigt att banda ihop virkespaket som blir stående en längre tid.

Vad gäller lagring bandas normalt det kapade materialet ihop på en vagn. Vid för lång lagring av tunnare virkestyper finns en stor risk för fuktbetingade rörelser, vilket därför kräver ett snabbare montage efter att paketet är öppnat. För panelvirke, foder och smyg samt vindskivor innebär detta en lagringstid som helst inte ska överstiga tre dagar. Konstruktionsvirke lagras normalt 3–4 dagar innan det når produktion, men kan ligga längre. Vid längre ledigheter som sommaruppehåll går de normalt ner i uppkapad lagervolym för att minimera risken för spill på grund av fuktbetingade rörelser.

## Götenehus

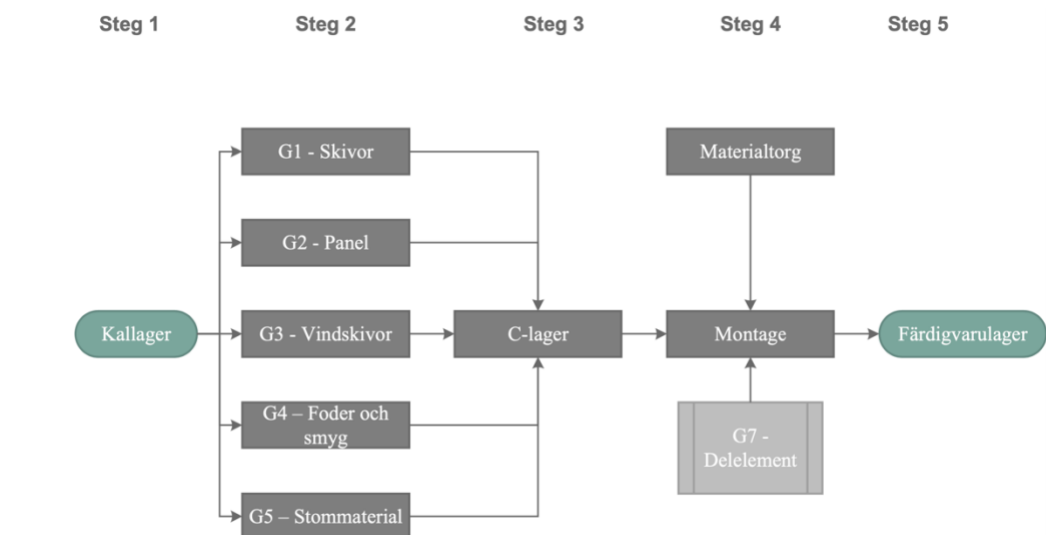
På Götenehus kommer material in och registreras på ett råvarulager. Härifrån skickas det sedan vidare till antingen måleri, kaphall eller direkt till produktion. I kaphallen kapas samtliga komponenter förutom reglar i standardmått, läkt samt underliggare till fönster. Reglar i standardmått samt läkt levereras direkt till väggmontagedelen. Underliggare levereras direkt till delementavdelningen.

Panelbrädor, foder och smyg är behandlade när de når produktion. För småhus varierar färgsättningen på panel mellan fyra kulörer vilket kan försvåra användningen av restbitar vid ny order. Foder och smyg är vitmålade. Virket kan också monteras obehandlat om så önskas. Beroende på om virket är behandlade eller inte sorteras de i olika kärl. Skivor sorteras som behandlat och allt övrigt virke som obehandlat. Det material som blir avfall, oavsett om det är behandlat eller obehandlat, kapas normalt upp i kortare längder och slängs i tippcontainer för rätt fraktion. Därefter skickas det till flisutvinning för att slutligen gå till energiåtervinning i ett värmeverk.

Vid flertalet av kaparna finns ställningar där restbitar kan sparas. Om ställningarna skulle bli fyllda rensas dessa och materialet blir avfall som skickas till flisutvinning.

Inför kapning erhålls utskrivna kapnotor, där de tidigare har genomgått en manuell beredning. Vid optimering kan kapnotor skrivas in manuellt i vissa maskiner medan andra tar emot kapnotorna direkt i systemet.

I Figur 17, Figur 18 och Figur 19 redovisas flödesschema för väggelement, takstol och delement.



Figur 17 – Process för väggelementtillverkning



Figur 18 – Process för takstolstillverkning



Figur 19 – Process för delelementtillverkning

### G1 – Skivkap

I skivkapen hanteras plywood och spånskivor. Plywood används främst i badrumsväggar och väggar där köksstomme ska monteras, medan resterande väggar består av spånskivor. Skivorna kommer bandade i stora paket vilka ligger på lager intill maskinen. Vanligast förekommande skivor är 2520x1198mm<sup>2</sup> samt 2420x1198mm<sup>2</sup>.

Maskinen är datorstyrd och kan optimera för spill. Kapnotor fås digitalt direkt in i systemet. Operatören kan välja vilka delar som ska kapas för respektive skiva. Materialet kontrolleras före bearbetning och matas in i maskinen manuellt av operatör. Samtliga kapade skivor markeras med en etikett och placeras i en grenställning med olika fack beroende på vilken vägg som skivan tillhör. Normalt sett används två vagnar där exempelvis en går till nedervåningen och en till ovanvåningen för ordern. Samtliga skivor märks med en datorutskrivna etikett där mått och märkning enligt ritning framkommer.

Spill uppstår antingen på grund av längdspill i form av restbitar som inte kan användas, att skivorna blivit skadade av fukt eller under transporter. Genom optimering kan operatören se till att spillbitar hamnar där materialet är skadat och därmed utnyttja så stor del av skivan som möjligt. Restbitar som uppstår efter optimering kan operatören välja att ta ut skivor med återkommande mått till en senare order. Dessa placeras då i en ställning där skivorna kan lagras till senare orders, se Figur 20.



Figur 20 - Ställning med sparat material

Ett vanligt användningsområde för restbitar är över- och understycken kring fönster eftersom de har återkommande brösthöjd och bredd. För restmaterial i mindre dimensioner kan smalare remsor på cirka 2cm av plywood göras vilka används som komplettering runt fönster.

### *G2 – Panelkap*

Panelkapen är en datorstyrd maskin som kan optimera för spill. Utifrån kapnota lägger operatör in samtliga kaplängder som skall tas fram till den aktuella ordern, vilket kan vara upp emot 10 väggar. Maskinen optimerar sedan hur kapningen kan delas upp utifrån virkespaketets längd. Längderna hämtas och levereras därefter med truck. Vid kapningen kan 2–3 virkeslängder användas för en bättre optimering vid kapningen. Vid liggande panel kapas samtligt material upp. För stående panel kapas enbart kortare brädor till över och under fönster och dörrar, övrigt virke skickas i konfektionerade längder direkt till montagestationen.

Före kapning ser operatören över materialet där kvalitetsurlägg sker, antingen för hela längder eller för delar av material med defekter. Vid kapning kommer maskinen att optimera utefter längd och visa visuellt på skärm var spillbitarna hamnar.

Operatören kan till viss del anpassa optimeringen genom att placera spillbitar där materialet har defekter och på så vis använda så mycket av materialet som möjligt. Spill uppstår av renkapning, längdspill och kvalitetsurlägg.

Restbitar sparas intill arbetsstationen tills kapningen är klar. Eftersom restmaterialet har en specifik kulör kan den vara svår att använda vid nästa kapning på grund av att både kulör och paneltyp kan skilja, men om det ska tillverkas mer av samma paneltyp och kulör så sparas brädorna. Vanligtvis skickas panelbrädorna som kvarstår efter kapningen med leveransen till byggarbetsplats som kompletterande material. Fulla längder kan även placeras på lager för att senare skickas till måleri där de målas över och sedan används åter i produktionen för att minska spillmängderna som uppstår.

### *G3 – Vindskivor*

Avdelningen för vindskivor är separerad från övriga delar. Här sker kvalitetsurlägg, kapning, målning och slutligen montering vid stationen. Vindskivorna är utformade med två plankor som monteras samman med en 45x45 styrregel på baksidan. Kapningen sker i en manuell maskin där operatören utgår direkt från ritning.

Vanligtvis plockar operatören enbart från en längd av de olika dimensionerna vid tillverkningen. På Götenehus kan vindskivor levereras både som behandlade och obehandlade. För de behandlade vindskivorna kan brädan användas, trots torrkvistar, genom att dessa spacklas över och därefter täcks med färg. För att ytterligare spara material kan skarvning av restbitar för själva vindskivan göras med bitar längre än 1,1m och för 45x45-reglen kan skarvning göras på bitar ner mot 0,8m. Vid skarvning spikas två delar samman och skarven spacklas över för att sedan målas. Vid leverans av obehandlad vindskiva kan sådan skarvning dock inte ske.

Eftersom vindskivan är en synlig detalj är kvalitetsurlägg en stor anledning till spill. Detta spill har inget övrigt användningsområde. Längdspill kan användas vid eventuell skarvning om längden är tillräcklig och sparas då intill arbetsstationen. För styrregeln på baksidan kan kortare bitare användas utan att påverka vindskivans utseende, därmed blir spillet något mindre för den komponenten.

Efter färdigställande plastas vindskivorna in och bandas försiktigt ihop.

### *G4 – Foder och smyg*

Kapmaskinen till foder och smyg är en manuell maskin med möjlighet att såga i vinkel. Eftersom maskinen är manuell är det operatören som optimerar för spill. Liksom för panel och vindskivor sker en granskning av materialet inför kapning där kvalitetsurlägg görs. Vanligtvis kapas därefter de längre längderna upp först efterföljt av de kortare.

För foder är överdelen kapad rak och undre delarna snedsågas i enighet med fönsterbleckets lutning. Dimensionerna för fodret är normalt 21x78mm eller 21x120mm.

Förutom raka foder kan även herrgårdsfoder förekomma där tre dimensioner och viss fasning ingår, vilket komplicerar kapningen något. Smyg har en konstant dimension på 21x78mm.

Optimeringen sker för hela småhuset i samma kapning, men för att säkerställa en god optimering krävs en erfaren operatör. Kapningen sker från ett virkespaket där alla brädor har samma längd. Efter kapning placeras materialet i olika fack i rullskåp för tydlig monteringsordning.

Spillet som uppstår beror på kvalitetsurlägg, renkapning och längdspill. De spillbitar som uppstår kapas ner i kortare längder innan de slängs i tippcontainern. Restbitar med en längd som överstiger 1m sparas. Eftersom foder och smyg kan variera mellan vit och grå kulör försvåras sparande av restbitar.

### *G5 & G6 – Stom- och takstolskomponenter*

Kaphallens två mest avancerade kapmaskiner är datorstyrda och körs automatiskt. Maskinerna tillverkar hammarband, syll, regler, bärlinor, kortlingar och takstolskomponenter samt komponenter till delelement. Det är enbart konfektionerade regler utan urhakning som levereras direkt in till väggmontaget, vilka inte medför något spill. Operatören ser till att truckföraren plockar önskvärda dimensioner och längder som maskinen optimerat för från digital kapnota och matar därefter in dessa i rätt ordning i maskinen med hjälp av en rullbana. Kapningen sker därefter helt automatiserat. På utgående rullbana kommer märkt material enligt ritning som operatör placerar på vagn. Operatören sorterar ut virket i montageordning på ställningar för att underlätta kommande arbeten. Materialet bandas därefter innan det körs ut för mellanlagring. För bättre optimering kan komponenter till flera väggelement eller takstolar kapas i samma omgång, däremot hålls väggekompontener och takstolar isär vid kapningen för att underlätta sorteringen.

Det spill som uppstår kapas direkt ner i småbitar och hamnar i en tippcontainer. Längre restbitar kan operatören använda till kortlingar, landgångar eller enbart placera i en ställning där produktionspersonal kan plocka från vid behov. Spillbitar på under 2m slängs direkt i tippcontainer.

För att undvika vridning och underlätta transport bandas samtligt material av stom- och takstolskomponenter efter kapning.

### *G7 – Delelementmontage*

På Götenehus används fingerskarvat virke, ett något dyrare material än vanliga regler till delelement. Den fingerskarvning som reglarna har säkerställer en över lag högre kvalitet på virket för att undvika spill i form av böjda regler.

Underliggare med fasning för vattenavrinning levereras direkt till delelementmontaget som konfektionerat material. Övrigt material till stolpar och överliggare fås från kapning.

Spill uppstår enbart för underliggare för ett fåtal, mer sällan återkommande, fönsterbredder som inte lagerhålls i konfektionerad längd. De regler som sorteras ur på grund av att de är sneda försöker montörer återanvända i väggmontage som kortlingar eller kompletterande kortare regler över och under fönster.

### *G8 – Väggelementmontage*

Reglar av standardlängd, 28x145-brädor, skyddsläkt och spikläkt hämtas på materialtorget. Samtliga komponenter, förutom regler, kapas på plats vid montagestationen och ger därför upphov till längdspill. Övrigt material kommer från kapning eller delelementmontage. För liggande panel kommer samtligt panelvirke färdigkapat och för stående panel fås färdigkapade kortare brädor till över och under fönster medan hellånga brädor levereras konfektionerat enligt vägghöjd.

Spill uppstår främst vid snedsågning för takkupor samt gavelsidor med taklutning. Här har virket kapats upp i längder som är cirka 0,2m extra långa för att få en jämn kant från snedsågningen. Vid urskärningar eller klyvning runt fönster, dörrar samt andra detaljer uppstår också spill. Även felkapningar samt längdspill från kapning av spikläkt och 28x145-brädor som används för att enklare fästa foder runt fönster och dörrar kan förekomma. Spikläkt sorteras sällan ur av kvalitetsskäl och kan skarvas utan problem. Eftersom samma dimension på spikläkt används för samtliga väggar kan överblivet material från en vägg nyttjas på en annan. Det är främst längdspill mindre än 1m som kasseras. Det uppstår sällan spill från regler.

För det spill som uppstår kan vissa panelbitar användas till att bygga ut skyddsläkten. I övrigt kasseras det mesta spillet på grund av korta längder, klyvningar och småbitar från urtag.

### *G9 – Gavelspets*

Gavelspetsen består av en panelklädd takstol. Montören arbetar på liknande sätt som vid väggmontage med skillnaden att stommen är en takstol och att gavelspetsen kan levereras både som isolerad och oisolerad. Panelen som takstolen kläs in i kan vara behandlad eller obehandlad där brädorna levereras paketvis i hela längder. Beroende på om det är stående eller liggande panel samt lutningen på taket uppstår här olika mycket spill. Skarvning undviks men kan på större gavelspetsar behöva göras vid liggande panel. Panelmontage påbörjas mot nock och därefter kan avkapat material återanvändas på nästa lager så länge det täcker ytan längdmässigt. För stående panel kan avkapat material återanvändas i en större utsträckning eftersom panelbrädorna generellt är kortare och därav inte behöver skarvas. Vanligtvis kasseras samtligt spill som uppstår efter montage eftersom det är kortare längder och varierande panelsorter.

### *G10 – Takstolsmontering*

Eftersom samtliga takstolskomponenter kommer till montagestationen färdigkapade förekommer normalt sett inget spill på denna station. Det som kan komma att bli spill är om komponenterna har defekter enligt RISE ”Spikplåtsförbundna takstolar i trä”. Defekterna kan påverka hållfastheten om de förekommer där pressplåten ska placeras och beror vanligen på kvistgrupper, torrkvistar eller vankant. Det levererade materialet från kapmaskinen kan även ha sprickor eller vara böjt, vilket också kan leda till oanvändbara delar. Vissa fel kan maskinoperatören upptäcka vid sorteringen efter kapning och då kapa upp nytt material direkt för att undvika stopp vid montering.

### *G11 – Måleriverkstad*

Götenehus har en egen måleriverkstad där panelbrädor, foder och smyg målas. Brädorna för småhusen får en grundstrykning och en mellanstrykning där panelen kan ha kulörerna grå, mörkgrå, vit eller röd och detaljerna målas vita.

Kassering kan förekomma när exempelvis rullbanan genom maskinen hamnar ur synk och material krockar där klumpvis med färg på ytan blir resultatet. Detta upptäcks då inte förens virket gått igenom hela processen och påbörjat torkning. Fenomenet uppstår ytterst sällan men ger upphov till att hela längder behöver kasseras.

Stora synliga defekter kan även uppmärksammas på utgående rullbana efter målning innan det körs in till kaphall eller fabrik. Kassering av virke i måleriverkstad är inget som undersökts i detta arbete.

## **Eksjöhus**

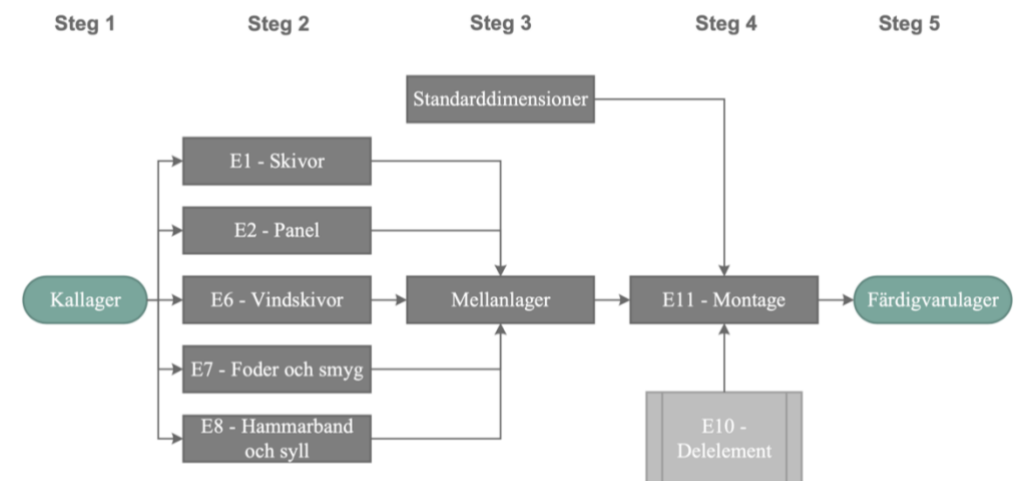
Virket som går till produktion hålls först i ett kallager innan det levereras in till fabriken. Väl i lokalen görs en första granskning av materialet intill respektive kap- eller väggstation beroende på virkestyp. Om paketen av någon anledning skulle ha någon form av kvalitetavvikelse skulle det upptäckas först här. Reglar i standardmått levereras direkt till vägglinjen.

Vid flera av kaparna finns ställningar där restbitar kan sparas. När ställningarna blir fyllda rensas dessa och materialet blir avfall som skickas till flisutvinning. För det material som blir till avfall kapas bitar om cirka 30cm upp innan det slängs i tippcontainer för att ta mindre plats. Spill från panelbrädor, foder, smyg, vindskivor och skivmaterial sorteras som behandlat. Övrigt material sorteras som obehandlat. Materialavfallet, oavsett om det är behandlat eller obehandlat, skickas till flisutvinning och kan därefter fås ut genom energiåtervinning i form av fjärrvärme.

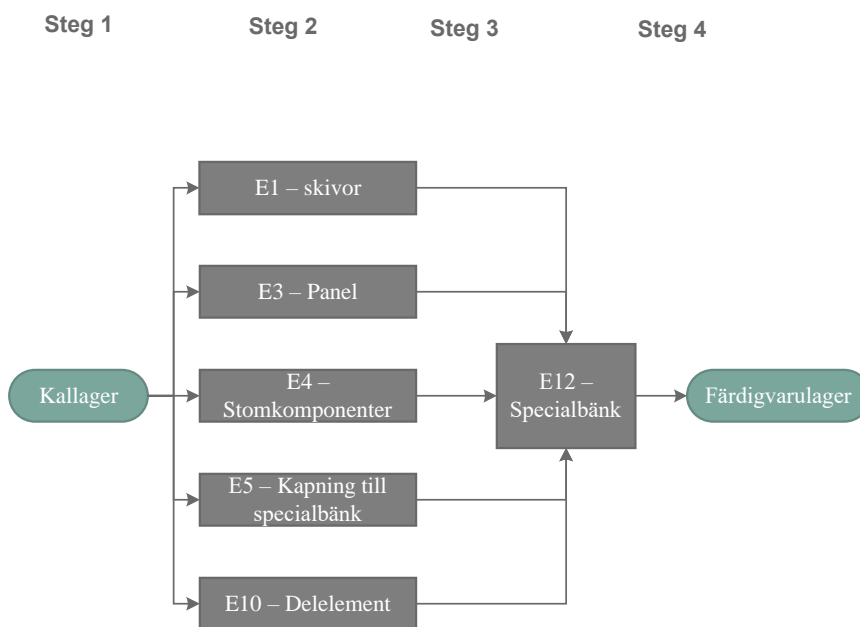
Samtliga kapnotor fås från manuell beräkning i form av handskriven lista förutom för takstolskap och E4 där de erhålls digitalt.



I Figur 21, Figur 22, Figur 23 och Figur 24 redovisas flödesschema för vägglinje, specialbänk, takstol och delelement.



Figur 21 – Process för väggelementtillverkning, linjen



Figur 22 – Process för väggelementtillverkning, specialbänk



Figur 24 – Process för takstolstillverkning



Figur 23 - Process för delelementtillverkning

### *E1 – Skivkap*

Maskinen som kapar upp skivmaterial för ytter- och innerväggar är datorstyrd och optimerar för att minimera spill. Skivor kommer bandade i stora paket vilka ligger på lager intill maskinen. Vanligast förekommande är OSB-skiva med måtten 2620x1198mm<sup>2</sup>. I maskinen kapas även spånskivor för att distansera ut regelmått mellan fönster för att hålla standardmått på över- och underliggare samt plywood som på byggarbetsplats monteras bakom våtrum. Optimering för hela hus anses inte hanterbart utan sker i den grad som möjliggör god sortering. Överblivet material efter optimering försöker operatören använda till att kapa upp mindre skivor med standardmått som samlas på en ställning eller hylla inför kommande order, se Figur 25.



**Figur 25 - Hylla med sparat material**

I hyllan finns diverse bitar av en mängd olika vanligt förekommande dimensioner.

Spillbitar som inte kan användas kapas upp i mindre bitar och slängs i tippcontainer. Operatören ser till att få ut så mycket som möjligt av skivan genom att både plocka restbitar från ställning/hylla med överblivet material samt rotera skivan om den skulle ha någon skada. Vid kapning av likadana skivor kan de placeras på varandra för ett snabbare flöde. Det färdigkapade materialet placeras därefter liggande på vagn, en för yttervägg och en för innervägg, i rätt monteringsordning för väggmontaget.

### *E2 – Panelkapning till vägglinjen*

Panelkapen är en manuell kapmaskin. Maskinen sågar enbart raka snitt och kan inte optimera för spill. Momentet påbörjas med att en pall med panelbrädor körs in med truck. Operatören bedömer kvaliteten där brädor med kvistar, sprickor eller krokigheter sållas ur allteftersom kapningen genomförs. Samtidig kapning sker från samma längd och optimeras genom operatörens uppskattning. För stående panel kapas enbart kortare brädor till över och under fönster och dörrar. Övrigt virke fås konfektionerat i rätt längd direkt till montagestationen. Efter kapning placeras panelbrädorna på vagn i den ordning som överensstämmer med monteringsordningen för väggarna.

Spill vid panelkapning uppkommer främst på grund av kvalitetsavvikelser eller renkapning. En risk med panelbrädorna är att de, på grund av sin tunnare dimension, får fuktbetingade rörelser om de lagras för länge. Därför måste panelbrädorna monteras inom en vecka efter kapning. Spillet har i dagsläget inget annat användningsområde.

Restbitar för panel som sparas överstiger normalt 1,2m. Operatör har ingen ställning för att spara restbitar utan sparar dessa i möjlig mån intill kapstation.

### *E3 – Panel- och regelkap med vinkel till specialbänk*

E3 är en manuell panel- och regelkap som liknar E2 men med möjlighet att ställa in vinkel. Maskinen kan inte optimera för spill, utan ansvaret hamnar på operatören. Kapstationen delar materialuppläggningsbord med E4 vilket virke hämtas ifrån, se Figur 26.



**Figur 26 - Materialbord mellan E3 och E4**

Som framgår av bild finns tre portar som leder till en utvändig, något större, rullbana med plats för ett flertal virkespaket operatörerna kan byta mellan.

Operatören får kapnota från beredning och plockar sedan material från lämpligt virkespaket. Vanligtvis kapas samtligt material av samma dimension från samma paket. Att byta paket flera gånger under en order är tidskrävande varvid någon vidare optimering utifrån spill ej sker. Allt eftersom materialet kapas placeras det på en vagn i lämplig ordning för att underlätta vid montage. Förutom längdspill uppstår även spill vid renkapning. För panelbrädor uppstår kvalitetsavvikelser. För gavelsidor eller specialväggar med snedsågning fås spillbitar på upp emot 20cm beroende på taklutning och om panelen är stående eller liggande. Det spillet uppstår däremot inte förrän vid montage då sågningen i vinkel sker.

Mellan E3 och E4 finns en gemensam ställning för restbitar av längre längder vilken operatörerna kan plocka från. Allt eftersom ställningen fylls på krävs det slutligen att materialet kapas ner i mindre bitar som går till återvinning.

Kortare bitar kan användas till panel över eller under fönster eller kortlingar. I dagsläget slängs spillbitar som understiger 0,6m.

#### *E4 – Kapning av stomkomponenter till specialbänk*

E4 är en datorstyrd panel- och regelkap som tar emot kapnotor digitalt. Kapning av spikläkt sker även här. Maskinen kan både såga raka och vinklade snitt, men kan inte optimera för spill. Ansvaret för optimering hamnar på operatören. Maskinen delar materialuppläggningsbord med E3 och kan därmed också byta materialpaket med hjälp av ett rullband, men att byta paket och optimera för spill är i dagsläget för tidskrävande. Även här sker kapning till specialbänkar. Spillet som uppstår är längdspill eller spill från renkapning. För panel uppkommer även kvalitetsurlägg.

För spill och restbitar gäller samma arbetssätt som för E3.

#### *E5 – Kapning till specialbänk*

E5 kapar samtligt material till specialbänkar vilket innebär panel, foder, smyg, regler, kortlingar samt läkt. Kapning sker normalt för två till fyra väggar åt gången. Maskinen är manuell och kan såga i vinkel, men ansvaret att optimera för spill hamnar på operatören. Eftersom det är olika komponenter som kapas har operatören flera virkespaket att plocka ifrån, däremot är ytan för liten för att ha samma dimension i olika längder och bättre optimera för spill. Spillet som uppstår är längdspill samt renkapning. För panel, foder och smyg fås även kvalitetsurlägg. Att spara spill är en svårighet på grund av den begränsade ytan, men kortlingar samt över- och underliggare kan kapas upp av restbitar. Av panelen sparas bitar som är över 1,2m. Övrigt material slängs i tippcontainer.

#### *E6 – Vindskivor*

Kapningen till vindskivor sker i en manuell maskin där operatören får ritningar utskrivna. Intill stationen finns fyra paket med dimensionerna 28x190mm, 20x70mm, 20x45mm samt en fasad trekantslist av dimensionen 70x70mm. Eftersom vindskivan är en synlig detalj som utgörs av långt virke som följer hela taklutningen är de estetiska kraven höga. Om virket som fås in har många kvalitetsavvikelser uppstår därav mycket spill eftersom en kvalitetsdefekt mitt på en bräda eller en vridning av brädan gör hela oanvändbar. För att minska spillet, och därmed också göra en kostnadsbesparing, kan en del torrkvistar spacklas igen. Spacklingen är ett tidskrävande moment, men eftersom brädorna är dyra att köpa in anses arbetet löna sig för att bättra nyttja materialet.

Det spill som uppstår från kvalitetsurlägg har inga alternativa användningsområden, men för de kortare restbitarna som uppstår kan fingerskarvning göras för att minska spillmängderna. Fingerskarvningen sker för vindskivor där längden överstiger 5,4m. Att uppnå bra resultat från en fingerskarvning är en utmaning eftersom skillnader i fukthalt och densitet kan påverka hur brädorna rör sig gentemot varandra och är därför något som endast görs vid behov. Det finns i dagsläget ingen ställning för restbitar, utan de sparas intill kapstationen i möjlig mån. Efter montage bandas vindskivorna ihop med plastband innan de levereras till byggarbetsplatsen.

#### *E7 – Foder, smyg, hammarband och syll till linjen*

Virke till foder och smyg kapas i en manuell maskin med möjlighet att kapa i vinkel, här kapas materialet upp ordervis till linjen. Maskinen kan inte på egen hand optimera för spill, utan det är upp till operatören att arbeta för ett minskat materialspill. Restmaterial som uppstår sparas intill kapstationen till nästa order, såvida längderna kan användas utan skarvning. Virkeslängder kortare än 0,6m slängs vanligen i tippcontainern.

För foder varierar dimensionen mellan 21x73mm och 20x120mm där spill uppstår på grund av kvalitetsurlägg, renkapning och längdspill. För smyg är måtten på fönsterdjupet vanligtvis standardiserade men med en justeringsmöjlighet på cirka 25mm. Vid justerat fönsterdjup förändras måtten för smyg, både utvändigt och invändigt, vilket riskerar ett ökat spill och svårigheter i att hitta lämpligt material. Efter kapning placeras foder och smyg separerat på en vagn. Materialet ligger i rätt montageordning, fönster för fönster. En vagn rymmer foder och smyg till två småhus. Efter färdig kapning bandas materialet.

I maskinen kapas även hammarband och syll där maskinoperatör, efter kapning, även markerar ut reglarnas placering för att underlätta montage på vägglinjen. Därefter läggs allt uppkapat material till hammarband och syll på en vagn och bandas. Spillet består vanligen av renkapning och längdspill. Av restbitar kan kortare komponenter för eventuell skarvning av hammarband eller syll kapas upp. Dessa har längderna 553mm. Även över- och underliggare till fönster på restbitar från 195-regel som överstiger 1155mm kan kapas. I övrigt finns ingen ställning för restbitar.

Ytorna runt operatörens arbetsstation möjliggör enbart att ha ett paket av virket framme vid kapning och därmed fungerar inte optimering för längdspill genom att använda olika virkeslängder i dagsläget.

#### *E8 – Reglar med urhak samt övrig kapning till vägglinjen*

I E8 sker kapning urhakning i stående väggreglar med standardmått till ytterväggar samt övrig kapning i en manuell maskin som inte kan optimera för spill. Bärninor kan monteras i väggar för att ta emot större laster från takstolar. Övrig kapning för exempelvis garage eller specialreglar som skickas direkt till byggarbetsplatsen kan också ske i E8.

Restbitar som uppstår vid längdspill kan antingen användas till kortare bärlinor eller kortlingar. Förutom längdspill förekommer även renkapning, eftersom det inte ställs några estetiska krav på regler sker ytterst sällan kvalitetsurlägg. De restbitar som sparas placeras intill den egna kapstationen om längden är tillräcklig.

Intill maskinen ligger två virkespaket, men eftersom kapningen är standardiserad sker ingen vidare optimering utifrån olika virkeslängder.

#### *E9 – Spikläkt, regler till installationsskikt samt övrig kapning*

E9 är en datorstyrd maskin av äldre modell. Kapnotor kan inte fås direkt till datorn, men möjligheten finns att programmera in återkommande kapnotor. Detta är en funktion som inte används i dagsläget och optimeringen hamnar därför på operatören. Operatören kapar spikläkt och regler till installationsskikt som levereras till vägglinjen samt annan inredning till småhusen som levereras till byggarbetsplatsen. Standardlängder på spikläkt för liggande panel placeras intill vägglinjen. Majoriteten av läkten kapas i E9 men extra bitar kring detaljer och fönster kapas även vid montagestation. Vid kapning av läkt uppstår inte särskilt mycket spill eftersom större delen av virket kan användas oavsett längd. För det spill som uppstår från kapning till installationsskikt kan användningsområdet bli landgång till takstol. Maskinen har en begränsning på cirka 0,6m för att kunna hålla fast virket, vilket gör att spillbitarna vanligtvis har den längden.

Operatören har flertalet virkespaket placerade runt sin arbetsyta i olika dimensioner för de olika komponenter som kapas i maskinen, men har idag ingen möjlighet att optimera för spill genom att plocka olika längder. Restbitar kan sparas, men har ingen avsedd plats utan sparas endast en kortare tid intill kapmaskinen.

#### *E10 – Delelement (kapning och montage)*

En stor del av stolparna i delelement beställs in i konfektionerade längder vilka går direkt till montage. I de fall material behöver bearbetas görs det i en manuell maskin E10 utifrån 195-reglar. Det innebär stolpar, bärlina, över- och underliggare samt kortlingar. Bärlinorna består vanligen av enkla, dubbla eller tredubbla regler av dimensionen 45x195mm och placeras i urhakning på reglarnas överkant.

Maskinen är manuell och det är därför operatörens erfarenhet och arbetssätt som avgör optimeringen för ett minskat spill.

Med höga krav på rakt virke blir här mycket kvalitetsurlägg. Utsorterade regler har idag inget sekundärt användningsområde och tas därav ur produktion genom att placeras på en vagn. När vagnen är full skickas den i väg och blir avfall.

### *E11 – Väggelementmontage på linjen*

Spill uppstår främst vid montering av 195-stommen och panel. Även felkapningar kan vara en anledning till spill. Vid stående panel levereras bearbetade, konfektionerade panelbrädor till vägglinjen för att kontrolleras kvalitetsmässigt och kortare bitar över och under fönster kapas upp av montör vid E2. Vid liggande panel kapas samtliga panelbrädor upp förväg i E2. Det uppstår därav inte särskilt mycket spill från liggande panel vid montage förutom vid eventuella felkapningar.

I vissa fall behöver panelen kompletteras med extra bitar kring detaljer och fönster. Kompletterande material kapar operatör upp vid montagestation. Vidare kan urtag på panel kring fönster, dörrar och detaljer bidra till spill vilket sker oavsett stående eller liggande panel. Detta spill är svårt att förebygga.

Reglar slängs om de har en böjning, är vridna eller har ett flertal sprickor, vilket ger upphov till en del av spillet. Spillbitar som uppstår från regler har inte något annat användningsområde utan går därmed direkt till spill även för långa längder. Vad gäller spillbitar från panel så kan dessa användas för att bygga ut ett avstånd som skyddsläkten därefter kan monteras på. I övrigt slängs allt spill som uppstår från klyvning, dåliga regler och felkapningar på grund av kvalitetsurlägg. Eftersom väggelementmontage är den sista anhalten i produktionen sparas inte restbitar.

### *E12 – Väggelementmontage på specialbänk*

Samtligt stomvirke samt foder och smyg skickas färdigkapat till specialbänkarna. Panel kommer även det färdigkapat i möjlig mån. För att arbeta effektivt monteras skivor som täcker hela väggens bredd för att sedan snedsåga bort överblivet material. Restmaterial uppstår främst vid detaljstycken då klyvning av panelbrädor sker och spill från snedsågning av panel, läkt och skivor. Vid snedsågning kapas panelbrädorna så att den längre längden normalt är 20cm utanför den lutande väggdelen, vilket ger upphov till en del spill. I vissa fall kan överblivet material tillgodoses, annars kasseras det. I övrigt kan felkapning ha skett vid kapningen av materialet innan leverans till respektive specialbänk, vilket i sådana fall upptäcks vid montagestationen, dock sker det ytterst sällan. Eftersom generalskarvning undviks och långa längder eftersträvas gäller att montören själv ser över hur panelen monteras för bästa resultat. Här kan därför en del spill uppkomma där en ny, längre bräda, sågas till i stället för att montera två korta spillbitar till exempel. Spill från snedsågningen av panel kan användas för att bygga ut skyddsläkten till rätt nivå för att skydda plåtdetaljer, medan övrigt spill kasseras.

### *E13 – Takstol (kapning och montage)*

Takstolskapningen sker i en datorstyrd maskin som kan ta emot kapnotor digitalt. Själva montaget består av över- och underliggare samt strävor där dimensionerna kan variera mellan fem olika. Maskinen kan därefter, på egen hand, optimera för spill för den ordern som körs. Optimeringen gör att generera så lite spill som möjligt för varje kapad omgång.



Hur stor order som kan optimeras avgörs av takstolarnas utformning, men att köra samtliga takstolar till ett småhus i samma kapning sker normalt inte. Operatören sorterar därefter materialet på vagnar i montageordning.

Spillet från kapning till takstol uppstår främst på grund av renkapning och längdspill. Intill kapstationen finns en ställning för restbitar som kan tänkas användas i ett senare skede. Restbitarna bör vara mellan 1,5-2m långa för att kunna användas igen. Exempelvis används de till landgång som fästs på takstolarna.

Vid kapningen till takstolar används enbart en längd vid optimering, trots det materialuppläggningsbord som är anslutet till maskinen, se Figur 27.



Figur 27 - Materialuppläggningsbord

Att byta virkespaket anses för tidskrävande och ur arbetsmiljösynpunkt inte möjligt att lyfta specifika brädor för en bättre optimering.

Vid takstolsmonteringen uppstår i normala fall inget spill förutom vid större avvikelser enligt RISE kravlista för defekter av konstruktionsvirke vid spikplåtsförbundna takstolar. Det kan vara defekter där pressplåten ska placeras, vilket kan påverka dess hållfasthet.

Defekterna beror på kvistgrupper, torrkvistar eller vankant. Det kan också vara sprickor i träet som kapmaskinen missat eller att träet är böjt. Detta spill kan även upptäckas vid sorteringen från maskinoperatören vid kapmaskinen.

## Undersökning

Undersökningen i de båda fabrikerna har pågått under tre arbetsdagar. Innan uppstart av mätning hölls en genomgång med produktionspersonalen på respektive fabrik om undersökningens syfte samt vad som förväntades av dem. Ett formulär delades ut, på vilken operatörerna antecknade ner relevant information för undersökningen, se bilaga H–I. För att göra det enkelt och inte ge upphov till stora avvikelser i produktionen ombads de till att skriva ner hur många hela längder av respektive dimension de använt sig av samt om de plockat från resthylla eller sparat material efter arbetsuppgiftens slut. Efter färdigställd order kontrollerades vilka spillmängder som uppstått genom att jämföra formuläret mot antingen ritning, kaporder eller vägning av tippcontainer. I vissa fall, där ovan inte var möjlig, fick i stället det uppstådda spillet i tippcontainer mätas längdvis för att sedan jämföras mot ingående material.

Mätperioden har varierat för de olika momenten. Samtliga mätperioder påbörjades då exempelvis en ny order påbörjades eller montage av ny vägg eller takstol. Detta gjordes för att kunna jämföra spillmätningen mot en ritning eller kapnota.

Begränsningen i mätningarna utgjordes av spillmängdernas volym, antal plockade längder för operatören att ha koll på eller tidsbegränsning i tillverkningstid vid montage/kapning.

Spillmängden som uppstod beräknades genom att ta total area eller längd för inkommande material och subtrahera det med utgående material samt eventuellt sparat material. Detta har sedan dividerats med ingående material enligt:

$$\text{Spill: } \frac{\text{ingående} - \text{utgående} - \text{sparat} + \text{plockat restmaterial}}{\text{ingående}}$$

På det här sättet kan ett dimensionslöst resultat utläsas för den uppmätta spillmängden.

## Götenehus

Götenehus hade tillgång till en pallvåg på vilken tippcontainerar med spillmaterial kunde vägas. Detta gjordes på stationer där mycket spillmaterial uppstod. Här kunde en skillnad mellan inkommande vikt från virke och spill jämföras.

## G1 – Skivor

Till undersökningen användes 24 hela 2520x1198-skivor samt restbit från tidigare order för två mindre skivor. Utöver spill sparades tre skivor med måtten 395x2520mm<sup>2</sup> på resthylla. Färdigbearbetat material sorterades på grenställning. Spillmängden uppgick till 10% vilken beräknades genom att jämföra inkommande material med kaporder och operatörens anteckningar. Operatören ansåg att kapningen gav en normal spillmängd.

För orden kapades skivor upp för ett helt hus, se Tabell 4. I tabellen har sex standardbreddmått på skivorna angetts. För varje breddmått har den totala höjden på samtliga skivor för respektive bredd angetts som total höjd. Total area för ordern har summerats.

Tabell 4 – Kapat material enligt order

| Bredd [m] | Höjd (total per bredd) [m] | Area [m <sup>2</sup> ] |
|-----------|----------------------------|------------------------|
| 2,520     | 20,470                     | 51,584                 |
| 1,175     | 1,141                      | 1,341                  |
| 0,425     | 15,877                     | 6,748                  |
| 0,088     | 8,431                      | 0,742                  |
| 0,588     | 2,223                      | 1,307                  |
| 2,000     | 0,270                      | 0,540                  |
|           | <b>Totalt</b>              | <b>62,262</b>          |

Ingående material:  $24 * 2,52 * 1,198 = 72,455\text{m}^2$

Sparat:  $3 * 0,395 * 2,52 = 2,986\text{ m}^2$

Spill:  $\frac{72,455 - 62,262 - 2,986}{72,455} = 0,0995 \rightarrow 10,0\%$

## G2 – Panelkap

Vid mätningstillfället arbetade en ovan operatör i maskinen på grund av sjukdom. Det kapades upp virke för två vanligt förekommande småhus med liggande panel från ett virkespaket. Maskinen var inställd så att lika stor renkapning skedde på respektive sida av plankan vilket innebar att längdspill och renkapning blev samma bit.

Vid start av order fanns ingen spillhög att plocka från, men allt eftersom arbetet fortgick sparades restbitar för att potentiellt använda senare.

## Order 1

Operatören kapade utifrån tre längder på 3,6m, 4,8 m samt 5,1m. Dock användes bara ett virkespaket åt gången. Ingående material och spillmängd framgår av Tabell 5.

Tabell 5 - Ingående material

| Typ   | Dimension [mm] | Ingående material [m] | Använt material [m] | Restmaterial + spill [%] | Spill [%] |
|-------|----------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| Panel | 21x145         | 1034,1                | 764,1               | 26,1                     | 24,2      |

30 restbitar med en totallängd på 19,5m sparades för senare användning. I slutändan uppstod 24,2% spill för ordern. Spillet mättes genom att jämföra ingående material med kapnota och anteckningar från operatör.

$$\text{Spill: } \frac{1034 - 764,084 - 19,5}{1034} = 0,2423 \rightarrow 24,2\%$$

## Order 2

Operatör kapade utifrån längderna 3m, 3,6m samt 5,4m. 17 mindre restbitar sparades på totalt 16,7m. Ingående material och spillmängd framgår av Tabell 6.

Tabell 6 - Ingående material

| Typ   | Dimension [mm] | Ingående material [m] | Använt material [m] | Restmaterial + spill [%] | Spill [%] |
|-------|----------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| Panel | 21x145         | 1051,8                | 1001,9              | 4,7                      | 3,2       |

Det uppstod 3,2% spill för orden. Spillet mättes genom att jämföra ingående material med kapnota och anteckningar från operatör.

$$\text{Spill: } \frac{1051,8 - 1001,893 - 16,69}{1051,8} = 0,0316 \rightarrow 3,2\%$$

## G3 – Vindskivor

Normalt plockas virke från 4,8m, 5,1m eller 5,4m. Vid mätningstillfället användes endast 4,8m. Oavsett längd brukar spillmängderna inte ge upphov till någon märkbar skillnad pointerade operatör. Detta eftersom operatör vid behov kan skarva order med vitmålade vindskivor.

Ingående materiallängd var 75,232m av 28x170 samt 36,475m av 45x45. Det uppstod 1,395 m spill av 45x45-regel samt 5,9m av 28x170-virket. Detta gav en spillandel på 3,8% för 45x45-reglen samt 7,8% för 28x170-virket.

Spillmängden kontrollerades genom att mäta de spillbitar som uppstod efter avslutad order. Det spill som uppstod kom enbart från renkapning.

$$Spill_{45 \times 45}: \frac{36,475 - 35,08}{36,475} = 0,0382 \rightarrow 3,8\%$$

$$Spill_{28 \times 170}: \frac{75,232 - 69,332}{75,232} = 0,0784 \rightarrow 7,8\%$$

#### G4 – Foder och smyg

Vid mätningstillfället var ordinarie personal sjukskriven varvid tillfällig operatör tog vid arbetsuppgifterna. Operatören informerade om tidigare erfarenhet av maskinen och arbetssättet. Enligt operatören var ordern representativ, men han pointerade att det normalt kan sparas fler kortare restbitar genom att innan avslut stämma av kommande order, och på så sätt bättre tillgodose restmaterial till dessa. Eftersom operatören inte skulle fortsätta utföra kapning i maskinen gjordes ingen vidare kontroll av kommande order, därav kasserades samtliga mindre bitar.

Kapningen utfördes för ett vanligt förekommande hus med enkla, raka foder. Eftersom det är en återkommande dimension och kulör kan längre restbitar sparas till kommande order. För ingående längder, se Tabell 7.

Tabell 7 - Ingående längder för respektive dimension

| Kapnota        | Dimension [mm] | Längd [m] |
|----------------|----------------|-----------|
| Smyg           | 21x78          | 91,0      |
| Foder          | 21x78          | 79,9      |
| <b>Totalt:</b> | 21x78          | 170,9     |

Spillet som uppstod kontrollerades genom att mäta i tippcontainer, vilket motsvarade 19,57m. Eftersom dimensionerna av foder och smyg var detsamma var det ej möjligt att skilja på dessa i spillet. För ordern sparades sex plankor på vardera 2m. Spillandelen motsvarade 10,3% av det inkommande materialet.

$$Spill: \frac{19,57}{170,878 + 19,57} = 0,103 \rightarrow 10,3\%$$

#### G5 – Stom- och takstolskomponenter

I denna maskin genomfördes flera mätningar. Här antecknade operatören hur många fulla längder som gick åt till respektive order vilket sedan jämfördes med kapnota.

Operatör pointerade att volymerna som kapats för syll, regler, hammarband och takstol var något mindre än vanligt, men att spillmängderna ändå ansågs representativa.

## Hammarband, regler och syll

Order 1:

$$\text{Syll}_{45 \times 185} : \frac{27-24}{27} = 0,111 \rightarrow 11,1\%$$

$$\text{Syll}_{45 \times 120} : \frac{3-2,33}{3} = 0,2233 \rightarrow 22,3\%$$

$$\text{Hammarband och regler}_{45 \times 195} : \frac{86,1-70,39}{86,1} = 0,183 \rightarrow 18,3\%$$

Order 2:

I denna order togs restmaterial till vara genom att producera 10 kortlingar.

$$\text{Syll}_{45 \times 185} : \frac{56,2-51,44-6*0,554}{56,2} = 0,0256 \rightarrow 2,6\%$$

$$\text{Hammarband och regler}_{45 \times 195} : \frac{122,1-118,18-4*0,554}{122,1} = 0,014 \rightarrow 1,4\%$$

## Takstol

Vid kapning av takstolsvirke användes tre dimensioner, 45x95, 45x145 samt 45x170. För respektive dimension har samtliga längsta längder för virket summerats ihop. Eftersom operatör har antecknat hur många hela längder som har använts vid kapningen kunde skillnaden däremellan beräknas, det vill säga längdspillet eller det teoretiska spillet. Eftersom takstolarna består av flertalet vinklar, urtag och andra mer avancerade former har inte en exakt längdberäkning utförts. Den teoretiska beräkningen kommer att ge ett lägre värde i jämförelse med det riktiga värdet, vilket därför kommer att jämföras med vikten från spillet i tippcontainern för att få ett mer verklighetstroget värde. Den faktor som skiljer det verkliga spillet från det teoretiska kommer att användas för att få jämförbara värden hos Eksjöhus där spillet inte kunde vägas eller mätas med god noggrannhet utan enbart beräknas teoretiskt. Ett medelvärde av samtliga dimensioners teoretiska spill beräknades slutligen till 3,7%, se Tabell 8.

Tabell 8 – Teoretisk spillberäkning för takstolskapning

| Dimension [mm] | Teoretisk längd [m] | Inmatad längd [m] | Spill [%] |
|----------------|---------------------|-------------------|-----------|
| 45x95          | 134,3               | 140,4             | 4,3       |
| 45x145         | 159,3               | 165,0             | 3,5       |
| 45x170         | 153,9               | 159,3             | 3,4       |
| Summa:         | 447,4               | 464,7             | 3,7       |

Vid vägningen av tipptainern kunde inte dimensionerna separeras, varvid en gemensam spillmängd för ordern beräknades.

Det ingående materialet var konstruktionsvirke med en densitet på 420 kg/m<sup>3</sup> (Svenskt Trä 2023c) av dimensionerna 45x95, 45x145 samt 45x170.

$$\text{massa:} = l * A_{\text{tvärsnitt}} * \rho_{\text{mean}}$$

$$45 \times 95: 140,4 * 0,004275 * 420 = 252,1 \text{ kg}$$

$$45 \times 145: 165 * 0,006525 * 420 = 452,2 \text{ kg}$$

$$45 \times 170: 159,3 * 0,00765 * 420 = 511,8 \text{ kg}$$

Spillmängden vägdes till 81,5kg vilket gav en procentuell mängd på 6,3% av det inkommande materialet.

$$\text{Spill: } \frac{81,5}{252,1+452,2+511,8+81,5} = 0,0628 \rightarrow 6,3\%$$

Spillet från avancerade urtag beräknas därmed motsvara 2,6% av kapningen.

$$\text{avancerade urtag} = \text{praktiskt} - \text{teoretiskt} = 6,3 - 3,7 = 2,6\%$$

## Delelement

För denna order kapades samtliga stolpar, bärlinor och regler för ett komplett hus. Delarna kapades upp från fingerskarvade regler i längden 2,8m av dimension 45x195. Det ingående materialet var totalt 103,6m och för kaporden 91,632m. Av det ingående materialet sparades 1,656m till senare användning som överliggare. Spillmängden kontrollerades genom att jämföra ingående längd med kapnota och operatörens anteckningar.

$$\text{Spill: } \frac{103,6-91,632-1,656}{103,6} = 0,0995 \rightarrow 10,0\%$$

## G7 – Delelementmontage

Montören lade undan samtligt spill som uppstod under två arbetsdagar. Det spill som uppstod berodde på längdjustering av konfektionerad, fasad underliggare samt plywood som kapades och monterades på arbetsstationen se Tabell 9.

Tabell 9 – Monterat material med tillhörande spill

| Dimension [mm] | Monterad längd [m] | Inmatad längd [m]  | Spill [%] |
|----------------|--------------------|--------------------|-----------|
| Fasad 45x195   | 16,9               | 17,3               | 2,1       |
| Plywood        | 9,0m <sup>2</sup>  | 12,5m <sup>2</sup> | 28,0      |

Mätningen pågick för tillverkningen av 19 delelement.

### *G8 – Väggelementmontage*

Montörerna antecknade samtligt material som tagits från materialtorget och ombads tömma tippcontainer innan påbörjat arbete. Här har både stående och liggande panel undersökts för två stationer som monterat rektangulära väggelement.

Materialet har delats upp i behandlat och obehandlat där varierande dimensioner blandats. Det spill som uppstått har först kontrollerats visuellt för att avgöra ungefärlig fördelning av dimensioner och sedan vägts.

### Order 1 (liggande panel)

Projektet utgjordes av en radhuslänga där åtta väggelement färdigställdes. Fasaden var av enklare variant med en liggande slät panel av dimension 28x145. Några av väggarna hade få fönster och detaljer. Samtliga väggar var av liknande storlek på  $\sim 2,8 \times 5,8 \text{ m}^2$ .

I Tabell 10 presenteras de dimensioner som gett upphov till spill samt hur mycket av respektive som monterats.

**Tabell 10 – Monterat material med tillhörande spill**

| typ                   | Dimension [mm] | Längd [m] | Spill [%]   |
|-----------------------|----------------|-----------|-------------|
| <i>Spikläkt</i>       | 28x70          | 153,0     | 17,8        |
| <i>Spikläkt</i>       | 28x145         | 45,0      | 10,0        |
| <i>Syll</i>           | 45x185         | 46,4      | 8,5         |
| <i>Skyddsläkt</i>     | 29x45          | 162,0     | 16,5        |
| <i>Skyddsläkt</i>     | 14x45          | 69,0      | 16,9        |
| <i>Panel</i>          | 21x145         | 685,0     | 3,7         |
| <i>Foder och smyg</i> | 21x78          | 100,6     | Inget spill |

Totalt slängdes 60,5 kg obehandlat samt 34 kg behandlat material. De sparade 4,13m av 28x70.

### Order 2 (stående panel)

Här sammanställdes ett enbostadshus av herrgårdsstil med åtta väggar. Fasaden hade stående panel 21x145 med tillhörande hattläkt 24x42, runt fönster och dörrar fanns väl detaljerad foderutsmyckning.

Från start hade denna order  $\sim 32$  kg felkapat panelmaterial vilket gick direkt till kassering. Felkapning är ovanligt och upptäcks i normala fall vid start av montage. Fortsättningsvis räknas felkapningen in eftersom det inte är representativt för normal produktion.



Till denna order monterades även fyra garageväggar vilka hade få detaljer. Garageväggarna var av enklare konstruktion där det inte uppstod något spill. Dessa har därav inte tagits med i undersökningen eftersom en komplementbyggnad inte är representativt för småhusproduktion.

I Tabell 11 presenteras monterat material som gett upphov till spill samt ingående längder, borträknat det felkapade panelmaterialet.

**Tabell 11 – Monterat material med tillhörande spill**

| Typ               | Dimension [mm] | Längd [m] | Spill [%]   |
|-------------------|----------------|-----------|-------------|
| <i>Spikläkt</i>   | 28x70          | 194,3     | 2,8         |
| <i>Spikläkt</i>   | 28x145         | 73,3      | 1,8         |
| <i>Syll</i>       | 45x185         | 41,8      | 2,3         |
| <i>Skyddsläkt</i> | 28x70          | 202,0     | Inget spill |
| <i>Skyddsläkt</i> | 29x45          | 117,0     | 1,8         |
| <i>Foder</i>      | 45x45          | 28,1      | Inget spill |
| <i>Foder</i>      | 45x70          | 29,3      | Inget spill |
| <i>Foder</i>      | 45x95          | 17,6      | Inget spill |
| <i>Smyg</i>       | 21x78          | 101,0     | Inget spill |
| <i>Panel</i>      | 21x145         | 613,5     | 7,2         |
| <i>Panel</i>      | 24x42          | 523,0     | 12,4        |

Totalt kasserades 67kg obehandlat samt 101kg behandlat material (exklusive felkapat material). Av det obehandlade materialet var 3,3kg övrigt material vilket står för diverse träavfall, som inte ingår i undersökningen, i tippcontainern. För behandlat material var 9,5kg övrigt träavfall. De sparades en del kortare bitar av vanligt förekommande dimensioner till nästkommande projekt med samma paneltyp, se Tabell 12.

**Tabell 12 - Sparat material**

|                   | Dimension [mm] | Längd [m] |
|-------------------|----------------|-----------|
| <i>Obehandlat</i> | 28x70          | 6,6       |
|                   | 29x45          | 17,8      |
|                   | 28x145         | 2,5       |
|                   | 45x95          | 0,3       |
| <i>Behandlat</i>  | 24x42          | 6,1       |
|                   | 21x145         | 1,2       |

### *G9 – Gavelspets*

Undersökning gjordes på två gavelspetsar till ett annex med stående obehandlad panel. Vid montage kom färdiga takstolar vilka förseddes med vindduk, spikläkt och panel. Det var små gavelspetsar med låg taklutning, därav mängden ingående material. Detta ger upphov till mer procentuellt spill i jämförelse med större gavelspetsar eftersom utstick i överkant från panel är detsamma oavsett storlek på takstol.

Totalt plockades 21,6m spikläkt av längden 5,4m. Av detta fastställdes 2,3m till restbitar vilket utgjorde 10,6% av det inkommande materialet,  $\frac{2,3}{21,6} = 10,6\%$ .

Samtlig panel kapades av montör vid montagestation. Totalt plockades 48m av virkeslängden 3m. Här fastställdes 2,2m till spill för montage i underkant samt 5,4m i ovankant vilket motsvarar 20,2% av det inkommande materialet. Det sparades tre panelbrädor med en total längd på 1,5m.

$$\text{Spill: } \frac{2,2+5,4+2,1}{48} = 0,202 \rightarrow 20,2\%$$

$$\text{Sparat: } \frac{1,5}{48} = 0,0313 \rightarrow 3,1\%$$

### *G10 – Takstolsmontering*

Montörerna blev informerade onsdag morgon om att spara eventuellt spill som uppstod under resten av veckans montage. Efter periodens slut hade inget material kasserats.

## **Eksjöhus**

Vid samtliga kapmaskiner och montagestationer arbetade ordinarie personal vid undersökningstillfället.

Skyddsläkt beställs in av billigare virkeskvalitet i bitar om 1,3m där fulla längder normalt används vilket inte ger upphov till något spill.

### *E1 – Skivor*

Vid undersökningstillfället användes 21 hela OSB-skivor. Utöver spill sparades sex mindre skivor till resthylla och sex plockades från hyllan. Operatören ansåg att kapningen var representativ. Här uppmättes materialet genom att beräkna totala arean för det inkommande materialet av hela skivor samt den totala höjden för samtliga skivor för respektive bredd som sedan också summerats. I Tabell 13 redovisas uppkapat material för ordern. Material taget från resthylla redovisas i Tabell 14 och i Tabell 15 redovisas sparat material.

Tabell 13 – Kapat material enligt order

| Bredd [m] | Höjd (total per bredd) [m] | Area [m <sup>2</sup> ] |
|-----------|----------------------------|------------------------|
| 0,150     | 2,6                        | 0,390                  |
| 0,270     | 5,2                        | 1,400                  |
| 0,300     | 7,8                        | 2,340                  |
| 0,320     | 3,6                        | 1,152                  |
| 0,450     | 7,8                        | 3,510                  |
| 0,515     | 11,4                       | 5,871                  |
| 0,575     | 2,6                        | 1,495                  |
| 0,580     | 3,6                        | 2,088                  |
| 0,600     | 13,0                       | 7,800                  |
| 0,750     | 2,6                        | 1,950                  |
| 0,780     | 4,5                        | 3,510                  |
| 0,980     | 2,4                        | 2,352                  |
| 1,050     | 13,0                       | 13,650                 |
| 1,175     | 2,6                        | 3,055                  |
|           | <b>Totalt</b>              | <b>50,567</b>          |

Tabell 14 - Taget från resthylla

| Bredd [m] | Höjd (total per bredd) [m] | Area [m <sup>2</sup> ] |
|-----------|----------------------------|------------------------|
| 0,47      | 2,20                       | 1,04                   |
| 0,6       | 1,08                       | 0,65                   |
| 0,95      | 0,72                       | 0,68                   |
| 0,27      | 0,48                       | 0,13                   |
| 0,6       | 0,78                       | 0,47                   |
|           | <b>Totalt</b>              | <b>2,96</b>            |

Tabell 15 - Sparat material

| Bredd [m] | Höjd (total per bredd) [m] | Area [m <sup>2</sup> ] |
|-----------|----------------------------|------------------------|
| 0,6       | 3,18                       | 1,908                  |
| 0,315     | 4,8                        | 1,512                  |
|           | <b>Totalt</b>              | <b>3,42</b>            |

Av det inkommande materialet gick 18,1% till spill.

Ingående material:  $21 * 2,62 * 1,198 = 65,914\text{m}^2$

$$\text{Spill: } \frac{65,914 - 50,567 - 3,42}{65,914} = 0,181 \rightarrow 18,1\%$$

### E2 – Panel

Vid mätningstillfället kapades liggande panel till nio väggar. Operatör pointerade att kvaliteten på virket var något sämre än vanligt. I normala fall sparas restbitar över 0,8m, dock inget som gjordes vid undersökningstillfället. För ordern uppstod 26,6% spill, se Tabell 16, vilket sammanställdes genom att jämföra inkommande material med kapnota.

Tabell 16 - Ingående material

| Dimension [mm] | Ingående material [m] | Använt material [m] | Restmaterial + spill [%] | Spill [%] |
|----------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| 21x165         | 930,0                 | 683,0               | -                        | 26,6      |

$$\text{Spill: } \frac{930 - 683}{930} = 0,266 \rightarrow 26,6\%$$

### E4 – Spikläkt och reglar till specialbänk

Vid undersökningstillfället kapades reglar och spikläkt till specialbänkar. Det sparades 7m spikläkt och 5m regel, operatören plockade även 10m regel från restmaterial. För spikläkten gick 8,6% till spill och för reglarna 7,2%, se Tabell 17. Här mättes spillet genom att jämföra ingående material med kapnota och operatörens anteckningar.

Tabell 17 - Ingående material

| Typ      | Dimension [mm] | Ingående material [m] | Använt material [m] | Restmaterial + spill [%] | Spill [%] |
|----------|----------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| Spikläkt | 28x70          | 151,2                 | 131,2               | 13,2                     | 8,6       |
| Reglar   | 45x195         | 81,6                  | 80,7                | 13,4                     | 7,2       |

$$\text{Spill}_{28 \times 70}: \frac{151,2 - 131,2 - 7}{151,2} = 0,086 \rightarrow 8,6\%$$

$$\text{Spill}_{45 \times 195}: \frac{81,6 - 80,7 - 5 + 10}{81,6} = 0,072 \rightarrow 7,2\%$$

### E5 – Kap till specialbänk

Vid mätningstillfället kapades smyg, foder, hammarband och panel upp till två gavelväggar, se Tabell 18. Runt maskinen fanns utrymme för ett virkespaket av respektive typ. De längder som fanns att tillgå var 4,2m av 17x90, 4,5m av 21x73, 5,4m av 45x195 och 21x165.

Tabell 18 - Ingående material

| Typ        | Dimension [mm] | Ingående material [m] | Använt material [m] | Restmaterial + spill [%] | Spill [%] |
|------------|----------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| Smyg       | 17x90          | 21,0                  | 18,0                | -                        | 14,4      |
| Foder      | 21x73          | 36,0                  | 25,7                | -                        | 28,7      |
| Hammarband | 45x195         | 21,6                  | 17,9                | 17,3                     | 2,4       |
| Panel      | 21x165         | 162,0                 | 120,7               | -                        | 25,5      |

Från kapningen sparades 3,22m 45x195. Spillet mättes genom att jämföra plockat material med kapnota och operatörens anteckningar. För panelen uppfattade operatören kvaliteten på materialet som god, för övriga typer ansågs kvaliteten något sämre.

$$Spill_{17x90} : \frac{21-18}{21} = 0,144 \rightarrow 14,4\%$$

$$Spill_{21x73} : \frac{36-25,7}{36} = 0,287 \rightarrow 28,7\%$$

$$Spill_{45x195} : \frac{21,6-17,9-3,22}{21,6} = 0,024 \rightarrow 2,4\%$$

$$Spill_{21x165} : \frac{162-120,7}{162} = 0,255 \rightarrow 25,5\%$$

### E6 – Vindskivor

Operatören genomförde två orders med totalt sju vindskivor vilket pågick under en arbetsdag. Spillet kontrollerades därefter genom att mäta kasserat material i tippcontainer. Det var en normal utformning på vindskivorna där operatören pointerade att kvaliteten var något bättre än vanligt. Av det ingående materialet kasserades 36,49m av 28x195, 4,67m av 70x70, 4,18m av 21x73 samt 3,96m av 21x45. Spillet uppstod på grund av längdspill, renkapning och kvalitetsurlägg. För vidare information se Tabell 19.

Tabell 19 - Ingående material för vindskivor

| Typ       | Dimension [mm] | Använt material [m] | Spill [%] |
|-----------|----------------|---------------------|-----------|
| Behandlat | 28x195         | 82,9                | 30,6      |
| Trekant   | 70x70          | 78,0                | 5,7       |
| Behandlat | 21x73          | 37,2                | 10,1      |
| Behandlat | 21x45          | 81,6                | 4,6       |

$$Spill_{28 \times 195} : \frac{36,5}{82,9+36,5} = 0,306 \rightarrow 30,6\%$$

$$Spill_{70 \times 70} : \frac{4,7}{78+4,7} = 0,057 \rightarrow 5,7\%$$

$$Spill_{21 \times 73} : \frac{4,2}{37,2+4,2} = 0,1009 \rightarrow 10,1\%$$

$$Spill_{21 \times 45} : \frac{4}{81,6+4} = 0,046 \rightarrow 4,6\%$$

### E7 – Foder, smyg, hammarband och syll till linjen

Vid mätningstillfället utfördes två orders, en för foder och smyg och en för hammarband och syll. Båda kapningarna omfattade material till ett helt hus där operatören optimerade kapningen.

#### Foder och smyg

Vid mätningstillfället kapades material upp till ett hus med sammanlagt 18 fönster/dörrar. Operatör antecknade hur många hela längder som använts vilket efter avslutad order jämfördes mot kapnota. Längder som plockades från var 4,8m för 21x73 och 5,1m för 17x90 samt 20x120. Efter avslutad order hade inget material sparats.

På grund av sämre kvalitet på materialet uppstod här 44% spill för 21x73, 59% spill för 20x120 och 40% för 17x90, se Tabell 20.

Tabell 20 – Ingående material

| Typ   | Dimension [mm] | Ingående material [m] | Använt material [m] | Spill [%] |
|-------|----------------|-----------------------|---------------------|-----------|
| Foder | 21x73          | 168,0                 | 96,0                | 43,9      |
| Foder | 20x120         | 40,8                  | 16,8                | 58,8      |
| Smyg  | 17x90          | 117,3                 | 69,9                | 40,4      |

$$Spill_{21 \times 73} : \frac{168-96}{168} = 0,439 \rightarrow 43,9\%$$

$$Spill_{20 \times 120} : \frac{40,8-16,8}{40,8} = 0,588 \rightarrow 58,8\%$$

$$Spill_{17 \times 90} : \frac{117,3-69,9}{117,3} = 0,404 \rightarrow 40,4\%$$

## Hammarband och syll

Operatören antecknade hur många hela längder som använts. Spillet kontrollerades sedan genom att mäta det kasserade materialet i tippcontainern intill maskinen. Enligt operatören blev det något mindre spill än vanligt eftersom vissa väggar var korta där materialet inte behöver skarvas. Ingående material och spillandel som uppstått presenteras i Tabell 21.

Tabell 21 - Ingående material

| Typ        | Dimension [mm] | Ingående material [m] | Använt material [m] | Restmaterial + spill [%] | Spill [%] |
|------------|----------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| Syll       | 45x95          | 43,2                  | 36,2                | 16,2                     | 7,6       |
| Hammarband | 45x195         | 43,2                  | 36,1                | 16,5                     | 6,2       |

Av restmaterial kapades komponenter för skarvning eller över- och underliggare.

$$Spill_{45 \times 95} : \frac{43,2 - 36,2 - 3,7}{43,2} = 0,076 \rightarrow 7,6\%$$

$$Spill_{45 \times 195} : \frac{43,2 - 40,5 - 4,5}{43,2} = 0,062 \rightarrow 6,2\%$$

## *E9 – Spikläkt*

Vid mätningstillfället undersöktes kapning för fyra väggar där operatören ansåg arbetet som representativt. Efter avslutat arbete kontrollerades antal plockade längder mot kapnota och operatörens anteckningar för att beräkna spillmängden. Totalt plockad längd var 210,6m varav 5,7m sparades. Det gav upphov till en spillmängd på 2,6%, se Tabell 22.

Tabell 22 - Ingående material

| Typ      | Dimension [mm] | Ingående material [m] | Använt material [m] | Restmaterial + spill [%] | Spill [%] |
|----------|----------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| Spikläkt | 28x70          | 210,6                 | 199,5               | 5,3                      | 2,6       |

$$Spill: \frac{210,6 - 199,5 - 5,7}{210,6} = 0,026 \rightarrow 2,6 \%$$

### E10 – Delelement (kapning och montage)

Vid undersökningstillfället hade operatör uppskattat, baserat på erfarenhet, hur mycket som kasseras varje vecka. Här sker både längdspill vid kapning och kvalitetsurlägg av hela reglar. Kapning sker för samtliga delar för delelementen som stolpar, bärlina, reglar samt över- och underliggare.

Under undersökningen kapades komponenter till delelement upp för åtta normalstora en- eller tvåplanshus. Av kapningen förekom dimensionerna 45x70, 45x120, 45x145, 45x170 samt 45x195. Här utgjordes 98,4% av 45x195 varvid en tydlig majoritet av det spill som uppstår kommer från denna dimension, se Tabell 23.

Tabell 23 - Uppkapat material och fördelning

| Dimension [mm] | Monterad längd [m] | Tvårsnittsarea [m <sup>2</sup> ] | Volym [m <sup>3</sup> ] | Andel [%]  |
|----------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|------------|
| 45x70          | 8,02               | 0,0031                           | 0,03                    | 0,14       |
| 45x120         | 38,09              | 0,0054                           | 0,21                    | 1,16       |
| 45x145         | 7,22               | 0,0065                           | 0,05                    | 0,27       |
| 45x170         | 0,98               | 0,0770                           | 0,01                    | 0,04       |
| 45x195         | 1981,30            | 0,0088                           | 17,39                   | 98,38      |
|                |                    | <b>Totalt</b>                    | <b>17,67</b>            | <b>100</b> |

Det totala spillet för en normal vecka är 7,9 m<sup>3</sup>, i jämförelse med vad som kapats upp vid undersökningstillfället motsvarar det 30,8% av materialet.

$$Spill = \frac{7,88}{17,671+7,88} = 0,3084 \rightarrow 30,8\%$$

Eftersom materialet granskas vid kapning sker ingen kassering vid montage.

### E11 – Väggelementmontage på linjen

Vid mätningstillfället kontrollerades 14 väggar för åtta olika orders. Regelmontage för fyra av väggarna, spikläkt och panel på sju av dem samt skyddsläkt på tio, för mer ingående info se Tabell 24.



Tabell 24 - Monterat material

| Typ               | Order    | Dimension [mm] | Längd [m]    | Spill [%]   |
|-------------------|----------|----------------|--------------|-------------|
| <i>Reglar</i>     | 29929-3  | 45x195         | 12,9         | 12,7        |
|                   | 18104-9  | 45x195         | 26,1         |             |
|                   | 18104-11 | 45x195         | 28,4         |             |
|                   | 18104-12 | 45x195         | 26,1         |             |
|                   |          | <b>Totalt</b>  | <b>93,4</b>  |             |
| <i>Spikläkt</i>   | 29719-3  | 28x70          | 28,7         | Inget spill |
|                   | 18104-7  | 28x70          | 42,4         |             |
|                   | 18104-8  | 28x70          | 24,0         |             |
|                   | 18104-9  | 28x70          | 41,9         |             |
|                   | 10104-10 | 28x70          | 21,5         |             |
|                   | 18104-11 | 28x70          | 40,4         |             |
|                   | 18104-12 | 28x70          | 41,9         |             |
|                   |          | <b>Totalt</b>  | <b>240,7</b> |             |
| <i>Panel</i>      | 29719-3  | 21x165         | 101,4        | 3,3         |
|                   | 18104-7  | 21x165         | 92,8         |             |
|                   | 18104-8  | 21x165         | 44,4         |             |
|                   | 18104-9  | 21x165         | 102,4        |             |
|                   | 18104-10 | 21x165         | 43,2         |             |
|                   | 18104-11 | 21x165         | 91,5         |             |
|                   | 18104-12 | 21x165         | 102,4        |             |
|                   |          | <b>Totalt</b>  | <b>577,9</b> |             |
| <i>Skyddsläkt</i> | Samtliga |                | 34,8         | Inget spill |

Allt spill som uppstod placerades på en vagn intill linjen. Det uppstod inte något spill för spikläkt, skyddsläkt samt foder och smyg. Några av spillbitarna användes för att bygga ut skyddsläkten inför leverans.

Samtliga väggar hade liggande panel varvid en del kapning och klyvning skedde på montagestationen. Några av reglarna var skeva eller med utvecklade sprickbildning vilka ansågs bristfälliga ur kvalitetssynpunkt och kasserades.

### *E12 – Väggelementmontage på specialbänk*

Under mätningstillfället monterades två gavelväggar med stående panel till övervåningen på ett hus med sadeltak. Det spill som uppstod var från panel och OSB-skivor. Spillet kontrollerades genom att längdmässigt mäta virke för respektive dimension i tippcontainer. Monterat material samt spill presenteras i Tabell 25. Vid start av montage togs hela skivor.

Tabell 25 - Monterat material<sup>1</sup>

| Vägg | Typ       | Dimension [mm] | Längd [m]/area [m <sup>2</sup> ] | Spill [%]   |
|------|-----------|----------------|----------------------------------|-------------|
| 1    | OSB-skiva | 2520x1198      | 11,8                             | 21,5        |
| 2    | OSB-skiva |                | 16,6                             |             |
| 1    | Reglar    | 45x195         | 42,7                             | Inget spill |
| 2    | Reglar    |                | 24,2                             |             |
| 1    | Spikläkt  | 28x70          | 52,9                             | Inget spill |
| 1    | Spikläkt  | 28x58          | 7,9                              |             |
| 1    | Spikläkt  | 21x120         | 2,7                              |             |
| 2    | Spikläkt  | 28x70          | 28,4                             |             |
| 2    | Spikläkt  | 28x58          | 2,9                              |             |
| 2    | Spikläkt  | 21x120         | 8,3                              |             |
| 1    | Panel     | 21x120         | 117,3                            | 15,4        |
| 2    | Panel     |                | 167,6                            |             |

### E13 – Takstol (kapning och montage)

Under hela undersökningsperioden pågick här en mätning där operatör antecknade samtligt material som gått åt till schemalagd kapning. Maskinen gick sönder andra undersökningsdagen vilket försköt mätning. Det uppstod inget spill vid montage.

Kapningen bestod av virke i dimensionerna 45x70, 45x95, 45x145, 45x170 samt 45x220. Eftersom takstolskapningen gör avancerade snitt var det svårt att genom längdmätning få fram ett korrekt resultat. Därför gjordes en teoretisk beräkning mot ritning där längdspillet togs fram. Längdspillet beräknades genom att summera ihop samtliga komponenters längd för respektive dimension. Därefter har det teoretiska spillet räknats om med den beräknade procentsatsen för spill från avancerad kapning, som erhöles vid mätning hos Götenehus, där spill från avancerad kapning utgör 2,6% av kapningen. Resultatet av den teoretiska beräkningen liksom omräkningen till verkligt spill visas i Tabell 26.

Tabell 26 - Teoretiskt och verkligt spill för takstolskapning

| Dimension [mm] | Teoretisk längd [m] | Inmatad längd [m] | Teoretiskt spill [%] | Verkligt spill [%] |
|----------------|---------------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| 45x70          | 61,7                | 70,2              | 12,1                 | 14,7               |
| 45x95          | 115,5               | 134,4             | 11,9                 | 14,5               |
| 45x145         | 23,7                | 29,1              | 18,5                 | 21,1               |
| 45x170         | 23,7                | 35,4              | 21,2                 | 23,8               |
| 45x220         | 276,4               | 331,2             | 16,6                 | 19,2               |
| <b>Summa:</b>  | 501,0               | 600,3             | 16,5                 | 19,1               |

Slutgiltigt verkligt spill för takstolskapningen hos Eksjöhus blev 19,1% av inmatad längd.

<sup>1</sup> Vid undersökningen blandades materialet före kontroll vartefter produktionspersonal fick uppskatta mängderna för undersökningen i tippcontainern.

## Summerande tabeller

Spillundersökningens resultat presenteras i en summerande tabell för respektive fabrik där spillet fördelats ut komponentvis. Här har exempelvis alla paneltyper eller komponenter i vindskivorna summerats i gemensamma kategorier, se Tabell 28 och Tabell 27.

Tabell 27 - Spillundersökning Götenehus

| Typ                           | Ingående längd [m] | Monterad längd [m] | Plockat restmaterial [m] | Sparat [m]        | Spill [%] |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|-----------|
| Skivor (kapat)                | 72,5m <sup>2</sup> | 62,3m <sup>2</sup> | -                        | 3,0m <sup>2</sup> | 10,0      |
| Panel (kapat)                 | 2085,9             | 1766,0             | -                        | 38,9              | 13,5      |
| Panel (monterat)              | 2679,5             | 2497,4             | -                        | 8,9               | 6,5       |
| Vindskivor (kapat)            | 229,3              | 214,6              | -                        | -                 | 6,4       |
| Foder och smyg (kapat)        | 190,5              | 170,9              | -                        | 12,0              | 10,3      |
| Syll (kapat)                  | 86,2               | 81,1               | -                        | -                 | 6,0       |
| Hammarband och regler (kapat) | 208,2              | 190,8              | -                        | -                 | 8,4       |
| Spikläkt (monterat)           | 491,1              | 455,0              | -                        | 9,1               | 5,5       |
| Delelement (kapat)            | 103,6              | 91,6               | -                        | 1,7               | 10,0      |
| Takstol (kapat)               | 464,7              | -                  | -                        | -                 | 6,3       |
| Skyddsläkt (monterat)         | 598,2              | 550,0              | -                        | 17,8              | 5,1       |

Tabell 28 - Spillundersökning Eksjöhus

| Typ                        | Ingående längd [m]  | Monterad längd [m] | Plockat restmaterial [m] | Sparat [m]        | Spill [%] |
|----------------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|-----------|
| Skivor (kapat)             | 65,9 m <sup>2</sup> | 50,6m <sup>2</sup> | -                        | 3,4m <sup>2</sup> | 18,1      |
| Panel (kapat)              | 1092,0              | 803,7              | -                        | -                 | 26,4      |
| Panel (monterat)           | 597,8               | 577,9              | -                        | -                 | 3,3       |
| Vindskivor (kapat)         | 329,0               | 279,6              | -                        | -                 | 15,0      |
| Foder och smyg (kapat)     | 424,5               | 263,6              | -                        | -                 | 37,9      |
| Syll (kapat)               | 43,2                | 36,2               | -                        | 3,7               | 7,6       |
| Hammarband, regler (kapat) | 124,8               | 116,7              | 10                       | 9,5               | 6,9       |
| Reglar (monterat)          | 115                 | 99,5               | -                        | -                 | 13,5      |
| Spikläkt (kapat)           | 361,8               | 330,7              | -                        | 5,7               | 7,0       |
| Delelement (kapat)         | -                   | 2035,5             | -                        | -                 | 30,8      |
| Takstol (kapat)            | 600,3               | -                  | -                        | -                 | 19,1      |

# Intervjuer

Under undersökningsperioden har det enligt I1 och I6 varit normal arbetsbelastning i fabrikena, vilket gör undersökningen representativ för den dagliga produktionen.

## Götenehus

### *Optimering av material och produktion*

Idag beställs material av dimensioner och längd. Genom att kartlägga vilka längder som är mer vanligt förekommande kan lagret optimeras till att främst bestå av det som används mest. ”Då kan vi även få ut vilka längder som är mest optimala att använda. Vi har redan nu börjat plocka bort längder som inte har rörts på över ett år” säger I1. På det här sättet får de en bättre omsättning på materialet och vad som faktiskt förbrukas.

I och med omflyttning av personal har maskinparken strukturerats om. Kapfilerna har utvecklats till att täcka mer material för att minimera kassering säger I1, ”Lägger man in fler längder samtidigt kan sågen optimera på ett bättre sätt”. Det minskar även arbetsbelastningen där mindre restmaterial behöver hanteras. I1 pratar även om hur optimeringen går till på bästa sätt. I stället för att operatören avgör ordningen bör maskinen göra det så långt det går. ”Det underlättar om man kan göra en kapfil och skicka den till maskinen och låta maskinen beräkna, i stället för att lägga det ansvaret hos operatören till att räkna det själv” [I1]. Den begränsning I1 ser med optimering av material är hur det ska hanteras. Att kapa upp material till flera hus i ett tillfälle är möjligt, men det skulle medföra ett extra moment av att sortera materialet.

Personalstyrkan har genomgått en del förändringar senaste året, ”Ja det blev en rotation i höstas där en del personal fick gå hem och ersättas med andra” säger I1. När personalstyrkan skärs ner flyttas personal runt för att ta lärdom av varandra och på så sätt få bättre koll på maskinparken. Flexibiliteten bland personalen ökar, ”de kommer behöva jobba på fler stationer”, för att på mindre grupp motsvara den kapacitet som krävs.

### *Köpemönster och kundanpassning*

Just nu har marknaden stannat av säger I3. I normala fall har de en bred kundgrupp men i dagsläget köper endast de som har mer pengar, ”De som inte behöver finansiering på samma sätt, har mycket egna pengar” [I3]. Detta har ökat produktionen av kundanpassade hus med speciallösningar, i normala fall utgörs specialhussegmentet av 10–15%. Däremot kommer efterfrågan på mindre hus till en lägre kostnad att öka inom den kommande tiden. I3 utvecklar: ”men det bygger på att det är yteffektivt där alla funktioner finns”.

Som produktionen ser ut idag har kundanpassningen ingen påverkan på spillrets uppkomst. ”Vår produktion är uppbyggd på att alla hus är unika. Och då spelar det ingen roll om det är en kundanpassat hus eller kataloghus” [I2].

I2 understryker dock att om de endast utgått från kataloghus hade de kunnat bli mer specifika kring längder till ingående material, men att det också skulle kräva en omstrukturering av produktionen.

Kundens insyn i vilket material som används eller hur mycket spill som uppstått är svårt att uppmuntra. ”Som husköpare är det svårt att värdera vad som är bättre eller sämre mellan en limmad balk eller massivträ. Är jag villig att betala mer för den ena, till samma funktion, om det inneburit mindre spill i produktionen eller om resurserna används på ett bättre sätt?” [I3].

### *Materialspill och avfallsförebyggande arbete*

Vid projektering av småhus tas hänsyn till spilllets uppkomst. När det kommer till prissättning görs ett procentuellt påslag för att täcka upp för transportskador eller användning på annat sätt än projekterat till exempel. I fabriken kan material som inte går åt till det ena huset användas på nästa menar I3. Detta ses som en fördel jämfört med byggarbetsplats där i princip allt överblivet material kasseras.

”De rit- och projekteringsregler vi har är baserade på att vi ska jobba med standardiserade regelfack så vi kan nyttja standardskivor och isolering. Våra våningshöjder är definierade för att använda standardstolpar i så stor utsträckning som möjligt så vi slipper kapa stomvirke. Efter projektering försöker vi även optimera virket, främst takstolvirke men också övrigt virke i konstruktionen” [I3].

I1 nämner att de har en del *Key Performance Indicators* (KPI) kopplat till att minska spillmängder. Det handlar dels om CO<sub>2</sub>-utsläpp per hus eller entreprenad samt månadsvis mätning av brännbart avfall. Denna statistik följs över året kopplat till en mätbar målbild. ”Oavsett vilket spill det är kostar det att göra sig av med det och att köpa in material vilket är en belastning för oss hållbarhetsmässigt” [I3]. Genom god sortering går det att få ner kostnaden för avfallshantering. De har idag påbörjat ett projekt om att bli mer standardiserade genom att begränsa utbudet på husen. Här gäller det både tekniska lösningar och exempelvis kulörval, vilket minimerar kassering av panelvirke. Detta skulle i sin tur kunna minimera materialspill menar I2, ”men det är precis i sin linda så vi har inte kommit så långt än”.

I produktionen uppstår ibland överblivet material vid kapning, här sparas längre bitar vid varje arbetsstation. Längre bitar av vanligt förekommande material skickas ofta med ordern till montage där det kan tillgodoses efter behov säger I1, ”Man försöker tänka lite på det när det är längder som går att arbeta med”.

När det inte längre går att nyttja kasseras materialet. Spill från trämaterial går idag till värmeverk. Behandlat och obehandlat material separeras eftersom behandlat trä ger upphov till en annan typ av restgaser säger I1. Det kräver då att värmeverket kan ta vara på dessa på ett miljömässigt hållbart sätt. Det behandlade materialet mals ner till spån i egen flismaskin och obehandlat material skickas direkt till värmeverk i närområdet.

Tidigare har de haft egen produktion av kolbriketter som materialåtervinning av trämaterial, vilket gjort att de inte fört någon statistik på trämaterial säger I3. Troligtvis kommer de att inleda en metod för att följa upp åtgången av trämaterial i framtiden menar han.

Götenehus har länge jobbat med fraktionerat avfall och maskinell optimering av råvaran för att minimera spill säger I2. *”Sen tror jag att man är hyfsat medveten i produktionen, man tänker på att inte generera massa avfall”* [I2].

### *Informationsutbyte*

De har ett system för hur utformningen av hus ska gå till kopplat till transportmöjlighet, regelfack och standardhöjder säger I3. Vid nya moment eller utformningar görs en uppföljning innan införande för att undersöka så det går att genomföra på ett rationellt sätt. För att detta ska fungera förs en dialog mellan arkitekt, konstruktör och produktion för att komma fram till en bra lösning.

Nya konstruktioner ses ibland över för att minimera spill genom att justera mått för att bättre ta vara på material till exempel säger I2. Men en ständig dialog kring uppkommande spillmängder hålls inte.

### *Kapnotor*

*”Kapnotor tar två på beredningen fram manuellt”* säger I1. Fördelar med detta är att eventuella ritningsfel upptäcks i ett tidigt stadie, men nackdelen är att det tar lång tid och att även människan gör misstag. Felberäknat material upptäcks inte förens det ska monteras, *”vilket är det dyraste stället att upptäcka det på”* menar I1.

### *Storlek på lokaler och maskinpark*

Götenehus har en till yta stor fastighet med plats för både utökning och alternativa användningsområden. Detta är något de ständigt ser över för att bli mer kostnadseffektiva och hitta alternativa inkomster genom att exempelvis hyra ut en del av ytan till andra aktörer.

*”Vi har ett stort område men vi använder det ganska vårdslöst. Vi skulle med ganska enkla medel kunna minska ner hur mycket vi använder för lagerhållning för att eventuellt hyra ut vissa delar..., ...Vi får tänka lite smartare och fundera över vad som ger kundnytta för oss och lägga tid och resurser på det som är värdeskapande.”* [I3].

Kapning för allt material sker i få maskiner där allt material har minst en backup-maskin om något händer säger I1, *”Men i de äldre maskinerna har man inte samma precision och möjlighet att optimera”*. För skivmaterial finns dock bara en maskin vilken är känslig för störningar.

### *Inköpt material*

Götenehus köper in råmaterial från en extern leverantör. ”*Det förekommer bekymmer med dålig kvalitet på vissa leveranser*” säger I1. Dåligt material ökar arbetsbelastningen genom kassering av material vilket också riskerar att inte räcka till avsedd order. Därför hålls månadsmässig avstämning med leverantören kring leveranser och hur det kan förbättras.

Det är över lag bra leveranssäkerhet och framförhållning från leverantör om det blir ändringar. Om så krävs görs reklamation, detta är dock något de kan bli bättre på säger I2.

I samband med Coronapandemin påverkades materialpriserna i byggbranschen, men synsättet på trämaterial förblev detsamma menar I2. Under pandemin ökade efterfrågan på villor vilket ledde in dem på att fokusera på produktionen i stället för materialeffektivitet. Prisbildningen påverkas hela tiden av yttre faktorer men har över tid återhämtat sig. Med mer normala förutsättningar under en prisökning hade de nog tänkt annorlunda kring hur materialpriset påverkar produktionsekonomin säger I2.

Ibland kasseras en del det inkommande materialet. Kan de få leverantörer att leverera material av högre kvalitet eller med bättre sortering kan trämaterial nyttjas bättre menar I3, ”*Vi köper ganska okvalificerat material idag, om man ska hårdra det lite*”.

Ibland är det billigare att slänga material i stället för att förädla det vidare, detta är något som gäller generellt i branschen menar han. I3 utvecklar: ”*Till exempel för takstolar. Att ta virke med sprickor ur produktionen och se vad vi kan använda den till för något annat, oftast är det en ovanlig dimension som vi inte använder på så många andra ställen; det är en spricka i den och vi kommer att hantera den tre eller fyra gånger innan vi kan spika in den i en konstruktion. Det innebär att plankan från att ha kostat 50kr/m kostar 400kr/m. då är det bättre att kapa ner den och köra som spill för 100kr/m i stället.*”

Här handlar det om att se över hur mycket av materialet som går att använda. För exempelvis lättbalkar eller limträ är kassationsmängden betydligt lägre på det inkommande materialet jämfört med vanliga plankor. Att köpa komponenter med bättre kvalitet skulle vara en lösning för att minimera spill menar I3, dock kostar det betydligt mer vilket innebär att produktionen behöver effektiviseras på annat håll för att behålla samma lönsamhet.

Framåt tror inte I3 att människan kan vara lika slösaktig med trämaterial. Massivträ är ett bra sätt att ta vara på virke, samtidigt går det åt mer material än en regelkonstruktion. Träkonstruktioner binder kol under lång tid vilket skapar förutsättning för att ny skog växer upp där kolet får en lång cykel innan det når atmosfären. Att idag endast nyttja kärnvirket för bra konstruktionsvirke och kassera det yttre materialet gör att kolets cykel blir väldigt kort, I3 utvecklar: ”*Om man sågar stora fina regler i mitten på virket och bränner resten för att få ut energi så är kolen tillbaka i atmosfären efter en månad jämfört med 50 till 100 år i en träkonstruktion*”.

Mycket kopplas till svenskt skogsbruk avseende hur gammal skogen behöver vara för att bli konstruktionsvirke. *”Över tid tvingas vi ändra vår syn på trä. Vilken dimension använder vi, vilka material använder vi och hur använder vi trä på bäst sätt?”* [I3].

## **Eksjöhus**

### *Optimering av material och produktion*

Vid projektering av småhus anpassas måtten för stommen enligt modulmått för att maximera utnyttjandet av hela skivor och isolering. Reglar optimeras genom två standardiserade takhöjder. För rum i hus anpassas inte till exempelvis glespanel eller skivor, *”Vi gör så gott vi kan och förutsägbart för att minska spillet. Men ibland blir det väldigt komplext att ta hänsyn till både design, tillgänglighetskrav och kundens önskemål som gör att rummen får den storlek de får. Kan inte bara optimera utifrån virkeslängder och skivmått”* [I4]. Någon vidare optimering av spill görs inte i dagens produktion, men de har börjat kolla på optimering av takstolsvirke med hänseende till vart skarvar på överläggare hamnar.

Ibland stöter de även på problem med att rätt material inte finns på lager. I4 utvecklar: *”Om vi ritat 4,8m och bara har 4,2m inne så behöver takstolen ritas om, ett extraarbete”*. De har påbörjat ett arbete med att vissa längder alltid ska finnas inne för att säkerställa färre skarvar och minimera det extraarbete som uppstår när en takstol måste ritas om.

Det finns idag en dialog kring otydliga ritningar och instruktioner mellan de olika disciplinerna, men de behöver införa uppföljning av husmodeller eller observera de spillmängder som uppstår för att få i gång en mer levande diskussion, *”Kan vi göra något smartare?”* [I4].

I övrigt behövs en bättre dialog kring materialspillet mellan avdelningarna menar I4, *”Vi inne på konstruktion har ingen insyn i hur mycket spill vi ger upphov till eller bidrar med”*.

Personalen har över tid blivit mer anpassningsbara för att kunna arbeta på flera stationer. För att kunna leverera i tid oavsett tillfällig frånvaro och möjliggöra ledighet har personalen blivit mer flexibel menar I6.

### *Köpemönster och kundanpassning*

I4 menar att det finns två ytterligheter av kunder men att spannet är brett. I4 utvecklar: *”I kundgruppen finns priskänsliga förstagångsköpare till ekonomiskt starka flergångskunder. När marknaden viker får förstagångsköpare stå tillbaka vilket även avspeglar vilken typ av hustyper som säljs”*. Återkommande hustyper med enklare planlösning blir mindre förekommande för mer kundanpassade specialhus. Detta medför även *”mer sällanlösningar som är mindre förutsägbara vilket gör det svårare att matcha spill”* menar I4.



De vill framstå som en aktör som kan leverera hus till den breda målgruppen där alla ska ha råd att bygga hus. I5 menar att kundanpassningen begränsar arbetet med att effektivt jobba mot spill. *”Säg att vi tillverkar två husmodeller på Eksjöhus, då skulle man kunna beställa virke som är optimalt för just de två husen”*.

Vinsten ur ett sådan situation är både minimalt med spill samt en rationell och effektiv produktion. Med många olika husmodeller krävs att råvaran *”täcker en mängd olika kapuppdrag”* säger I5.

### *Materialspill och avfallsförebyggande arbete*

Eksjöhus, del av koncernen Lindholmsgruppen, har ett mål om att bli klimatneutrala till 2030. För att lyckas med detta är materialspill en viktig del menar I4: *”Vilja och krav inom koncernen finns till att bli klimatneutrala där spill är en viktig del”*.

Spill är dock inget kunden tänker på idag påpekar I4: *”Visst, de kanske blir lite ledsna när en hög med virke går till tugg men inget vi hör utifrån. Inte än, men det kanske kommer mer och mer”*.

De begränsas inte i att förebygga spill så som det ser ut idag menar I4, *”...men vi tänker för lite på det. Idag utgår ingen projektering från att minimera spillet. Men i framtiden kan det komma att bli mer aktuellt”*. Genom att påverka kundens val genom justering av mått för att kunna nyttja fulla virkeslängder eller skivstorlekar kanske ett bättre pris går att ge till exempel.

Det finns heller ingen målsättning kopplat till hur mycket trämaterial som får slängas i produktionen, de behöver få bättre koll på spilletts uppkomst och mängder för att ta arbetet vidare. *”Idag är vi för tidig på bollen, för att sätta ett mål behöver vi ett utgångsläge för att sedan kunna göra uppföljande mätningar”* [I4].

I4 säger att de försöker fokusera på förädlad material och att minimera kassering av material med hög bearbetningsgrad långt ner i produktionskedjan. *”Ju mer bearbetad en produkt är, desto mindre vill man slänga en sådan produkt”*.

Det gäller främst kvalitetsurlägg för synligt och målat material menar I4, *”...Är den tillkapad, grundmålad och måste sedan kasseras på grund av ett kvistutslag. Den produkten kostar mycket pengar och CO<sub>2</sub> jämfört med en ren plankan”*.

*”Det går alltid att minska spillmängder”* säger I5, men det måste ställas mot en kostnad. Antingen genom att kaparen får tillgång till fler längder eller en automatiserad inplockning där maskinen plockar rätt antal av respektive längd. En sådan maskin kräver också yta samt investering i ny teknik med tillhörande drift och underhåll säger I5. Med dagens prisbilder kan det bli svårt att hitta en tydlig ekonomisk lösning. Det andra urlägget som sker är kvalitetsurlägg. *”Skulle jag kunna minimera kvalitetsurlägget har jag en direkt kostnadsbesparing både arbetstidsmässigt och materialmässigt”* menar I5.

Att koppla spillmängderna till ekonomi är svårt statistiskt sätt säger I5. Det kan göras på flera sätt, antingen behövs tekniskt stöd via BIM och CAD-program eller genom att kaparen antecknar hur mycket material som lagts undan. Det behöver sedan finnas någon vinning i andra änden av att göra denna kartläggning för den extra arbetstid personalen lägger ner på att föra statistik. I5 tror på ”hur mycket virke går ut i våra hus och hur mycket köper vi in för att få en grov uppfattning”. Sedan behövs en mer detaljerad studie göras över tid, likt detta examensarbete, för att få en bättre uppfattning.

Utbildning och diskussioner kring att minimera spill och bättre ta vara på materialet genomförs fortlöpande menar I5, men då med fokus på produktionsekonomi, de processer som förekommer i produktionen, och råvaran i sig där volymen som kasseras diskuteras.

### *Informationsutbyte*

Småhustillverkarna bygger antingen hus med speciallösningar eller med mer standardiserad utformning.

*”När kunder kommer in med skiss på speciallösningar ligger fokus på att tillgodose behovet: funkar det att tillverka i fabriken, funkar materialet, går det att bygga säkert och kommer huset att stå över tid?” [I4].*

Det primära är att tillgodose kundens önskemål, sekundärt blir att optimera produktion och materialåtgång. Det beror på de regelverk som är kopplat till byggnaders utformning där tekniska lösningar och tillgänglighet står i första rummet. I4 hoppas på att det inom den kommande framtiden blir större fokus på klimat och materialåtkomst i ett tidigare stadiet.

För de mer standardiserade kataloghusen ser arbetet annorlunda ut. *”...Där kollar vi vad som är smart produktionsmässigt och i viss månt spill för att minimera kostnader” [I4].*

De räknar med att en viss andel spill uppstår per hus i dess grundkalkyl, vilket ökar under projekterings gång menar I4: *”Vi på konstruktion lägger på extra spill för det material som går till byggplats. Det är billigare att skicka en planka för mycket än en extra lastbil”.*

Det hålls en ständig dialog kring hur spillet kan tillgodoses runt om i fabriken säger I6. Ett exempel på detta är spill från spikreglar 45x90 som i takstolshallen går till att bli vindbryggor. Men det är inte alltid lätt att hitta alternativa användningsområden, *”Ibland hittar vi bra lösningar, men ibland blir det inte kostnadseffektivt” [I6].*

De jobbar inte med erfarenhetsåterföring kopplat till hur mycket virke som används. Detta har att göra med att virket skickas tillbaka till sågverk, vilket är inom samma koncern, och får nya användningsområden. I5 nämner att arbete kring hur mycket virke som köps in kontra hur mycket som sitter monterat i husen utvecklas för att få bättre koll på vilka spillmängder som uppstår i det stora hela. Detta är dock inget som görs på strategisk nivå utan sker främst när större beställningar utreds.

### *Kapnotor*

Kapnotor tas fram både för hand och digitalt. Fördelarna med digital sammanställning är att det går fort menar I5. Men i vissa fall behöver kapnotan anpassas utifrån tillgängliga längder på material vilket blir svårt för en konstruktör att göra tre veckor innan arbetsmomentet genomförs.

I dessa fall görs notorna manuellt ute i produktionen strax innan arbetet påbörjas. Men att ta fram kapnotor manuellt ute i produktionen anses inte värdeskapande eftersom det blir ett extra arbetsmoment, generellt gäller att ju fler kapnotor som fås digitalt desto bättre menar I5.

### *Storlek på maskinpark och lokaler*

Eksjöhus har till skillnad mot Götenehus mer begränsade lokaler säger I5. Med mindre lokaler finns vissa begränsningar eftersom det blir svårt att lagra material intill maskiner. Dock blir det betydligt kortare avstånd att transportera material. *”Det finns både för och nackdelar”* [I5].

Fördelarna med många maskiner är logistik och driftsäkerhet menar I5. Det blir enklare att flytta runt material utan avbrott. Vissa maskiner kapar upp allt möjligt, men de verkar för att underlätta för övriga maskiner, som kapar specifikt virke. Denna uppdelning har ingen direkt påverkan på spillmängder som uppstår, men *”Totaleffektiviteten är lägre i en kombinerad maskin än i en mer renodlad”* säger I5.

### *Material från det egna sågverket*

De köper allt virke från Eksjö Industri vilka ingår i Lindholmsgruppen. *”Historiskt sett har det varit svårt för oss att få upp rätta längder på virket från sågverket. 45x220 kan komma från 3,6m till 5,4m”* säger I4. Detta har påverkat dem genom att inte kunna materialoptimera exempelvis takstolar på ett effektivt sätt. Dock det har med tiden blivit bättre. I5 påpekar att de idag har en över lag god leveranssäkerhet.

Ur ett koncernperspektiv får de bra koll på hela värdekedjan från skog till färdigt hus. Det ger dem även enkelheter i att ställa krav på råvaran som en trygg kund till sågverket. Reklamation sker enkelt genom att kontakta ansvarig på sågverket för en dialog vid observation av dåligt material menar I5. Men det blir inte lika konkurrensdrivet förhållande mellan kund och leverantör som med ett externt sågverk menar I5, eftersom kostnader och material cirkulerar inom bolaget har de inte lika stort fokus på att förhandla ner priser och villkor.

Det sker ingen statistik över hur mycket trämaterial som slängs. I jämförelse med andra material ställs inte lika hårda krav på leverantör vid felleveranser av trävaror. I5 förklarar att *”Mycket med den hantering av virket vi har grundar sig i att det är en relativt billig produkt”*. Prisbilden på material sätter gränsen för hur mycket arbetstid som kan läggas på att minimera spillet, hade trävaror varit dyrare hade det hanterats på ett annat sätt.

Detta förhållningssätt är något som finns i hela branschen menar I5, *”Hela branschen accepterar att man får kapa bort och lägga undan, även om jag ville ha 2,40-reglar när det kortaste som fanns var 3,60-reglar. Och sedan står jag med en mängd spill. Hade prisen varit 10 gånger högre hade man inte åkt ut på brädgården och köpt mer än vad som behövs”*.

Det är svårt att hitta koppling mellan arbetsbelastning och spillmängder. Vad som däremot går att se är en koppling mellan kvaliteten på virke och arbetsbelastning menar I6. När kvaliteten är sämre görs fler urlägg där mer material hanteras. *”Arbetstid är dyrare än spillet”* säger I6, därav blir den ekonomiska kopplingen avseende resurser lättare att se.

## **Industrial Development Center (IDC)**

För att bättre få en bild av hur forskningsarbetet framskrider för industrier i Sverige inom området spill har datainsamlingen även kompletterats med en intervju med en industriell utvecklare från ett IUC-bolag.

IUC Sverige (Industriella Utvecklingscentra) har funnits sedan mitten på 80-talet och verkar idag i hela Sverige. Deras uppgift är att uppnå en förändrad tillverkningsindustri och därmed även en ökad konkurrenskraft för svenska industrier. IUC-bolagets inriktning beror enligt I7 på vad för slags industrier som ligger i närområdet. IDC (Industrial Development Center) är ett IUC-bolag med placering i Skaraborg vars uppgift är att stötta industrier i närområdet. *”Projektet sammanlänkar flertalet aktörer i form av industritillverkare, designers, konstruktörsled, inköpare på kommuner, återförsäljare och forskare.”* säger I7. Som industriell utvecklare undersöks cirkularitet, restströmmar, hållbarhet och effektivitet. IDC verkar som en sammanlänkande hand mellan industrin och forskningen där implementering sker nära företagen för en bättre anpassning till deras behov. Genom att ta forskning kopplat till behovet ansöker och driver IDC projekt ihop med industrin.

I7 utvecklar: *”Ett exempel kan vara att vi ser ett stort behov, att många har otroligt mycket spill i sin produktion. För att påverka miljön hållbart söker vi ut ett hållbarhetsprojekt med inriktning att minska tillverkningsindustrins spill. Då behöver vi forskning för att ta fram metoder, verktyg och processer. Då samverkar vi med forskningen för att färdigställa forskningen för att sedan implementera i industrin”* [I7]. Arbetet kan även ske åt andra hållet genom att IDC får en inventerande del hos industrin där problematiken förs vidare till forskningen.

### *Svårigheter med att omhänderta spill från trävaror*

Policys och lagar begränsar materialspillets möjlighet att återanvändas. I7 utvecklar *”Det som hamnar på tippet klassas som avfall och då får man inte göra något med det. Och om man säger spill då som är en perfekt råvara, men när den anses vara skräp så får man inte göra något med det.”* och fortsätter med att *”det gäller att det inte ska hamna där utan att det ska tas om hand i fabriken och genom fabriken som genererar till någon annan.”* I7 nämner också att trävarors kvalitetscertifiering även måste följa med spillet för att åter kunna sättas på marknaden. Certifikatet visar att det är godkänt och hållbart producerat trä. Även om alla trävaror inom husproduktion i Sverige är certifierade menar I7 att det i en hög med brädor ändå kan vara svårt att säkerställa vad som går att använda.

Det finns idag hustillverkare som river hus med syftet att återanvända spillet från byggnationen. Återtillverkningsindustrier berättar I7 numera finns över hela världen. Svårigheten är att säkerställa att produkten behåller sin kvalitetsstämpel. Nederländerna ligger i framkant med arbetet för återbruk och cirkularitet. Anledningen är att landet har ett begränsat utbud av produkter vilket kräver ett innovativt tankesätt för att använda materialet bättre. *”Ett trasigt bord kan bli fem pallar.”* I7 säger också att *”För oss är det enklare att bara slänga och köpa nytt, för det kostar inte mycket här.”*

För att få sätta en produkt på marknaden idag krävs ett säkerställande om att den inte innehåller några miljöfarliga ämnen. Sett till behandlat material kan det vara svårare att bevisa att det inte innehåller några giftiga ämnen om det inte finns någon märkning. Validering kan idag ske genom att ta prover på produkter, men eftersom det är en kostsam process bör det säkerställas i ett tidigare skede. I7 säger att det därför är svårt att sälja något som är behandlat. *”Vi har ett projekt som rullar som är kopplat till detta och då heter det Produktpass. Det kommer att bli, på elektronik först ut, och även möbler och textilier kommer vara de tre områden man satsar på. Det kommer vara lagkrav på det någonstans runt år 2025, att alla produkter som sätts på marknaden ska ha det här produktpasset. Och då får du en innehållsförteckning/innehållsdeklaration på produkten.”* Produktpass kommer att gälla i Europa till en början vilket försvårar användandet av behandlat spill ytterligare. Däremot tror I7 att de länder som uppfyller kraven med förteckning av innehåll får en högre konkurrenskraft.

### *En hållbar design*

Enligt I7 är det en utmaning att planera för att tillverka en produkt. *”Att göra produkten hållbar är komplicerat eftersom man behöver tänka till innan man gör produkten. Vad vill egentligen kunden ha? Vad måste kunden ha? Behöver de ens ha den här produkten?”* Fortsättningen om svaret är ja blir; *”Hur ska den designas för att vara så hållbar som möjligt?”* Genom att tänka funktion och en lång livslängd fås en mer hållbar produkt menar I7.

En cirkulär utformning av en produkt möjliggör att återanvändning kan ske mer än en gång. För en produkt som består av moduler kan en eller flera delar av produkten enklare återanvändas. *”För ett bord där bordsskivan går sönder ska benen fortfarande gå att återanvända”* [I7]. Med en ny bordsskiva kan benen då åter bli ben till den produkt det var avsett för, men kan även användas till andra områden. Hållbarhet med fokus på CO<sub>2</sub>-avtryck anses idag vara betydligt mer prioriterat.

Att möbler ska vara nya och dyra nedprioriteras, vilket gör att den befintliga inredningen behålls i högre grad i stället för att köpa nytt. *”Mer fokus på story telling och hållbart producerande än hur produkten egentligen ser ut”* [I7].

Vid tillverkningen kan det också vara lämpligt att tänka flera steg framåt. Exempelvis vid tillverkning av KL-trä vilket är ett byggsystem av restprodukter från skogen som används i stora väggsystem. Efter tillverkningen av skivan görs urtag för fönster och dörrar som genererar spill som bör recirkuleras. Kunden betalar för den färdiga produkten, i det här sammanhanget en vägg, vilket gör att arbetet och materialet redan är betalat för och det finns inget intresse för restprodukterna. I7 ser möjligheter i att en bättre planering kan ge stora kostnadsbesparingar och nya värdekedjor.

### *Spilletts värde*

Att använda uttrycket spill anser I7 inte är rätt, utan att det bör betraktas som en råvara som har ett värde. I7 menar att det finns en ekonomisk fördel i att hantera spill eftersom materialet som restprodukt redan är köpt en gång. Den kostnad som uppstår kommer från hanteringen av materialet och inte för råvaran i sig. Idag styr kostnader vad som händer med materialet. Ett exempel som nämns är furu som är ett billigare material där spillhanteringen snabbt blir högre än värdet av att köpa in en ny 5-metersplanka. Valet faller därför vanligen på att skicka materialet till förbränning. För ek, som är ett dyrare material av högre kvalitet, är därför benägenheten att spara materialet större. I7 säger att kunden ofta har en föreställning om vad den vill ha, men att den vanligtvis inte stämmer. Idag har kunder ett större intresse för hållbara, cirkulära produkter jämfört med tidigare då en hög prislapp var viktigare. *”Trä är en tacksam produkt att arbeta med. Många industrier kan involveras i en sådan kedja, inget material är omöjligt att arbeta med och allt spill kan tas tillvara”* [I7]. För att bättre utnyttja befintliga resurser ur ett hållbarhetsperspektiv har furu idag fått fler användningsområden än tidigare, eftersom det visat sig fungera lika bra som finare träslag.

Förutom sett till den ekonomiska fördelen för spill menar I7 att hanteringen också kan vara enklare eftersom det tas om hand i kubikmetrar i stället för som långa brädor.

En hel del spill skickar företagen idag till värmeverk. Företagen betalar därefter, trots detta, för uppvärmning av sina lokaler. Frågan som kan ställas är om det är mer värt att sälja spillet som en produkt eller att elda upp. Enligt I7 är det vanligtvis mer lönsamt att sälja ytterligare en produkt.

Spillmaterialet bidrar till nya tjänster och materialflöden. Med ett minskat producerande av spill kommer materialresursen att ta slut. Genom att se nya användningsområden för materialet kan nya kedjor och ett mer effektivt nyttjande av materialet ske enligt I7. Exempelvis tillverkningen av en ljudabsorbent i ull, vilken även fungerade som gardin och inredning, med en god brandsäkerhet. Tillverkningen bidrog till stora mängder spill och företaget började därför se efter andra användningsområden. Mössor, möbeltassar, grytunderlägg och handskar var några produkter som tillverkades av spillet och de visade sig sälja bättre än huvudprodukten. *”Det här skapar otroligt mycket nya affärer, vilket är häftigt”* [I7].

Vad som också nämns är hur kostnaden på en produkt som är tillverkad av spill kan öka drastiskt genom berättelser, begränsat utbud och att formgivaren har ett känt namn. *”Ett till synes enkelt bord kan säljas för ungefär 50 gånger priset för motsvarande IKEA-bord”*.

Under coronapandemin blev delningsekonomi viktigare eftersom det var brist på råmaterial. Delningsekonomi lämpade sig då beställningar av material var betydligt större än vad den egna användningen var. *”Då får jag det som jag vill ha kapat och sedan skickas resten i väg”* [I7]. Delningsekonomi kan även lämpa sig då längre längder än vad som behövs beställs för att enklare kunna ta vara på råvaran i nästa steg genom en bättre planering av hur råvaran kan tas om hand i form av en restprodukt. Vad gäller emballage har en högre grad av recirkulering påbörjats genom att transportera tillbaka emballage till leverantör.

### *Användningsområden för spill från trävaror*

I7 nämner att användningsområdena för spill från trävaror idag är många, även för de mindre spillbitarna. *”Designers spånar fritt för att ta fram nya idéer till innovativa produkter”* [I7]. Det hålls även utställningar med designers från hela världen för att inspirera i användandet av restprodukter. Exempel kan vara allt från rumsinredning, stolar och soffbottnar till pussel och lampor. *”Spillet kan användas så länge det finns och därefter får man plocka från råvaran”* [I7]. Ett kubbgolvtillverkades av 100% spill från KL-trä. För att ta användningen steget längre användes även spånet efter kapning av golvet till att skapa den första 3D-printade stolen i trä i världen. Vid 3D-printning kan produkten egentligen vara vad som helst. Exemplet kan ses som ett bevis på att spillet kan återbrukas ner till minsta komponent. Om produkten blir populär räcker spillet inte till förbrukningen vid produktionen, men arbetet har då bidragit med nya idéer.

I7 föreslår också att korta virkesbitar kan förlängas genom fingerskarvning och därmed få andra användningsområden. Om lite längre material kunde beställas in hos småhustillverkarna med längre restbitar som följd kanske det kan bli lättare att hitta en alternativ användning. Detsamma om allt trämaterial som kasseras inte sågas ner till kortare bitar utan sparas på pall för att sedan skickas vidare till annan aktör som kan ta vara på dem genom produktutveckling.

# Analys

I detta avsnitt kommer resultat analyseras och diskuteras gentemot litteraturavsnittet.

## Spillundersökning hos Götenehus och Eksjöhus

### Skivor

Både process och layout runt maskiner ser liknande ut hos de två aktörerna. För aktuell order kan tidigare restmaterial plockas från resthylla så väl som överblivet material kan placeras efter avslutad order. Utifrån inmatade skivor och valda standarddimensioner optimerar maskinen för att minimera spill. Vad som utgör en skillnad är hur sorteringen av skivorna sker, på Eksjöhus placeras det på en vagn i rätt ordning, medan Götenehus sorterar det per vägg i ett gaffelställ. Om operatör anser att sorteringen försvåras vid bättre optimering kan en sämre optimering av skivorna bli resultatet. I övrigt styr programvaran hur väl optimerad kapningen blir.

Under mätningstillfället bereddes material för ett helt hus vilket resulterade i en skillnad på åtta procentenheter mellan aktörerna i spillmängd. Väggytan som kapades upp motsvarade 50,6 kvm på Eksjöhus och 62,3 kvm på Götenehus. Vad som går att avläsa här är att ju större väggyta desto mindre procentuell andel spill blir det, se Tabell 29.

Tabell 29 - Jämförelse från undersökning

| Aktör     | Station             | Spill [%] | Monterad area [kvm] |
|-----------|---------------------|-----------|---------------------|
| Götenehus | Kapning             | 10,0      | 62,3                |
| Eksjöhus  | Kapning             | 18,1      | 50,6                |
|           | Montage specialbänk | 21,5      | 28,4                |

Båda operatörerna ansåg att kapningen var representativ. I jämförelse mellan aktörerna spelar såklart husets utformning en viktig roll i hur väl optimering kan ske, men också maskinerfarenhet och sorteringsmöjligheter. Genom att hela tiden jobba mot att nyttja sparad material kan materialet användas effektivare och generera mindre spill. Så länge operatör har möjlighet och koll på sparad material går detta att tillgodose, dock får det inte



innebära ett för stort merarbete att hämta sparade skivor. De ska ligga nära till hands, enkla att plocka.

Götenehus har möjligheten att optimera kapningen efter två storlekar på skivor, till skillnad mot Eksjöhus som enbart utgår från en. Möjligheten har dock inte nyttjats vid undersökningen.

Det blev även spill från skivor vid montage av specialvägg med snedsågning hos Eksjöhus. Spillmängden uppgick då till 21,5% för två gavelväggar. Totalmonterad area för de två väggarna var 28,4 kvm och vid start av montage var skivorna hela. Spillmängderna blir därmed större när kapning sker på montagestation och om snedsågning sker.

Hos Götenehus uppstod även spill från skivor vid montage av delelement. På 19 delelement var spillet 3,5m<sup>2</sup>, 28,0% av plockat material. Eftersom kapning skedde i skivkap i stället för vid montagestation gav resultatet en troligtvis lägre spillandel.

## Panel

De båda aktörerna kapade upp virke till liggande panel utifrån ett paket med 5,4 meterslängder. Samtlig panel är grundmålad med en grå kulör hos Eksjöhus vilket hos Götenehus antingen är obehandlat eller målat enligt husets kulör. Spillet blir då även svårare att använda vid kommande orders eftersom både paneltyp och behandling kan skilja. Detta medför att virkespaketet kan behöva bytas ut mellan orders hos Götenehus medan det kan ligga kvar på Eksjöhus. Samtliga kapningar var för liggande panel.

På Eksjöhus sker kapning i manuella maskiner (E2 och E5) vilket i jämförelse med Götenehus sker i en datorstyrd maskin som optimerar för spill (G2). Sorteringen sker på liknande sätt där färdigkapat material placeras på en vagn i montageordning. Kapningen har i de båda fallen utgått från en virkeslängd åt gången, vilket därför inte bör påverka resultatet nämnvärt. Undersökningen visar att kapningen kan optimeras i högre grad i en datorstyrd maskin. Utifrån uppmätt data uppstod här liknande spillmängder hos de två aktörerna, men mellan order finns en viss skillnad hos Götenehus, se Tabell 30.

Tabell 30 - Jämförelse från undersökning

| Aktör     | Maskin | Spill [%] | Uppkapad längd [m] |
|-----------|--------|-----------|--------------------|
| Götenehus | G2     | 24,2      | 764,1              |
|           | G2     | 3,2       | 1001,9             |
| Eksjöhus  | E2     | 26,6      | 683                |
|           | E5     | 25,5      | 120,7              |

En av anledningarna till skillnaderna var att Götenehus under undersökningsperioden hade en ovan operatör som inte nyttjade maskinens funktion och programvarans potential. Den första kapningen gav därför betydligt mer spill än den andra med bättre planering av kapningen och hantering av maskinen efter att ha fått råd från medarbetare.

Eftersom panel är ett synligt element och strängt beroende av kvaliteten på inkommande virkespaket är det också svårt att optimera utifrån längdspill eftersom kvalitetsurlägg är största orsak till att spill uppstår.

## Vindskivor

Utformningen på vindskivorna skiljer sig en del mellan de två aktörerna, men kravbilderna på brädornas kvalitet är detsamma. På Eksjöhus användes 5,4 meters-längder och hos Götenehus 4,8 meters-längder. Vindskivorna som tillverkades i undersökningen var behandlade vilket innebär att mindre defekter kunde spacklas och målas över. På Götenehus målas samtligt material vid montagestationen vilket gjorde att samtligt längdspill var av obehandlat material. Längdspillet kan användas för skarvade behandlade vindskivor och därmed minimeras. Behandlingen medför därför inte extra spill här som vid panelkapning.

Av vindskivornas synliga delar var det stora skillnader mellan de två aktörerna i spillmängd. Eksjöhus kasserade 30,6% av det inkommande materialet medan Götenehus kasserade 7%, se Tabell 31.

Tabell 31 – Jämförelse från undersökning

| Aktör     | Dimension [mm] | Spill [%] | Monterad längd [m] |
|-----------|----------------|-----------|--------------------|
| Götenehus | 28x170         | 7,8       | 69,3               |
| Eksjöhus  | 28x195         | 30,6      | 82,9               |

Aktörerna använder sig av olika dimension på virket och Eksjöhus använder dessutom fler dimensioner, vilket ger en mängd spill per dimension. Däremot anses den skillnaden göra en mindre skillnad eftersom bakomliggande komponenter enklare kan skarvas och därmed genererar mindre spill. Spillet hos Eksjöhus var kvalitetsurlägg, längdspill och renkapning. Hos Götenehus var det enbart renkapning som gav upphov till spill. Operatören hos Eksjöhus ansåg att kvaliteten var bättre än vanligt, medan operatören på Götenehus påstod att resultatet var normalt. Detta medför att i bästa fall kasseras runt 8% och i ett betydligt sämre scenario 30%. Här spelar även operatörens noggrannhet i vad som anses vara godkänt material en viktig roll eftersom det lätt kasseras hela längder om en del av plankan är dålig.

## Foder och smyg

På Eksjöhus skedde kapningen i två maskiner, E5 och E7, där tre olika dimensioner användes till foder och smyg medan det hos Götenehus bara användes en. Arbetet skedde i manuella maskiner hos båda aktörerna där det kapade materialet var vitmålat. Samtliga operatörer var vana vid maskinerna. Även här är kvalitetsurlägg främsta orsak till att material sorteras ut. Det uppstod procentuellt mer spill hos Eksjöhus än Götenehus vid samtliga kapningar, se Tabell 32.

Tabell 32 - Jämförelse från undersökning

| Aktör     | Maskin | Dimension [mm] | Spill [%] | Uppkapad längd [m] |
|-----------|--------|----------------|-----------|--------------------|
| Götenehus | G4     | 21x73          | 11,5      | 170,9              |
| Eksjöhus  | E7     | 21x73          | 42,9      | 96                 |
|           | E7     | 20x120         | 58,5      | 16,8               |
|           | E7     | 17x90          | 40,4      | 69,9               |
|           | E5     | 21x73          | 28,7      | 25,7               |
|           | E5     | 17x90          | 14,4      | 18                 |

Operatörer för E5 och E7 hos Eksjöhus påpekade att kvaliteten var något sämre än vanlig, medan operatören hos Götenehus ansåg kapningen vara normal med tillägget att fler små bitar hade kunnat sparats. Av undersökningen framgår att om foder och smyg är av samma dimension resulterar det i mindre spill eftersom det främjar utrymme för längdoptimering. Vad som förvånar är optimeringen i E5 som gav mindre spill än i E7 trots mindre kapmängd. I övrigt är kapningen och förutsättningarna detsamma. En annan skillnad är kvaliteten på det inkommande materialet, här spelar operatörens noggrannhet en viktig roll i vad som anses acceptabelt eller inte.

## Hammarband, syll och regler

Eksjöhus kapade materialet för hammarband och syll i en manuell maskin där operatören avgjorde kapordningen. Reglar kapades i en datorstyrd maskin som inte kan optimera för spill. På Götenehus sker samtlig kapning i en datorstyrd maskin med möjlighet till optimering. Hos Eksjöhus genomfördes kapningarna från en längd, medan hos Götenehus hämtades längder utifrån datorns optimering. Det framgår en stor variation mellan kapningarna hos Götenehus vilket beror på att kortlingar kapades upp i den order av 45x195 med lägre procentandel spill. Operatören som kapade hammarband och syll på Eksjöhus förklarade att det var något mindre spill än normalt på grund av att väggarna var mindre, inte krävde några skarvar och att materialet gick jämt ut. Operatörerna som utförde kapning i E4 och G5 uttryckte att samtliga orders var representativa.

På Eksjöhus skedde kapningen i flera olika maskiner medan det hos Götenehus skedde i samma, se Tabell 33.

Tabell 33 - Jämförelse från undersökning

| Aktör     | Maskin | Order | Dimension [mm] | Spill [%] | Uppkapad längd [m] |
|-----------|--------|-------|----------------|-----------|--------------------|
| Götenehus | G5     | 1     | 45x185         | 11,1      | 24                 |
|           | G5     | 2     | 45x185         | 2,6       | 51,4               |
|           | G5     | 1     | 45x120         | 22,3      | 2,3                |
|           | G5     | 1     | 45x195         | 18,3      | 70,4               |
|           | G5     | 2     | 45x195         | 1,4       | 118,2              |
| Eksjöhus  | E7     |       | 45x95          | 7,6       | 36,2               |
|           | E7     |       | 45x195         | 6,2       | 36,1               |
|           | E5     |       | 45x195         | 2,4       | 17,9               |
|           | E4     |       | 45x195         | 7,2       | 80,7               |

Maskinen eller operatörens förmåga att optimera för spill spelar en viktig roll. För stommateriale uppstår främst längdspill. I enighet med resultatet går dock inga slutsatser att dra gällande hur storlek på order påverkar spillmängden. Störst kapning för 45x195 respektive 45x185 resulterade i minst spill hos Götenehus. Samtidigt var förhållandena tvärt om hos Eksjöhus där minst order av 45x195 gav minst spill följt av att den största gav mest. Detta kan ha att göra med längdvariation på det uppkapade materialet som gör det svårt att komma undan längdspill.

Hos Eksjöhus uppstod, förutom spill från kapning, ytterligare spill av konfektionerade regler vid väggelementmontage på linjen. Spillet uppgick till 12,7% efter att genomgått en granskning av montörerna. Eftersom reglarna på linjen inte går till samma enhet som från kapat material kan spillet inte summeras ihop, däremot kan det säga något om kvaliteten på inköpt material. Eftersom inga ytterligare regler slängdes vid montage hos Götenehus kan det konstateras att kvaliteten på deras virke varit bättre under undersökningsperioden.

## Spikläkt

På Eksjöhus kapas spikläkt i kapmaskin, vilket medför att inget spill uppstår vid montage, medan det på Götenehus görs vid väggmontagestationen. Beslutet i att välja om kapning ska ske vid montagestation eller vid kapmaskin gör företaget baserat utifrån lokaler och vad som anses vara mer effektivt. Variationen i spill var större hos Eksjöhus, se Tabell 34.

Tabell 34 – Jämförelse från undersökning

| Aktör     | Maskin | Spill [%] | Uppkapad längd [m] |
|-----------|--------|-----------|--------------------|
| Götenehus | G8     | 6,6       | 153                |
|           | G8     | 5,5       | 202                |
| Eksjöhus  | E9     | 2,6       | 199,5              |
|           | E4     | 8,6       | 131,2              |

Hos Eksjöhus skedde kapningen i olika maskiner och med olika operatörer. Vad som kan skilja sig är deras arbetssätt i hur väl optimeringen görs i den egna planeringen. Ingen av maskinerna hos Eksjöhus är datorstyrd vilket ger dem liknande förutsättningar. Av undersökningen framgår att den större ordern gav mindre spill vilket kan kopplas till att det blir enklare att tillgodose överblivet material ju mer som ska kapas upp. Detsamma får de spillängder som uppstår mindre procentuell inverkan ju längre order som bearbetas.

Götenehus erhöll ett jämnare resultat genom att kapa direkt vid montagestation. Här kapas material upp i direkt anslutning till när det behövs, *just in time*, och kan därav optimeras på ett annat sätt. värt att nämna är att den spillmängd som uppstått hos Götenehus baseras på en visuell uppskattning av tipcontainern vilket innebär att det faktiska värdet kan var något mer eller mindre.

## Delement

På Eksjöhus kapas material till delement upp i enskild maskin där operatör även granskar och sorterar material inför montage. Materialet består av konfektionerade standardreglar.

Hos Götenehus bearbetas material i samma maskin som även kapar stomkomponenter och takstolselement. Här är materialet av högre kvalitet där vridet virke inte är lika vanligt förekommande. Detta på grund av fingerskarvning vilket bryter fibrerna i träet och säkerställer dess kvalitet. Även om materialet beställs in i längder om 2,8m behöver ofta bearbetas något för att passa stommen. Om det skulle beställas in konfektionerat, vilket det gör hos Eksjöhus, för att direkt passa de två vägghöjderna kommer de undan vissa längdkapningar. En del reglar kapas dock även hos Eksjöhus, majoriteten av virket tas från exaktkapat. Samtliga reglar kontrolleras av maskinoperatör innan de skickas till montage.

Det skiljde sig mellan aktörernas kassering av material, vilket främst bestod av kvalitetsurlägg, se Tabell 35.

Tabell 35 – Jämförelse från undersökning

| Aktör     | Spill [%] | Uppkapad längd [m] |
|-----------|-----------|--------------------|
| Götenehus | 10,0      | 91,6               |
| Eksjöhus  | 30,8      | 2035,5             |

Allt material sorteras ur i samband med kapning vilket innebär att kassering vid montage är ovanligt. Eftersom delelementen ser likadana ut hos respektive aktör går här att dra en slutsats om att fingerskarvade regler ger mindre spill. Det är dock något dyrare, hur detta påverkar produktionsekonomi är inget som utreds i detta arbete och skulle behöva utredas vidare för att se dess ekonomiska förhållanden. Eftersom sorteringen görs av hela regler innan de kapas har de fortfarande ett lågt värde. Om reglarna inte är allt för skeva finns goda möjligheter till alternativa användningsområden i andra delar av produktionen, det gäller bara att det finns en efterfrågan på dem.

Undersökningen hos Eksjöhus baseras på mätvärden från en hel veckas produktion där operatör uppskattade volymen spill som uppstått av det som producerats. Operatören ansåg att veckans arbete var representativt och att den mängd som kasserats var normal. Men att göra en uppskattning är alltid en risk för fel. Detta innebär att det faktiska värdet kan vara antingen något högre eller lägre än det uppskattade.

En annan tydlig skillnad mellan aktörerna är att Eksjöhus arbetar i en manuell maskin och Götenehus i en datorstyrd. Generellt gynnar en styrd maskin optimering för att minimera spill, men eftersom varje regel nyttjas fullt ut, förutom urtag eller mindre justering av längd, ger valet av maskin inte några större fördelar förutom att spara tid.

## Väggmontage

Metod för väggmontage varierar mellan fabrikerna och det har tillverkats varierande element hos de två. Här jämförs Götenehus väggmontage med Eksjöhus vägglinje. Samtliga väggar hade rektangulär utformning.

Eksjöhus har en produktion som liknar löpande bandet. Här blir personalen duktig på specifika moment, det är effektivt och enkelt att ersätta personal vid frånvaro. Detta har även gynnat dem i tider om att flytta runt personal. Specialbänkarna hos Eksjöhus liknar Götenehus väggelementmontage i hög grad, men med stationerna placerade längre isär. Allt material levereras färdigkapat till vägglinjen, vilket gör att det spill som uppstår kommer från felkapat material, klyvning och utsortering. Här uppstod endast 0,5% spill av totalt 577,9m panelvirke. Genereringen av spill hamnar främst på kapoperatörerna och inte för montörer vid väggelementtillverkning.

Götenehus produktion liknar *TPS* med multifunktionella team som tillsammans har ett större ansvar för material och leveranser. I teamen varierar arbetsuppgifterna sinsemellan för att få en stimulerande arbetsmiljö.

Eftersom ett större ansvar läggs på respektive medarbetare krävs att de får en inlärningsperiod vid omplacering. Eftersom montörerna i stor utsträckning bearbetar material får de ett större inflytande på dess spilluppkomst och möjlighet att påverka, vilket inte blir ett lika styrt arbetssätt som hos Eksjöhus.

Hos Eksjöhus uppstod inget spill för skyddsläkt, spikläkt, foder och smyg vid montage. Däremot var det en del dåliga reglar med sprickbildning eller vridningar/böjningar. Spill för reglar nämns ovan i ”Hammarband, syll och reglar” och spill för spikläkt nämns i ”Spikläkt”. I övrigt var montaget normalt. Felkapningen på panel hos Götenehus ingår inte i jämförelsen. Även en del övrigt material som blivit felaktigt slängt i tippcontainer är borträknat.

Det skiljer sig i kassering av skyddsläkt mellan aktörerna. Detta eftersom Eksjöhus beställer in virke om 1,3m som direkt kan monteras på vägg utan bearbetning. Götenehus beställer in längder om 3m som behöver kapas upp på montagestation innan de monteras på vägg. Det går snabbare att montera skyddsläkt på Eksjöhus vilket också gör det till ett billigare moment jämfört med Götenehus. Götenehus kasserade 14,5% av totalt 407m monterad skyddsläkt på de två orders som undersökts. Visserligen är Götenehus skyddsläkt av något tunnare dimension vilket gör den billig att köpa in, men detta moment kan undersökas vidare vad gäller produktionsekonomi. Eftersom i princip varenda vägg som lämnar produktionen är monterad med skyddsläkt finns här förbättringsmöjligheter vad gäller användning av spillmaterial. Ju mer spillvirke som kan användas till skyddsläkt desto bättre eftersom det av största sannolikhet ändå kasseras på byggarbetsplats.

De mängder spill som uppstod för panelvirke hos Götenehus orsakades kasseringen av, liksom hos Eksjöhus, urtag runt detaljer, utsortering och klyvning. Mängderna är svåra att komma ifrån helt och när det är tunnare dimensioner som monteras ökar risken för vridet material. I jämförelse med när panelvirke kapas upp i maskin är mängderna betydligt mindre, men kvarstår, se Tabell 36. Det uppstod inget spill från foder eller smyg vid montage i undersökningen.

Tabell 36 - Jämförelse från undersökning

|         | Typ   | Spill [%] | Uppkapad längd [m] |
|---------|-------|-----------|--------------------|
| Order 1 | Panel | 3,7       | 685                |
| Order 2 | Panel | 7,2       | 613,5              |
|         | Panel | 12,4      | 523                |

På väggar där dörr monterades gjordes ett urtag av syllen hos Götenehus. Detta gav upphov till att 5,2% av totalt 93,1m monterad syll för de två orders som undersöktes kasserades. Här skulle förbättring kunna ske genom att inte montera syll längs hela väggsidan om det sedan ska monteras en dörr. Dock går kapningen fortare om det inte behöver göras lika många snitt.

Här gäller det att väga den sparade tiden i kapmaskin för att slippa göra flera korta syllbitar mot arbetstiden montör lägger ner på att kapa ur och kassera material i ett senare skede. Generell har materialet i sig ett lägre värde om det kasseras tidigt i produktionen, men maskinslitage och operatörens arbetstid måste också vägas in.

Vid undersökningstillfället uppskattades fördelningen av materialet som slängdes hos Götenehus visuellt. Detta medför risk för en felkälla vilket innebär att verklig mängd av respektive dimension kan avvika.

## Snedsågning

För att kunna se om snedsågning gav någon effekt på spillet på panel undersöktes väggmontage vid Eksjöhus specialbänkar och gavelspetsmontage hos Götenehus. Vid båda stationerna var det två planelement som tillverkades där samtliga hade stående panel.

En anledning till skillnad i spill är att de gavelväggar som monterades hos Eksjöhus hade en betydligt större area i jämförelse med de två gavelspetsar som tillverkades hos Götenehus, vilket i sin tur sänker procentandelen i förhållande till snedsågningen, se Tabell 37.

Tabell 37 - Jämförelse från undersökning

|                  | Spill [%] | Uppkapad längd [m] |
|------------------|-----------|--------------------|
| <i>Götenehus</i> | 20,2      | 40,4               |
| <i>Eksjöhus</i>  | 15,4      | 284,9              |

Teknikerna de båda fabrikerna använde var således lika vid undersökningen. Däremot var det snedsågningar både upptill och nedtill på en utav gavelväggarna hos Eksjöhus eftersom gavelväggen även skulle ha ett anslutande garage med sadeltak i nedre delen, vilket också påverkade spillmängderna. Hos Götenehus uppstod spill också både i övre och nedre sidorna även om formen bestod av en rak linje nedtill. Detta för att få till en rak och jämn sågning. Genom att öka noggrannheten vid montaget kan spillet från nederkant elimineras helt, men då vägs arbetstiden mot det minskade spillet. Götenehus får troligtvis en minskad mängd spill även på grund av den låga taklutningen på gavelspetsen. Panelbrädorna behöver då inte vara lika långt utstickande, vilket gör att materialet kan användas i högre grad.



## Takstol

Vid kapning av takstolselement har de två aktörerna liknande maskiner som jobbar efter samma princip. Båda operatörerna som arbetade under undersökningen var ordinarie personal och vana vid maskinen. Den största skillnaden mellan fabrikena infinner i hur materialet förses till maskinen. Hos Götenehus hämtas lämpliga längder som datorn tagit fram genom optimering, medan Eksjöhus använder en längd.

Det extra arbete som krävs för truckföraren att hämta rätt material kräver mer tid, vilket blir en avvägning som görs mellan ekonomiska aspekter och spillproduktion.

Eftersom mätning av det faktiska spillet var svårt att göra har en teoretisk spillandel tagits fram för de två. Andelen har sedan ställts mot det faktiska, vägda spillet hos Götenehus vilket anses mer representativt för mätning av spill för takstolskapning, även om det inte var möjligt att specificera spillet för de olika dimensionerna. Utifrån resultatet från teoretiskt spill och verkligt spill hos Götenehus beräknades en omvandlingsfaktor som därefter applicerades på Eksjöhus spill, se Tabell 38.

Tabell 38 - Jämförelse från undersökning

|                  | Typ        | Spill [%] | Uppkapad längd [m] |
|------------------|------------|-----------|--------------------|
| <i>Götenehus</i> | Teoretiskt | 3,7       | 447,4              |
|                  | Verkligt   | 6,3       |                    |
| <i>Eksjöhus</i>  | Teoretiskt | 16,5      | 600,3              |
|                  | Verkligt   | 19,1      |                    |

Omvandlingsfaktorn ger en ökning på 2,6% extra spill, utöver det teoretiska spillet, för den avancerade kapningen med urtag och vinklar. Att Götenehus och Eksjöhus skulle ha exakt samma procentsats för avancerad kapning är troligt, men behöver inte händelsevis stämma. Det verkliga spillet anses vara det mest verklighetstrogn resultatet som kunde fås fram i undersökningen.

I intervjuerna berättar båda aktörerna om det ständiga arbetet med att optimera takstolsvirke [I3, I5]. Valet av arbetssätt påverkar hur mycket spill som uppstår. För denna undersökning framgår det tydligt att nyttjandegraden på materialet blir bättre genom att optimera utifrån flera olika virkeslängder. Ju fler längder som kan nyttjas, desto bättre blir optimeringen eftersom risken att en brytpunkt mellan bitar hamnar över en skarv blir mindre.

# Produktionen i helhet

## Kvalitetsurlägg

Att komma undan kvalitetsurlägg ger en direkt besparing av både material och produktionsekonomi [I5]. Kvalitetsurlägg gör det svårt att optimera utifrån de spillmängderna som uppstår hos aktörerna. Vad som går att säga är att kvaliteten spelar en viktig roll, skulle därav en högre kvalitet på det inkommande virket kunna säkerställas kan spillmängderna reduceras och ett jämnare materialflöde ske. Studien indikerar på att hantering av materialspill är ett ineffektivt extra arbetsmoment i produktionen. Vid bristfällig leverans kan operatören behöva hantera dubbelt så mycket material än nödvändigt. I enighet med Lean Productions 7+1 slöserier blir utsortering av dåligt material i produktionen en väntan från nästkommande aktivitet, onödig rörelse där personal behöver slänga material, transport av det kasserade materialet och ett överarbete med en dubbel materialkonsumtion.

Kvalitativt material är något båda aktörerna påpekar och diskuterar kring [I3, I5]. Om allt material kontrollerades innan det når produktion reduceras spillmängderna som idag uppstår i fabriken. Detta skulle dock kräva ett extra arbetsmoment men kan till en början vara det som krävs för att minska spillet i produktionen för att samtidigt uppnå en ökad effektivitet. Detta kan antingen ske av leverantör eller hos hustillverkarna, effektivast är om det sker så tidigt som möjligt i processen då materialet inte förädlats. Kvalitetsurlägg uppstår främst för synligt, behandlat material av estetiska skäl och inte på grund av funktion.

Det ska vara enkelt att ta vara på utsorterat material. Genom att plocka ur material så tidigt som möjligt i bearbetningskedjan hålls kostnaderna nere för företaget. Så fort det behöver ytterligare bearbetning blir virket dyrare där personalen behöver fundera över om det är lönsamt eller ej. Att hela tiden ha koll på det sorterade materialet, dess kvalitet och samtidigt hitta nytt användningsområde medför ett ytterligare arbetsmoment vilket måste ställas mot den potentiella besparing det skulle medföra att bättre ta vara på materialet.

## Optimering av material och produktion

Produktionspersonalen har med åren behövt bli mer flexibel vad gäller arbetsmoment hos båda aktörerna, vilket kan påverka producerade spillmängder. En mer ovan operatör, särskilt i kapmaskinerna, har inte samma förmåga att planera kapningen för en bättre optimering som en erfaren operatör. Av arbetet med optimering menade I1 på att låta maskinen optimera kapningen i stället för operatören. Detta gör att produktionsprocessen sker på ett effektivt sätt med minimala störningar av människan. Det blir då tydligt hur körningar kan utvecklas och utföras oberoende av vilken operatör som står vid maskinen. Dock gäller endast detta för stomkomponenter där kvalitetsurlägg knappt sker.

Med en mer datoriserad maskin minimeras optimeringsansvaret på operatören, såvida personen förstår maskinens funktioner.

Båda aktörerna jobbar med standardiserade takhöjder och regelfack för att effektivt nyttja standardskivor, isolering och konfektionerade reglar, och i Götenehus fall även andra komponenter. Ibland kommer dock kunder in med skisser på speciallösningar vilket försvårar arbetet mot att minimera spill [I4]. Att i produktionen lagerhålla konfektionerat material i ett oändligt utbud är varken hanterbart arbetsmässigt eller ekonomiskt. Dessutom begränsas de båda aktörerna, särskilt Eksjöhus, av lokalernas lagringsmöjlighet. Vid undersökningstillfället bestod beställningarna främst av ovanliga hus av unik karaktär. Aktörerna kan sägas tillverka ”*prototypus*” där varje unikt hus går till produktion. Det synsättet på produktionsprocessen innebär att elementtillverkning inte kan jämföras rätt av med tillverkningsindustri. En bil är produktutvecklad genom flera steg, produktionen har sedan optimerats efter detta vartefter en rationell produktionslinje tagits fram. Graden av standardisering är inte lika hög hos hustillverkarna, med en något lägre produktivitetsutveckling än tillverkningsindustrin blir enhetskostnaden högre (Boverket 2008).

Även om många principer från Lean production översatts till industriellt byggande är det svårt för en hustillverkare att implementera dem på ett smidigt sätt, eftersom det är stora variationer i produktionen. Detta har en direkt koppling till den spillmängd som uppstår eftersom det blir svårt att förutspå och därav optimera produktionen.

## **Köpemönster och kundanpassning**

Kunder har dålig insikt i hur mycket spill som genereras vid industriellt byggande eftersom de köper en färdig produkt. Vid traditionellt byggande betalar kunden för en tjänst och samtligt material som köps in för att färdigställa byggnaden. I ett sådant fall har kunden större incitament att se till att materialet nyttjas bättre.

En beställare som privatperson bestämmer utformningen på byggnaden och vill ha det till ett lågt pris (Hansson et al. 2015). De betalar hellre för ett billigare hus än att betala extra för att reducera materialspill. Det finns ett brett spann av kunder [I4], när det blir fler sällanlösningar begränsas arbetet med att effektivt jobba mot spill [I5]. Med många olika hus måste råvaran täcka en mängd olika uppdrag. Idag består beställningarna främst av kundanpassade specialhus [I3, I4].

Produktbestämning mellan beställare och arkitekt är en utgångspunkt för det avfallsförebyggande arbetet, men kundanpassningar ställer till det annars möjliga avfallsförebyggande arbetet i form av standardiserade lösningar och standardmått. Kunden kan inte ansvara för att kunskapsuppbyggnad kring materialspill sker, men arkitekten kan exempelvis påverka spillmängder genom materialval och framhäva smart utformning.

Kunden vill ha ett individanpassat, unikt hus medan leverantören vill ta vara på serietillverkning (Malmgren 2010). En privatperson har kortsiktigt synsätt på byggprocessen och det är upp till fabriken att tillgodose kundens önskemål. Småhusföretagens anpassningsförmåga är därav avgörande för att förbli på marknaden.

Eftersom husleverantörerna bedriver en vinstdrivande verksamhet finns en gräns för hur mycket de kan jobba med spillminimerande åtgärder innan andra ekonomiska faktorer får en större betydelse.

## Materialspill och avfallsförebyggande arbete

EU:s lagstiftning om avfallshantering ger bra direktiv på hur avfallsförebyggande arbete kan gå till. Båda aktörerna jobbar med fraktionering av avfall för att sortera materialet så långt det går. Träspill går till flisutvinning och sedan energiåtervinning, vilket i enighet med avfallshierarkin är på nivå fyra: *återanvändning för andra ändamål* (EUR-Lex 2023). Det främsta spillet uppstår från längdoptimering eller kvalitetsurlägg och har till stor del att göra med materialet i sig samt kapmaskinernas funktioner vad gäller optimering. Med en god materialsamordning och logistik i fabriken sker sällan andra skador på materialet.

Fabriksmiljön möjliggör en tydlig statistikföring där materialet in i fabriken kan jämföras med i vilken form som materialet som lämnar fabriken. Idag för ingen utav fabriken statistik över spillandelar för virke i deras produktion. Med uppgifter från inköpsavdelningen och ritningar kan spillet enklare mätas, vilket möjliggör uppföljning för att se utvecklingen av arbetet.

Eksjöhus jobbar mot att bli klimatneutrala till 2030, men deras projektering utgår inte från att minimera spill idag. Det kan komma i framtiden säger I4, kanske genom att begränsa kundens valmöjligheter och i stället förhålla sig mer till att nyttja fulla virkeslängder och modulmått. Att tillverka det kunden vill ha är av främsta prioritet.

Götenehus har nyckeltal kopplat till avfall för att bli mer hållbara. I2 understryker att deras produktion är utformad på så sätt att det inte spelar någon roll om det är ett special- eller kataloghus som produceras med hänsyn till spill. Men för att i framtiden bli bättre trycker båda aktörerna på att en begränsning av utbudet hade gynnat dem spillmässigt [I2, I5]. Att minimera spill och kostnader kan ske genom kunskapsuppbyggnad och erfarenhetsåterföring dels mellan avdelningar, dels till leverantörer. Via statistik kan avfallshanteringen följas upp, men idag är det för stor variation i produktionen för att effektivt jobba avfallsförebyggande.

Vid detaljer kring fönster och dörrar eller fasadkomplettering ses inte materialet som spill utan restprodukt menar aktörerna. Momenten ger alltid upphov till spån och mindre skräpbitar.

Virket har en standardutformning som går att nyttja på olika sätt. Det ses som en bräda med en viss längd och tvärsnitt, inte som en volym trämaterial i sig som fritt går att disponera. Detta eftersom de alltid kommer behöva göra urtag, klyva brädor eller borra hål i dem vilket ger upphov till någon typ av restmaterial.

Det som går att påverka ses som spill, men trämaterial som kasseras på grund av urtag eller klyvningar gör inte det utan ses som direkt avfall. Å andra sidan menar IDC att även sågspån går att ta vara på genom exempelvis 3D-printning. Allt handlar om hur lätt det är att hitta alternativa användningsområden. Ibland är det svårt att själv vara kreativ, varför samarbeten med exempelvis IDC är en nyttig framgångsfaktor i det avfallsförebyggande arbetet. Eftersom de har en utställning med produkter framställda av spillmaterial från trä är ett besök hos dem ett bra sätt att få i gång det kreativa tänkandet och resonemang kring vad som potentiellt skulle kunna göras med restmaterialet från fabrikena. Enligt I7 kan allt träspill tas vara på, vilket bör nyttjas. Med ett minskat slöseri av råvaran fås en totalt sett hållbarare produktion.

## **Informationsutbyte**

Erfarenhetsmässigt är uppföljning av material- och avfallshantering viktigt (Fredriksson et al. 2012). Informationsutbytet kan stärka relationen mellan avdelningar samtidigt som det kan effektivisera arbetet. Kärnan i arbetet är att kunden ska vara nöjd, men båda aktörer anser att informationsutbytet ändå kan förbättras. En tydlig brytpunkt där styrningen blir svårare är leverans av virke till byggarbetsplatsen där entreprenören tar över. Att skicka med för lite material till byggarbetsplatsen kan ge betydligt större problem än att material blir över säger I4. För Götenehus som även erbjuder totalentreprenad finns bättre möjligheter för denna typ av uppföljning.

Hos Eksjöhus hålls en ständig dialog i fabriken kring hur överblivet material kan nyttjas på ett bra sätt, men det är inte alltid så lätt att hitta alternativa användningsområden [I6].

Idag jobbar ingen av tillverkarna med erfarenhetsåterföring kopplat till hur mycket trä som används. Att flytta runt personal mellan stationer och maskiner för ofta kan missgynna reducering av materialspill. En operatör som har 2–3 veckor framför sig i samma maskin kan planera och spara restbitar utefter detta. Vanligtvis sparas exempelvis foder och smyg som är >2 meter, men med koll på kommande order kan även kortare bitar sparas. Detta kan lätt gås miste om vid hög personalomsättning, det är därför viktigt med återkoppling mellan operatörer vid avbyte för att ta vara på materialet på bästa sätt.

Att spara restbitar i gemensamma ställningar i fabriken är en bra lösning, men att behöva leta efter lämpliga restbitar på annan plats än den egna arbetsstationen anses idag för tidskrävande och kostsamt. Med en bättre sortering av befintliga ställningar erhålls en tydligare överblick och det blir effektivare att hitta lämpligt material. Exempelvis skulle stämpelmärkning kunna införas vilket ger information om längd och dimension på restbit.

## Storlek på maskinpark och lokaler

Med detaljprojektering och god samordning reduceras risken för byggfel skriver Fredriksson et al. (2012). I de egna fabrikena har aktörerna bra uppsikt över hela produktionsprocessen som är kontrollerad i flera steg där ändringsarbete upptäcks innan leverans sker till byggarbetsplats. Det industriella byggandet ger en tydligare logistik som underlättar kontrollen över avfallsmängderna, vad som går in och vad som går ut.

Båda aktörernas produktionsprocesser påminner om *SCM* med att tillgodose kundens krav, interna processer och leverantörsprestanda. I fabriksmiljö har de möjlighet att jobba med optimering av logistik kopplat till transporter och materialhantering (Lessing et al. 2005). Detta görs på flera sätt genom att alltid kapa upp och montera ett komplett hus i en stöt, effektiv användning av materialet och sammanlänka transporter in och ut ur lokalen så att fabriken i stort får ett tydligt flöde. Att börja fokusera mer på någon av de ingående aktiviteterna kan påverka balansen och därav den totala flödesekonomin. Exempelvis genom att justera ordningen på hur element kapas upp för att bättre ta vara på materialet kan ställa till det vid sortering och montage. Ur optimeringssynpunkt skulle det vara bättre att kapa en virkestyp per maskin, men det skulle kräva väldigt stora lokaler vilket vidare skulle ge långa transporter och innebära en ekonomisk nackdel.

Eksjöhus har betydligt mindre lokaler än Götenehus vilket har sina för- och nackdelar [13, 15]. Med stora lokaler finns god lagringskapacitet vilket gynnar både vid kapning och montage. När material kapas upp kan flera olika längder nyttjas och överblivet material kan enkelt sparas utan att hamna i vägen. Men med mindre lokaler ökar närheten vilket kan främja en god kommunikation och transport. Materialet behöver inte färdas långt mellan kapmaskin och montage. Nyttjandegraden av lokalerna blir hög vilket är bra för produktionsekonomin.

Produktionen i de båda fabrikena med antal producerade småhus i veckan är likvärdig. Att Eksjöhus har betydligt fler maskiner beror enligt I5 på att belastningen på vissa maskiner blir för hög och därmed behöver avlastas. En kombinerad maskin, såsom flertalet av maskinerna hos Eksjöhus är, får en lägre totaleffektivitet. Genom att kunna producera mer uppkapat material i samma maskin hade en enklare materiallogistik fåtts. Idag har flertalet maskiner samma materialdimensioner intill sina kapstationer vilket tar plats och försvårar optimering utifrån olika längder. Om en högre effektivitet fås av en mer datoriserad maskin är utifrån den här undersökningen svårt att säga.

## **Eget sågverk eller extern leverantör?**

Det är viktigt att veta vad som förväntas av en leverantör. Eksjöhus menar att det är enklare att ställa krav på en extern leverantör eftersom relationen bygger på att hela tiden komma fram till en kostnadseffektiv lösning, annars kan leverantören ersättas med en annan aktör. Å andra sidan är en intern leverantör stabilare och en trygghet där dialog kring leveransservice blir lättare att upprätthålla. Med en intern materialleverantör får Eksjöhus bra koll på hela värdekedjan från skog till färdig byggsats.

Av intervjuerna går att avläsa att Eksjöhus stött på fler problem med leveranser än Götenehus, främst kopplat till att de längder som beställts ersätts med andra. Med manuell optimering försvåras arbetet för operatörerna ytterligare genom att ställa om beräkningarna vid kapningen. Som Mattsson (2003) skriver spelar leveransservice in: med stor variation mellan leveranser är det svårt att veta när nytt material levereras så väl som att inte onödigt material beställs. Om inte material finns på plats vid rätt tidpunkt blir produktionen stillastående, men med för mycket material i lager binds onödigt kapital. För att inte binda massa kapital i lager har Götenehus aktivt arbetat med att sortera ut sällan förekommande längder och dimensioner.

I en studie om leveransservice mellan sågverk och bygghandlare påpekas vikten av god leveransservice (Sjölund 2019). Kontroll av inkommande material är ovanligt vilket även gäller hos Eksjöhus och Götenehus. Detta leder ibland till sen kassering av dåligt virke, vilket påverkar byggprocessen negativt eftersom förädlad material är dyrare att slänga. I3 menar att om en högre kvalitet på virket från leverantör går att säkerställa skulle onödig kassering av material reduceras. Dock är balansen mellan en dyr men säker leverans, kontra billig och oviss, svår att avgöra.

## **Dagens prisbild på trävaror**

Båda aktörerna resonerar kring att trä idag är en förhållandevis billig produkt vilket ligger till grund för hur det hanteras idag. Ju mer ett material hanteras desto dyrare blir det, här sätter prisbilden på materialet gränsen för hur mycket det kan hanteras. Därför kan det vara billigare att slänga dåligt material i stället för att förädla det och till slut hitta ett användningsområde [I3, I5]. Enligt I7 kan trä materialet ses som en billig råvara som är av intresse för flertalet återtillverkningsindustrier. I stället för att skicka virket till förbränning till värmeverken bör det återcirkuleras och bilda andra produkter för en ökad hållbarhet. Med hänsyn till det globala klimatavtrycket spelar inbyggt material en viktig roll, effektivt nyttjande av material kan minska klimatavtrycket med upp till 30% menar Santana-Sosa & Fadai (2015).

I3 resonerar kring nyttjandegraden på en trästam där massiva konstruktioner är ett effektivt sätt att ta vara på trädet. Men det kan också göras genom att producera lättbalkar eller limträ eftersom dessa konstruktioner inte kräver lika stor dimension av kärnvirke.

I dessa konstruktioner blir kassationsmängden betydligt lägre på det inkommande materialet jämfört med vanliga plankor. Men mycket handlar om pengar, köps en dyrare produkt in behöver produktionen effektiviseras på annat håll. Det är svårt att övertyga en kund om varför de skulle vilja betala mer för ett hus där det uppstått mindre spill i produktionen [I3].

Många resonemang tyder på att dagens prisbild på trävaror ställer till det i hanteringen av antingen utsorterat eller överblivet material. Så fort en operatör tar i materialet eller bearbetar det vidare blir biten dyrare, främst på grund av personalkostnad. Hade virke från början varit en dyrare produkt hade motivet till att spara material stärkts.

Om allt virke som kommer in är av långa längder blir spillbitarna också längre. I enighet med IDC kan allt spill tas till vara men det gäller att vara väldigt kreativ för att nyttja varje bit. Med längre spillbitar medförs möjligheten att även anpassa och bearbeta dem ytterligare efter behov vilket inte går med småbitar i lika stor utsträckning. Fingerskarvning är också ett arbetssätt för att förlänga spillbitarna för att möjliggöra andra användningsområden.



# Slutsats

Lagstiftningen för bygg- och rivningsarbeten har hittills inte ställt tillräckliga krav på tillverkningsprocessen för att branschen ska förbättra det avfallsförebyggande arbetet. Däremot anser både Eksjöhus och Götenehus att de har incitament för att minska uppkomsten av spill. Spillet ger en ökad arbetsbelastning och minskar effektiviteten i arbetet. Det kostar i form av arbetstid och material, med mindre spill reduceras kostnader för inköpt material så väl som ett jämnare arbetsflöde kan säkerställas.

I produktionen uppstår spill främst vid kapning eftersom aktörerna vill underlätta senare arbete vid montage. För synliga komponenter är en stor del av spillet kvalitetsurlägg såsom panel, foder, smyg och vindskivor. Eksjöhus tycks under undersökningsperioden varit värre drabbade av bristande kvalitet på materialet. Med bättre kvalitet på inkommande material kan kasseringen minska. Takstolsavdelningen och skivkapning är idag de stationer där optimeringen utvecklats mest. Götenehus har totalt sett fler datorstyrda maskiner och arbetar mer med längdoptimering utifrån olika längder vid samma kapning. Genom att dessutom kapa samtligt material till en order i en maskin kan en bättre optimering uppnås.

Med stor möjlighet till kundanpassning kan produktionen sägas bara bygga prototypus vilket försvårar arbetet i att bli standardiserade och rationell på samma sätt som tillverkningsindustrin. Det blir svårare att optimera och planera produktionen vilket innebär att det genereras mer spill än om exempelvis färre typhus tillverkats.

Det industriella byggandet medför en mängd fördelar ur ett avfallsförebyggande perspektiv. I fabriksmiljön finns en god produktionsplanering och minimala fuktbelagade skador från yttre fuktbelastning. Materialet har en förbestämd plats och behöver sällan flyttas runt i onödan vilket minskar risken för transportskador.

Båda aktörerna arbetar idag, utefter förmåga och förutsättningar, med att ta vara på spillet. Spillbitar kan exempelvis användas till landgångar, skyddsläkt och kortlingar. Aktörerna anser dock att det är tidskrävande extra arbete och att hanteringen snabbt blir för kostsam. Därför plockas hellre en helt ny virkeslängd i stället för att kanske kunna använda spillbitar. Trots försök till användning kasseras fortfarande en stor mängd material i olika längder.

Enligt IDC bör materialet inte ses som spill utan som en värdefull resurs. Om fabriken inte har möjlighet att på egen hand hantera spillet som uppstår kan det skickas vidare till annan aktör. Materialåteranvändning eller materialåtervinning är bättre alternativ än energiåtervinning med hänsyn till klimatpåverkan. Återanvändandet av materialet underlättas om materialet är obehandlat.

## Fortsatta undersökningsområden

Idag säljs samma hus till Haparanda som till Trelleborg, vilket innebär en överdimensionering av laster för en stor andel av byggnaderna. Genom att undersöka konstruktörens perspektiv på spillmaterialhantering kanske mindre materialvolym kan förbrukas.

Det produktionsekonomiska perspektivet på att arbeta mer avfallsförebyggande. När det gäller personal och material, hur stor besparing skulle det innebära om momentet med att kassera material uteblir?

Hur mycket mer är husleverantörer villiga att betala för kvalitativt råmaterial och samtidigt komma undan sen kassering av förädlat material? Finns det någon balans mellan inköp- och arbetskostnad?

Mycket av det inkommande materialet och komponenter förses med emballagevirke vid ankomst. Väggar som levereras förses även med en del emballage som skydd. Idag går allt restmaterial till energiåtervinning, kan det hanteras på ett bättre sätt eller återanvändas? Hur mycket material handlar det om?

Hur ser den ekonomiska potentialen ut i att nyttja virkesspill för att tillverka och använda andra, nya byggnadsmaterial i sin produkt?

# Referenser

- Ahrén, J. & Bühlmann, C. (2015). Lean Production. Stockholm: Examensarbete, Kungliga Tekniska Högskolan.
- Alistair, G., Dainty, A. & Pan, W. (2008). Leading UK housebuilders' utilization of offsite construction methods. *Building Research and Information*.
- Allmännyttan. (2023). *Allmännyttan byggs ut och bostadsbristen byggs bort*. <https://www.allmannyttan.se/historia/historiska-epoker/1946-1975-allmannyttan-byggs-ut-och-bostadsbristen-byggs-bort/> [2023-01-29].
- Apleberger, L., Jonsson, R. & Åhman, P. (2007). *Byggandets industrialisering: Nulägetbeskrivning*. Kandidatuppsats, Högskolan i Borås.
- Ayres, R.-U. (1991). Computer Integrated Manufacturing. Revolution in progress. *Chapman and Hall*. London.
- Backman, A. & Junkers, L. (2012). *Materialspill i byggproduktionen*. Kandidatuppsats, Tekniska Högskolan i Jönköping.
- Bailey, D. J. (2015). *A performance evaluation of mainstream timber framed and traditional masonry housing in the UK*. Doctor, University of Nottingham.
- Barker, R. & Naim, M. (2008). Is supply chain thinking permeating the UK housebuilding industry? Findings from a survey of UK housebuilders. *International Journal of Logistics: Research and Applications* 11:1, 67-80.
- Beim, A., Hvam, L., Mikkelsen, M. & Tølle, M. (2005). Systemleverancer i byggeriet - en utredning til arbejdsbrug. Lyngby, Danmark: Institut for produktion og ledelse, Denmark Technological University.
- Berge, B. (2009). *The Ecology of Building Materials*, Oxford, UK, Architectural press.
- Bergström, M. & Stehn, L. (2005). Ett effektivt stombyggande i trä. *Bygg och teknik*, nr 2.
- Bertelsen, S. (2004). Lean construction: Where are we and how to proceed. *Lean Construction Journal*, 1.
- Blomkvist, P. & Hallin, A. (2014). *Metod för teknologer. Examensarbete enligt 4-fasmodellen*, Lund, Studentlitteratur.
- Borgström, S., Brismark, J., Erlandsson, M. & Malmqvist, T. (2021). Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader. Stockholm.
- Boverket. (2008). *Industriellt bostadsbyggande - koncept och processer*. Boverket. [https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2008/industriellt\\_bostadsbyggande\\_koncept\\_och\\_processer.pdf](https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2008/industriellt_bostadsbyggande_koncept_och_processer.pdf) [2023-01-23].
- Boverket. (2020a). *Klimatdeklaration av byggnader*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/klimatdeklaration/> [2023-01-16].
- Boverket (2020b). Utveckling av regler om klimatdeklaration av byggnader. .
- Boverket. (2021a). *Klimatdeklaration*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/syfte/> [2023-01-16].

- Boverket. (2021b). *Klimatdeklarationens omfattning*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/>.
- Boverket. (2021c). *Syftet med att klimatdeklarera byggnader*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/syfte/> [2023-02-16].
- Boverket. (2022). *Byggedelar som ingår*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/byggedelar-som-ingar/> [2023-01-16].
- Boverket. (2023). *Bygg- och fastighetssektorns uppkomna mängder av avfall*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer--aktuell-status/avfall/> [2023-01-19].
- Byggföretagen (2020a). Rekommendationer för klimatkrav i upphandling. Stockholm.
- Byggföretagen (2020b). Resurs- och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning.
- Chen, Q., Jin, R. & Yuan, H. (2019). Science Mapping Approach to Assisting the Review of Construction and Demolition Waste Management Research Published between 2009 and 2018. *Resources Conservation and Recycling*.
- Crowley, A. J. (1998). Construction as a manufacturing process: Lessons from the automotive industry. *Computers & Structures*, 67, 389-400.
- Dahlgren, L. & Ek, K. (2018). LIVSCYKELANALYSER – VÄGLEDNING VID VAL AV VERKTYG. Göteborg.
- Davidson, B. & Patel, R. (1994). *Forskningsmetodens grunder - Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*, Lund, Studentlitteratur.
- Davidson, B. & Patel, R. (2011). *Forskningsmetodikens grunder - att planera, genomföra och rapportera en undersökning*, Lund, Studentlitteratur.
- Davies, C. (2005). The prefabricated home. *Reaktion Books Ltd*. London, UK.
- Ejlertsson, A., Landén, M., Larsson, J., Peñaloza, D., Sandgren, A. & Thrysin, Å. (2020). Kunskapsunderlag klimatpåverkan. Stockholm.
- Ejvegård, R. (2009). *Vetenskaplig metod*, Lund, Studentlitteratur.
- Engfors, C. (1987). *Folkhemets bostäder 1940-1960*, Stockholm, Arkitektmuseet.
- Eriksson, F. & Krstic, N. (2019). *Modell för bestämning av tillverkningskostnad med utgångspunkt från materialflöden i produktion*. . Kandidatarbete, Högskolan i Gävle.
- EUR-Lex. (2022). *EU:s lagstiftning om avfallshantering*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/ALL/?uri=LEGISSUM%3Aev0010> [2023-01-16].
- EUR-Lex. (2023). *Waste hierarchy*. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM:waste\\_hierarchy](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM:waste_hierarchy) [2023-02-06].
- European Parliament. (2022). *Circular economy: definition, importance and benefits*. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits> [2023-02-03].
- Europeiska revisionsrätten (2022). Energibesättning, koldioxidprissättning och energisubventioner. Luxemburg: Avdelning I: Hållbar användning av naturresurser.
- Europeiska rådet. (2023). *55%-paketet*. <https://www.consilium.europa.eu/sv/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> [2023-02-16].
- Fredriksson, G., Höglund, E., Tollman, D., Törner, L. & af Wetterstedt, R. (2012). Att minska byggavfallet. Stockholm.
- Gibb, A. (2000). Standardization and pre-assembly - distinguishing myth from reality using case study research. Loughborough, Leicestershire: Department of Civil and Building Engineering, Loughbrough University of Technology.
- Gopinath, S. & Freiheit, T. I. (2012). A waste relationship model and center point tracking metric for lean manufacturing systems. *IIE Transactions*, 44, 136-154.

- Gunawardena, T., Henderson, D., Navaratnam, S. & Ngo, T. (2019). Performance Review of Prefabricated Building Systems and Future Research in Australia. *Buildings*, 9, 38.
- Hansson, B., Olander, S., Landin, A., Aulin, R. & Persson, U. (2015). *Byggnad - Projektering*, Lund, Studentlitteratur.
- Hansson, B., Olander, S., Landin, A., Aulin, R. & Persson, U. (2021). *Byggnad - Förvaltning*, Lund, Studentlitteratur.
- Hasu, E. (2018). Housing decision-making process explained by third agers, Finland: 'we didn't want this, but we chose it'. *Housing Studies*, 33, 837-854.
- Homes and Communities Agency (2008). Modern Methods of Construction NHBC Foundation.
- Hållbar Utveckling Skåne (2018). Verktyg för att minska avfall vid nybyggnation. Malmö.
- Höök, M. & Stehn, L. (2008). Applicability of lean principles and practices in industrialized housing production. *Construction Management and Economics*, 26, 1091-1100.
- Ivansson, B.-O. & Johnsson, B. (1970). *Grupphusinriktad typhusindustri*. Masteruppsats, Kungliga Tekniska Högskolan.
- IVL Svenska miljöinstitutet (2018). Q metadata for EPD. Stockholm: Svenska miljöinstitutet.
- Jahan, I., Zhang, G., Bhuiyan, M., Navaratnam, S. & Shi, L. (2022). Experts' Perceptions of the Management and Minimisation of Waste in the Australian Construction Industry. *Sustainability*, 14, 11319.
- Jaillon, L., Lee, M. W., Poon, C.-S. & Zhang, W. (2018). The hindrance to using prefabrication in Hong Kong's building industry. *Journal of Cleaner Production*, 204, 70-81.
- Jones, D. & Womack, J. (1996). *Lean thinking - Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated*, New York, Simon & Schuster.
- Jonsson, P. & Mattsson, S.-A. (2011). *Logistik: läran om effektiva materialflöden*, Lund, Studentlitteratur.
- Klinthäll, E. (2020). *Praktisk tillämpning av klimatdeklarationen*. Kandidatuppsats, Lunds Tekniska Högskola.
- Lancashire, R. & Twist, H. (2008). *Timber Frame Construction 4th edition*, UK, TRADA Technology Ltd.
- Lessing, J., Sthen, L. & Ekholm, A. (2005). Industrialised housing: Definition and categorization of the concept. Luleå: Luleå Tekniska Universitet.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way*, McGraw-Hill Education.
- Lumsden, K. (2012). *Logistikens grund*, Lund, Studentlitteratur.
- Malmgren, L. (2010). Customization of buildings using configuration systems - A study of conditions and opportunities in the Swedish timber house manufacturing industry. Lund: Division of Structural Engineering.
- Mattsson, S.-A. (2002). *Logistik i försörjningskedjor*, Lund, Studentlitteratur.
- Mattsson, S.-A. (2003). Ledtidens och ledtidvariationens betydelse för säkerhetslagrets storlek. Lund: Institutionen för teknisk ekonomi och logistik.
- Merriam, S. B. (1988). *Case Study Research in Education*, San Francisco, USA, Jossey-Bass Inc. Publishers.
- Naturvårdsverket (2020). Att göra mer med mindre.
- Naturvårdsverket (2021). Yttrande över Boverkets rapport Utveckling av regler om klimatdeklarationer av byggnader (Fi2020/02715). Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (2023a). *Deponering av avfall*. <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avfall/deponering-av-avfall/> [2023-02-07].
- Naturvårdsverket. (2023b). *Lagar och regler om avfall*. <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avfall/lagar-och-regler-om-avfall/> [2023-01-16].

- Naturvårdsverket. (2023c). *Sveriges utsläpp och upptag av växthusgaser*.  
<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/sveriges-utslapp-och-upptag-av-vaxthusgaser/> [2023-01-17].
- Naturvårdsverket. (2023d). *Vad är utsläppshandel*.  
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/utslappshandel/om-utslappshandel/vad-ar-utslappshandel/> [2023-01-17].
- Navaratnam, S., Satheeskumar, A., Zhang, G., Nguyen, K. T. Q., Venkatesan, S. & Poologanathan, K. (2022). The challenges confronting the growth of sustainable prefabricated building construction in Australia: Construction industry views. *Journal of Building Engineering*.
- Olanrewaju, S. D. & Ogunmakinde, O. E. (2020). Waste minimisation strategies at the design phase: Architects' response. *Waste Manag*, 118, 323-330.
- Olhager, J. (2013). *Produktionsekonomi*, Lund, Studentlitteratur AB.
- Pickin, J., Randell, P., Trinh, J. & Grant, B. (2018). National Waste Report 2018.
- Regeringen. (2016). *Agenda 2030 för hållbar utveckling*. <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/agenda-2030-for-hallbar-utveckling/> [2023-01-20].
- Regeringskansliet (2020). *Klimatdeklaration för byggnader*. Stockholm: Finansdepartementet.
- Rose, C. M. & Stegemann, J. A. (2018). From Waste Management to Component Management in the Construction Industry. *Sustainability*, 10, 229.
- Santana-Sosa, A. & Fadai, A. (2015). A holistic approach for industrializing timber construction.
- SCB. (2022). *Uppkommet avfall*. SCB. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/avfall/avfall-uppkommet-och-behandlat/pong/tabell-och-diagram/uppkommet-avfall/> [2023-05-05].
- SFS 2020:614. *Avfallsförordning*. Klimat- och näringslivsdepartementet.
- SFS 2022:1799. *Miljöbalk*. Klimat- och näringslivsdepartementet.
- SFS 2010:900. *Plan- och bygglag*. Landsbygds- och infrastrukturdepartementet.
- SFS 2021:787. *Lag om klimatdeklaration för byggnader*. Landsbygds- och infrastrukturdepartementet.
- Sjölund, J. (2019). *Leveransservice från sågverk till bygghandel*. Masteruppsats, Uppsala Universitet.
- Statens råd för byggnadsforskning (1969). *Emementbyggnad - problem och forskningsbehov*. Programskrivt nr 10.
- Storhagen, N.-G. (2003). *Logistik: grunder och möjligheter*, Malmö, Liber ekonomi.
- Svenskt Trä. (2023a). *Framtiden växer på träd*. <https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/byggande/framtiden-vaxer-pa-trad/> [2023-02-22].
- Svenskt Trä. (2023b). *KL-trä och fuktbetingade rörelser*.  
<https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-och-varme-och-fukt/9.2-kl-tra-och-fuktbetingade-rorelser/kl-tra-och-fuktbetingade-rorelser/> [2023-03-31].
- Svenskt Trä. (2023c). *Konstruktionsvirke*.  
<https://www.traguiden.se/konstruktion/dimensionering/hallfasthet-och-barformaga/karakteristisk-hallfasthet/konstruktionsvirke2/> [2023-03-16].
- Svenskt Trä. (2023d). *Småhus och flerbostadshus*. <https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/byggande/olika-trakonstruktioner/smahus-och-flervaningshus/> [2023-02-06].

- Svenskt Trä. (2023e). *Träbyggande världen över*. Svenskt Trä. <https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/byggande/olika-trakonstruktioner/smahus-och-flervaningshus/trabyggande-varlden-over/> [2023-02-06].
- Sveriges miljömål. (2022). *Begränsad klimatpåverkan*. <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/begransad-klimatpaverkan/> [2023-02-03].
- Sveriges miljömål. (2023a). *Generationsmålet - miljöarbete för kommande generationer*. <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/generationsmalet/> [2023-05-10].
- Sveriges miljömål. (2023b). *Sveriges miljömål*. <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/> [2023-02-03].
- Sweden Green Building Council. (2023). *NollCO2 – En klimatsmart investering för vår framtid*. <https://www.sgbc.se/certifisering/nollco2/>
- Toyota. (2023). *Toyota Production System*. <https://www.toyota-europe.com/about-us/toyota-vision-and-philosophy/toyota-production-system> [2023-01-27].
- Upphandlingsmyndigheten. (2023). *Projektering för minskad klimatpåverkan*. <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/kriterier/bygg-och-fastighet/skolor-nybyggnad/upphandling-vid-projektering/projektering-for-minskad-klimatpaverkan/avancerad-niva/> [2023-01-27].
- Waste Resource and Action Programme (2008). *Waste Minimization Trough Offsite Timber Fram Construction*. Banbury, UK: Waste Resources and Action Programme.
- Yin, R. K. (2013). *Qualitative Research from Start to Finish*, Lund, Studentlitteratur.

# Bilaga A – Intervjuguide I1

## *Generellt*

- Vad arbetar du med?

## *Strategi*

- Finns det incitament för er som företag att minska spillmängderna?

## *Praktiskt*

- Hur hanteras spill från trävaror?
  - o Obehandlat, spikrester och behandlat
- Hur stora lagringsmöjligheter har ni i produktionen och hur länge kan materialet lagras? Både före och efter kapning.
- Har arbetssättet förändrats det senaste året/åren?
  - o Personalstyrka?
  - o Kan personalen räkna med att vara stationerade på en station eller finns ett ökat krav på flexibilitet?
- Hur har arbetsbelastningen sett ut under vår undersökning med fokus på spillmängder?
- Ser du någon koppling mellan arbetsbelastning och spillmängder?
- Tas kapnotor fram digitalt eller manuellt? Fördelar/nackdelar?
- Kapning för respektive komponent sker i princip alltid i samma maskiner, vilka för- och nackdelar ser ni med det?
- Finns det ”samlingsstationer” för restbitar?
  - o Hur fungerar det? Om inte, varför?



- Vad ser du för möjligheter i att förebygga materialspill?
- Begränsas ni på något sätt i att förebygga spill?

### *Material*

- Varierar virkeskvaliteten mycket mellan olika beställningar? Om så, vad ger det för effekt i produktionen?

# Bilaga B – Intervjuguide I2

## *Generellt*

- Vad arbetar du med?

## *Strategi*

- Vad vet personalen om att arbeta avfallsförebyggande?
  - o Har ni haft någon utbildning, workshop eller genomgång inom ämnet?
- Hur arbetar ni med erfarenhetsåterföring i avfallsförebyggande syfte?
- Har kundanpassning en effekt på spillens uppkomst? På vilket sätt?
- Med utgångspunkt i hur ert arbete ser ut idag, ser ni en möjlighet för ytterligare kostnadsbesparing i att minska spillmängder? Varför/varför inte?
- Sker något informationsutbyte mellan arkitekter, konstruktörer och produktion som kan minska spill? Finns det förbättringsmöjligheter?

## *Praktiskt*

- Angående storlek på era lokaler, ser ni några möjligheter eller utmaningar med det? Kan ni nyttja dem bättre?
- Vad ser du för möjligheter i att förebygga materialspill i er produktion?
- Begränsas ni på något sätt i att förebygga spill?

## *Material*

- Beställer ni allt virke från samma leverantör eller kan det vara olika?
- Har era materialleverantörer bra leveranssäkerhet och framförhållning?

- Hur långt fraktas leveranser av trävaror och spilltransporter till och från fabrik?
- Sker reklamation av virke vid dålig kvalitet? Om så, händer det ofta?
- Varierar virkeskvaliteten mycket mellan olika beställningar? Om så, vad ger det för effekt i produktionen?
- Förs någon statistik över hur mycket spill i form av trävaror som uppstår? Om så, sker uppföljningar?
- Vad anser ni på Götenehus om prisbilden på trävaror idag? Har den någon effekt på de spillmängder som uppstår i produktionen?

# Bilaga C – Intervjuguide I3

## *Generellt*

- Vad arbetar du med?

## *Strategi*

- Tas hänsyn till spillens uppkomst vid projektering av småhus? Anpassas mått efter virkeslängder? Varför/varför inte?
- Ser ni någon förändring i kundernas köpemönster i och med det ekonomiska läget? Annorlunda behov? Hur anpassar er verksamhet sig i så fall efter det?
- Finns det incitament för er som företag att minska spillmängderna?
- Sker något informationsutbyte mellan arkitekter, konstruktörer och produktion som kan minska spill? Finns det förbättringsmöjligheter?

## *Praktiskt*

- Räknar ni med att spill uppstår i produktionen med koppling till inköp av material? Varför/varför inte?
- Vad ser du för möjligheter i att förebygga materialspill i er produktion?
- Begränsas ni på något sätt i att förebygga spill?

## *Material*

- Finns det en målsättning för hur mycket trämaterial som får slängas i er produktion? Om inte, varför?
- Vad har ni för ambitionsnivå i hållbarhet vad gäller avfallshantering av virket med avseende på avfallshierarkin? Uppfyller ni den nivån idag?

# Bilaga D – Intervjuguide I4

## *Generellt*

- Vad arbetar du med?

## *Strategi*

- Tas hänsyn till spillens uppkomst vid projektering av småhus? Anpassas mått efter virkeslängder? Varför/varför inte?
- Ser ni någon förändring i kundernas köpemönster i och med det ekonomiska läget? Annorlunda behov? Hur anpassar er verksamhet sig i så fall efter det?
- Finns det incitament för er som företag att minska spillmängderna?
- Sker något informationsutbyte mellan arkitekter, konstruktörer och produktion som kan minska spill? Finns det förbättringsmöjligheter?

## *Praktiskt*

- Räknar ni med att spill uppstår i produktionen med koppling till inköp av material? Varför/varför inte?
- Vad ser du för möjligheter i att förebygga materialspill i er produktion?
- Begränsas ni på något sätt i att förebygga spill?

## *Material*

- Finns det en målsättning för hur mycket trämaterial som får slängas i er produktion? Om inte, varför?
- Vad har ni för ambitionsnivå i hållbarhet vad gäller avfallshantering av virket med avseende på avfallshierarkin? Uppfyller ni den nivån idag?

# Bilaga E – Intervjuguide I5

## *Generellt*

- Vad arbetar du med?

## *Strategi*

- Vad vet personalen om att arbeta avfallsförebyggande?
  - o Har ni haft någon utbildning, workshop eller genomgång inom ämnet?
- Hur arbetar ni med erfarenhetsåterföring i avfallsförebyggande syfte?
- Har kundanpassning en effekt på spillens uppkomst? På vilket sätt?
- Med utgångspunkt i hur ert arbete ser ut idag, ser ni en möjlighet för ytterligare kostnadsbesparing i att minska spillmängder? Varför/varför inte?
- Sker något informationsutbyte mellan arkitekter, konstruktörer och produktion som kan minska spill? Finns det förbättringsmöjligheter?

## *Praktiskt*

- Tas kapnotor fram digitalt eller manuellt? Fördelar/nackdelar?
- I er produktion är det flertalet kapstationer som kapar samma typ av komponenter men till olika montagestationer. Vilka för- och nackdelar ser ni med det?
- Angående storlek på era lokaler, ser ni några möjligheter eller utmaningar med det? Kan ni nyttja dem bättre?
- Vad ser du för möjligheter i att förebygga materialspill i er produktion?
- Begränsas ni på något sätt i att förebygga spill?

### *Material*

- Beställer ni allt virke från samma leverantör eller kan det vara olika?
- Har era materialleverantörer bra leveranssäkerhet och framförhållning?
- Hur långt fraktas leveranser av trävaror och spilltransporter till och från fabrik?
- Sker reklamation av virke vid dålig kvalitet? Om så, händer det ofta?
- Varierar virkeskvaliteten mycket mellan olika beställningar? Om så, vad ger det för effekt i produktionen?
- Sågverket Eksjö Industri ligger inom samma koncern, ser ni några för- och/eller nackdelar med det?
- Förs någon statistik över hur mycket spill i form av trävaror som uppstår? Om så, sker uppföljningar?
- Vad anser ni på Eksjöhus om prisbilden på trävaror idag? Har den någon effekt på de spillmängder som uppstår i produktionen?

# Bilaga F – Intervjuguide I6

## *Generellt*

- Vad arbetar du med?

## *Strategi*

- Finns det incitament för er som företag att minska spillmängderna?

## *Praktiskt*

- Hur hanteras spill från trävaror?
  - o Obehandlat, spikrester och behandlat
- Hur stora lagringsmöjligheter har ni i produktionen och hur länge kan materialet lagras? Både före och efter kapning.
- Har arbetssättet förändrats det senaste året/åren?
  - o Personalstyrka?
  - o Kan personalen räkna med att vara stationerade på en station eller finns ett ökat krav på flexibilitet?
- Hur har arbetsbelastningen sett ut under vår undersökning med fokus på spillmängder?
- Ser du någon koppling mellan arbetsbelastning och spillmängder?
- Ni får vanligtvis lite varierade virkeslängder levererade. Påverkar det spillmängder? På vilket sätt? Spelar det olika roll för olika kapningar?
- Finns det ”samlingsstationer” för restbitar?
  - o Hur fungerar det? Om inte, varför?
- Vad ser du för möjligheter i att förebygga materialspill?



- Begränsas ni på något sätt i att förebygga spill?

*Material*

- Varierar virkeskvaliteten mycket mellan olika beställningar? Om så, vad ger det för effekt i produktionen?

# Bilaga G – Intervjuguide I7

## *Generellt*

- Vad arbetar du med?

## *Er verksamhet*

- Hur länge har ni verkat?
- Varför startade ni ert forskningsarbete?

## *Material*

- Hur tar man tillvara på träspill på ett effektivt sätt?
  - o Längder, material
  - o Har ni kunnat påverka spilleverantörer för att bättre utnyttja materialet?
- Vad ser ni för aktuella användningsområden för spill från trävaror?
  - o Materialtyper?
- Vilka fördelar ser ni med att ta vara på spillmaterial?
- Förutom att bättre ta tillvara på material genom återbruk, ser ni någon ekonomisk fördel i ert arbete?

# Bilaga H – Formulär till spillundersökning virke

Markera vad som undersökts av följande:

## **Kapning**

Panel

Reglar

Foder och smyg

Läkt

Delelement till fönster/dörrar

Hammarband och syll

Bärlinor

## **Montage**

Uppregling av vägg

Delelement till fönster/dörrar

Läkt

Panel

Foder och smyg

Plåt detaljer kring  
fönster/dörrar

Skyddsläkt

Placering: \_\_\_\_\_ (exempelvis väggstation, specialbänk, vägglinje, vilken sorts kapmaskin, osv.)

| <b><i>Plockat material (dimension, längd, antal)</i></b> | <b><i>Sparat material (dimension, längd, antal)</i></b> |
|--|---|
|  |   |
|  |   |
|  |   |
|  |   |
|  |   |
|  |   |
|  |   |

# Bilaga I – Formulär till spillundersökning skivor

**Plockade fulla skivor:** \_\_\_\_\_

| <i>Plockat material (dimension, längd, antal)</i> | <i>Sparat material (dimension, längd, antal)</i> |
|---|--|
|   |  |
|   |  |
|   |  |
|   |  |
|   |  |
|   |  |
|   |  |