

# STÄLL KRAV PÅ VIRKET

RÄTT VIRKE FÖR PRODUKTION I  
FRAMTIDENS TRÄHUSFABRIK





Licentiatavhandling

# STÄLL KRAV PÅ VIRKET

RÄTT VIRKE FÖR PRODUKTION I  
FRAMTIDENS TRÄHUSFABRIK

Lars Eliasson

Institutionen för Teknik  
Linnéuniversitetet  
Växjö, 2011



# SAMMANFATTNING

Denna avhandling behandlar den svenska trähusbranschens behov och möjligheter att erhålla trämaterial med egenskaper som uppfyller de krav som produktion och slutkund ställer. Ett gemensamt problem för den svenska trähusbranschen är de kvalitetsbrister hos det virke som branschens företag köper för sin produktion, som kan resultera i merkostnader för branschen med 100 MSEK årligen.

Trähusföretagen uttrycker en viss uppgivenhet över bemötandet från virkesleverantörerna. Virkesleverantörerna å sin sida menar att köparna av trämaterial inklusive företagen i trähusbranschen i ringa utsträckning genomför reklamationer. Avgörande för genomförda virkesaffärer är ofta priset – det blir affär med den som erbjuder lägst pris. Sammantaget innebär detta att det inte blir någon dialog mellan leverantör och köpare som utvecklar synsättet på trämaterialkvalitet.

Avhandlingsarbetet har bland annat behandlat beredning av träråvaran till färdiga ämnen t.ex. studier vid tillverkning av kvistfria ämnen. Resultatet av arbetet visar på vikten av att genomföra utvärderingar av material och leverantörer. Resultatet visar vidare att kapkostnaden för färdiga träämnen inkl. spill är ca 1/3 av ämneskostnaden. Dock är kostnaden för trämaterialet låg i relation till totalkostnaden för det färdiga huset vilket innebär att ett högre pris för ett virke som fullt ut motsvarar kravspecifikationerna i liten utsträckning påverkar totalkostnaden för huset.

Råd till trähusbranschen är att ställa krav på virkesråvaran, utvärdera material och leverantörer samt att trähusbranschen ska sikta mot att bli en modern tillverkningsindustri i likhet med de mest framgångsrika inom verkstadsindustrin.



# ABSTRACT

This thesis investigates the needs and opportunities for the Swedish wood house industry to obtain wood material with properties meeting demands of both producers and final customers. A common problem within the Swedish wood house industries is the insufficient quality of the wood material that companies purchase for their production. These flaws in quality can render an additional annual cost for the industry of approximately 10 million Euros.

Wood house companies express a certain resignation regarding communication with wood material suppliers. However, timber suppliers claim that they rather receive very few complaints regarding timber quality from wood house companies and other purchasers. For a timber supplier, being able to offer an acceptable price is often a determining factor, since most deals will go to the supplier offering the lowest price. This has led to a non-existent dialogue between suppliers and purchasers regarding how to approach the wood quality issue.

This study has, among other things, studied the preparation of sawn wood into finished components, for instance, the production of knot-free boards. The results illustrate the importance of carrying out evaluations of raw material and suppliers. Furthermore, results show that the cutting cost for wood components, including waste is approximately 1/3 of the total cost for ready-made components.

However, in relation to the total cost of the house the timber cost is low. This means that a higher price for wood that fully meets the target specifications, will have limited impact on the total cost for the house.

The wood house industry is recommended to present firm demands for a high-quality material and to evaluate material and suppliers. In addition to this, the wood house industry should aim towards becoming a modern manufacturing industry, like those most successful manufacturing industries in other fields.





# FÖRORD

Arbetet med denna avhandling är genomfört vid Skog och trä, Linnéuniversitetet, Växjö. Författaren riktar ett tack till handledarna under arbetets gång, Professor Thomas Thörnqvist, Professor Dick Sandberg, Professor Ove Söderström och Professor Girma Kifetew. Utan er och många övriga kollegors medverkan hade inte detta arbete blivit genomfört.

Tack riktas till finansörer och bidragsgivare, Stiftelsen för Strategisk forskning, Södras Forskningsstiftelse och Frans och Karl Kempes Minnesstiftelse.

Personligen värdesätter jag mycket de tillfällen där jag haft möjlighet att träffa företrädare för träindustrin, däribland en stor mängd trähusföretag. Vid alla dessa tillfällen har jag haft förmånen att lära mig nya saker, både vid sammankomster på universitetet och vid industribesök.

Växjö, maj 2011

Lars Eliasson

# BIFOGADE ARTIKLAR OCH KONFERENSBIDRAG

Denna avhandling baseras på fyra vetenskapliga publikationer:

- I Eliasson, L. & Sandberg, D. (2011). The future industrial factory manufacturing of timber housing. A study of the relationships during production of single-family housing in Sweden. (*Submitted paper*).
- II Eliasson, L. & Kifetew, G. (2010). Volume yield and profit in the production of clear finger-jointed Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) boards. *European Journal of Wood and Wood Products*, 68(2):189–195.
- III Eliasson, L. & Thörnqvist, T. (2010). Why wood is not used to a greater extent in the construction of multi-story buildings. In: *Proceedings of the International Convention of Society of Wood Science and Technology and United Nations Economic Commission for Europe – Timber Committee*. Winandy, J.E. & Herian, V.L. (eds.). October 11–14, Geneva, Switzerland.
- IV Eliasson, L. (2008). Significance of raw material quality for finger jointing of knot free boards. In: *End user's needs for wood material and products, Proceedings from COST E53 Conference*. Gard, W.F. & van de Kuilen, J.W.G. (eds.). October 29–30, Delft, The Netherlands.

# FÖRFATTARNAS BIDRAG TILL BIFOGADE ARTIKLAR OCH KONFERENSBIDRAG

Arbetet med de till avhandlingen bifogade publikationerna har utförts enligt följande:

**Artikel I:** Eliasson har tagit initiativ till och genomfört studien med insamling av mätvärden samt sökning av litteraturreferenser. Författarna skrev artikeln tillsammans.

**Artikel II:** Eliasson initierade studien och har genomfört insamling av mätvärden samt utfört analys och gjort sökning av litteraturreferenser. Författarna skrev artikeln tillsammans.

**Artikel III:** Thörnqvist initierade studien. Eliasson har i samarbete med Thörnqvist genomfört enkätstudien och utvärderingen. Eliasson har genomfört sökning av litteraturreferenser, skrivit artikeln samt presenterat studien vid en konferens.

**Artikel IV:** Eliasson har genomfört studien och analyserat insamlat material. Artikeln är skriven av Eliasson som till vissa delar överlappar artikel II och Eliasson genomförde presentation av artikeln vid en konferens.



# ÖVRIGA PUBLIKATIONER

Följande rapporter av författaren har anknytning till det behandlade ämnet men biläggs inte avhandlingen.

Eliasson, L. (2005). *Automatisk egenskapsidentifiering av trä*. Report, No. 18, School of Technology and Design, Växjö universitet.

Ett inledande arbete genomfördes med syfte att sammanställa aktuella metoder och tekniker för att mäta och identifiera virkesegenskaper. Arbetet är presenterat i en intern skriftserie vid Växjö universitet och används bl. a. som kursbok.

Eliasson, L. (2010). *Slutrapport DISK. Framtidens trähusfabrik*. Linnéuniversitetet, Växjö. Tillgänglig: <<http://lnu.se/framtidens-trahusfabrik>> [2011-03-08].

Under arbetets gång har det genomförts ett antal seminarier och konferenser där målgruppen har varit i första hand trähusbranschens företag samt underleverantörer och leverantörer av träråvara och övrigt material. Gemensamma frågor för prefabricerande trähusföretag, som t.ex. beskrivningar av kravspecifikationer på trämaterial, utveckling av produktionsteknik etc. är tänkta att kunna drivas under namnet "Forum för Framtidens trähusfabrik". Arbetet med Framtidens trähusfabrik inleddes när några personer var samlade till en tvådagars workshop. Ett av resultaten från workshopen blev en konferens till vilken hela den svenska trähusbranschen bjöds in. Ett övergripande syfte med att samla företagen i trähusbranschen är att om möjligt få igång en samverkan mellan trähusföretagen och underleverantörer i branschen.



# INNEHÅLL

1	Inledning.....	1
1.1	Problemet .....	1
1.2	Bakgrund .....	1
1.3	Vad återstår att göra .....	5
1.4	Syfte, mål och avgränsningar .....	6
2	Hur arbetet är genomfört.....	7
3	Vad innebär kravspecifiserat virke .....	11
3.1	Anledning till att ställa krav på virkesegenskaper .....	11
3.2	Går det att få fram önskat virke från skog – trä kedjan .....	17
3.3	Hur mäta virkesegenskaper.....	20
3.4	Sortera fram eller ”tillverka” virke med rätta egenskaper ....	21
4	Virkesegenskaper och produktion.....	25
4.1	Standardisering eller kundanpassning .....	25
4.2	Produktion i trähusfabriken.....	25
4.3	Automation i framtidens trähusfabrik .....	28
4.4	Krav på virkesegenskaper.....	30
4.5	Var produceras virket till framtidens trähusfabrik .....	32
4.6	Riktlinjer för en kravspecifikation .....	34
5	Slutsatser .....	37
6	Råd till branschen .....	39
7	Fortsatt arbete .....	41
8	Referenser .....	43





# 1 INLEDNING

## 1.1 Problemet

Brister i kvalitet hos träråvaran orsakar stora kostnader för trähus-tillverkarna. En träråvara som inte motsvarar den förväntade kvalitetsnivån medför lägre produktivitet och risk för ett ej fullgott slutresultat (Johansson, 2000). Hur stora de sammanlagda kostnaderna är i trähusbranschen för bristande virkeskvalitet är svårt att bestämma. En uppskattning av kostnaderna är dock gjord av ett trähusföretag vilket indikerar att kostnaden i det aktuella företaget i Sverige är 17 000 kr per hus (Artikel I). Omräknat för hela den bransch som producerar enbostadshus av trä på fabrik motsvarar detta, med 2010 års produktionsvolym, en kostnad kring 100 miljoner kr årligen. Trähusföretagens önskemål om träråvaror som motsvarar de förväntade kvalitetsnivåerna har inte förverkligats. En bidragande orsak till detta är sannolikt den ovilja som finns från köparnas sida att acceptera ett virkespris som motsvarar den faktiska kvalitet man önskar. Resultatet blir att trähusföretagen allt jämt får en träråvara motsvarande betalningsviljan.

## 1.2 Bakgrund

Boendekonsumenterna ställer allt högre krav på bostäder till lägre pris<sup>1</sup>. Samtidigt krävs en garanterad kvalitetsnivå, mer kundinflytande vid utformningen och en ökad miljöhänsyn. Det totala behovet av bostäder i Sverige har under lång tid inte kunnat tillgodoses och det finns därför ett uppdämt behov av bostäder (Björnfot & Sardén, 2009). Merparten av de enfamiljshus som byggs i Sverige

---

<sup>1</sup> Muntlig kommunikation Curt Einarsson, vd Sävsjö Trähus AB, 2008-06-13.

definieras som trähus, vilket innebär att väggstommar, bjälklag och takstolar är av trä. Under 2010 producerades knappt 7000 enfamiljshus och av dessa är ca 80 % prefabricerade trähus (TMF, 2011).

Det var inte möjligt i Sverige att före 1995 använda trä vid byggnation av höga hus. Det regelverk som tidigare reglerade valet av byggmaterial uteslöt trä som material. Reglerna berodde på ett antal förödande bränder i svenska städer i slutet av 1800-talet. Bränderna ledde till att trä förbjöds som byggmaterial i hus högre än två våningar (Vessby, 2011). Konsekvensen av detta blev att det under ca 100 år inte skedde någon utveckling av trähusbyggandet och att istället material som stål och betong kom till användning vid byggnation av höga hus. De ändrade reglerna föreskriver numera istället ett materialoberoende funktionskrav och användningen av trä som material till stomme i höga hus har ökat från en nollnivå till ca 20 % av antalet nybyggda hus (Nord, 2008; Artikel III). Denna ökning har även uppmärksammats med viss oro av företrädare för t.ex. betongindustrin (Andersson, 2009). Även vid produktion av höga och stora hus ställs krav på hög kvalitet till en allt lägre kostnad. Utvecklingen mot ett industrialiserat byggande inom träbyggområdet har under de senaste åren inneburit en större andel prefabricering av byggelement som sedan monteras på byggarbetsplatsen (Apleberger et al., 2007). Några av de företag som normalt producerar enfamiljshus har även tagit för sig av möjligheten att tillverka stora trähusprojekt eller att verka som underleverantör av byggelement till sådana projekt.

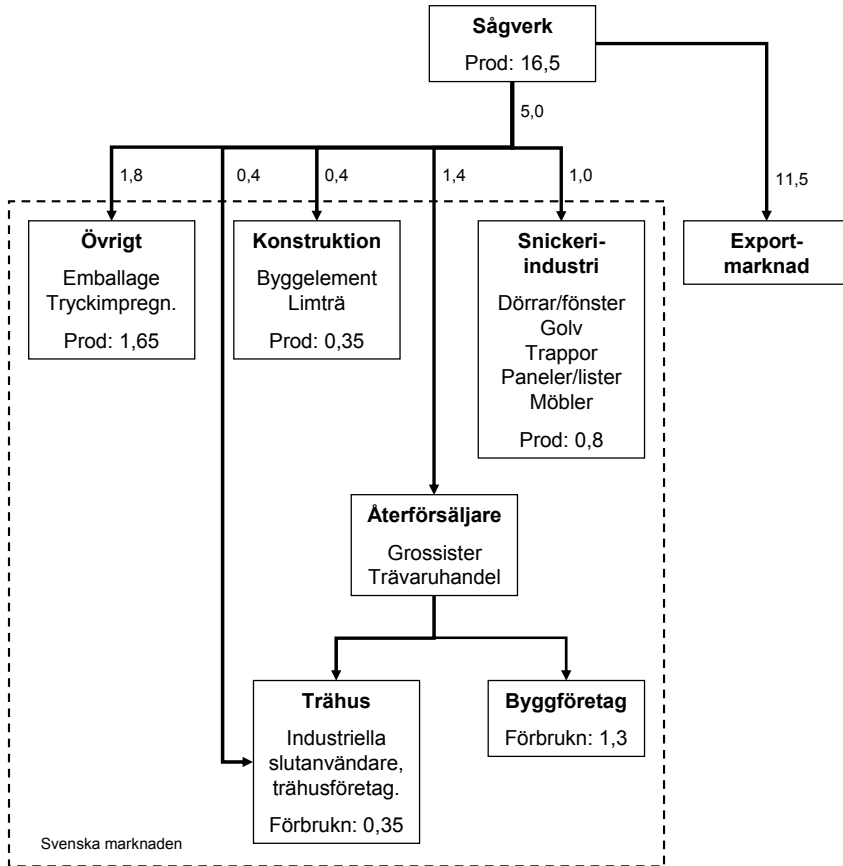
Dagens trähusfabriker har i de flesta fall huvudsakligen en manuell tillverkningsprocess. Detta faktum har uppmärksammats av några av branschens företag och i några fall har detta lett till investeringar i delvis automatiserade produktionslinjer (Andersson et al., 2007). Generellt finns det likväl fler likheter mellan dagens trähusfabriker och traditionellt lösvirkesbygge på byggarbetsplats än jämfört med en modern verkstads- eller tillverkningsindustri. Till delar kan detta

förklaras av att trähusbranschen påverkas starkt av nedgångar i konjunkturen, vilket normalt leder till att stora delar av branschen raderats ut och med detta tappas även personalkompetens. Vid ökad efterfrågan har personalbehovet lösts genom rekrytering av ny personal, i huvudsak byggnadssnickare, som fått jobba med traditionella byggmetoder även i fabrikerna.

Oavsett vilken användning av trämaterial det gäller, ställs det krav på virkesegenskaper. Ytterst handlar det om att leva upp till de krav som slutkunden ställer eller har förväntningar på. Kraven är varierande beroende på användningsområde. Kravspecifikationen för virke och ansvaret för att denna motsvarar verkliga behov vilar helt på beställaren av träråvaran. En väl genomarbetad kravspecifikation innehåller inte enbart krav som rör materialet i sig utan även hur det är hanterat, paketerat, emballerat etc. De krav som trähusföretagen ställer på inköpt trämaterial är ofta dåligt formulerade vilket resulterar i att träleverantören inte har någon egentlig kravspecifikation att jobba mot. En viktig och ofta helt avgörande faktor för trähusföretagen vid inköp av virke är priset – man köper där priset är lägst.

Trähusföretagen utgör en del av skog-trävärdekedjan och råvaruleverantörer till dessa företag är dels sågverk, dels trävaruhandel som grossister och byggmaterialhandlare, Figur 1. Det finns exempel på trähusföretag som gett upp och tröttnat på det bemötande som sågverken ger vid diskussioner angående trämaterialegenskaper.

Exempelvis har ett företag låtit en mellanhand agera för säkerställande av företagets krav på virkesegenskaper. Virkesleveranserna i detta fall passerar, innan det kommer till trähusföretaget, en aktör som kapar, sorterar och förpackar virket enligt en planerad tillverkningsordning i trähusfabriken.



Figur 1. Trähusbranschen i trävärdekedjan. Produktion och distribution av barrträråvaror, miljoner m<sup>3</sup>år 2003 (Nord, 2005).

Vid framtagning av virket på sågverket utgår man ofta från gängse sågverks sorteringsnormer. I förekommande fall används sågverks sorteringsnormerna i kombination med de kravspecifikationer som kunden har tagit fram. För ett trähusföretag såväl som för all annan träindustri har virkesegenskaperna stor påverkan på produktiviteten i fabrik. Virke med undermåliga egenskaper innebär att extra tid krävs för montering alternativt för att komplettera redan framtaget och anpassat trämaterial med nytt. Det kan i sämsta fall innebära reklamation från slutkunden (boendekonsumenten) och detta innebär (höga) kostnader för företaget och förlorad goodwill.

Generellt ställs det olika krav beroende på om träråvaran skall användas till inrednings- och möbelsnickeri eller om den skall användas till en del i en husstomme. Vid produktion av t. ex. fingerskarvade kvistfria ämnen av furu ställs krav på avståndet mellan kvistvarven och man specificerar därför en s.k. gleskvistsortering. Ett exempel på detta är den studie som har genomförts för att utveckla en automatisk uppföljningsrutin i ett företag som tillverkar fingerskarvade kvistfria bräder (Artikel II). Företaget utgår från den traditionella sågverkssorteringen där man väljer, enligt normerna, en låg kvalitet. Den aktuella träindustrin har under lång tid följt upp varje inlevererat virkesparti för att ha kontroll över volym- och värdeutbyte samt att man för en kontinuerlig dialog kring virkesegenskaperna med sina virkesleverantörer (Artikel IV). Utöver krav på bl. a. minsta avstånd mellan kvistvarven ställer företaget precisa krav på fuktkvot och paketutformning.

### 1.3 Vad återstår att göra

För att minska kostnaderna på grund av brister i levererat material måste trähusföretagen ställa krav på träråvaran för respektive användningsområde. Med brister avses här brister i direkta virkesegenskaper men även brister i paketutformning, leveranstider etc. De olika användningsområdena för virket kräver olika egenskaper hos trämaterialiet och dessa måste på ett genomtänkt sätt preciseras och presenteras i form av mätbara parametrar. Trähusföretagen måste sedan på ett trovärdigt sätt följa upp inlevererad kvalitet och i de fall det inte överensstämmer med kravspecifikationen även reklamera med krav på retur eller ekonomisk kompensation. En träråvara som fullt ut motsvarar den uppställda kravspecifikationen betingar vanligtvis också ett pris som ökar i relation till tillförda mervärden. Ett exempel på föregångare i fallet med att följa upp råvarukvaliteten är det studerade företaget i Artikel II och IV, som istället för att utgå från subjektiva bedömningar och tyckande utgår från faktiska uppmätta egenskaper och värdeutbyte på leverantörsnivå.

## 1.4 Syfte, mål och avgränsningar

Syftet med denna avhandling är att beskriva trähusbranschens arbetssätt när det gäller försörjning av träråvara samt övergripande belysa de problem som branschen har på grund av bristande virkesegenskaper. Vidare är syftet att utgöra en generell beskrivning av tillverkningen i fabrik där även erfarenheter från arbetssättet i andra delar av träindustrin bör tas till vara. Målet är att presentera riktlinjer till en kravspecifikation för trämaterial för framtidens trähusfabrik. Arbetet avgränsas till frågor rörande egenskaper hos virke av furu och gran i ett vidare perspektiv där även produktions-tekniska aspekter berörs. Arbetet avgränsas också till den svenska trähusbranschen och dess tillverkning av enfamiljshus på fabrik.

## 2 HUR ARBETET ÄR GENOMFÖRT

I fokus under arbetets inledning var frågor kring hur en ämnesfabrik för färdiga ämnen av trä skulle organiseras och vilka mätutrustningar som skulle ingå för detektering av egenskaper (Björnstedt, 2005; Eliasson, 2005). En förutsättning för en ämnesfabrik är att ha kunder med olika kravspecifikationer och därmed kunna sortera och hitta avsättning för trämaterial med olika egenskaper. Under arbetets gång har fokus allt mer riktats mot trähusbranschen som är en trolig kundkategori till en ämnesfabrik (Artikel I; Eliasson, 2010).

Den sortering som görs av merparten av det virke som går från sågverken till trähusbranschen utgår från standardiserade regelverk, och de möjligheter utrustningsmässigt som sågverken har för att sortera virket (Lycken, 2000). Regelverken är framtagna av sågverksbranschen och tar främst hänsyn till de förutsättningar sågverken har för sorteringen och inte de egentliga behov som användaren har vid användning av trämaterial. Eliasson (2005) redogör för hur reglerna för sågverkssortering historiskt har utvecklats fram till nuvarande regelverk. Sågverkens kunder i Sverige utgörs av byggmaterialhandel samt industriella användare som förädlar det inköpta virket till olika produkter, Figur 1. Återförsäljare av trävaror (grossister och byggmaterialhandel) försörjer i sin tur även mindre industrikunder och byggföretag med träråvara (Gustafsson, 2006). Trähusföretagen köper i huvudsak träråvaran direkt från sågverken på liknande sätt som flertalet industriella förbrukare.

Tillverkningen av kvistfria fingerskarvade ämnen för listhyvlerier har studerats (Artikel II och IV) och resultatet visade bland annat vikten

och betydelsen av att köparna av träråvaran för en tät dialog med leverantörerna av virke. Företaget i studien samlar fortlöpande in produktions- och mätdata och sparar dessa vid varje skiftbyte och vid byte av råmaterialleverantör. Data som samlas in rörande virkesegenskaper kommer från den skannerutrustning som används för avläsning av virkesegenskaper och styrning av automatkapsågar. Automatkapsågarna tar bort oönskade särdrag som exempelvis kvistar och kvisthål, sprickor och bräckage samt vankant. De framkapade kvistfria ämnena fingerskarvas till långa längder. Mätvärden från skannersystemet tillsammans med uppgifter om råvaruleverantör, materialpriser, timkostnader etc. lagras för att sedan utgöra underlag för utvärdering av leverantörer, råvara och produktionsanläggning. Syfte och mål med studien av utbytet vid fingerskarvningen var att ta fram rutiner och ett system för fortlöpande utvärderingar av varje leverantörs prestanda och möjliggöra jämförelser av tidigare resultat samt jämföra olika leverantörer mot varandra. Arbetet med utvärderingen var tidigare ett helt manuellt arbete. När företaget vid återkommande diskussioner förhandlar med leverantörer om råmaterialpriser kan respektive leverantörs prestation användas som underlag. Det ger även företaget styrka i situationer med reklamation av inlevererad träråvara. Den genomförda studien baserades på en omfattande produktionsstatistik.

För att studera hur användningen av trä utvecklats sedan ändringen av bygglagstiftningen 1995 och möjligheten till ytterligare ökning när det gäller byggnation av höga hus i trä gjordes en enkätstudie bland företrädare för allmännyttan, dvs. de kommunala bostadsföretagen (Artikel III). Syftet med studien var att ta reda på de kommunala bostadsföretagens uppfattning om sina arkitekters, konstruktörers, projektörers och entreprenörers inställning till materialet trä. Resultatet visar att många av bostadsföretagen anser trä materialet vara ett etablerat alternativ till andra byggmaterial, men att det trots detta finns tveksamheter kring bl. a. fukt under byggtiden, beständighet hos fasader samt kostnader för underhåll.



Trähusbranschen har uttryckt önskemål om en utvecklad och förändrad trämaterialförsörjning (Bergman et al., 1997; Nord, 2005). Flera av företagen i trähusbranschen upplever dock att man inte får gehör från sina nuvarande virkesleverantörer för de krav man ställer på virkesegenskaper. Exempel på krav som framförs är specifika längder, specificerad fuktkvot och beständighet. Allmänt menar trähusföretagen att man har ett stort spill av träråvara samt att bristande trämaterialkvalitet orsakar stora kostnader. Generellt i byggbranschen kan virkesspillet uppgå till åtminstone 30 % (Johansson et al., 1990, 1993). Samma författare anger några exempel på orsaker till detta: dålig beredning och fel längder, dåligt utnyttjande, stölder, slarv med väderskydd, dålig hantering och låg virkeskvalitet. Det föreslås även åtgärder för att minska andelen spill och exempel på åtgärder är att följa upp materialspill samt att returnera virke som ej uppfyller uppställda krav.

I två trähusföretag genomfördes studier vid beredning av ämnen där fokus för studierna var material- och tidsåtgång (Artikel I). Syftet med att studera beredningen av ämnen var att bestämma kostnaden för tillkapning av virket. De båda studerade företagen tillverkar hus med en likartad produktionsteknik trots att det är en väsentlig skillnad i företagsstorlek. I samband med studierna gjordes även effektivitetsstudier av den maskinutrustning som användes i respektive företag för kapning av virke. I det ena av företagen ledde resultatet av studien till att företaget tog beslut om investering i ny maskinutrustning för kapning av virke. I det andra företaget resulterade de genomförda studierna till ytterligare arbete med att övergripande studera trämaterialförsörjningen samt arbete med flödet av tillverkade produkter i fabriken. Materialsillet vid beredning av ämnen i trähusindustrin är enligt Artikel I lågt på grund av att mätningarna tar hänsyn enbart till det spill som härrör från längdjustering.

Arbetet tillsammans med företagen i trähusbranschen har inneburit besök på ett antal företag samt under en period även en anställning i

ett av företagen. Anställningen föranleddes av de genomförda studierna av ämnesberedning och innebar fördjupade studier samt arbete med produktionsrationalisering. För möjligheten att ytterligare få kännedom om företagen i trähusbranschen har ett antal konferenser och seminarier genomförts inom ramen för det som kallats för **Framtidens trähusfabrik**<sup>2</sup>. Dessa sammankomster har resulterat i många tillfällen till erfarenhetsutbyte både mellan företagen och mellan företag och företrädare för akademien (Axelsson, 2010; Eliasson, 2010; Näsström, 2011). Ytterligare tillfälle till erfarenhetsutbyte gavs vid ett seminarium arrangerat av Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA, 2010; Aronsson, 2011).

---

<sup>2</sup> Tillgänglig: <<http://lnu.se/framtidens-trahusfabrik>> [2011-04-06]

# 3 VAD INNEBÄR KRAVSPECIFICERAT VIRKE

## 3.1 Anledning till att ställa krav på virkesegenskaper

Vid all användning av den sågade trävaran måste materialet sorteras, vilket gäller i stort sett oberoende av vilken produkt som skall tillverkas. Produkter av olika slag kräver också olika egenskaper hos den ingående råvaran. Normalt sker framställning av virke med efterfrågade egenskaper genom att virket sorteras och därmed delas in i klasser. Vid tillverkningen av material som stål och betong kan istället ingredienserna varieras enligt ett recept för att det färdiga byggmaterialet ska erhålla önskade egenskaper.

Skogsbruket är råvaruproducent för trä och processen som materialet genomgår från skogen till färdig produkt på marknaden innebär att ett antal aktörer hanterar trämaterial. Informationsflödet i kedjan från ursprunget till slutanvändaren eller vice versa har många brister. Lönner (1985) påtalar svårigheterna för aktörerna att utbyta information. Vid hinder i informationsutbytet kommer inte den slutlige virkeskundens krav och önskemål bakåt genom de olika stegen i aktörskedjan. Detta innebär att det inte heller finns en förståelse för, eller ens vetskap om, eventuella önskemål vad gäller egenskaper i den slutliga produkten – egenskaper som kan påverkas tidigare i aktörsledet. Omfattande arbeten har genomförts för att möjliggöra spårbarhet av träråvaran, med syftet att tidigt i trävärdekedjan kunna välja rätt råvara för olika användningsområden (Uusijärvi, 2000). För att komma tillrätta med ett allt sämre utbyte av information mellan aktörerna i kedjan från skog till slutprodukt har Uusijärvi (2000) gjort en lägesanalys och visar även på potentia-

len för utveckling och tillämpning av spårningsmöjligheter. Det påbörjade arbetet har sedan följts upp i LINESET (Uusijärvi, 2002) och inom ramen för Indisputable Key<sup>3</sup>. Den bristande kommunikationen mellan aktörerna i kedjan kan ha sin grund i att skogsbruket är inställd på maximalt möjlig volym utan hänsyn till kvaliteten och egenskaperna hos det man producerar. Volymfixeringen har dessutom genomsyrat skogsbruket under lång tid. Ett arbete med att påverka virkesegenskaperna är svårt och är dessutom långsiktigt (Johansson et al., 1990).

En ökad automation i tillverkningsprocessen medför i allmänhet skärpta krav på virket. Det är av naturliga skäl enklare att införa automation om det material som skall hanteras av utrustningen i en monteringsprocess har snäva egenskaps- och måttoleranser. Detta innebär att en ökad automation kommer att kräva ett trämaterial med egenskapsparametrar med lägre spridning än vad som är acceptabelt vid en manuell produktion. En aspekt som är värd att beakta i detta sammanhang är betydelsen av en högre precision i ingångsmaterial och vad detta får för effekt på slutprodukten. De senaste decenniernas kraftiga och snabba konjunktursvängningar har vid expansion inneburit stora kostnader för upplärning av nyanställd personal som sedan vid neddragning fått lämna företagen och därmed orsakat förlust av personalkompetens. Med en ökad automatisering av produktionen i fabrik skulle de svängningar som uppstår i samband med konjunkturförändringar inte bli lika förödande ur kompetenssynpunkt för företagen.

Trähusföretagen ställer krav på virke med för ändamålet rätta egenskaper av både estetiska och funktionella skäl på motsvarande sätt som byggbranschen i övrigt ställer krav (Johansson et al., 1990; Johansson et al., 1993; Bergman et al., 1997). Trähusföretagen uppfattas möjligen av trävaruleverantörerna på grund av detta som en bransch som är likställd med byggbranschen. Snarare borde trä-

---

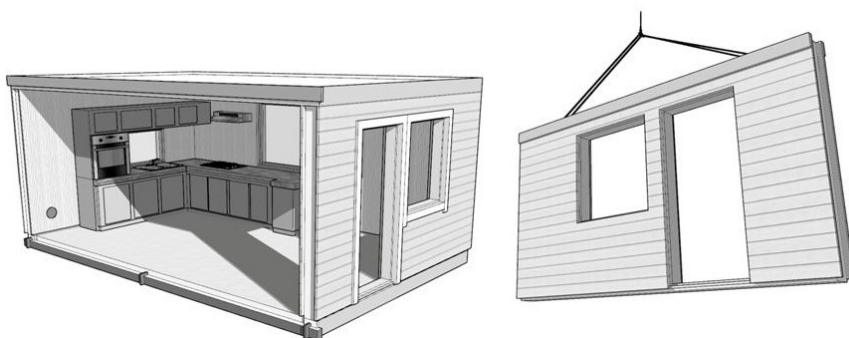
<sup>3</sup> Tillgänglig: <<http://www.indisputablekey.com>> [2011-05-11].

husindustrin likställas med verkstadsindustrin som sedan lång tid tillbaka har ställt krav på inlevererat material och omsorgsfullt följt upp både leverantörer och material.

De boendekonsumenterna som köper sitt eget boende i form av trähus förutsätter att ingående material är beständigt. Dagens boendekonsumenterna tar även ett allt större ansvar för graden av miljöpåverkan och valda byggmaterial till bostäder är av betydelse för allt fler människor (Artikel I). Schauerte (2009) har undersökt hur boendekonsumenterna i flerbostadshus med trästomme upplever trä som byggnadsmaterial. I undersökningen har ägare till bostadsrättslägenheter i kvarteret Limnologen i Växjö fått besvara frågor och ta ställning till påståenden kring trämaterial. Exempelvis kan påståendena handla om fasadpanel eller andra väderutsatta delar och hur dessa fyller sina uppgifter på ett tillfredställande sätt. Resultatet från denna undersökning visade att de tillfrågade var tillfredställda med byggmaterialet. För fasadpaneler generellt är det i första hand estetiska krav som skall vara uppfyllda. De krav som ställs på trämaterial till fasadpanel är att virket skall vara fritt från sprickor, kvisthål, vankant och röta. Vidare kan det vara balkar i bjälklag som kunden förväntar sig ska medverka till att golven förblir plana dvs. att golvbalkarna har en från början anpassad fuktkvot (Johansson, 2002; Esping et al., 2005). Det kan även vara väggreglar som förutsätts behålla formen så att väggarna uppfyller även de boendes krav på rakhet.

I många delar i stommen i ett enfamiljshus ställs inga specifika krav på hållfasthet och styvhet. Hållfasthet och styvhet är mer än tillräckligt höga i ett hållfasthetsklassat konstruktionsvirke. På det virke som åtgår för bjälklag, takstolar och vissa andra delar av konstruktionen ställs dock krav på hållfasthet och styvhet. Det ställs olika krav på hållfasthet och styvhet beroende på om det handlar om tillverkning av volymer eller plana element, Figur 2. Vid tillverkning av volymer innebär lyften av de färdiga husdelarna, med inredning och beläggningar med klinker och kakel, stora påkänningar och detta kräver

därför styvare konstruktioner så att deformationerna av volymerna blir så små som möjligt.



Figur 2. Volym (vänster) och plant element (höger).

Vanligaste träslaget i Sverige som konstruktionsvirke är gran beroende på god tillgång och att träslaget har inneboende egenskaper som är lämpliga för material i bärande konstruktioner och till fasad beklädnad. För invändiga snickerier samt dörrar och fönster används vanligen furu. För byggnation är utgångspunkten att fuktkvoten i virket redan vid tillverkningen skall vara nära den fuktkvot som trämaterialiet kommer att få vid användningen. Tabell 1 visar aktuella fuktkvoter och fuktkvotklasser i byggsammanhang. Fuktkvoten är den parameter som är den bakomliggande orsaken till utsorterings i produktionsprocessen på grund av formfel och sprickor. Vid onödigt låga fuktkvoter uppstår fler, längre och djupare sprickor och även formändringarna kan förvärras. Vid för höga fuktkvoter kan en okontrollerad uttorkning ske under användning med risk för skador på och förändringar av virket. Utsortering med anledning av hyvelurslag kan även det ha sin grund i fel fuktkvotnivå. Fel fuktkvot i kombination med aktuell hyvelprestanda kan resultera i dåligt hyvelresultat. Fuktkvotändringar kan även orsaka dimensionsavvikelser som kan vara besvärande vid användningen.

Tabell 1. Fuktkvotnivåer enligt Svensk standard SS 23 27 40 med exempel på användningsområden.

Fuktkvotklass	Fuktkvot (%)	Användningsområden
8	6 – 9,5	Golv, inredningar
12	9 – 14	Innerpanel, limträ, fönster, dörrar
18	12 – 22	Fasadpanel, konstruktionsvirke

Virke som används till byggnader förutsätts ha en hög beständighet avseende motstånd mot mikrobiella angrepp och dimensions- och formstabilitet (Dinwoodie, 2000). Med andra ord förutsätts att virkets egenskaper bevaras trots yttre påfrestningar. Vissa träråvaror har en hög inneboende naturlig beständighet. Andra träråvaror kan, genom att impregneras med träskyddsmedel, skyddas mot biologisk nedbrytning och därmed användas i utsatta lägen som altangolv, bryggor etc. Den viktigaste parametern för att skydda trä är att minimera fuktbelastningen, t. ex. genom ett konstruktivt träskydd. Ett rätt utformat konstruktivt träskydd innebär att trämaterialet skyddas från en ohämmad klimatpåverkan. Trämaterialen får därigenom ett skydd mot mikrobiell nedbrytning som även innebär en ökad beständighet.

Mängden virke som åtgår för tillverkning av ett hus varierar med storlek och byggteknik. Enligt en studie av Palm (1976) över virkesvolymer i hus av olika storlekar av hus användes mellan 9 och 27 m<sup>3</sup> för enfamiljshus med bostadsyta från 102 till 167 m<sup>2</sup>. Virkesvolymen avser använd volym virke exklusive virkesspill. Utformningen av husen har ändrats jämfört med tidigare och därmed även virkesåtgången. Tabell 2 visar på volymen virke i två husmodeller från LB-Hus AB, en av de minsta modellerna samt en av företagets största modeller. Volymerna avser sågat och hyvlat virke i stomme och fasad baserat på faktiska tvärsnittsdimensioner och längder. Värt att notera är även antalet ingående virkesstycken. Bjälklaget i entréplanet är i båda fallen av betong.

Tabell 2. Beräknade virkesvolymen och sammanlagt antal virkesstycken i två olika trähusmodeller.

	Stora huset	Lilla huset
Allmän beskrivning	1¾ plan, träfasad	1 plan, träfasad
Bostadsyta (m <sup>2</sup> )	160	126
Virkesvolym (m <sup>3</sup> )	24	18
Antal virkesstycken (st)	3200	2400

En studie av Brege et al. (2004) anger kostnaden för virket till ett svenskt enfamiljshus till 1,7 % av totalkostnaden för huset. Artikel I redovisar uppgifter från en av tillverkarna av enfamiljshus i Sverige som anger kostnaden för virket inklusive beredningskostnad och kappspill till 100 000 kr vilket utgör 2,5–3,5 % av totalkostnaden. Det aktuella företaget har till synes en virkeskostnad som är den dubbla jämfört med den kostnad som Brege et al. (2004) anger. Orsaker till detta kan vara olika beräkningsgrunder eller hur kostnader har definierats. Båda källorna pekar dock utan tvivel mot att kostnaden för trämaterialiet är liten och nästan försumbar i förhållande till totalkostnaden för enfamiljshuset.

Virke med egenskaper helt enligt beställarens specifikationer avseende egenskaper samt längd- och tvärsnittsdimensioner kommer att betinga ett högre pris men med en liten påverkan på totalkostnaden för huset. Beredningskostnaden för virket till ämnen i de båda studerade trähusföretagen utgör ca 30 % av den totala kostnaden för det färdiga ämnet (Artikel I). Det finns i och med detta ett ekonomiskt utrymme att låta ett sågverk eller annan extern leverantör av virket även göra beredningen till färdiga ämnen. Detta förutsätter ett förändrat arbetssätt där trähusföretaget även måste ha en längre framförhållning vad gäller produktionsunderlag än vad som idag är brukligt.

Eftersom allt virke genomgår en sorteringsprocess krävs, för ett så bra slutresultat som möjligt, att användaren av trämaterialiet ställer



upp en kravspecifikation. Genom att specificera genomarbetade krav på trämaterialen kommer det virke som används att ha goda förutsättningar att uppfylla förväntningarna både i den industriella användningen och från boendekonsumenten.

### 3.2 Går det att få fram önskat virke från skog – träkedjan

Virkeskvalitet betyder olika för säljare respektive köpare i de olika aktörsleden, vilket inte är bra. För en skogsägare och säljare av sågtimmer betyder hög kvalitet ett högt pris och vice versa. För slutanvändaren av den sågade varan handlar det i stället om rätt kvalitet för varje specifik användning. Detta innebär att träråvaran skall uppfylla de krav konsumenten ställer på estetiska och tekniska egenskaper samt beständighet. Dessa egenskaper påverkar såväl produktionen som slutanvändarens vilja att betala för produkten. Bristande tekniska egenskaper kan innebära att produktionen i fabriken tar längre tid och att det går åt mer material för att ersätta bortsorterat material i samband med tillverkningen. Uppfyller inte materialet de estetiska egenskaperna kan det resultera i en irritation hos slutanvändaren dvs. boendekonsumenten. Ett förslag till en ändamålsanpassad sortering av sågade och hyvlade trävaror har presenterats av Elowson och Lundgren (1980). Bakgrunden till dessa regler är virkesanvändarnas behov och de motiv som framförs för en förändring är bl.a. den allmänna tekniska utvecklingen och ett förändrat arbetssätt vid användning av virket. Det framtagna förslaget blev inte genomfört, möjligen av skälet att det då i branschen saknades vilja att göra ändringar i sorteringsreglerna.

Virkets egenskaper anläggs redan i skogen under trädets tillväxt. Den träindustri som ställer höga krav på träråvaran i betydelsen att den, i möjligaste mån, skall vara fri från särdrag som kvistar, kådlåpor, vankant etc. får också vara beredd att betala ett högre pris eftersom det är, relativt sett, svårare att få fram sådant virke. Øvrum (2008) har studerat virkets längd i förhållande till kvalitetsutfallet

och konstaterar att utbytet sjunker med ökad längd. En träindustri som i första hand ställer krav på ett lågt pris får i gengäld acceptera en träråvara med kvistar, sprickor och formfel.

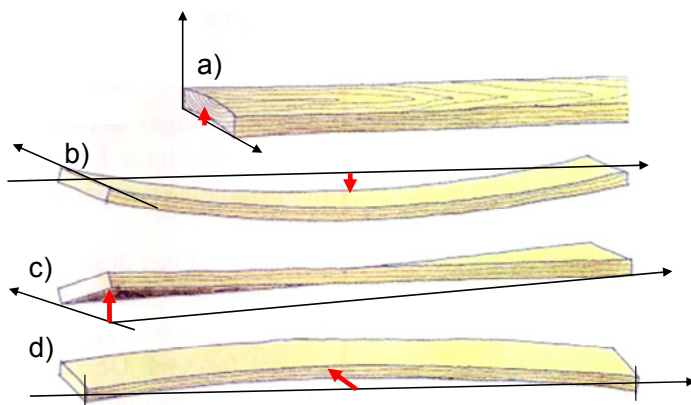
Trähusbranschen önskar köpa virke enligt uppställda kravspecifikationer och beroende på användningsområdet så är kraven olika. Ett krav som gäller genomgående i byggsammanhang är att virket är rakt och för vissa användningsområden även att virket är hållfasthetsklassat. Följden av det blir att de krav trähusbranschen generellt ställer på träråvaran ligger mellan den industri som sätter priset i första hand och den industri som ställer specifika krav på virket. Kvalitetsmässigt kan man dela upp virket efter estetiska egenskaper, mekaniska egenskaper eller beständighetsegenskaper.

De estetiska egenskaperna påverkas av skogsskötseln och förädlingen. Bestånd som får växa långsamt får smalare årsringar och mindre kvistar. Bestånd som drivs till att växa snabbt får breda årsringar och stora kvistar och oftare även rötkvistar (Thörnqvist, 1993; Pettersson et al., 2007). Frodvuxet virke innehåller mer av särdrag som kådlåpor och tjurved (Timell, 1986; Thörnqvist, 1993; Temnerud, 1997).

Till de mekaniska egenskaperna räknas hållfasthet och styvhet vilka är starkt kopplade till densiteten hos virket. Avgörande för densiteten är årsringbredden (Pettersson et al., 2007). Årsringen består hos de flesta barrträslag av dels vårved med låg densitet, dels sommarved med hög densitet. Bredden på sommarveden i årsringen är näst intill oberoende av tillväxthastighet och ökad tillväxthastighet innebär en ökad andel vårved och därmed lägre densitet. Tillväxthastigheten ökar med tilltagen röjnings- och gallringsstyrka samt genom gödsling (Pettersson et al., 2007). Hållfasthet och styvhets-egenskaper styrs av förutom av virkets densitet också av kvistantal med hänsyn till storlek och placering.

Figur 3 visar exempel på formförändring av trämaterial som kan uppträda i samband med uttorkning, dvs. kupning, flatbøj, skevhet

och kantkrok. Årsringsorienteringen i virkets tvärsnitt har en avgörande inverkan för formförändring samt sprickbildning vid både torkning och utomhusexponering (Sandberg, 1998). Formförändringarnas storlek har i huvudsak sin grund i förekomsten av ungdomsved, växtvridenhet och förekomst av reaktionsved (Thörnqvist, 1990; Kyrkjeeide & Thörnqvist, 1993; Säll, 2002). Det enskilda virkestyckets formbeständighet avgörs i huvudsak av dessa särdrag i samverkan med årsringsorientering, kärnvedsandel och avstånd från märg.



Figur 3. Definition av formförändringar i ett virkestycke, a) kupning, b) flatbøj, c) skevning, d) kantkrok.

Av betydelse för virkesegenskaperna är skötseln av trädet under tillväxten samt genetiska faktorer. Exempel på olämpliga egenskaper hos t.ex. sågtimmer är stor växtvridenhet, grova kvistar och extremt breda årsringar. Andra virkesegenskaper påverkas av avverkning, lagring och transport till sågverket samt behandlingen av den sågade varan i samband med torkning. Genom att ställa krav på träråvaran, dvs. krav som även får komma skogsbruket till del, kan sågtimmer med olämpliga egenskaper sorteras undan redan i ett tidigt skede och inte riskera att sågas upp till plank och brädor. Sågat virke från den typen av sågtimmer har sannolikt egenskaper som är olämpliga för byggnation.

### 3.3 Hur mäta virkesegenskaper

För att fullständigt beskriva önskade virkesegenskaper i en kravspecifikation måste geometri, fuktkvot och avgörande särdrag väljas. Kravspecifikationen skall även beskriva de mätregler som särdragen skall mätas enligt. Mätsätten för aktuella särdrag måste väljas för bästa anpassning till slutproduktens förutsättningar (Casselbrant et al., 2000). För en heltäckande beskrivning av ett virkesstyckes egenskaper ger Casselbrant et al. (2000) en struktur enligt Tabell 3.

Tabell 3. Mätobjekt och exempel på mätbara egenskaper och särdrag (Casselbrant et al., 2000).

Mätobjekt	Exempel på egenskaper och särdrag
1. Allmänt om virke	Träslag, mått, fukt, placering på stycke <sup>1)</sup>
2. Kvistar	Kvistform, beskaffenhet, sprickor, färg, gruppering
3. Övriga naturliga särdrag	Barkdrag/lyra, kåda, reaktionsved, snedfibrighet, märg, kärnved/splintved, juvenilverd
4. Biologiska angrepp och missfärgningar	Svamp- och bakterieangrepp, insektsskador, missfärgning, våtlagringsskada
5. Övriga materialparametrar	Deformationer, fysikaliska egenskaper, årsringar
6. Sprickor	Torkspricka, ändspricka, ringspricka, mikrosprickor, tvärspricka, fäll-, kap- och stormspricka, spricka över hörn
7. Produktionsrelaterade egenskaper	Vankant, hanteringskada, ytkvalitet
8. Produktionsparametrar	Våtlagring, sågmönster, virkestyper som resultat av sågmönster, klyvningsmetod
9. Stock	Bestånds- och avverkningsparametrar, avverkningstyp, yttre form, stocktyp

<sup>1)</sup>Sidor eller delar av virkesstycket som egenskapskraven omfattar

Bucur (2003) betonar vikten av en fortsatt utveckling av oförstörande industriella mätmetoder för att främja utnyttjandet av trämaterialiet. Det finns tillgängliga metoder för att identifiera olika egenskaper (fysikaliska, mekaniska, kemiska och estetiska) men

många av dessa metoder är ännu inte tillgängliga för industriellt bruk. En genomgång av mättekniker för att avbilda såväl yttre som inre egenskaper är gjord av Bucur (2003). Exempel på teknik som kan komma till användning för avbildning av inre egenskaper är t ex ljudvågor i olika frekvensområden, mikrovågor, vibrationer och stöt-vågor. Eliasson (2005) har identifierat utrustningar och tillverkare av kommersiella system för yttre och synliga virkesegenskaper.

System för inläsning av yttre synliga egenskaper har funnits tillgängliga för industriellt bruk sedan ca 1990. Dessa system har installerats för att ersätta manuella avsyningar där kriterierna är de samma som tidigare ”manuella” avsyningsregler (Lycken, 2006). Automatiska system kan höja produktiviteten och ge en stabilare sortering, men den största fördelen ligger i möjligheten att tillämpa mer komplexa sorteringsregler än vad som är möjligt vid manuell sortering (Åstrand, 1996).

Lycken (2000) gör en genomgång av problemen vid manuell sortering och nämner bland annat problemet med samsyn när många personer är inblandade. Den slutsats som görs är att ett avsyningssystem är mer än bara en sorteringsutrustning. Det kan även ge värdefull information för att utveckla sågverkets upplägg av sorteringsregler och försäljningsstrategi.

### 3.4 Sortera fram eller ”tillverka” virke med rätta egenskaper

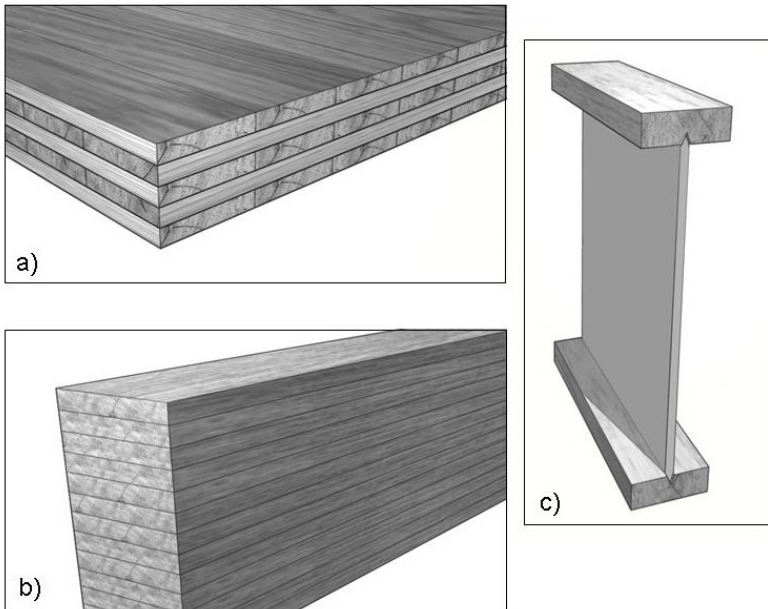
Traditionellt i sågverkssammanhang råder en uppfattning att man sönderdelar stocken och sedan, om möjligt, sorterar fram ett virke med önskade egenskaper. Det blir allt vanligare att istället tänka i termer av att tillverka ett virke med vissa specifika egenskaper. En tillverkning av virke förutsätter en uppdelning och bortkapning av icke önskade särdrag följt av en sammanlimning till färdigt virkestycke. Genom fingerskarvning av ingående lameller kan längden ökas och en efterföljande sammanlimning av dessa göras till bredare eller tjockare produkter. Med denna utgångspunkt är inte fokus

riktat mot virkessortering utan i stället mot tillverkning av en produkt med i förväg kända egenskaper. För framtidens gransågverk beskriver Blümer och Ekdahl (2001) visionärt tankar kring både produkter och produktionsteknik. Avseende produktion är limning samt fingerskarvning av virkesstycken centrala samt konfektionering dvs. anpassning av virket till de längder och tvärsnittsdimensioner som kunderna efterfrågar.

Genom fingerskarvning finns möjlighet att tillverka produkter i längre längder än det sågat virke har, dvs. maximalt 5,7 m. Sammanlimning av sidobräder till bredare, tjockare samt längre produkter kan även göras i otorkat tillstånd i en process direkt efter sönderdelning i såglinjen (Sterley et al., 2008). En fortsatt utveckling av produktionen i sågverken i riktning mot tillverkning av virke skulle medföra förändringar för skogsbruket som är fokuserad på aptering i förutbestämda längder.

I de fall det krävs virke med en viss hållfasthet, styvhet och formstabilitet har fokus traditionellt varit på de båda förstnämnda egenskaperna. I bärande konstruktioner är det naturligt att hållfasthet och styvhet får företräde, men bristande formstabilitet har på senare år uppmärksammas och även bidragit till att trä, i form av solida plank och reglar, har förlorat i konkurrenskraft till förmån för andra material. Generellt i byggsammanhang står ett önskemål om virke i bredare dimensioner och längre längder än vad som är allmänt tillgängligt utan att för den skull behöva använda limträ. Användning av limträ innebär en högre materialkostnad jämfört med vanligt sågat virke. Det finns även i byggsammanhang önskemål om virke med högre styvhet med samtidigt en god formstabilitet. Flera av trähusföretagen har valt att i traditionella träbjälklag ersätta vanligt sågat virke med material som ingår i den grupp av material som brukar kallas Engineered Wood Products (EWP), Figur 4. Detta materialbyte har gjorts på grund av kraven på ökad styvhet och bättre formstabilitet i den färdiga konstruktionen. Exempel på EWP är Laminated Veneer Lumber, (LVL),

Oriented Strand Board (OSB), limträ osv. I samtliga fall består dessa produkter av träråvara som är mer eller mindre uppdelad och sedan åter sammanlimmad.



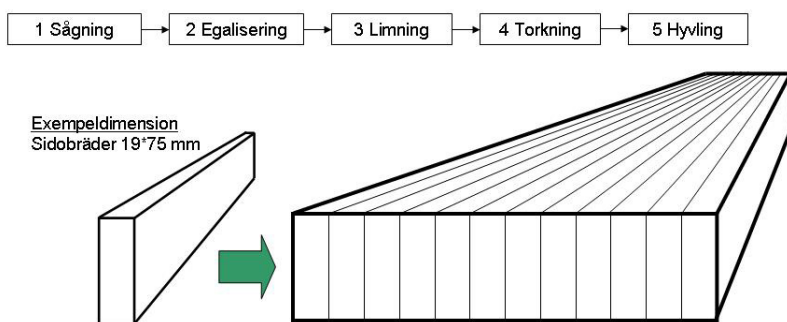
Figur 4. Exempel på Engineered Wood Products (EWP).

a) Cross laminated timber, b) Limträ, c) I-balk.

Gemensamt för dessa produkter är att de i jämförelse med vanligt sågat virke har bättre formstabilitet, högre styvhet, högre hållfasthet men också ett högre pris.

Sågverksindustrin har ett intresse av att utveckla nya produkter. Vid produktion i ett sågverk utgår man från marknadens efterfrågan på centrumvaror dvs. plank och reglar. Sidobrädor som kommer från de yttre delarna av sågstocken kallas därför ibland även för en konsekvensprodukt. I normalfallet är prisnivån lägre för sidobräderna än för de produkter som kommer från centrum av stocken. Uppmärksamhet har därför riktats mot sidobräderna i syfte att hitta nya avsättningsområden där man i så fall även utnyttjar de egenskapsfördelar som vedfibern från de yttre delarna av stocken besitter. Det

är allmänt känt att trämaterial från de perifera delarna av stammen består av vedfibrer som är längre, har högre styvhet och högre densitet än fibrer från de centrala delarna av stammen. Exempel på en ny produkt där sidobräder används är den balk som utvecklats av Serano et al. (2011). Den grundläggande tanken är att sammanlimma sidobräder till en bredare plank (balk) än vad som är möjligt med sågat virke, Figur 5. Balken är tänkt för användning i konstruktions-sammanhang när det efterfrågas mer hållfasthets- och styvhetsegenskaper samt större tvärsnittsdimensioner.



Figur 5. Schematiskt, produktionsprocess och limmad balk från sidobräder.



# 4 VIRKESEGENSKAPER OCH PRODUKTION

## 4.1 Standardisering eller kundanpassning

Företagen i trähusbranschen kan delas in efter grad av kundanpassning. Genomgående i trähusbranschen är att man har ett antal modeller av hus samlade i en katalog – därav namnet ”kataloghus”. Ytterligheterna är å ena sida de företag som har ett antal kataloghus och där kunden fritt kan välja bland dessa men inte tillåts några valmöjligheter därutöver (standardisering), å andra sidan de som låter kunden i stort sett obegränsat få genomföra anpassningar av huset (kundanpassning). Kataloghusen i den senare gruppen är enbart till för att föda idéer och visa på exempel och lösningar vid utformning av hus. Vid en enkel jämförelse mellan några olika trähusföretag visar det sig att det största och även lönsammaste trähusföretaget i Sverige erbjuder standardiserade trähus utan några möjligheter till tillval för kunden. De företag som inte menar sig tillhöra den grupp som enbart erbjuder standardhus, framhäver också gärna uttryck som ”vi tillverkar ett hus bara en gång”.

## 4.2 Produktion i trähusfabriken

Generellt bland flertalet av trähusföretagen är produktionstekniken lågt utvecklad vid jämförelse med framgångsrika verkstadsindustrier. Genom att strukturerat arbeta igenom de specifikationer som virkesanvändningen för olika ändamål kräver kommer troligen även bristerna i produktionstekniken att hamna i fokus. När en virkesleverantör får uppdraget att t.ex. se till att virkesstyckena har rätta geometrier kommer planering och organisation att bli en förutsätt-

ning i trähusföretaget eftersom det kommer att kräva bl.a. framförhållning. I samband med de studier som genomfördes för att bestämma kostnaden för kapning av virke till färdiga ämnen (Artikel I) gjordes några iakttagelser i ett av de studerade företagen. Dessa iakttagelser beskrivs nedan och bekräftar några av allmänt kända fenomen i produktionstekniska sammanhang. De bakomliggande orsakerna till de förhållanden som noterades kan delvis förklaras av bristande virkesegenskaper och den uppfattning som rådande angående virkesegenskaper samt virkespris i relation till virkeskvalitet.

### Kapoptimering

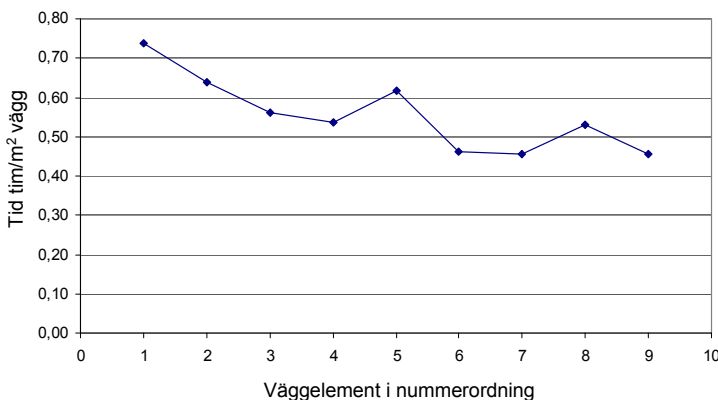
Vid tillkapning av ämnen, i den studie som redovisades i Artikel I, var instruktionen till kapoperatörerna att minimera materialåtgången. Detta ledde vid ett tillfälle till att den sammanlagda kapkostnaden för kapning av virke till takstolar blev 18 % högre jämfört med en simulering av samma kapoperation. En stor del av tiden för kapoperationen bestod i operatörens väntan på nytt fram-plockat virke i anpassade längder. Detta innebar vid summering av kapkostnad en hög maskin- och truckkostnad. Tabell 4 visar verkligt utfall jämfört med simuleringen och att den största kostnaden i det aktuella fallet inte utgörs av virke utan istället är maskinkostnad inklusive operatörstid. Simuleringen är gjord genom att använda enbart en längd av respektive tvärsnittsdimension och därmed tillåta ett ökat spill. Exemplet visar att den ”goda” tanken att minska materialkostnader genom en optimering av virkesanvändningen i detta fall istället ledde till en kostnadsökning.

Tabell 4. Kostnad för kapning av ämnen för takstolar till *ett* bus. Faktiskt utfall jämfört med simulerat utan hänsyn till virkesförbrukningen.

	Utfall	Simulering
Volym färdiga ämnen (m <sup>3</sup> ):	1,8	1,8
Förbrukad virkesvolym (m <sup>3</sup> ):	1,9	2,0
Spill (%):	6,0	11,1
Maskinkostnad inkl. operatör (kr):	2 251	1 175
Truckhantering (kr):	500	167
Virkeskostnad (kr):	4 136	4 290
Sammanlagd kostnad (kr):	6 887	5 631

### Repetitionseffekt

Det är allmänt känt att det vid serieproduktion finns en s.k. repetitionseffekt. Den först tillverkade produkten i serien tar längre tid än de som följer senare och den sista produkten tar betydligt kortare tid än vad som gick åt för den första. Vid en studie av en produktionslinje med syfte att balansera linjen och effektivisera flödet mättes tillverkningsstider för olika typer av ytterväggar med olika varianter av fasadbeklädnad, antal fönster och dörröppningar. Repetitionseffekten för detta visas i Figur 6. Tidsåtgången minskade med ca 40 % vid tillverkning av de nio väggelementen. Anledningen till denna minskning är att monteringspersonalen allt eftersom lär sig uppbyggnaden av konstruktionen och därmed blir effektivare.



Figur 6. Repetitionseffekt vid tillverkning av ytterväggar. Väggelementen är tillverkade i nummerordning.

## Materiallogistik

Flera av trähusföretagen har gjort investeringar i nya eller moderniserade tillverkningslinjer för tillverkning av ytterväggar (Andersson et al., 2007). Det är linjer som innehåller ett antal stationer där montering av ingående material sker. Den nya tillverkningslinje som blev installerad vid ett av de studerade företagen (Artikel I) blev föremål för arbete i syfte att balansera de olika tillverkningsstationerna och att eliminera flaskhalsar för ett effektivare flöde genom linjen. Det uppmärksammades i samband med detta arbete att tillförseln av insatsmaterial inte var löst på ett bra sätt. Placeringen av linjen i fabrikslokalen medgav inte heller att insatsmaterialet kunde matas mer än från linjens ena långsida vilket påverkade möjligheterna att få till en rationell försörjning av flera av tillverkningsstationerna. Bristen på produktionsteknisk kompetens generellt i branschen bidrar till att denna typ av grundförutsättning inte blir tillgodosedd. T.ex. bidrar detta till att arbete med tidsstudier, materiallogistik och uppföljning av produktionsresultat inte heller blir prioriterade.

### 4.3 Automation i framtidens trähusfabrik

Många av de befintliga produktionslinjerna är inte anpassade för en idag vanlig utformning av husen. De delvis automatiserade produktionslinjerna är begränsade till nära nog enbart rätvinkliga element och låter sig inte lätt ställas om för olika typer av vägghöjder. Många av de hus som produceras i dagsläget innehåller väggelement som inte är rätvinkliga. Detta innebär att ett stort antal husdelar måste förmonteras i tillverkningsstationer vid sidan av de befintliga tillverkningslinjerna och det innebär även i huvudsak manuella arbetsinsatser. Trenden de senaste åren har varit en ökning av antalet hus med en utformning som innebär specialtillverkning av ingående delar i sidostationer. Ett möjligt sätt att införa ny och effektiv produktionsteknik i denna typ av tillverkning är flexibla tillverkningsstationer med användande av industrirobotar. Användandet av industrirobotar har till största delen varit möjligt enbart

för verkstadsindustrin med fordonsindustrin som föregångare. De företag som tillverkar industrirobotar och automationsutrustningar har under de senaste åren letat efter nya kunder i företag och branscher utanför de traditionella. Kostnaderna för robotar och automationsutrustningar har sjunkit och bedöms kunna bli ännu mer kostnadseffektiv i takt med att nya standarder för samverkan mellan operatörer och automationsutrustningar införs. En samverkan mellan operatör och robot innebär att delar av arbetet vid en station kan utföras automatiskt och andra delar manuellt. Roboten kan även agera som en "tredje hand" samt utföra avsynings- och kontrollmoment.

Användningen av industrirobotar i framtidens trähusfabrik omgärdas av ett antal utmaningar som:

- Säkerhet i samarbetet mellan människa och robot
- Programmering och beredning
- Integrering med IT-verktyg för CAD och kalkylering
- Snabba omställningar, dvs. att kunna en-styckstillverka
- Materialförsörjning till tillverkningsstationerna
- Kravspecifikationer för ingående material
- Kostnad för hela system och drift

Att i ett steg införa högt automatiserade tillverkningslinjer är mycket kostnadskrävande. Ett exempel är den satsning som NCC påbörjade för att prefabricera flerbostadshus med betongstomme i en högeffektiv fabrik (Apleberger et al., 2007). Denna produktion var tänkt att representera ett nytänkande i svensk byggindustri men fabriken stängdes efter blott några månaders produktion (Dahlquist, 2007). Kanske var ambitionen allt för högt ställd? Det industrialiserade byggandet på fabrik blev enligt företaget för dyrt och komplicerat, vilket var den officiella anledningen till nedläggningsbeslutet. Ytterligare exempel finns från andra branscher där automatiserade tillverkningslinjer övergetts därför att tillgängligheten blivit allt för dålig. I stället för en automatiserad produktion har

resultatet blivit en återgång till i huvudsak manuell tillverkning. Troligen är produktionslinjer, i kombination med flexibla sidostationer, enda sättet att öka automationsgraden på ett kostnadseffektivt sätt. Detta gäller i synnerhet om kravet samtidigt är att nå en hög grad av kundanpassning.

#### 4.4 Krav på virkesegenskaper

Ett av de viktigare egenskapskraven som trähusföretagen ställer på virke är att det är rakt. Vid en helt manuell produktion i fabrik ges möjlighet för snickare och annan personal att manuellt sortera och plocka undan virkesstycken med felaktiga egenskaper. Virkesstycken som inte uppfyller kraven i en tillämpning kan användas i en annan där kraven är annorlunda till exempel kortlingar, strävor eller emballering. Denna möjlighet till anpassad sortering i samband med montering lär knappast finnas när produktionen blir automatiserad. En automatiserad tillverkning innebär att de krav som ställs på virket blir annorlunda och att även slutproduktens egenskaper kan bli förändrade. De krav som ställs på virket för att klara en automatiserad produktion medför att slutprodukten får exempelvis snävare måttoleranser, jämnare utseende etc. Det finns exempel från verkstadsindustrin där en utveckling mot automatiserad produktion inneburit förändrade och förbättrade egenskaper på slutprodukten, dvs. egenskaper som inte var möjliga att uppnå med manuella tillverkningsmetoder. Exempel på detta är svetsade konstruktioner där automation av svetsprocessen även inneburit skärpta krav på insatsmaterialet. Slutresultatet har blivit att den färdiga produkten fått andra och bättre egenskaper än den hade vid manuell tillverkning.

De krav som framtidens trækunder kommer att ställa måste vara underbyggda med klara och tydliga kravspecifikationer. Dessa specifikationer måste skapas utifrån kraven på de färdiga produkterna. Kravspecifikationen måste också utgå från vad som är realistiskt att kräva utifrån möjligheterna att kunna producera trämaterialen. När kravspecifikationerna ställs samman kan det även handla om para-

metrar som inte är rena virkesegenskaper, exempelvis utformning av truckpaket, ej nedsmutsat virke, längdfördelning osv. Virke nedsmutsat från exempelvis truckgafflar eller kedjetransportörer kan innebära att produktionen i samband med skanneravsugning tappar utbyte t.ex. på grund av att en smutsfläck kan tolkas som kvist eller hål. Krav på utformning av virkespaket kan handla om placering av bindström, bandning, inplastning etc. En felaktig utformning av paketen kan innebära förlorad produktivitet i fabriken.

Det finns exempel på branschgemensamma kravspecifikationer på virkesegenskaper för fönsterindustri och möbelindustri. Kraven och önskemålen inom trähusbranschen är till stora delar gemensamma men man tillämpar inte branschgemensamma kravspecifikationer. Gemensamt för många träanvändande industrier är slutkundernas allt högre krav på de färdiga produkterna och därmed även på virkesegenskaperna. I exempelvis emballage- och pallindustrin, som tidigare har ansetts vara en bransch som inte ställer några krav på virket, ställs numera tydliga krav på virkets egenskaper. Virket skall uppfylla en specifikation omfattande bl.a. hållfasthet och styvhet och att man i vissa tillämpningar även har standarder att förhålla sig till. Stor vikt läggs vid att virket är skarpkantigt eftersom detta är en parameter som kan orsaka irritation hos användaren av lastpallarna. Emballageindustrin ställer krav på virket men, enligt sågverkssorteringsreglerna, på en lägre kvalitetsnivå än den som trähusbranschen generellt borde ställa.

Generellt i trähusindustrin borde uppföljningar alltid göras av virkesegenskaper och leverantörer i syfte att ständigt hitta effektivare sätt att producera. Det är omöjligt att få till en utveckling av leverantörerna om dessa inte får en feedback från sina kunder där det i klartext framgår vad som är bra och vad som är dåligt. Det går heller inte att reklamera med enbart motivering att virket har blivit sämre än vad det har varit tidigare. För att vinna trovärdighet måste träkunden kunna tala om vad som har förändrats och i vilken

utsträckning det levererade virket inte motsvarar kravspecifikationen.

För att möjliggöra en systematisk och rationell avsyning krävs tillgång till ett skannersystem. Med skannersystem avses en avsyningsutrustning som bygger på bildbehandling där bildinläsningen eller avbildningen av virket görs med exempelvis hjälp av kamerateknik (Eliasson, 2005). För komplettering av den information som virkesytorna ger, kan utrustningen kompletteras med även andra tekniker för informationsinhämtning som röntgen eller ultraljud. Även mätning av fuktkvot med någon typ av beröringsfri mätteknik ger information för det slutliga beslutet i sorteringsprocessen. Ett skannersystem bör klara att avsyna stora volymer virke i ett högt tempo och även att presentera resultaten på ett överskådligt sätt.

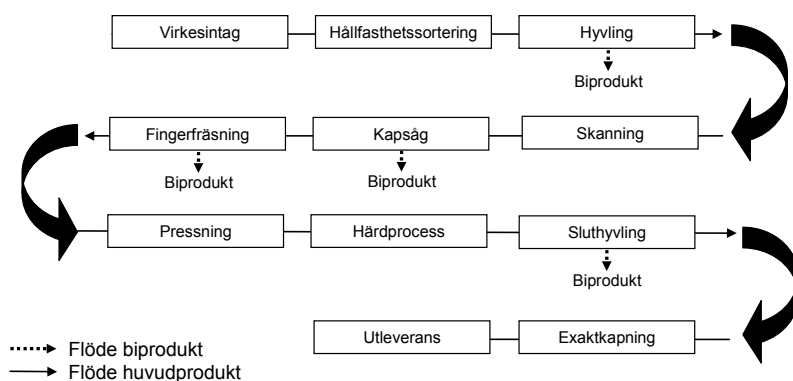
#### 4.5 Var produceras virket till framtidens trähusfabrik

Det inarbetade och sedan länge etablerade sättet som råder vid handel med sågade trävaror går mot en förändring. Kundernas krav och önskemål börjar, om än i långsam takt, att höras allt mer av träleverantörer och sågverk. Det har under de senaste åren presenterats önskemål från träkunder om tillförda mervärden och inte enbart en traditionell träråvara i vissa standardiserade tvärsnittsdimensioner och längder. Sågverk och leverantörer av trävaror har investerat i nya hyvlerier och utrustningar för att anpassa virket enligt kundönskemål. Dessa genomförda investeringar är en förutsättning för att kunna leva upp till kundernas krav. Det räcker inte längre med en enkel och manuell avsyning och sortering av virket enligt en sågverkssorteringsnorm. Det behövs även mät- och maskinutrustningar av skilda slag för att på ett säkrare och mer precist sätt bestämma virkets egenskaper t.ex. kvistar (storlek och antal), sprickor och vankant.

För några av leverantörerna av virke handlar det numera även om tillverkning av ämnen i en ämnesfabrik till skillnad från tidigare när



det enbart var fråga om sortering av virket efter kvalitetsklasser. Vid några av de medelstora sågverksföretagen i Sverige har nya och automatiserade anläggningar för tillverkning av en träråvara enligt kundspecifikation byggts upp. Produkterna från dessa anläggningar motsvarar delvis de produkter som många av de små nischsågverken alltid har kunnat erbjuda marknaden men dock enbart i mindre volymer och med stora manuella arbetsinsatser. Dessa nya anläggningar inbegriper att virket avsynas och hållfasthetsklassas för att sedan skarvas till längder enligt kundönskemål. Dessa anläggningar är oftast i första hand tänkta för att producera konstruktionsvirke i plankdimensioner för trähusföretag och övriga användare av granvirke. En ytterligare möjlighet dessa anläggningar kan erbjuda är tillverkning av virke som efter fingerskarvning är lämpligt att klyva till bräder för fasadpanel. Det är inte ovanligt att trähusföretagen önskar virke till liggande fasadpanel i längre längder än de normalt tillgängliga maximala längden på 5,7 m . Med ökade virkeslängder minskar utbytet vid sortering enligt kraven i sorteringsreglerna. Långa (ej skarvade) virkeslängder i kombination med en kravspecifikation är svåra, om ens möjliga, att ta fram och innebär även ett högre pris. Virkesflöde och processteg för en ämnesfabrik visas schematiskt i Figur 7. Råvaran till anläggningen kommer från det interna sågverket eller från externa leverantörer, men oavsett leverantör är det torkat till rätt slutfuktkvot.



Figur 7. Flöde och processteg vid tillverkning av fingerskarvat virke.

## 4.6 Riktlinjer för en kravspecifikation

Bristande virkesegenskaper och de problem som uppträder i bygg-sammanhang på grund av detta har uppmärksammats av bland andra Bergman et al. (1997), Johansson et al. (1990) samt Johansson et al. (1993). Trähusföretagen har i de flesta fall tagit fram kravspecifikationer för det virke som köps från träleverantörerna. Tabell 5 visar exempel på kravsatta parametrar.

Tabell 5. Exempel med några egenskapsparametrar i en kravspecifikation för några produktgrupper, Forshem Group AB.

	Fasadpanel	Väggreglar	C24
<b>Allmänt</b>			
Träslag:	Gran	Gran (Furu)	Gran (Furu)
Ytkvalitet, hyvlad / finsågad:	Enl. ritning	4/0	4/0
Fingerskarv:	Tillåts	Tillåts	Tillåts
Fuktkvot (%):	15-19	15-19	15-19
<b>Avvikelser mått,</b>			
Tjocklek/bredd <99 mm:	±0,5	±1,0	±1,0
Tjocklek/bredd >100 mm:	±1,0	±1,5	±1,5
Längd standardlängder:	+50 / -0	+50 / -0	+50 / -0
Längd exaktkapat:	±1,5	±1,5	±1,5
Flatbøj max mm/2m:	Ska fungera	6,0	8,0
Kantkrok max mm/2 m:	5,0	5,0	5,0
Kupning max % av bredd:	2,0	2,0	2,0
Skevhet/25 mm bredd, max:	1,0	1,0	1,0
Vankant max % av sida:	0	10	10
<b>Kvist</b>			
Antal kvistar/meter flatsida:	4	-	-
Kvisturslag på kantsida:	Nej	-	-
Frisk kvist, % av bredd:	33	50	20
Rötkvist:	Nej	se frisk	se frisk
<b>Utseende</b>			
Förekomst av bark:	Nej	Nej	Nej
Toppbrott/vresved /tjurved	Nej	3/4 bredd	Nej
Blånad, % av virkesvolym:	0	5	5
Vädergrånad, % av virkesvolym	0	-	-
Insektsangrepp:	Nej	Nej	Nej
Mögel:	Nej	Nej	Nej
Fast röta % av volym	Nej	Nej	Nej

Trähusföretagens kravspecifikationer är i de flesta fall väl genomarbetade men tyvärr används dessa inte fullt ut i praktiken vid kommunikation med träleverantörerna. Egenskapsparametrarna och värdena i kravspecifikationen enligt Tabell 5, utgör några exempel på parametrar med angivna gränsvärden. För det virkesköpande företaget är det avgörande att det fortlöpande sker uppföljningar av inlevererat material. Det kan också bli nödvändigt att anpassa kraven på enskilda virkesegenskaper vid förändringar i konstruktionen, i produktionsprocessen eller ändrade krav från företagens slutkunder.



## 5 SLUTSATSER

En utveckling av trähusbranschen i riktning mot en mer kostnadseffektiv tillverkningsprocess är nödvändig. Detta måste klaras samtidigt som standarder, normer, miljökrav och föreskrifter om energieffektivitet uppfylls.

För framtidens trähusfabrik är det avgörande att det virke som skall användas har rätta egenskaper. De krav som ställs på virket i olika användningsområden måste specificeras och ansvarig för detta är virkesköparen. Ett virke som fullt ut uppfyller väl avvägda krav innebär sannolikt ett högre pris men även att produktionsprocessen blir mer effektiv. Detta betyder att även om virket kostar mer i inköp kan det i slutändan innebära en lägre totalkostnad.

En möjlig väg att kunna producera i fabrik till en lägre kostnad är att införa flexibla monteringsstationer där industrirobotar arbetar tillsammans med operatörer. Återkommande moment och sådant som är ”enkelt” att programmera kan utföras av robotar. Komplexa och/eller unika detaljer är förmodligen enklare och billigare att montera manuellt eftersom en automation av detta innebär ett omfattande arbete med framtagning av gripdon och programmering. De automationsoperationer som prioriteras måste vara återkommande, enkla, robusta och tänkta att jobba med korta cykeltider. Automationslösningar med låg komplexitet och korta cykeltider innebär enklare överblick och ger dessutom en lägre investeringskostnad. Tillförseln av insatsmaterial måste vara väl fungerande för att undvika letande efter material och kostsam materialhantering.

Beredning av träråvaran till färdiga ämnen innebär en kostnad. När beredningen görs i en ämnesfabrik finns möjlighet att optimera

nyttjandet av råvaran med avseende på volym och ekonomi. Virke med olika egenskaper anpassas till olika ämneskunders kravspecifikationer. Spillet vid beredning i trähusföretagen blir inte till någon annan användning än till energi och är därmed en förlustaffär. Ämnesfabriken bereder och levererar exakt det material som kunden har beställt och betalar för.

Virkespriset är idag inte högre än att trämaterialiet ibland betraktas som en produkt som går att hantera vårdslöst och slösa med. En träråvara som motsvarar virkesköparnas kravspecifikationer har av virkesleverantören fått ytterligare tillförda mervärden och bör därmed betinga ett högre pris. Hade priset på träråvaran varit mycket högre redan från skogsbruket skulle synen på materialet trä ha varit annorlunda. Ingen träbit hade så fall hamnat på något annat ställe än vad den var ämnad för när den tillverkades och id-märktes.

## 6 RÅD TILL BRANSCHEN

Avslutningsvis några råd till de trähusföretag som avser att vara framgångsrika tillverkare av framtidens trähus i fabrik:

- Ställ krav på virkesleverantörerna och virkesråvaran.
- Utvärdera systematiskt virkesleverantörerna, jämför prestanda mellan dem, och ge dem möjlighet att utvecklas till en komplett leverantör av färdiga ämnen.
- Utvärdera virkeskvaliteten tillsammans med den egna produktionsprocessen som helhet.
- Utveckla produktionsprocessen och träråvaran i syfte att producera bättre och billigare i framtidens trähusfabrik.
- Sätt målet att vara en modern tillverkningsindustri i likhet med de mest framgångsrika inom verkstadsbranschen.





## 7 FORTSATT ARBETE

Nedan följer ett antal frågeställningar som utkristalliserats, och som har väckts vid möten i olika sammanhang med företrädare för trähusbranschen. Dessa frågor återstår att besvara då det inte rymts inom ramen för det genomförda arbetet.

- Vad innebär kvalitetsbrister i den inlevererade träråvaran för trähusföretagen i form av produktionsbortfall och tappad effektivitet? Hur stora kostnader innebär det för trähus-företagen att träråvaran inte motsvarar de krav som finns?
- Påverkas den slutliga produktens egenskaper och kvalitet av skärpta krav på ingångsmaterialet? Innebär en förändrad och utvecklad produktionsteknik att den slutliga produktens egenskaper förbättras?
- Hur påverkar graden av ett företags kundanpassning möjligheterna att automatisera och effektivisera produktions-metoderna i trähusfabrikerna? Finns det en motsättning mellan automation och kundanpassning i trähusbranschen?
- Hur ska trähusföretagen följa upp inlevererad materialkvalitet i syfte att utveckla sin egen produktionsapparat men framför allt för att medverka till utvecklingen av virkesleverantörerna?
- Hur kan samsynen mellan aktörerna i kedjan från trävaruproducent till färdigt hus förbättras? Exempel på aktörer kan vara konststruktör/arkitekt, inköpare av träråvara, produktionsplanerare, operatör i trähusfabriken, trävarusäljare osv.
- Hur kan teknik och funktioner implementeras i konstruktionen för att skapa det robusta och fuktskadesäkra enfamiljshuset?



## 8 REFERENSER

- Andersson, L-E., Engström, D. & Widfeldt, M. (2007). Production lines for custom-ordered house manufacturing. In: *Proceedings of the 1st International Conference on the Transformation of the Industry – Open Building Manufacturing*. Sharp, M. (ed.). Rotterdam, The Netherlands.
- Andersson, R. (2009). Trä kliver fram och betong bak. *Tidskriften Betong* 4(1).
- Apleberger, L., Jonsson, R. & Åhman, P. (2007). *Byggandets industrialisering: nulägesbeskrivning*. Sveriges Byggindustrier, Rapport FoU-Väst 1402–7410.
- Aronsson, U. (2011). Framtiden ännu långt borta. *Nordisk Träteknik* 2011(1).
- Axelsson, K. (2010). Trähus i forskarfokus. *Smålandsposten*, 8 december. Tillgänglig: <<http://www.smp.se>> [2011-03-18].
- Bergman, L., Fransson, B. & Thörnqvist, T. (1997). *Rätt kvalitet och dimension hos byggnadsvirke*. Högskolan i Växjö, Matematik, naturvetenskap och teknik, Rapport nr 5.
- Björnfot, A. & Sardén, Y. (2009). Kalkyler på industriellt byggande i trä – industriellt vs platsbyggda trähus. I: *Affärsutveckling inom trämanufaktur och möbler – hur skapas effektivare värdekedjor?* Brege, S. (ed.). VINNOVA, Rapport VR 01, s. 71–91.
- Björnstedt, K. (2005). Framtidens ämnesfabrik idag. Forskare menar att teknik för effektiv ämnestillverkning redan finns. *Nordisk Träteknik* 2005(27).

- Blümer, H. & Ekdahl, I. (2001). *Framtidens gransågverk*. Träteck, Rapport P 0111022, Stockholm.
- Brege, S., Johansson, H-E. & Pihlqvist, B. (2004). *Trämanufaktur, det systembrytande innovationssystemet*. VINNOVA, Rapport VA 2004:02.
- Bucur, V. (2003). *Nondestructive characterization and imaging of wood*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York.
- Casselbrant, S., Kristensen, K., Müller, M., Raknes, E., Sipi, M. & Svensson, B.E.M. (2000). *Nordiskt kvalitetsspråk för träbranschen – barrträ*. Träteck publ. nr 9912058, Stockholm.
- Dahlquist, H. (2007). NCC lägger ner husfabriken i Hallstahammar. *Ny Teknik*, 22 november. Tillgänglig: <<http://www.nyteknik.se>> [2011-04-30].
- Dinwoodie, J.M. (2000). *Timber: Its nature and behaviour*. 2<sup>nd</sup> edition. E. & F.N. Spon, London and New York.
- Eliasson, L. (2005). *Automatisk egenskapsidentifiering av trä. Teknik och utrustning för automatisk sortering i en ämnesfabrik*. Institutionen för Teknik och Design, Växjö universitet, rapport nr 18.
- Eliasson, L. (2010). *Slutrapport DISK. Framtidens trähusfabrik*. Linnéuniversitetet, Växjö. Tillgänglig: <<http://lnu.se/framtidens-trahusfabrik>> [2011-03-08].
- Elowson, T. & Lundgren, M. (1980). *Ändamålsanpassad sortering av sågade och hyvlade trävaror*. STU-information 190, Styrelsen för teknisk utveckling, Stockholm.
- Esping, B., Salin, J-G. & Brander, P. (2005). *Fukt i trä för bygginindustrin: fukttegenskaper, krav, hantering och mätning*. SP, Sveriges provnings- och forskningsinstitut, SP INFO 2005:24. ISBN 978-91-976310-0-6.

- Gustafsson, Å. (2006). *Customers' logistics service requirements and logistics strategies in the Swedish sawmill industry*. PhD Thesis, Växjö University, Wood Design and Technology, Acta Wexionensia, No. 85.
- IVA (2010). Framtidens Trähusfabrik. Seminarium Industriellt byggande - en utmaning för den trämekaniska branschen, 15 november. Tillgänglig: <<http://www.iva.se/IVA-seminarier/Industriellt-byggande---en-utmaning-for-den-tramekaniska-branschen/>> [2011-03-08].
- Johansson, G., Kliger, R. & Perstorper, M. (1990). *Kvalitetskrav på byggnadsvirke*. Byggeforskningsrådet, Stockholm, Rapport nr 105.
- Johansson, G., Kliger, R. & Perstorper, M. (1993). *Inköpsregler för byggnadsvirke. Byggbranschens kvalitetskrav*. Byggeforskningsrådet, Stockholm, Rapport 20:1993.
- Johansson, G. (2000). The building industry's requirements on timber products. In: *Proceedings, Third Workshop on Measuring of Wood Properties, Grades and Qualities in the Conversion Chains and Global Wood Chain Optimisation*. Usenius, A. & Kari, P. (eds.). VTT Building Technology, Espoo, Finland.
- Johansson, M. (2002). *Moisture-induced distortion in Norway spruce timber-experiments and models*. PhD Thesis, Chalmers University, Department of Structural Engineering Steel and Timber Structures, Göteborg.
- Kyrkjeeide, P-A. & Thörnqvist, T. (1993). *Tryckved – En litteraturstudie med reflexioner*. Sveriges Lantbruksuniversitet, SIMS, Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier, Rapport nr 35.
- Lycken, A. (2000). *Sortering och produktmix inom trävaruindustrin – analys av sorterings-simuleringar*. Licentiatavhandling. KTH-Trä, Rapport TRITA-TRÄ R-00-45. ISSN 1104-2117.

- Lycken, A. (2006). *Appearance Grading of Sawn Timber*. PhD Thesis, Luleå University of Technology, Skellefteå, Division of Wood Science and Technology, No. 10.
- Lönner, G. (1985). *Integrationsmöjligheter i kedjan skog – såg – marknad*. Institutionen för virkeslära, Sveriges Lantbruks-universitet, Rapport nr 164.
- Nord, T. (2005). *Structure and developments in the solid wood chain. Dominant saw milling strategies and industrialized housing*. Licentiat Thesis, Luleå University of Technology, No. 57.
- Nord, T. (2008). *Prefabrication strategies in the timber housing industry. Case studies from Swedish and Austrian markets*. Luleå University of Technology, Report No. 2008:16.
- Näsström, J. (2011). Trähustillverkarna har potential inte bara problem. *Nordisk Träteknik* 2011(1).
- Palm, R. (1976). *Användning av trävaror i sju småhus*. Institutionen för skogsteknik, Skogshögskolan, Garpenberg, Rapporter och uppsatser nr 94.
- Pettersson, N., Fahlvik, N. & Karlsson, A. (2007) *Röjning*. Skogsskötselserien nr 6, Skogsstyrelsens Förlag. Tillgänglig: <<http://www.skogsstyrelsen.se>> [2011-04-30].
- Sandberg, D. (1998). *Value activation with vertical annual rings – material, production, products*. PhD Thesis, Report TRITA-TRÄ R-98-36. Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm.
- Schauerte, T. (2009). Önskat och upplevt kundvärde – är Limnologens slutanvändare nöjda? I: *Uppföljnings- och dokumentationsprojektet Limnologen. Översikt och delprojektrapporter i sammanfattning*. Serrano, E. (ed.). Växjö universitet, Institutionen för Teknik och Design, Rapport nr 47.

- Serrano, E., Blixt, J., Enquist, B., Källsner, B., Oscarsson, J. (ed.), Petersson, H. & Sterley, M. (2011). *Wet glued laminated beams using side boards of Norway spruce*. Linnaeus University, School of Engineering, Report No. 5.
- Sterley, M., Serrano, E. & Enquist, B. (2008). Fracture characterisation of green glued polyurethane adhesive bonds in Mode I. In: *Proceedings of Final Conference in COST Action E34 Bonding Timber; Enhancing bondline performance*. C. Csiha (ed.). Sopron, Hungary, May 6-7. pp 156–166.
- Säll, H. (2002). *Spiral Grain in Norway Spruce*. PhD Thesis, Växjö University, Wood Design and Technology, Acta Wexionensia, No. 22.
- Temnerud, E. (1997). *Formation and prediction of resin pockets in Picea abies (L.) karst.* PhD Thesis, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria, 26.
- Thörnqvist, T. (1990). *Ungdomsved i barrträd*. Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier, SIMS, Sveriges Lantbruksuniversitet, Rapport nr 10.
- Thörnqvist, T. (1993). *Properties of timber from Southern Sweden*. Södra paper nr 1, Södra Timber, Växjö.
- Timell, T.E. (1986). *Compression wood in gymnosperms*. Volume 2. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- TMF (2011). *Sammanställning av nybyggnadsstatistik 2010*. Trä och Möbelindustriförbundet, Stockholm.
- Uusijärvi, R. (2000). *Automatisk spårning av trä –koppling av egenskaper från träd till träprodukt*. Dr avhandling, KTH-Trä, Rapport TRITA-TRÄ R-00-43. ISSN 1104-2117.

- Uusijärvi, R. (2002). *Linking raw materials characteristics with Industrial Needs for Environmentally Sustainable and Efficient Transformation processes (LINESET)*. Final report QLRT-1999-01467, Stockholm.
- Vessby, J. (2011). *Analysis of shear walls for multi-storey timber buildings*. PhD Thesis, Linnaeus University Dissertations, No. 45.
- Åstrand, E. (1996). *Automatic inspection of sawn Wood*. PhD Thesis, Linköping University, Department of Electrical Engineering, No. 424.
- Øvrum, A. (2008). *Grade yield in sawn timber of Norway spruce (*Picea Abies* (L.) Karst.) – Modelling the effect of timber length, forest, tree and log variables*. PhD Thesis, Norwegian University of life sciences, No. 39.