

Sammanfattning

Detta examensarbete har utförts på uppdrag av Plusshus AB i Skellefteå. Arbetet innefattar framtagning av en ny tillverkningslinje för massivträblock. Det framlagda förslaget innehåller en bearbetningsmaskin, för uttag samt måttsättning av väggblock, en specialmaskin anpassad för ihopläggning av väggens komponenter och separat limapplicering samt två vakuumpressar.

Med information från olika maskin- och materialleverantörer, Plusshus AB och till viss del antagna värden utvärderades linjen. Utvärderingen genomfördes med hjälp av både en LCC- modell och en lönsamhetsanalys för att kunna ge bästa möjliga kostnadsbild och resultat över linjens livslängd.

Den föreslagna linjen har goda förutsättningar att bidra till en bra ekonomi i företaget då resultatet, med nuvärdesmetoden, blir 77 +/- 15 Mkr före skatt. Det goda resultatet är en följd av den relativt låga initialkostnaden och de låga löpande driftskostnaderna i förhållande till antalet meter vägg som produceras.

Abstract

This thesis has been carried out at the request of Plusshus AB, Skellefteå. It is about an investment in a new production line for glue laminated walls. The solution concept contains a machine that is processing the walls, a machine that is positioning the components and applies glue, and two vacuum presses.

With information from different suppliers, Plusshus AB and a few assumed values the line was evaluated. The analysis was implemented with a LCC model and a profitability calculation in order to give the best result over its lifetime.

The proposed line has good presumptions to conduce a good economy in the company when the result will get 77 +/- 15 Mkr. Especially because of the low initial cost and small operating costs duo to the amount of wall that could be produce.

Innehållsförteckning

1 Inledning	6
1.1 Problembakgrund	6
1.2 Syfte	6
1.3 Mål	7
1.4 Avgränsningar	7
2 Metod	8
2.1 Kvalitativ metod	8
2.2 Datainsamling	8
2.3 Sekundärdata	8
2.4 Primärdata	9
2.5 Intervju	9
2.6 Observationer	10
2.7 Urval	10
2.8 Arbetsmetod	10
2.9 Validitet	11
2.10 Reliabilitet	12
3 Teori	13
3.1 Produktbeskrivning av väggen i massivträ	13
3.2 Hållfasthetstester av massivträväggen	14
3.3 Materialet trä och dess egenskaper	14
3.4 Limfogsskiva	15
3.5 Bindning mellan lim och arbetsstycke	16
3.6 Härdning	18
3.7 Limterminologi vid limprocessen	19
3.8 Val av lim	19
3.9 Limformer	19
3.10 Kemiskt härdande konsthartslim	20
3.11 Limsorter	20
3.12 Melamin-Urea-Formaldehyd(MUF)	20
3.13 Emulsionspolymer Isocyanat(EPI)	20
3.14 Fenol-recorcinollim	21
3.15 Utformning av limfogen	21
3.16 Applicering av lim	21
3.17 Limningsfel	23
3.18 Hälsorisker i samband med limning	23
3.19 Hantering av limrester och andra restprodukter	24
3.20 Pressanordningar	24
3.21 Vakuumpressning	25
3.22 Hydrauliska pressar	25
3.23 HF-pressning	25
3.24 Faromoment vid HF-värmning	28
3.25 Uppvärmning av virke innan bearbetning	28

3.26 Klimatet.....	28
3.27 Träet.....	29
3.28 Övriga parametrar.....	29
3.29 Potentiella skador.....	29
3.30 Processen.....	30
3.31 Förvärmning.....	30
4 Investeringar	31
4.1 Investeringsarbete.....	31
4.2 Produktionsanalys.....	31
4.3 Driftsäkerhetsanalys.....	32
4.4 Produktionssimulering.....	32
4.5 Kostnadsanalys.....	32
4.6 Offertförfrågan.....	33
4.7 Offertvärdering.....	33
4.8 Diskussion.....	33
5 Layout	35
5.1 Systembeskrivning.....	35
5.2 Kravspecifikation.....	35
5.3 Utveckla och utvärdera förslag.....	36
5.4 Arbetsätt vid layout framtagning och dess resultat.....	36
5.5 Process.....	36
5.6 Problemundersökning.....	37
5.7 Undersökning av befintliga linjer.....	38
5.8 Framtagning av konstruktion.....	38
5.9 Layout över maskiner och övrig utrustning.....	38
6 Ingående material	40
7 Limval	42
8 Maskinbeskrivningar och utrustning.....	44
8.1 Monteringsstation av väggelement.....	44
8.2 Arbetsmoment vid monteringsstationen:.....	45
8.3 Utvärdering.....	45
8.4 Limutrustning.....	46
8.5 Utvärdering.....	47
8.6 Vakuumpress.....	48
8.7 Utvärdering.....	48
8.8 Förvärmning av virke.....	50
8.10 Bearbetningsstation.....	52
8.11 Utvärdering.....	52
8.12 Kompletterande utrustning till tillverkningslinjen.....	53
8.13 Personalbehov.....	57
8.14 Flödeslayout av material och arbetsmoment utmed linjen.....	60

8.15 Utvärdering av layouter	62
8.16 Informationsflöde.....	63
8.17 Materialbeställning	63
8.18 Linjens flaskhals	63
8.19 Kvalitetskontroll	64
8.20 Lager i lokalen	64
9 Ekonomiska analyser.....	66
9.1 LCC-analys	66
9.2 Investeringskostnad och driftskostnad.....	69
9.3 Livslängden.....	70
9.4 Kalkylräntan.....	70
9.5 Antal kvadratmeter producerad vägg.....	71
9.6 Variation av flera parametrar samtidigt.....	71
10 Lönsamhetsanalyser	73
10.1 Grunder för lönsamhetsberäkningar	73
10.2 Nuvärdesmetoden	74
10.3 Pay-back-metoden.....	75
10.4 Internräntemetoden	75
10.5 Resultat	76
11 Diskussion	77
12 Rekommendationer och idéer inför framtiden	79
13 Slutsats	80
14 Litteraturlista	81
14.1 Trycksaker.....	81
14.2 Internetkällor.....	82
14.3 Intervjuer.....	82
Bilaga A. Kravspecifikation	83
Bilaga B. LCC modell.....	87
Bilaga C. Studiebesök och inventering av befintlig utrustning	89
Bilaga D. Manual för kvalitetskontroller.....	92
Bilaga E. Produktblad för lim 1247 med härdare 2526	95

1 Inledning

Detta det inledande kapitlet ger en bakgrund till varför detta examensarbete har uppkommit, dess syfte, mål och avgränsningar.

1.1 Problembakgrund

Trä är ett material som starkt förknippas med byggnation av svenska hus och som har goda förutsättningar i det nordiska klimatet. Trots detta har trä inte använts för att bygga hus i mer än två våningar. Förklaringen är den lagstiftning, som förbjöd byggandet av trähus med mer än två våningar i slutet av 1800-talet efter en omfattande brand. Lagstiftningen gällde ända fram till mitten av 1990-talet och under denna tidsperiod har teknikutvecklingen inom detta område uteblivit medan andra material har kunnat utvecklas till industriella system för ett rationellt byggande (www.seatragroup.se). Efter att förbudet mot flervåningshusen i trä upphävdes har en snabb utveckling inom detta område ägt rum, vilket har resulterat i dagens moderna träbyggande i massivträ (www.traguident.se).

För tillfället finns det ingen annan byggteknik som kan konkurrera med den låga miljöbelastningen, vilket får allt större utrymme i dagens samhällsdebatter. Detsamma gäller kostnadseffektiviteten av den i hög grad färdigställande byggnationen i fabriken och de tekniska fördelar, som det torra och lätta materialet besitter (www.trabyggnadskansliet.se).

Trälyftet är ett koncept som utvecklats för industriellt byggande av flervåningshus med massiva trästommar. Setra Group AB är ägare till detta koncept och där ett flertal företag i Norr- och Västerbotten ingår i ett leverantörssamarbete, bland annat Plusshus AB i Skellefteå som bidragit med att tillverka helprefabricerade moduler (www.setrabyggprodukter.se).

Detta examensarbete har blivit aktuellt i samband med att projektet Trälyftet har kommit till den fas, då ett industriellt framtagande av väggen har blivit verklighet. Tidigare forskningsrapporter avseende massivträ återfinns för tillfället inom området som avser väggens funktioner eller den senare byggnationsfasen. Däremot har inte några rapporter gällande den specifika tillverkningsprocessen kunnat identifieras, utan varje enskild produktionslinje kräver unika lösningar anpassade för den enskilda produkten.

Tillverkningsprocessen av väggen präglas av ett antal moment, som måste sättas samman för att åstadkomma en effektiv produktionslinje. Tillverkningsprocessen innefattar limapplicering, utplacering av väggens olika komponenter samt sammanfogning av dem, där hänsyn måste tas till både limmets och träets egenskaper.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att ta fram ett förslag på en tillverkningslinje av en massivträvägg, bestående av limfogskivor samt brädor. De ingående delarna ska läggas samman i flera skikt utifrån en given konstruktion, där lim ska appliceras som den sammanfogande komponenten i ett homogent väggblock.

Dessutom ska ett förslag på lim tas fram, som kan ses som det mest lämpliga att använda till massivträväggen. Utifrån limval och limappliceringsmetod ska sedan beslut fattas när det gäller hur och i vilken ordning avsedda komponenter ska placeras på förutbestämda positioner. Vidare ska ett förslag presenteras på hur komponenterna med hjälp av tryck pressas samman dels för att justera komponenterna till exakta positioner dels för att samtliga komponenter ska vara i kontakt med varandra för att uppnå bästa limresultat.

1.3 Mål

Huvudmålet är att:

- Presentera en tillverkningslinje, teoretiskt färdig för drift, som motsvarar 110 meter homogen massivträvägg per dag, där väggkonstruktionen är given.

Delmålen är att:

- Välja ett lämpligt lim som motsvarar de funktioner och krav massivträväggen ställer.
- Välja en utrustning som är lämplig att nyttja för limappliceringen.
- Med utgångspunkt från funktioner och krav som ställts samt tidigare erfarenheter från maskinleverantörer utse den mest funktionella utrustning, som kan lägga de olika komponenterna på avsedda positioner.
- Utifrån informationssökning om olika utrustningar och dess påverkan på väggen välja den mest lämpliga maskin, som kan pressa väggens komponenter till rätta positioner.
- Med hänsyn till kravspecifikationen finna en maskin som kan utföra uttag i väggen för fönster, dörrar samt eldosor.

1.4 Avgränsningar

När det gäller att finna ett lämpligt lim kommer det att ske i samarbete med ett limföretag. Det innebär att endast en teoretisk bedömning, om vilket lim som är mest fördelaktigt att nyttja, kommer att göras.

Hänsyn kommer inte tas till hur materialet som ska monteras levereras fram till tillverkningslokalen. Inte heller kommer detta projekt innefatta ytterligare moment i tillverkningslinjen efter att väggblocket tillverkats.

Väggens befintliga konstruktion kommer att vara utgångspunkt för detta projekt. Men om maskinleverantörer har önskemål om justeringar av konstruktionen kommer beslut gällande detta fattas av berörda personer på Plusshus AB.

2 Metod

I detta kapitel redovisas de metoder som tillämpas, både vad det gäller datainsamling och tillvägagångssätt samt på vilka grunder de valts. Dessutom belyses arbetets validitet och reliabilitet.

2.1 Kvalitativ metod

Det är studiens problem och syfte som avgör om arbetet ska få en kvalitativ eller kvantitativ karaktär (Christensen, L et al. 2001, s. 68). En kvalitativ undersökning utgörs främst av ord, text samt handlingar, där meningen och innebörden av materialet fokuseras. Det primära i en kvalitativ studie är helhetsförståelsen och sammanhanget. Det ska generera i beskrivningar av verkligheten i form av text och modeller, vilket syftar till att upptäcka, lyfta fram samt belysa de samband som blivit synliga (Christensen et al, s. 67).

I detta examensarbete har en kvalitativ metod valts för att angripa problemet. Anledningen är att djupare kunna studera uppgiften och därmed få ta del av mer detaljerad information (Christensen et al, s. 71). En del av den kvalitativa metoden är de intervjuer och diskussioner som har förts med berörda personer omkring projektet.

2.2 Datainsamling

Datainsamling kan ske genom olika tillvägagångssätt, vilket kan leda till olika slag av information. Två kategorier som vanligtvis nämns är sekundärdata, information som redan finns tillgängligt, och primärdata, information som samlas in men tidigare inte varit disponibelt (Christensen et al, s. 69).

2.3 Sekundärdata

Sekundärdata är befintlig information som finns tillgänglig, vilken har sammanställts i ett annat syfte och sammanhang. Denna information är lämpligast att använda i samband med att grundläggande kunskap och förståelse för det som ska undersökas byggs upp (Christensen et al, s. 88). De främsta fördelarna förknippat med sekundärdata är den kostnads- och tidseffektivitet som uppnås samt det stora urvalet av källor (Christensen et al, s. 101).

Sekundärdata har använts i litteraturstudien för att få goda kunskaper om aktuella ämnen samt för att lära från tidigare personer som angripit liknande problemområden. Litteratursökningar har genomförts på universitetsbiblioteket, Campus Skellefteå, samt vid Trätek's litteratursamling i Skellefteå. Utöver det har nationalencyklopedin och sökmotorn Google nyttjats. Aktuella ämnen har bland annat varit *trä*, *trälim*, *massivträ*, *högfrekventström* samt *limustrutning*, vilka även använts som sökord.

Samtliga litterära källor som nyttjats i detta examensarbete kan ses som tillförlitliga, dels för att litteraturen är en vanligt förekommande primärkälla i många andra arbeten och rapporter, dels för att rapporterna är skrivna av personer på Sveriges tekniska forskningsinstitut inom träteknik.

2.4 Primärdata

I de fall information inte redan finns tillgängligt eller inte är tillräckligt anpassad för det specifika problemet kan det vara nödvändigt att samla in ny information, så kallad primärdata. Data samlas in av författaren själv genom olika insamlingstekniker. I detta examensarbete har intervjuer samt egna observationer gjorts. De största fördelarna med insamling av primärdata är att informationen, anpassad till det specifika problemet, är aktuell samt att det är möjligt att strukturera insamlingen (Christensen et al, ss. 102-105).

2.5 Intervju

En intervju är en datainsamlingsteknik som fungerar som ett strukturerat samtal med en eller flera personer. Det har tillämpats med berörda personer på Plusshus, lim- och maskinleverantörer samt med personal vid studiebesöken. Den personliga intervjun innebär att intervjuaren styr och leder samtalet. Vidare har intervjuerna varit semistrukturerade (Christensen et al, s. 164-165), dvs. en intervjuguide har utformats med ämnen och frågor som tagits upp. Anledningen till valet av denna insamlingsteknik är att den personliga kontakten förhoppningsvis ska öka respondenternas vilja att bidra med innehållsrik information. Många av frågorna är dessutom av en sådan karaktär att följdfrågor varit nödvändigt för att förtydliga svaren. Det är viktigt att förbereda både sig själv och i den mån det är möjligt även respondenten innan intervjun, för att höja både reliabiliteten samt validiteten (Christensen et al, ss. 167-169). Respondenterna i detta fall har getts möjlighet att reflektera över frågorna genom att ta del av dem i förväg.

Eftersom en intervju sker mellan två eller flera människor med olika uppfattningar och erfarenheter, finns det en risk att intervjun påverkas på ett eller annat sätt. Även om det vid en första anblick inte kan tyckas så eller att avsikten funnits. Intervjuer och samtal med berörda personer på Plusshus kan till en viss del ha påverkats på ett eller annat sätt, till exempel genom att de har haft olika lång tid att sätta sig in i hur en tillverkningsprocess skulle kunna se ut. Utifrån detta har de skapat sig en egen uppfattning om hur tillverkningen bör gå till och undermedvetet i olika diskussioner påverkat rekommendationer vid olika frågeställningar. I detta fall behöver det dock inte vara till en nackdel eftersom rekommendationerna har granskats objektivt och en egen uppfattning därefter tagits fram.

Intervjuer och samtal med maskinleverantörerna har gett god respons. De mindre företagen som nyttjats, vilka varit specialiserade på respektive område, har arbetat fram ett bästa förslag utifrån deras synvinkel och förutsättningar som getts. I detta fall har intervjun snarare varit ett samtal, där ett första utkast till förslag tagits fram och därefter förfinats av leverantören. I dessa samtal har både information införskaffats men framför allt ett kritiskt granskande kunna genomföras av lösningen genom motfrågor. I och med valet av mindre och ibland lokala företag har intervjuerna kunnat genomföras med fysiska möten och därmed skapat en bättre dialog än via andra kommunikationsmedel. Vidare, i de fall då personal från Plusshus deltagit i samtalen, har en större tyngd och genomslagskraft lagts i diskussionerna i och med den erfarenhet som tillförts vid ett upphandlingsförfarande. Det har framför allt resulterat i en höjd kvalitet på samtalen, förmodligen i och med leverantörernas insikt till att en affär sannolikt kommer att genomföras.

Ett annat verktyg som nyttjats för att få fram intervjuunderlag i form av information är att regelbundet påminna och efterfråga fakta. En metod som ger resultat men säkerligen inte den optimala informationen. Att kontinuerligt efterfråga information behöver nödvändigtvis inte betyda att leverantören saknar intresse för att bistå med information men det kan heller inte uteslutas. Det kan därför, anser jag, vara svårt att känna av när information inte fullt ut är tillförlitlig.

2.6 Observationer

Observationer är inte beroende av vad människor säger utan hur de handlar. De kan användas på egen hand men nyttjas med fördel som ett komplement till intervjuer. Här igenom är det tänkbart att dokumentera saker som sker samtidigt som det är möjligt att fråga, för att förstå beteenden och skeenden bättre (Christensen et al, s. 193). Det finns olika typer av observationer, vilka kan delas in i öppna eller dolda samt systematiska eller osystematiska (Christensen et al, ss. 195-196). Observationsstudien vid Martinssons Trä kan kategoriseras som öppen och systematisk. Eftersom det inte funnit något intresse att dölja avsikten med besöket samt genom att det upprättades en manual med frågor innan.

2.7 Urval

I samband med primärdatainsamlingen är man tvungen att göra ett urval av den potentiella målpopulationen. Det finns två olika huvudgrenar utifrån vilka urval kan göras, dels sannolikhetsurval då varje respondent väljs slumpmässigt och dels icke-sannolikhetsurval då respondenterna väljs ut på andra grunder (Christensen et al, s. 109). Det finns goda skäl att använda sig av ett icke-sannolikhetsurval, vilket respondenterna i detta examensarbete är utvalda efter, då till exempel en kvalitativ undersökning genomförs. Anledningen är att erhålla respondenter med god kunskap och insikt (Christensen et al, s. 129).

Casco Nobel, Stenlund maskiner AB och Special Maskiner AB kan ses som strategiska val under arbetet när det gäller informationsinsamling. Anledningen till att dessa företag valts är Plusshus rekommendationer, då ett förtroende finns från tidigare samarbete. Vidare finns det en lokal förankring som möjliggör nära kontakt.

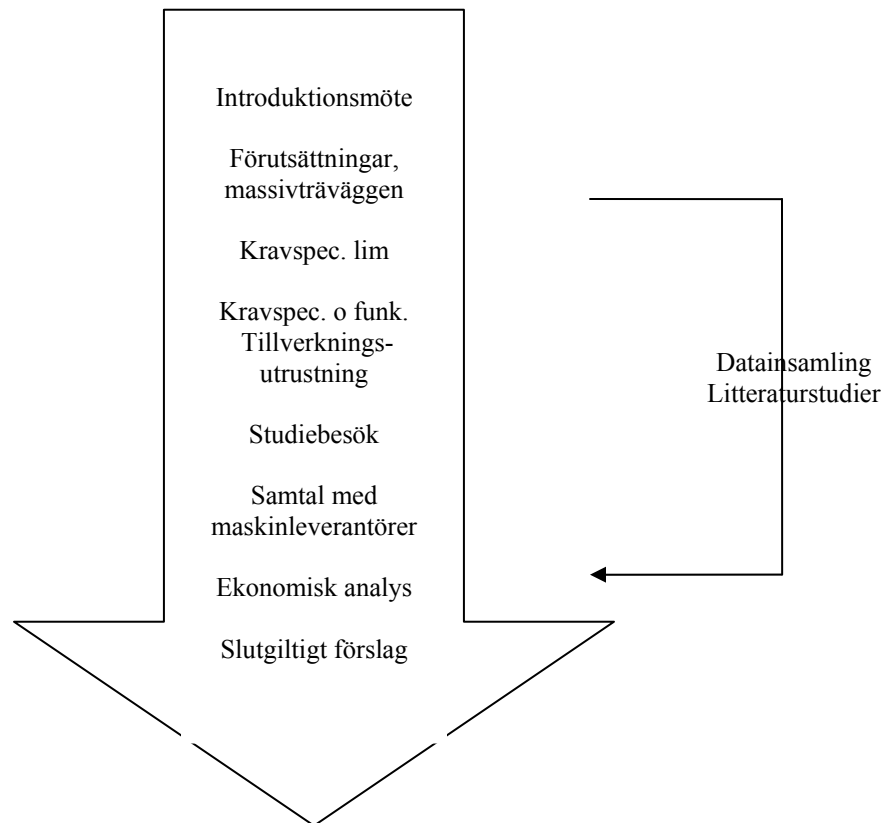
Besöket hos Martinssons trä kan ses som ett bekvämlighetsurval (Christensen et al, s. 132). Företaget finns relativt nära studieorten och de har erfarenhet från uppförandet av en liknande tillverkningslinje. Dessutom finns det ett affärssamarbete mellan Plusshus och Martinssons, vilket underlättar möjligheten att få relevant information.

2.8 Arbetsmetod

Examensarbetet inleddes med ett introduktionsmöte med berörda parter från Plusshus och Luleå tekniska universitet, institutionen i Skellefteå, för att strukturera upp arbetets omfattning samt innebörd. Därefter påbörjades litteraturstudier och insamling av information, vilket fortgick kontinuerligt under hela arbetet. Det arbets sätt som huvudsakligen har följts beskrivs i fig. 1.

Arbetet har bestått av ett flertal moment, där information från en källa gett möjlighet att påbörja nästa moment. Inledningsvis införskaffades information och givna förutsättningar

om massivträväggen. Därefter togs en kravspecifikation fram över det lim som behövs för väggen och samtal med limleverantör inleddes. Efter detta moment utarbetades en funktionsanalys och kravspecifikation över tillverkningsutrustningen. Därefter genomfördes studiebesök för att närmare förstå tillverkningsprocessen utifrån ett mer praktiskt perspektiv. Vidare togs kontakt med maskinleverantörer med vilka idéer och tankar utbyttes. Utifrån maskinleverantörernas rekommendationer avseende maskiner och utrustning kunde därefter en LCC- och lönsamhetsanalys upprättas, innan ett slutgiltigt förslag kunde redovisas.



Figur 1. Arbetsgång vid examensarbetet.

2.9 Validitet

Validitet kan definieras som ett instruments förmåga att mäta det som avses mäta. Det handlar således både om trovärdighet, dvs. hur väl undersökningens resultat överensstämmer med verkligheten och graden av generaliserbarhet. Trovärdigheten bestäms framför allt av hur den systematiska informationen har samlats in och analyserats samt redovisningens öppenhet. Det är möjligt att uppnå en god validitet genom att använda flera olika källor samt insamlingsmetoder, triangulering. Dessutom bör informationen ha samlats in i den grad att en teoretisk mättnad uppnås (Christensen et al, s. 309). För att åstadkomma en hög validitet, i detta examensarbete, användes flera olika respondenter vid insamlandet av information och olika metoder, såsom intervju och observation. Därtill nyttjades multipla källor vid insamling av teorier.

Validiteten i arbetet skulle kunna stärkas ytterligare då en analys mellan flera olika maskiner skulle kunna ha genomförts på vardera moment utmed linjen. Tyvärr har flera

maskinleverantörer, till vilka förfrågningar getts, valt att tacka nej då deras maskinutbud inte klarar uppfylla ställda krav.

2.10 Reliabilitet

Reliabilitet handlar om i vilken utsträckning undersökningsresultatet kan återupprepas om studien läggs upp på ett likartat sätt. En hög reliabilitet är dock svår att uppnå på grund av interaktion med andra människor samt för att den kvalitativa analytikern och mätinstrumentet kan ses som samma sak (Christensen et al, s. 308). Examensarbetet bygger delvis på egna observationer, tolkningar samt analyser. För att öka reliabilitet har försök till tydliga beskrivningar redovisats gällande arbetets genomförande, valda tillvägagångssätt och beslut.

3 Teori

I det teoretiska kapitlet behandlas först väggens konstruktion och ingående komponenter och därefter följer avsnitt om lim och dess reaktioner vid användning. Vidare behandlas olika applicerings- och pressutrustningar.

3.1 Produktbeskrivning av väggen i massivträ

Byggsystemet som använts inom Trälyftet består av en bärande stomme av massivträ, med limfogsskivor och brädor av furu och gran, vilka är spärrlimmade. Det har resulterat i en enkel konstruktion med stor bärförmåga och en hög energieffektivitet.

På utsidan om väggen kommer värmeisolering att fästas medan insidan kommer att behandlas med ett öppet färgsystem, som gör det möjligt för träytan att samverka med den omgivande luftfuktigheten (Adolfi, 2005, s. 62). Genomförda inomhusmätningar under ett år i Vetenskapsstadens hus visar på att den relativa luftfuktigheten ligger mellan 10 och 60 procent (Adolfi, s. 33). Vidare uppskattas att väggens limfogsskiva mot isoleringen kan utsättas för en lägsta temperatur på 15°C medan skivan, exponerad mot boendetrymmet, kan utsättas för en högsta temperatur på 30°C. När väggarna blivit hopsatta till moduler kan de innan leverans och montering, under uppskattningsvis en vecka, utsättas för ett temperaturintervall på -30°C till 30°C. Förvaringen av modulerna kommer att äga rum skyddat från nederbörd.

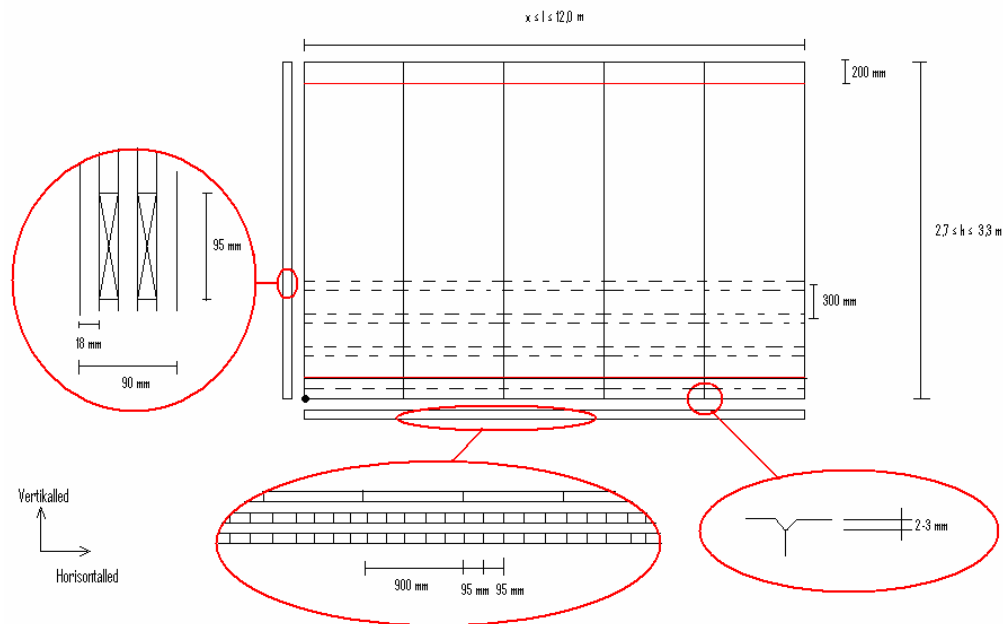


Fig 2. Figuren visar massivträväggens olika komponenter och dess måttsättning.

Massivträväggen är uppbyggd av fem stycken skikt med en tjocklek på vardera 18 mm. Tre av skikten, med fiberriktningen i vertikalled, kommer att bestå av limfogsskivor närmast boaren och de andra två av brädor. De två lager som kommer att skilja de tre vertikala lagren åt är glest placerade brädor, c/c 300 mm av dimensionen 18 x 95 mm, vilka är horisontellt placerade. Limfogsskivornas ytor kommer att vara hyvlade medan brädorna kommer ha en sida finsågad och den motstående ytan är hyvlad (Adolfi, s. 63).

Virket som kommer att användas i väggen torkas ned till en fuktkvot på cirka 10 procent, (Adolfi, s. 56), för att sedan efter montaget eventuellt kunna sjunka några procent ytterligare till 6-10% (www.traguiden.se). Konstruktionen ska, genom de horisontella och spärrlimmade brädorna, minimera eventuella rörelser i väggens tvärlid. Dessa kan vara orsakade av fuktförändringar i träet. Därtill är tanken att de slutna luftfickorna som skapas mellan limfogskikten, kommer att bidra till en god isolering. Huvuddelen av ledningarna i och mellan lägenheterna kommer att vara förlagda till volymelementens tak. En del av elledningarna kommer att placeras i skikten parallellt med de horisontella brädorna (Adolfi, ss. 63-64).

Väggens ingående träkomponenter, limfogskivor och brädor är beräknade att tidigast monteras två till tre veckor efter att de tillverkats. Temperaturen i arbetslokalen, avsedd för limning, är uppskattningsvis 18-20 °C under hela året.

Utrustningen, som ska nyttjas för tillverkning av den homogena massivträväggen, behöver klara en vikt på 35 kg/m² (www.skogsindustrierna.org). Längdmåttet hos ett färdigt väggblock kommer att kunna skifta väsentligt från vägg till vägg men maximalt uppgå till 12 meter. Däremot kommer väggens höjdmått enbart att variera mellan intervallet 2,7-3,3 m. Justeringar av måtten kommer endast att vara nödvändiga i samband med objektsbyte, vilket uppskattningsvis kommer att ske var tredje till femte vecka. Måttoggrannhetskravet på väggelementet och dess komponenter är hög. Vid tillverkningen är det av största vikt att den sida som kommer att bli synlig vid montaget inte utsätts för några defekter, såsom synligt lim, tryckmärken eller repor. Väggarnas övre och undre kant, 20 cm, kommer vid montering inte bli synliga och får därför utsättas för eventuella påfrestningar som kan åstadkomma synliga märken.

3.2 Hållfasthetstester av massivträväggen

SP Träteknik har utifrån en förfrågan från Plusshus fastställt elasticitetsmodulen och brotthållfastheten på massivträelementet i fem skikt. Tillverkningen av elementet utfördes i en vakuumpress hos Flybo AB med limmet, Lupranat VP 9277, levererad av företaget Elastogran Nordic AB. Resultatet av testerna visade att väggen uppfyller samtliga konstruktionstekniska krav.

3.3 Materialet trä och dess egenskaper

Trä består av rörformiga fibrer, som till största del är orienterade i trädets längdriktning. Cellerna är sammanfogade med en mittlamell av högt legninnehåll, för övrigt består fibrerna i hög grad av cellulosa. I och med uppbyggnaden av rörformiga fibrer innebär det att trä dels är ett poröst material, dels ett material med olika egenskaper i skilda riktningar, dvs. anisotropt. De riktningberoende egenskaperna kan förklaras genom de olika primär- och sekundärbindningarna mellan trädets uppbyggande komponenter. Drag- och hållfasthet är i och med primärbindningarna i fiberriktningen väsentligt större (Raknes, 1986, s. 24).

Materialet trä har även egenskapen att vara hygroskopiskt, vilket innebär att det påverkas av luftens fukttäthet. Fukten i träet påverkar de mekaniska egenskaperna i hög grad. En ökning av fuktkvoten innebär således att både hållfastheten och styvheten minskar. Upp

till fibermättnadspunkten, vid en fuktkvot av 25-30 procent, är vattnet bundet i cellernas väggar. Det medför att torkning eller uppfuktning under detta intervall leder till krympning eller svällning men över denna nivå förändras inte materialets volym. Fuktrörelserna gör sig främst gällande längs med och vinkelrätt mot årsringarna där rörelsen är proportionell mot förändringen av fuktkvoten. I trädets längdriktning är fuktrörelserna vanligtvis obetydliga.

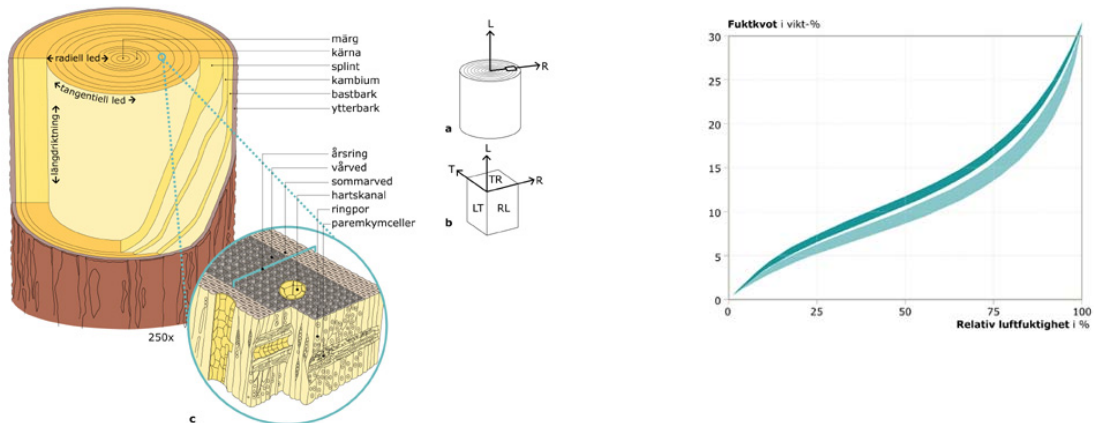


Fig 3. Den vänstra bilden visar träs uppbyggnad medan den högra bilden åskådliggör förhållandet mellan träs och luftens relativa fuktkvot.

Trä har en relativt hög specifik värmekapacitet, 1500-1700 J/(kgK), och värmeledningsförmågan ökar ungefär linjärt med ökad fuktkvot och densitet. Träets värmeutvidgningskoefficient är förhållandevis liten. Vid temperaturer över 0°C har den ringa betydelsen, därför att förändringen i fuktkvot är helt dominerande (www.traguiden.se).

3.4 Limfogsskiva

En limfogsskiva består av en mängd trästavar, även kallade lameller, som limmats samman kant i kant till en massiv skiva. Skivans tekniska egenskaper liknar i stor utsträckning massivträ, vilket innebär att det är ett levande material med varierande egenskaper. I limfogsskivan har dock träets egenskaper och variationer av dessa till viss del utjämnats. Det innebär att skivan erbjuder en större formstabilitet och flexibilitet i dimensioner än vanligt trä och kan därför nyttjas till ett stort område i inomhusmiljöer.

I de fall materialet i skivan inte har en fullgod kvalitet, kan det i stor utsträckning påverka slutprodukten. Om råvaran är av mindre bra kvalitet eller en ofullständig torkning genomförts och som inte anpassats till användningsmiljön, kan det innebära att Limfogsskivan sväller respektive krymper. Det kan i sin tur orsaka dimensionsförändringar, kupning eller sprickbildning (www.tmf.se).



Bild 1. Limfog

3.5 Bindning mellan lim och arbetsstycke

Limning avser en sammanbindning av två fasta kroppar, där limmet fyller ut mellanrummet mellan dessa och möjliggör överföring av krafter (Raknes, s. 7). För att en limfog ska kunna skapas, måste limmet bindas till de två trästyckena genom att attraktionskrafter, *adhesion*, uppstår mellan molekylerna i limmet och trästycket. För att det ska uppstå bindning krävs det att limmet någon gång under limningsprocessen är i vätskefas. I det skedet kan limmets molekyler orientera sig i förhållande till trämolekylerna. Det krävs dock att limmets molekyler kan övervinna ytspänningen, *kohesionen*, och att en attraktion till träytan kan uppstå. Detta brukar benämnas *vätning*. En förutsättning för att vätningen ska kunna ske är att avståndet mellan molekylerna inte överstiger fem ångström (Raknes, s. 13).

I dagens läge vet man inte helt säkert orsakerna till varför limmet ger vidhäftning. En teori är mekanisk adhesion, vilket innebär att limmet förankras i materialets håligheter. Den senast framlagda teorin, termodynamisk adsorptionsteori, utgår ifrån en ytspänningsskala. Träslagen furu och gran har en kritisk ytspänning på omkring 45 Nm/m, vilket motsvarar den högsta ytspänningen en vätska kan ha om den ska väta trästycket utan yttre krafter (Karlsson, 1994, s.13).

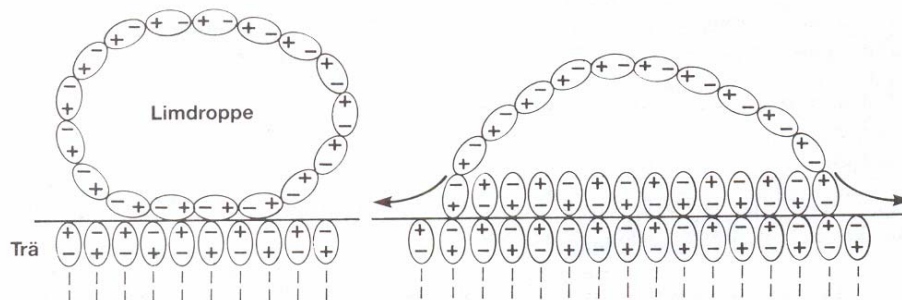


Fig 4. Till vänster är en limdroppa med ythinna. Om limdroppens molekyler attraheras tillräckligt av träts molekyler, kommer den att väta träytan och flyta ut såsom den högra bilden.

När limmet väl har vätt den avsedda träytan, förblir det gärna där. Det beror på att limmets ytegenskaper ändrats samt på att limmets molekyler har det svårare att bryta sig loss från ett fast ämne. Det medför att limmet kan vara något mer polärt i förhållande till trästycket. Limmet fordrar då hjälp med vätningen men genererar i stället i en starkare limfog (Raknes, s. 14-15). Ytans polaritet kan dock minska i styrka ju längre träet får ligga efter bearbetning. Det får konsekvensen att ytan får det svårare att väta med ett polärt lim och att det således är fördelaktigt med så nybearbetade ytor som möjligt. Limträstillverkning är till exempel styrd av regler, som föreskriver att hyvlingen tidigast får ske 24 timmar före limningen (Raknes, s. 109).

För att åstadkomma ett bra slutresultat måste limmet kunna tränga in, så att det kommer i kontakt med oskadat material. Det beror på att en tidigare bearbetning av trästyckets yta sällan är felfri. Hållfastheten blir därför inte större än de ytor man limmar emot, oavsett valet av lim. Men tränger limmet in för långt, finns det dock en risk att fogen blir för

tunn. En träyta som har fått sin vätbarhet nedsatt efter till exempel högtemperaturtorkning, får tillbaka sin limbarhet efter kontakt med limmet. Vid varmlimning bedöms återhämtningen av limbarheten och förmågan att leda bort vatten gå så fort att inga speciella åtgärder blir nödvändiga att vidta. Det är även viktigt att trästycket är fritt från damm och fett men om hänsyn tas till komponenternas tillverknings- och levereranssätt kan man till viss del undvika att bekymra sig om rengöring. Ett högst radikalt sätt kan vara att ta bort en del av materialet för att få en känd yta, genom att till exempel putsa lätt på ytan med sandpapper (Raknes, ss. 15-16). Material som lagras kallt innan användning kan i vissa fall få ett kondenserande vattenskikt på ytan, när det tas in i arbetslokalen. I regel bör materialet därför få stå inomhus tills det upptagit limningslokalens arbetstemperatur (Casco Nobel, 1991, s. 76).

Sågade ytor kan vara lämpliga för limning. En förutsättning är dock att snittet är fint och rent. Hyvlade ytor med skarpa verktyg ger ytor, vilka kan betraktas som lämpliga att limma. Vid stora krav på limresultatet, bör dubbelspridning samt ett högt presstryck användas. Att försöka förbättra en hyvlad yta genom putsning, kan ses som missvisande då fler lösa fibrer kan uppstå.

Vid försök avseende lagringstiden har det visat sig att hyvlad gran uppvisar en linjär minskning av vätbarheten under fyra till sex dagar, varpå effekten planade ut. För sågade ytor däremot, initierades en nedgång av vätbarheten först efter fyra dagar. Limningsdata indikerar dock att vätbarheten inte behöver begränsa fogens kvalitet och sambandet mellan vätbarhet och limbarhet uppvisar inte ett givet samband (Gerglind, ss.16-18).

Virkets fuktkvot är en viktig faktor vid tillverkning av hållbara limfogar. Den bäst lämpade fuktkvoten ligger inom intervallet 8-18 procent men varierar beroende på limtyp. Fuktkvotsskillnaden mellan två komponenter, som ska limmas samman, bör inte överstiga fem till sju procent och i regel ska man sträva efter att utföra limningsoperationen, då virket har en fuktkvot som kan jämföras med vad slutprodukten kommer att utsättas för (Esping, s.16).

De vanligaste limtyperna fäster normalt på trä med en fuktkvot mellan 5 och 15 procent. En för torr yta kan innebära en sämre vätning av träet medan en för fuktig yta kan leda till att vatteninnehållande lim torkar ut för sakta. Det finns dessutom en risk att limmet sugts upp för kraftigt, så att fogen blir mager (Raknes, ss. 67-68).

Rapporten om ytbehandlingens betydelse för limningsresultatet belyser hur olika bearbetningsmetoder påverkar prestandan på limmade träförband. Där påvisas att slipning, i detta fall grovt, i högre grad ger upphov till krosskador under ytan och en mer uppriven yta än vid hyvling. Tester visar dock på att finare kornstorlekar orsakar skador i mindre utsträckning (Gerglind, 2001, ss.11-13). Slipdamm kan dock försluta mörkstrålarna och förhindra vätskeinträngning till mörkstrålarna (Gerglind, s.27). Försök har påvisat att efter slipning är endast celler intill limfogen genomträngda av lim och mörkstrålarna visade endast en liten förmåga till liminträngning. Vidare påpekas att då kraftig krossning av träets celler uppstått, fanns det ingen möjlighet för limmet att tränga igenom detta (Gerglind, s.19).

3.6 Härdning

När det uppstått adhesion, d.v.s. bindning, mellan trä- och limmolekylerna krävs det att limmet övergår från vätskefas till fast form, för att bli ett hållbart förband. Denna övergång brukar benämnas härdning, vilket gör fogen duglig till att motstå yttre påkänningar.

Om limmet är finfördelat i ett lösningsmedel kan det antingen benämnas löst eller dispergerande beroende av storleken på partiklarna. En lösning består av små enskilda molekyler medan en dispersion består av sammanslagna molekyler, partiklar, svävande i vätskan.

Härdning till ett fast ämne, utifrån något av dessa tillstånd, kan ske på flera olika sätt. Ett alternativ när det gäller härdningen är en ren fysikalisk process, vilket innebär att lösningsmedel och emulgeringsmedel s.k. stabiliseringsmedel, avgår från fogen. I detta fall kommer molekylerna att bindas samman via sekundära bindningar. Det andra alternativet är en ren kemisk process. Då deltar limmets samtliga beståndsdelar i reaktionen och primärbindningar binder samman molekylerna. Molekylerna förenas därefter till kedjor för att sedan skapa nätverk. När nätverken fogas samman via tvärbindingar bildas vanligtvis vatten som avspaltas. Det tredje alternativet, vilket är det vanligaste gällande trälim, är en kombination av en fysikalisk och en kemisk process. I detta fall sker en reaktion samtidigt som lösningsmedel avgår från fogen.

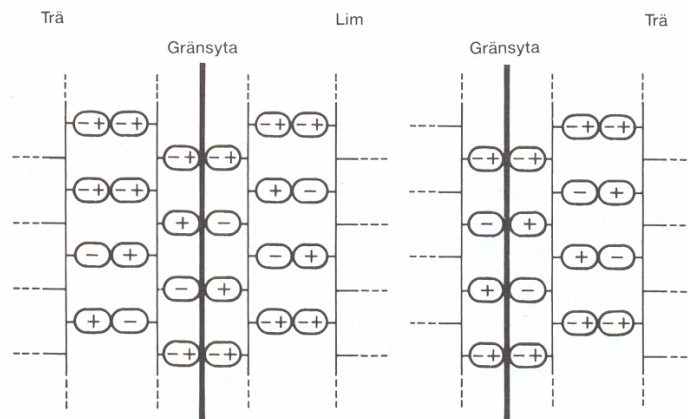


Fig 5. Limfog

Bindningarna mellan molekylerna har stor inverkan på hållfastheten och beständigheten i det härdade limmet. Kemiskt härdande lim med primärbindningar är mycket starka och har hög mekanisk hållfasthet. Dessa fogar tål i hög grad värme och lösningsmedel utan att lösas upp samt belastning under en lång tid. Härdningen ger upphov till en hård och oftast spröd fog (Raknes, ss. 17-18). Ett fysikaliskt härdande lim, även kallade termoplastiskt lim, består av sekundärbindningar och har egenskaper motsatta ett kemiskt härdande. Ur applicerings- och miljösynpunkt har de många fördelar men är ur hållfasthetssynpunkt och temperaturbeständighet i många fall otillräckliga (Karlsson,

s.39). Denna typ av lim kan vid en långvarig belastning resultera i att fogen kryper. Krypning behöver dock inte enbart vara en nackdel utan det kan i viss mån förhindra att höga spänningar uppkommer av till exempel träets egen volymförändring (Raknes, s. 19).

3.7 Limterminologi vid limprocessen

Limningstid innefattar perioden från det att limmet påförts arbetsstycket tills ett *fullt presstryck* uppnåts. Denna tid brukar vara uppdelade i två moment, dels den *öppna limningstiden*, vilket innerfattar tiden från limpåföring till *hopläggning* av arbetsstycket, dels den *slutna limningstiden*, vilket innerfattar tiden fram till fullt presstryck är uppnått.

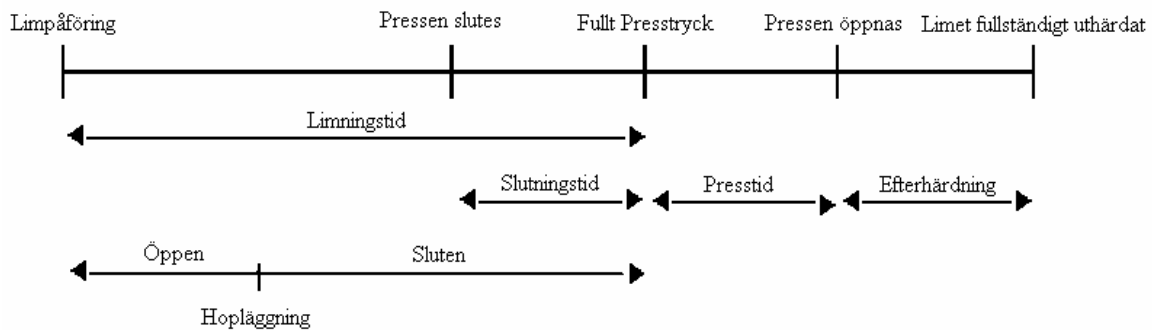


Fig 6. Limterminologi

Slutningstiden är den period som äger rum från det att arbetsstycken lagts in i pressen tills fullt presstryck åstadkommit. Den tid som arbetsstyckena ligger i press under limningen brukar benämnas *presstid*. Denna tid innerfattar både uppvärmning samt härdning. En full uthärdning uppnås vanligtvis inte här, utan fogen uppnår enbart hanteringshållfastighet (Raknes, 1986, s. 23).

3.8 Val av lim

Valet av lim beror främst på användningsområdet. Först och främst gäller det att välja ett lim som tål de påfrestningar det kommer att utsättas för, både vad det gäller krafter och den omgivande miljön. Utöver beständigheten spelar även priset och användningsegenskaperna en väsentlig roll, för att kunna skapa en effektiv produktionsanläggning (Raknes, ss. 65-66).

3.9 Limformer

Lim kan förekomma i en mängd olika former, allt från fast till flytande form. Ett fast lim är ur appliceringssynpunkt bättre gentemot ett lim i flytande form. Det är möjligt att få en jämn och kontrollerbar fog samt att ingen blandning eller dosering behöver ske. Svårigheten med fasta lim är att applicera dem på arbetsstycket med automatisk utrustning.

De flytande limmen kan delas in i tunn- och trögflytande. Reologin, läran om flytningsprocesserna i vätskeformade system, är en faktor som har stor inverkan på både lagrings-, påförings- och till viss del även limmets vidhäftningsegenskaper. Vidare är viskositeten ett viktigt begrepp inom reologin, dvs. måttet som anger hur lätt- eller trögflytande en vätska är. Måttet är beroende av både skjuvkraften vid omrörning och av

temperaturen. Vätskor kan i princip delas in i tre faser, varav det vanligaste för lim är pseudoplastiska. Detta beteende kan göra att limmet vid omröring blir mindre visköst och lättare applicerbart, för att därefter genom den tidsberoende effekten återgå till den ursprungliga viskositeten (Karlsson, ss.46-49).

3.10 Kemiskt härdande konsthartslim

Konsthartslim är ett syntetiskt lim, som framställs genom att molekyler kopplas samman till större enheter. Man kan antingen få, beroende på hur långt sammankopplingen sker, härdandelim, reaktionslim, eller termoplastiska lim där bindningen är en fysikalisk process. Vid framställningen av härdande lim avbryts reaktionen vid ett visst skede, för att återigen upptas vid själva limningen. Reaktionen initieras igen genom en tillsats av härdare, uppvärmning eller eventuellt en kombination av dem.

Härdaren kan antingen bestå av en katalysator, som sätter igång härdningen utan att själv förbrukas eller av en reaktionskomponent som deltar och förbrukas. De kommersiella härdarna har dessutom vissa tillsatser, för att förbättra limmets egenskaper såsom hållfastheten, fuktbeständighet mm.

Till limmen tillsätts även fyllnadsmedel och utdrysningssmedel. Fyllnadsmedlen används för att förbättra limmets konsistens och för dess fogfyllande egenskaper för att undvika sprickor i fogen vid tjockare lager. Mängden fyllnadsmedel är i regel 10-15 procent och kan bestå av gips, krita m.fl. Utdrysningssmedel tillsätts i en större mängd, främst för att sänka limmets pris. De vanligaste tillsatserna är vete- eller rågmjöl men en hög andel kan dock medföra en negativ inverkan på beständigheten mot vatten och mikroorganismer (Raknes, ss. 36-37).

3. 11 Limsorter

Nedan ges en sammanställning över olika limtyper lämpande för konstruktionslimning. I huvudsak belyses dess för- och nackdelar vad det gäller produktionstekniska aspekter samt kostnadsläget men även en överskådlig bedömning av miljöfaktorer.

3.12 Melamin-Urea-Formaldehyd(MUF)

MUF-lim är ett karbamidlim med tillsats av melaminharts och framställs genom kondensering med bland annat formaldehyd. Limmets egenskaper bidrar till ett beständigt material mot fukt och värme. Limmet kan härda såväl kallt som varmt och är lämpligt att använda då ljusa och väderbeständiga fogar efterfrågas. Limmet används framför allt vid fingerskarvning med högfrequensuppvärmning och vid tillverkning av limträ. Limmet innehåller som tidigare nämnts formaldehyd (Raknes, s 44).

Formaldehyd är en gas, som kan förorsaka överkänslighetsreaktioner och betraktas som cancer framkallande (www.ne.se).

3.13 Emulsionspolymer Isocyanat(EPI)

EPI kan betraktas som ett universallim, när det gäller limning av trä. Limmet består av två komponenter. Den ena komponenten, limmet, består av en vattenemulgerad polymer och den andra komponenten, härdaren, består av isocyanat. En limfog av EPI har en god

hållfastighet med god beständighet mot värme och vatten och dessutom en relativt god förmåga att klara konstant last. Limfogarna har därtill en ljusare färg än fogar av resorcinollim. När det gäller miljöaspekten är polymerkomponenten ofarlig medan härdaren kan vara irriterande vid hudkontakt men är ej flyktig. Användningen av limmet har dock begränsats av priset, som uppskattningsvis är 3-8 gånger dyrare än till exempel karbamidlim. Det största användningsområdet har därför varit produkter, som inte får avspalta formaldehyd (Raknes, ss.52-53).

3.14 Fenol-recorcinollim

Detta lim är i grunden ett recorcinollim där delen recorcinol har ersatts av fenol, som är en billigare komponent. Härdaren består av en reaktionskomponent, en polymer av formaldehyd i fast form. Andelen formaldehyd är dock liten, då limmet annars skulle härda även vid låga temperaturer. Limförsök har visat att ett relativt högt presstryck bör kombineras med en kort öppen, följd av en längre sluten limningstid.

Limmet ger fogar som är mycket mörka, vilka kan betraktas som helt väder- och vattenbeständiga samt kokfasta. Vidare har limmet fogfyllande egenskaper och klarar en tjocklek på upp till en millimeter. Det viktigaste användningsområdet är bärande konstruktioner, där en stor fuktpåverkan förväntas (Raknes, ss. 48-49).

3.15 Utformning av limfogen

Tidigare forskning tyder på att en limfog ska konstrueras, så att den belastas med skjuvspänningar. Andra belastningskategorier så som drag-, klyv- samt fläckspänningar resulterar i en fog med minskad hållfastighet. För att få en jämn fördelad skjuvbelastning krävs dock att de limmade materialen är så styva att de inte deformeras av belastningen. I en rent skjuvbelastad limfog blir hållfastigheten högre ju hårdare lim som nyttjas och det är den fogutformning som bör eftersträvas. Studeras en skjuvbelastad fog mer ingående, råder det dock både ett böjande moment och dragspänningar och därför bör inte ett hårdare lim användas än vad som krävs (Casco Nobel, ss. 67-68).

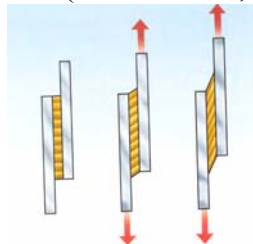


Fig 7. Figuren visar hur limfogen töjer sig vid belastning.

3.16 Applicering av lim

Applicering av lim kan enkelt delas in i tre av varandra beroende delar; limmet, doserings- samt hanteringsutrustningen. Därtill krävs, för att erhålla rätt mängd lim, styrning av både väg samt flöde (Karlsson, s.149).

Vid anbringandet av limmet på arbetsstyckets yta är det viktigt att rätt mängd lim läggs jämnt fördelat (Raknes, s. 71). Mängden lim som påförs måste anpassas både till hur passningen är mellan arbetsstyckena samt hur sugande materialen är. Vidare är det viktigt att det alltid finnas tillräckligt med lim för att fylla ut fogen samt ett litet överskott som

kommer ut vid sammanpressningen. Att det tränger ut lite lim visar på att tillräckligt med lim är påfört samt att det ger en viss kontroll av att limningen är korrekt utförd (Raknes, s. 38). Vid stora krav på limningen bör man nyttja dubbelspridning och ett högt presstryck, för att underlätta limmets inträngning i träet (Raknes, s. 67). Vidare uppnås den mest fullständiga fogfyllningen, när man låter en så lång tid som limmet tillåter passera innan sammanläggning sker (Casco Nobel, s. 83). Den öppna och slutna limningstid kan variera kraftigt för olika lim, allt från några minuter upp till en timme. Den öppna limningstiden är dock alltid kortare, eftersom limmet har möjlighet att avge fukt. Tiderna är framför allt beroende av limblandningens ålder och klimatet i lokalen (Raknes, s. 38). För att skapa gynnsammare förutsättningar för vätningen, kan det ibland vara fördelaktigt att tillsätta särskilda lösnings- eller vätemedel (Raknes, s. 71).

Under limmets härdningscykel mjuknar limmet och flyter ut i fogen. Limfogens tjocklek ligger vanligtvis mellan 0,2-2,0 mm för de organiska limmen. Vid en tjockare fog är det mer en fråga om tätning än limning. När det gäller oorganiska lim är avståndet mer kritiskt och bör ligga mellan 0,05-0,2 mm, motsvarande 100-200 g/m². En tunnare fog innebär att det finns risk för en ojämn adhesion. En för tjock fog däremot medför istället en risk att skjuvbrott kan uppkomma i limmet självt (Karlsson, H. s.191).

Den enklaste formen av mekanisk limspridare består av en vals, som sprider limmet på en sida av trästycket, vilken är i kontakt med ett tråg av lim. Limmängden går i viss mån att styra genom att nyttja två valsar. Denna typ av limpåföring används vanligtvis till långa och smala trästycken.

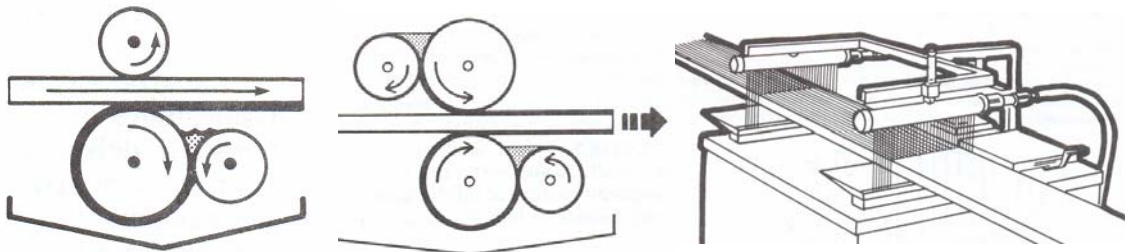


Fig 8. Bilderna visar i tur ordning från vänster utformningen av en limspridare för enkelspridning, en limspridare för dubbelspridning samt en separatsträngspridare.

Vid belimning av större ytor används vanligtvis en utrustning som ger limspridning på två motstående ytor. Här är det möjligt att reglera doseringen genom ställbara valsar. Doseringsvalsar ger goda möjligheter att reglera limmängden och att man får en fördelaktig omröring av limmet. Valsarna är vanligtvis fjädrande för att kunna anpassas till eventuella tjockleksvariationer i arbetsstycket. Det är av största vikt att både valstrycket och matningshastigheten är väl anpassad. Detta för att undvika fläckvis påföring av lim eller att limmet pressas ut utanför arbetsstyckets kanter. Utformningen av valsens yta är av stor betydelse. Valsarna ska dels föra på lim, dels mata arbetsstycket genom maskinen. För att underlätta regleringen av limmängden och för att skapa en viss friktion mellan arbetsstycket och valsens yta, förses valsarna med rillor. Valsar i metall

utföras vanligtvis med en gummimantel. Valet av rillor medför oftare reparation men väljs vanligtvis för dess elastiska egenskaper (Raknes, ss. 71-72).

En strängspridare förser trästycket med lim i strängar när det matas under spridaren. Överskottet kan antingen cirkulera och återigen användas eller så anpassas spridaren till arbetstyckets bredd. Vanligtvis är limmet blandat men det förekommer även varianter där lim och härdare förs på åtskilt. Fördelen med detta system är att limblandning samt problem med brukstid och rengöring kan undvikas. Nackdelen är dock att det är svårt att kontrollera att härdaren är applicerad över hela trästycket. En dålig härdning vid kanterna i samband med kvisturslag kan medföra kantring, blödning, så att missfärgning kan uppkomma vid användning av mörkt lim (Raknes, s. 74).

Vid automatisk dosering och blandning har följande fördelar identifierats.

- Hög produktionskapacitet uppnås med god kvalitet
- Lim med snabba härd- och stelningstider kan nyttjas
- Liten arbetsinsats krävs
- Mindre hälsorisker kan uppnås

Den främsta nackdel med ett automatiskt system är dess kapitalinvestering (Karlsson, 1986, s.46).

3.17 Limningsfel

I samband med limning av trä finns det ett flertal fel som kan förekomma, vilket man som konstruktör bör vara observant för.

- Blank limyta innebär att allt lim är på ytan, som blev limbestruken. Orsaken är vanligtvis att limmet härdat innan det kom i kontakt med den motstående ytan.
- Mager limfog medför att det saknas lim i fogen. Tänkbara orsaker kan vara för hög eller för låg fuktkvot i träet alternativt för högt eller för lågt presstryck.
- Grynig eller kritaktig limfog uppstår när fogen inte är i en sammanhängande film utan består av mindre och större partiklar. En tänkbar orsak är att arbetstyckena varit för kalla, en annan orsak är att limmet har separera sig dvs. limsubstansen fällt ut.
- Limmet har inte härdat eller torkat normalt och är ett fel som uppkommer vid felaktigt presstid. Alternativt kan det bero på träet antingen tar upp vatten långsammare än normalt eller att fuktkvoten är för hög, vilket kräver längre torkning av limmet.
- Limmet sitter bra till en början men sjunker efter hand är vanligtvis en komplikation vid en för tjock fog med lim som inte varit fogfyllande. Något som kan bero på ojämna ytor, för hög limspridning, för lågt tryck eller för lång limningstid (Raknes, ss.142-143).

3.18 Hälsorisker i samband med limning

En stor orsak till att lim och limning möter motstånd är de hälsorisker de associeras med. De hälsoeffekter som kan uppträda vid limhantering och applicering är hudirritation,

uttorkning, allergiska kontakteksem samt astmatiska besvär från damm och lösningsmedel.

Riskerna med lim beror på flera faktorer men framför allt beror de på de ingående ämnena och i vilka halter de förekommer. Några definitiva gränser vad det gäller hälsorisker är svårt att göra mellan olika lim och appliceringssätt. Istället måste en bedömning göras från fall till fall. Generellt sett ökar skaderisken ju längre exponeringen är och ju högre halt av hälsofarliga ämnen man utsätts för. Ett lim som betraktats som mindre hälsofarligt kan, om det hanteras utan varsamhet, generera i onödigt stora hälsorisker. Limformen är en viktig aspekt, där en flytande form ger en ökad hälsorisk i och med en ökad risk för kontakt. Till stor del kan riskerna minimeras vid en automatiseringslinje. Helt kan dock inte riskerna utebli eftersom manuella arbeten som rengöring, justeringar samt service måste ske manuellt.

Momentet härdning kan innebära en risk för inandning av lösningsmedel. Vidare kan det även resultera i hudirritation och eksem. För att undvika spridning av ångor till omgivningen kan man försöka välja ett lim med hög molekylvikt, eftersom det i allmänhet minskar flyktigheten (Karlsson, ss.218-222).

3.19 Hantering av limrester och andra restprodukter

Restprodukter, avfall, uppstår vanligtvis efter och under limning. Restprodukterna kan delas upp i två slag dels tvättvatten från rengöring, dels limrester.

Tvättvattnet bör samlas upp så att fast material kan sedimenteras och klarfasen separeras. Klarfasen kan allt som oftast släppas ut i spillvattenledningarna men möjligheten kan variera från kommun till kommun. Limrester kan som regel betraktas som miljöfarligt avfall och måste därför tas om hand av certifierade företag (Raknes, s. 152).

3.20 Pressanordningar

Presstrycket vid limning har som funktion att hålla de limförsedda komponenterna sammanbundna tills limmet har härdats i den grad att det självt kan ta över sammanhållningen (Raknes, s. 76). Ett högt presstryck bidrar i många fall till att vätningen förbättras (Raknes, s. 15). Man ska dock inte eftersträva onödigt stora presstryck, eftersom det finns en risk att spänningar byggs in i limfogen (Casco Nobel, s. 76). Vidare ska rörelser i limfogen under härdningsskedet undvikas, då det kan ge upphov till brottanvisningar i limfogen (Casco Nobel, s. 85).

Under härdningen är det vanligt att det förekommer en viss krympning av limfogen. Detta beror delvis på att limmet pressas ur fogen eller pressas in i veden. Krympningen kan även orsakas av själva limsubstansen vid en kemisk reaktion med kemiskt härdande lim. När det gäller lösningsmedelshaltiga lim förekommer det en volymminskning vid uttorkning och desto fler fogar som är i press samtidigt, desto starkare gör sig krympningen gällande. För att presstrycket ska kunna bibehållas krävs därför att efterdragning kontinuerligt sker (Raknes, s. 76).

Det vanligaste förekommande presstrycket vid trälimning är 0,3-1,0 Mpa men i extrema fall kan det uppgå till 0,2-1,5 Mpa (Raknes, s. 23). De lägre presstrycken brukar vara

karaktäristiska för barrträd, för att undvika att trämaterialen krossas eller deformeras (Raknes, s. 38).

När det gäller pressning av massivträväggar går det särskilja två metoder, vakuumpressning samt hydraulpressning. Vidare kan hydraulpressning utföras som kall- eller varmpressning eller med högfrekvent ström, HF.

3.21 Vakuumpressning

Vakuumpressning bygger på att den omgivande luften utnyttjas i form av under- samt övertryck. Användning av vakuumbord är vanligt förekommande för att få presstryck på stora ytor. Atmosfärstrycket som utgör presstrycket erhålls genom att sänka trycket i limfogen. De främsta fördelarna med vakuumpressning är att stora element kan tillverkas samt att ett jämt presstryck kan åstadkommas på ojämna ytor. Teoretiskt kan en vakuumpress generera ett presstryck på 1,0 kg/cm². Produktionskapaciteten när det gäller vakuumpressning är likvärdig både när det gäller varm- och kallpressning och uppgår till 30-40 m²/skift. Investeringsbehovet för denna utrustning är måttlig jämfört med de alternativa metoderna som nämns.

3.22 Hydrauliska pressar

Med hydrauliska pressar kan väggelement med en bredd upp till 2,8 meter och en längd upp till tolv meter tillverkas. Presstrycket, vilket kan uppgå till över 5,0 kg/cm², är beroende både av cylindrarnas och av limytans storlek. För att minska presstiden kan pressen förses med uppvärmbara pressplattor. Uppvärmningen medför, vid kemiska reaktioner, att reaktionshastigheten överslagsmässigt fördubblas för varje 10°C höjning av temperaturen. Principen för uppvärmning genom värmeledning är att värmen leds från kontaktytan till limfogen. Eftersom trä är en dålig värmeledare, lämpar sig metoden endast där avståndet till den mittersta fogen är relativt kort. Hydrauliska pressar har en produktionskapacitet motsvarande vakuumpressar men kräver en relativt stor investeringskostnad (Gustafsson & Jacobsson, 2002, s. 22).

Vid för höga presskrafter, främst gällande hydraulisk pressning, är det risk att pressplattorna förstörs genom att de böjs. Om höga presskrafter krävs är det av största vikt att arbetsstycket, framför allt vid små föremål, placeras mitt över varje cylinders angreppspunkt på pressplattan samt att arbetsstycket är av samma tjocklek (Raknes, s. 80).

3.23 HF-pressning

Snabb uppvärmning av isolerande material, som till exempel trä med dålig värmeledningsförmåga och med konventionella metoder, medför betydande svårigheter. Genom att nyttja dielektrisk uppvärmning genereras värmen ögonblickligen inuti materialet och tiden för värmeledning in till fogen kan undvikas (Grönlund, 1989, s. 5).

Värmen tillförs för att minska limmets viskositet samt för att underlätta avdunstning av vatten och lösningsmedel. Värmen initierar och påskyndar även härdningen hos vissa kategorier av lim och bidrar dessutom till att större bindningstäthet uppnås (Karlsson, s.190). Härdningstemperaturen är beroende av limmet och kan variera från 10-20 °C upp

till 160°C (Raknes, s. 38). Vid kemiska reaktioner, som till exempel hos reaktionslimmen, går det överslagsmässigt att uppskatta en fördubblad reaktionshastighet för varje 10 graders höjning av temperaturen (Raknes, s. 84). Elektrodena blir dock inte själva uppvärmda, utan kyler istället av ytan genom att leda bort en viss värmemängd (Raknes, s. 93).

Högfrekventuppvärmning innebär att ett polärt ämne, som förts in i ett elektriskt fält, får med olika spänningar materialets molekyler i rörelse. Rörelserna medför sammanstötningar mellan molekylerna, så att värme utvecklas inne i limfogen. Beroende på hur elektrodena är placerade i förhållande till limfogen skiljer man på tre typer, genomvärmning, limfogsuppvärmning och fältuppvärmning (Raknes, ss. 89-93).

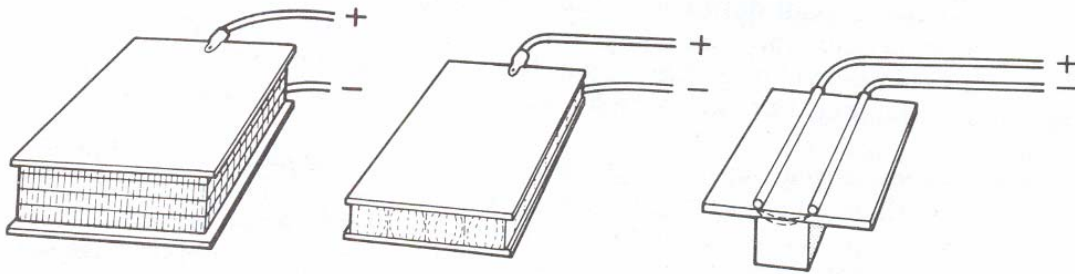


Fig 9. Figuren visar ett arbetsstycke och elektrodenas placering vid genomvärmning, limfogsuppvärmning och fältuppvärmning.

Genomvärmning används framför allt vid stora ytor. Elektrodena är parallella med limfogen och hela arbetsstycket värms upp. Teoretiskt sett finns det ingen övre gräns för hur tjocka arbetsstycken kan vara, för att kunna bearbetas vid genomvärmningsmetoden. Krav ställs dock på en jämn kvalitet och fuktkvot i träet. Luftspalter eller punktvis dåligt limtryck bör undvikas, vilket resulterar i nedsatt effekt och det senare kan leda till att limmet kokar i dessa punkter. Presstrycket bör därför vid HF-uppvärmning nå åtminstone 0,3-0,4 Mpa. Uppstår det luftspalter mellan arbetsstycket och den ena, alternativt båda elektrodena leder det till minskad spänning och värmeutveckling över trästycket. Anledningen är att luften är en god HF-isolator (Raknes, s. 92). Värmeutvecklingen beror i högre grad på träets egenskaper än på limmets och utvecklingen påverkas av volymen trä, dess fuktkvot och specifika värmekapacitet. Det är möjligt att nyttja alla lim, som härdar snabbt vid uppvärmningen. Däremot bör man undvika starkt sura eller alkaliska lim, som kan orsaka brännskador eller överslag. Presstiderna är oftast längre än en minut, kortare tider är möjligt men ökar risken för ångsprängning i träet eller i fogen när trycket sjunker. Det är dessutom nödvändigt att bibehålla trycket tills temperaturen i fogen sjunkit under ångbildningstemperaturen.

Vid limfogsuppvärmning är elektrodena vinkelrätt placerade mot limfogen och bör ha kontakt med limmet. Denna metod är mycket effektiv då den övervägande energin kommer att absorberas av limfogen. Träet kommer således inte bli nämnvärt uppvärmt om det har en låg fuktkvot. Denna metod används främst till långa och smala limfogar.

Då fältuppvärmning nyttjas är ytan som ska limmas inte inne mellan elektroderna. Elektroderna är i stället placerade så att HF-fältet i största möjliga mån kan passera genom limfogen. Avståndet från elektroderna till limfogen bör inte vara större än 50 mm då det kräver längre tid. Träet, i detta fall, blir mer eller mindre uppvärmt beroende på hur gynnsamt elektroderna kunnat placeras (Raknes, ss. 93-94).

Generellt sätt genererar en HF-press ett likvärdigt presstryck och en snarlik investeringskostnad som en hydraulisk press. Den markanta skillnaden är dock att en 10 dubblad produktionskapacitet uppnås motsvarande 300-400 m²/skift (Gustafsson & Jacobsson, 2002, s. 22).

I rapporten ”HF-limning av lamellkonstruktioner”, av Anders Grönlund, går det att ta del av hur olika inverkanse faktorer ökar processsäkerheten vid HF-limning av lamellkonstruktioner. Vid uppvärmning av ett material med högfrekventström (HF) utgör det material som ska värmas i ett dielektrikum i en kondensator, där följande samband råder:

Enligt ekvationen är det således möjligt att öka den upptagna värmeeffekten på tre sätt, ökning av fältstyrkan eller förlustkonstanten eller höjning av frekvensen. Fältstyrkan har en mycket stor inverkan på den tillförda effekten. Fältstyrkans storlek begränsas dock av risken för överslag, vilket innebär att en direkt ström mellan de två elektroderna uppstår.

Vid undersökning av risken för överslag vid skiljda fältstyrkor har det visat sig att överslag börjar uppkomma mer frekvent vid 130 V/mm. Överslagen uppträder relativt slumpmässigt och vid praktisk användning bör därför en viss säkerhetsmarginal antas och fältstyrkan bör därför ligga mellan 80-100 V/mm (Grönlund, s. 12). Upphovet till slumpmässigheten är både små lokala fältstyrkeförändringar och förändringar i dielektritetsegenskapen, såsom limrinning, kåda samt sår på pressplattan. Utifrån försöken har det visat sig att över 90 procent av alla överslag sker på elektrodernas kortsidor. En anledning är den limrinningen som uppstår i kanterna (Grönlund, s. 25).

Den tillförda effekten till trämaterial är i princip direkt proportionell mot frekvensen. Det är dock inte möjligt att höja frekvensen hur som helst och den främsta orsaken är risken för ojämn uppvärmning vid stora pressplattor. Förlustfaktorn är den tredje faktorn som påverkar uppvärmningsförloppet, vilken i stor utsträckning påverkas av andra parametrar. När det gäller trä är både densiteten, fuktkvot samt temperatur påverkande. Förändringar i till exempel fuktkvot och temperatur under ett uppvärmningsförlopp kan ge komplikationer. För torrt trä, under 14% fuktkvot, är förändringarna små och kan därför försummas. När det gäller limmets påverkan leder det till en än mer komplicerad situation. Förutom de faktorer som gäller vid trä inverkar limmets härdningsgrad mycket kraftigt på förlustkonstanten. Vidare är det inte möjligt att försumma konduktiviteten för lim. Vid limning av flera skikt parallella med elektroderna är det inte säkert att en ökning av förlustkonstanten medför att värmeutvecklingen i materialet ökar. Det förutsätter att förlustkonstanten ökas för samtliga skikt för att inte spänningsfallet i ett skikt ska minska och resultera i en ökad värmeutveckling i övriga skikt (Grönlund, ss. 13-14).

En rad försök har genomförts för att bättre påvisa hur temperaturstegring, anodström, gallerström, effekt och spänning påverkas av parametrar såsom fuktkvot, densitet, tid, materialmängd m.fl. Ett viktigt resultat utifrån mätningarna är att träets fuktkvot inte bör understiga 6 procent. Det medför annars en stor risk att värmeupptagningen avsevärt försämras (Grönlund, s. 28). Vidare har ett flertal försök genomförts, där limmets inverkan på temperaturhöjningen har undersökts. Resultatet av försöken har visat att en limfog, parallell med elektroderna, i princip inte kan påverka limmets temperaturstegring, genom att förändra limmets dielektriska egenskaper genom t.ex. saltblandning. Försök med olika fogtjocklekar och viskositet har även undersökts med resultatet att uppvärmningsförloppet inte märkbart skulle påverkas. Limmets sammansättning har inte visat några tendenser till att påverka uppvärmningsförloppet när limfogen är parallell med elektroderna. Däremot har försök med limfog vinkelrätt mot elektroderna, limfogsuppvärmning, visat på en betydligt högre temperaturstegring (Grönlund, ss. 21-22).

3.24 Faromoment vid HF-värmning

Det finns idag en oklarhet i hur vi människor påverkas av elektromagnetiska fält. Exponering av höga nivåer av HF-strålning kan medföra brännskador eller förändringar av fortplantningen. Vidare innebär en ökad kroppstemperaturförhöjning en större belastning på kroppen. Hänsynstagande till detta är speciellt viktigt när maskinerna arbetar inom kortvågsområdet, 3-30 MHz. Det är ett område vilket omfattar de flesta industriella maskiner med högfrekvent utrustning. För att skydda personer från ohälsa är det viktigt med kunskap om läckfältens nivå och utbredning. Det enklaste sättet att minska exponeringen för operatören är att personen flyttar sig bort från maskinen, då den slås på. Både det elektriska och magnetiska läckfältet avtar mycket snabbt med avståndet. Vidare är det fördelaktigt om operatören kan undvika direktkontakt med maskinens metallföremål. Därtill bör operatören ha möjlighet att kunna stå på ett isolerat underlag (Raknes, ss. 104-105).

3.25 Uppvärmning av virke innan bearbetning

Denna del av teorikapitlet tar upp och belyser problem och faktorer vid uppvärmning av komponenterna innan limningsprocessen. Uppvärmningen kan ses som en del av och nära besläktat med torkningsteorin, vilken till viss del varit utgångspunkten i detta avsnitt.

Det finns en mängd faktorer som påverkar torkningstiden och torkningshastigheten. Det är dels klimatet och dels träet. Genom att förvärma arbetsstycket är det möjligt att förkorta presstiderna då den lagrade värmen får limmet att torka eller härda snabbare (Raknes, s. 105).

3.26 Klimatet

Luften är en viktig parameter vid torkningens samtliga steg och innehåller både torr luft och vattenånga. Mängden vattenånga eller med andra ord luftfuktigheten har en väsentlig betydelse inom trätekniken. Luftfuktigheten bestämmer i sin tur den fuktkvot som träet antar och påverkar den snabbhet uttorkning eller uppfuktning av träet kan ske med (Esping, 1992, s.16).

Vid cirkulationstorkning används fuktig luft för två syften, dels som värme överförande medium dels som fukttransportör. Den tvåfaldiga funktionen är gynnsam eftersom det är möjligt att styra torkningen genom att mäta luftens tillstånd under processen med tre fysikaliska storheter såsom temperatur, luftfuktighet samt lufthastighet. Luftens temperatur är ett mått på hur mycket värmeenergi den innehåller. Luftfuktigheten mäts vanligtvis med en psykometer då både våt och torr temperatur uppmäts. Generellt gäller att ju varmare luften är desto mer vattenånga kan den innehålla och transportera. Vid kontroll av luftfuktigheten i torken är det möjligt att bestämma motsvarande jämviktsfuktkvot för virket i den specifika atmosfären. Detta är ett mycket viktigt mätredskap för att undvika virkesytor som torkar, så att dess krympning leder till stora dragspänningar som i sin tur orsakar sprickor. Lufthastigheten har främst betydelse för hur mycket värme som kan överföras från luften till ytan. En hög lufthastighet resulterar i en stor värmeöverföring. Värmeöverföringen i sin tur är även beroende av temperaturskillnaden mellan ytan och luften. Ju större skillnad i temperatur, desto mer värmeöverföring erhålls. Vid stillastående luft är risken stor att luften snabbt blir mättat, vilket innebär att torkningen stannar av (Morén, 2004, ss.46-47).

3.27 Träet

Trä har en relativt hög specifik värmekapacitet, 1500-1700 J/(kg*K), och värmeledningsförmågan ökar ungefär linjärt med ökad fuktkvot och densitet. Träets värmeutvidgningskoefficient är förhållandevis liten. Vid temperaturer över 0°C har den ringa betydelsen, därför att förändringen i fuktkvot är helt dominerande (www.traguiden.se).

3.28 Övriga parametrar

Utöver tidigare uppräknade faktorer påverkas torkningen även av till exempel blåsdjupet, dvs. den sammanlagda paketbredden i luftens cirkulationsriktning och paketuppbyggnaden, dvs. paketets dimension, strötojocklek och antal ströradar (Esping, s.199).

3.29 Potentiella skador

I samband med torkning av trä kan det vara nödvändigt att frånga det klimatområde i vilket träet är utvecklat inom. Ett antal reaktioner kan förväntas som inte förekommer i levande trä. Några av dem kan skada materialet men vissa förbättrar egenskaperna.

Ett problem är att olika karaktärer av sprickor kan uppkomma. Torkningssprickorna beror vanligtvis på för hård torkning av ytskiktet i kombination med virkets krympningsegenskaper, hållfastighet och styvhet vid aktuellt klimat. Det är även möjligt att deformation eller formförändring av virket uppkommer till följd av krympningsanisotropin. Vidare kan det även förekomma kådflytning, vilket innebär att ämnen i veden kan lösas ut med organiska lösningsmedel (Morén, ss. 90-100). Deformationsfel kan till viss del minskas om torkningen genomförs långsamt i ett relativt mildt klimat. Resultatet av ett långsammare torkningsschema är att spänningarna som vill åstadkomma en deformation, delvis hinner utjämnas under den längre torkningstiden (Esping, s.155).

3.30 Processen

Diffusionskontrollerad torkning är den fas då allt fritt vatten i träets celler förångas vilket innebär ett okritiskt skede av torkningen. Det återstående vattnet finns istället i cellens väggar. Träet kan nu klassas som en dålig värmeledare och torkningshastigheten avtar drastiskt. I och med den ringa diffusionen av vattenmolekyler krävs enbart en ganska låg lufthastighet (Morén, s.52).

3.31 Förvärmning

Hittills har endast uppvärmningsmetoden av virket kunnat likställas med ett rum styrt med ett värmeelement och en fläkt. Det finns dock ett flertal andra metoder att förvärma arbetsstycket på t.ex. värmeledning, värmestrålning eller HF-förvärmning. Nyttjas någon av dessa förvärmningsmetoder är det viktigt att de inte pågår för lång tid, då risk finns att träet torkar och slår sig. Vidare får temperaturen inte bli för hög, max 200°C, annars finns det en fara i att ytan blir svedd och dåligt limbar. Därtill är det nödvändigt att sammanläggning och presstryck sker i relativt snabb takt för att kunna bevara värmen (Raknes, ss. 105-106).

4 Investeringar

Detta kapitel avser att ge en överblick när det gäller i de olika aspekter som behandlades under investeringsarbetet. Den inledande delen beskriver hur investeringsarbete utförs i allmänhet. De olika delar som har behandlats är produktionsanalys innefattande driftsäkerhet, produktionssimulering och kostnadsanalys, offertförfrågningars utarbetande samt en offertutvärdering. I den avslutande delen diskuteras de olika förhållandena som gäller denna investering.

4.1 Investeringsarbete

Huvudsyftet med en investering är vanligtvis att öka företagets lönsamhet. Arbetet, kopplat till detta, innefattar beslut om investering till dess den är genomförd och godkänd. Till investeringsarbetet räknas även beslut om uppföljning av produktion, drift och underhåll. Följande steg sammanfattar investeringsarbetets olika moment (Nyh, 1992 s. 51).

1. En kravspecifikation uppförs utifrån en produktionsanalys.
2. En offertförfrågan utarbetas.
3. Inkomna offerter värderas mot kravspecifikationens krav.
4. Kontraktskrivning och verifikation av krav utförs.

I förekommande fall även:

5. **Beslut om och genomföra uppföljning av investeringen i drift ska genomföras.**

4.2 Produktionsanalys

Beslutet om investering är vanligtvis grundat på någon form av analys. Produktionsanalysen är en metodik som kan nyttjas, vilken sammanbinder produktionssimulering, driftsäkerhets- och kostnadsanalys. Mellan dessa tre moment sker en växelverkan av information, så att systemlösningar och beslutsunderlaget successivt förbättras. En förutsättning för att finna bra lösningar och för att uppfylla de krav som ställs är att se produktionens teknik, organisation och ekonomi som en helhet. Detta kan uppnås genom systematisk analys av hela produktionssystemet (Nyh, ss. 8-9).

Boken Arbete-människa-teknik belyser att ett projekts påverkbarhet snabbt avtar under tiden som det fortgår, annat än på detaljnivå. De resurser som behövs uppvisar däremot ett motsatt förhållande och ökar istället kraftigt under senare projektskedena. Genom att prioritera de tidiga projektskedena, då påverkan är stor, uppnår man vanligtvis ett smidigt genomförande av projektet, lägre driftskostnader samt lösningar med större flexibilitet (Bohgard, 1995 ss. 291-292).

Vidare kan analys av produktionssystemets layout och utrustning samt dess tillgänglighet och underhåll ske med hjälp av produktionssimuleringar och driftsäkerhetsanalyser. Kostnader för systemet och dess drift samt lönsamhet kan utvärderas med livslängdskostnads- och lönsamhetsanalyser (Nyh, s. 12).

4.3 Driftsäkerhetsanalys

Driftsäkerheten för en utrustning bestäms av många samverkande faktorer och dåliga lösningar kan resultera i höga kostnader när anläggningen är i drift. Den stora kostnaden är i de flesta fall när systemet står stilla. Driftsäkerheten definieras som egenskapen hos en enhet när det gäller att utföra en angiven prestation med hänsyn tagen till prestationsnedsättning på grund av fel eller underhåll.

Begreppet driftsäkerhet kan vidare delas upp i följande punkter.

- Hög *funktionssäkerhet* innebär att ett fåtal fel inträffar på en produkt.
- God *underhållsmässighet* medför att fel på produkten lätt kan avhjälpas då underhållsresurser finns tillgängliga.
- Hög *underhållssäkerhet* innebär att avsedda hjälpmedel och personal finns tillgängliga, så att fel snabbt kan åtgärdas.

De uppräknade egenskaperna har stor betydelse för användaren, eftersom de bestämmer möjligheten att nyttja produkten och påverkar även produktens livslängdskostnad (Nyh, ss. 22-23).

Det systematiska arbetet, vilket vanligtvis är iterativt, förknippat med driftsäkerhetsanalysen återges nedan (Nyh, s. 27).

1. Att övergripande lära sig känna system avseende layout, komponenter och funktioner.
2. Kartlägga systemet ur driftsäkerhetssynpunkt och samla in information.
3. Diskutera utgångsläget och möjligheten till förbättringar.
4. Utforma olika alternativ till förbättringar och förändringar av teknik och underhåll.
5. Utforma förslag till lämpliga lösningar.
6. Analysera kritiska komponenter utifrån reparationsmöjligheter, inspektions- och övervakningsmöjligheter, behov av förebyggande underhåll och behov av reservdelar.

4.4 Produktionssimulering

Simulering är i dag en vanlig teknik för att analysera situationer och händelseförlopp utan risk och för en liten kostnad. I praktiken innebär det att en modell av den specifika situationen byggs upp för att kunna testa sina idéer och förslag på.

Arbetsmetodiken vid produktionssimuleringen är att först formulera mål och förutsättningar och därefter sammanställa produktionsdata såsom operationstider, ställtider, operationsföljder samt bemanningsplaner. Vidare byggs modellen, vilken ska innehålla layout och flöden i produktionssystemet. Det kan till exempel gälla olika regler för buffertering och lagring av artiklar. Till sist sker provkörning, analys och utvärdering till ett tillfredställande resultat är uppnått (Nyh, s. 34).

4.5 Kostnadsanalys

Kostnadsanalysen består av två delar, dels livslängdskostnadsanalys och dels lönsamhetsanalys.

Livslängdskostnadsteknikens grundtanke är att beslut avseende investeringar inte enbart ska beakta anskaffningskostnaderna. Hänsyn ska även tas till framtida drift- och underhållskostnader samt till eventuella produktionsbortfall under livslängden. Livslängdskostnaden behöver dock inte ange det faktiska kostnadsutfallet utan kan istället tolkas som ett mått uttryckt i kr, som bygger på valda förutsättningar med hänsyn till organisation, utnyttjande mm. Den huvudsakliga nyttan med livslängdskostnadstekniken finner man idag i samband med upphandlingar och anskaffning av olika system. Tekniken nyttjas vanligtvis för att rangordna olika lösningar och offerter samt för att styra leverantörerna mot kostnadseffektiva lösningar (Nyh, ss. 39-41). Tekniken är till sin natur relativt enkel, svårigheterna ligger framför allt i behovet av mer data än för en ekonomisk kalkyl (Nyh, s. 44).

Mer om livslängdskostnadsanalysen, även kallad LCC, går det att ta del av i kapitel 9. Det är därtill fördelaktigt att komplettera livslängdskostnadsanalysen med en lönsamhetsanalys där det finns ett flertal välkända ekonomiska analysmetoder att nyttja, t.ex. Pay-off-metoden. De verktyg som använts och dess grunder presenteras utförligare i kapitel 10.

4.6 Offertförfrågan

Syftet med en offertförfrågan är att ge offertgivaren tillräckligt med information, så att personen ska kunna offerera en produkt så nära kundens önskemål som möjligt. Vidare ska kundens behov av information klarläggas, för att möjliggöra en värdering av offerten. Därtill ska offertförfrågan ge upplysningar av formell karaktär, till exempel när offerttiden går ut. En viktig del av offerten är systemspecifikationen, vilken definierar krav och förutsättningar som gäller för systemet (Nyh, s. 60).

4.7 Offertvärdering

Offertvärderingens syfte är att välja det mest fördelaktiga förslaget leverantörerna erbjuder. Det är inte så enkelt, eftersom den prestandamässigt bästa produkten sällan har den lägsta kostnaden vid samma tillfälle. När de olika alternativen har jämförts och konsekvenserna av att ett krav har uppfyllts respektive inte har klarlagts, kan det vara nödvändigt att diskutera resultatet både inom organisationen och med leverantören (Nyh, ss. 63-64).

När värderingen är klar återstår förhandling och upprättandet av kontrakt. I kontraktet ska leverantörens löften avseende garantier och verifieringar avseende teknisk prestanda, driftsäkerhet och underhåll införas (Nyh, s. 68).

4.8 Diskussion

Under arbetet togs kontakter med flera leverantörer. Vissa leverantörer drog sig ur projektet, av olika anledningar, medan andra har kunnat erbjuda tillfredställande lösningar. En kravspecifikation sattes samman men uppfattades, av mig, till att vara av mer underordnad betydelse vid diskussioner med leverantörerna. Vanligtvis var det

enbart ett fåtal parametrar varje enskild leverantör behövde. Kravspecifikationen var således främst ett redskap för mig själv för att jag skulle veta vad jag var i behov av för utrustning. Vidare låg kravspecifikationen till viss del som grund vid uppställandet av LCC modellen. Tyvärr, kändes den alltför detaljerad för leverantörerna. Värden för olika kostnader kunde endast fås i större summor, som representerade flertalet olika mätbara parametrar i modellen. Oengagemanget kan säkerligen till viss del bero på oförståelse men även tidsbrist. I det här fallet, när det inte blev aktuellt att utvärdera olika alternativ mot varandra, kändes de olika uppgifterna ändå tillfredställande. Utifrån dem var det möjligt att både få grepp om olika kostnaders storlek samt att kunna ställa upp lönsamhetsberäkningar med ett utfall av relativt hög sannolikhet.

Samtliga inkomna offerter lämnades vidare till min handledare på Plusshus, eftersom varken kontraktskrivning eller verifikation av kravspecifikationen ingick i examensarbetet.

5 Layout

I föreliggande kapitel behandlas teorier kring layoutframtagning samt vilka verktyg och modeller som använts. Det slutgiltiga layoutförslaget diskuteras ingående i en avslutande del.

Utformning och planering av ett produktionssystem innefattar beslut om produktionsprocessen men också layout. Målsättningen är att uppnå ett produktionssystem med högt kapacitetsutnyttjande, korta genomloppstider och med en hög flexibilitet. Vidare är det fördelaktigt att sträva efter raka och enkla materialflöden, för att undvika en hög kapitalbindning främst gällande produkter i arbete. Korta ledtider i produktionen bidrar vanligtvis till en jämnare förbrukning av material och därmed en kort ledtid till kunder och mindre nivåer av färdigvarulagret. Ett annat mål är god leveransförmåga i form av leveransprecision, vilket vanligtvis är svårt att bygga in i ett produktionssystem. Leveransprecisionen kommer att variera, beroende på utformningen av systemet (Olhager, 2000, ss. 111-112).

5.1 Systembeskrivning

Materialflödet kan betraktas som verksamhetens ryggrad och styr därför layouten i hög grad. Flödet kan till exempel kartläggas med hjälp av ett processchema där symboler åskådliggör hur material och produkter förflyttar sig mellan olika operationer. Vid detta arbete är det även möjligt att kartlägga vart olika arbetsmiljöproblem föreligger.

I samband med layoutframtagning är det fördelaktigt att genomföra en funktionsindelning av systemet uppdelat i huvud- och delfunktioner. Funktionsindelningen kan därefter ligga till grund för utformning av kravsammanställningen (Bohgard, 1995, s. 300).

En funktionsbeskrivning, funktionsanalys, ger möjligheter att beskriva ett systems uppbyggnad och behov, i aktiviteter och i koncentrerad form relativt fritt. Det hela kan göras lättöverskådligt med hjälp av en grafisk illustration i ett så kallat funktionsträd. Funktionerna indelas vanligtvis i olika slag varvid följande definitioner följer:

- Huvudfunktion, är den funktion produkten i första hand är avsedd för.
- Stödfunktion, är en funktion som stöder produktens användning, attraktivitet eller tillverkning utan att vara nödvändig för huvudfunktionen.
- Delfunktion, är en funktion som samverkande bildar en överordnad funktion. Bortfall av delfunktionen innebär att den överordnade funktionen bortfaller (Lundgvist, 1972, ss. 13-16).

5.2 Kravspecifikation

En kravspecifikation innehåller de krav som ställs på produkten som ska anskaffas. Det är av stor vikt att beskriva kravbilderna så noga som möjligt i början, för att undvika förseningar eller avsevärd fördyring. Kraven får dessutom inte vara onödigt stränga eller för detaljerade utan leverantören bör få relativt fria händer för att lösa problemet. Utvecklingen har gått emot att det har blivit allt vanligare med att funktionella krav ställs på produkten, dvs. krav på vad den ska uträtta snarare än hur den ska se ut. De funktionella kraven måste dock kompletteras med krav, både på konstruktions- och

tillverkningskvalitet. Det är också av största vikt att formulera kraven så att offererade produkter går att utvärdera och kontrollera (Nyh, s. 54-56).

Arbetet med att utveckla konkreta lösningsförslag kan delas in i tre steg:

- Sammanställning av tekniska egenskapskrav
- Dimensionering av funktioner
- Gruppering av funktioner

De tekniska egenskaperna omfattar byggnadstekniska, försörjningstekniska och transporttekniska krav, vilka vid dimensionering av lokalen översätts i ytmått. Ett sätt att uppskatta ytor, kan vara att mäta befintliga lokaler och hur effektivt de används eller genomföra platsstudier av existerande system. Vid en maskinarbetsplats måste hänsyn tas till ytor för maskiner, betjäning, kringutrustning och arbetsmiljökrav. Gruppering av funktioner kan genomföras via en uppställning av ett sambandsschema, vilket ska upptäcka konflikter och behov av närhet mellan de olika funktionerna. Sambandsschemat kan därefter kompletteras med en blocklayout, då varje funktions yta betraktas. Dessa två arbetsredskap visar på vilka praktiska hinder som måste övervinnas, vilka tänkbara lösningar som finns och utifrån dessa generera en ideallösning för systemet.

5.3 Utveckla och utvärdera förslag

Arbetsgången vid layoutframtagning innebär i stor utsträckning insamling och systematisering av olika fakta, krav och idéer, för att sedan i växelverkan utveckla visioner, förslag och lösningar. Ett arbete som starkt förknippas med kreativitet och förmågan att tänka i nya banor. I samband med utvecklingsarbetet är ett av de vanligaste redskapen skisser eller ritningar (Bohgard, ss. 302-304). Utifrån skisserna kan sedan modeller byggas upp för att i tredimensionellt perspektiv utvärdera olika förslag.

Värdering av olika alternativ är vanligtvis en successiv arbetsprocess. Processen kan till exempel ske genom kartläggning av alternativa lösningar eller genom att värderingskriterier listas och kriterierna viktas. Generellt kan värderingskriterierna delas upp i kvalitetskriterier t.ex. teknik, funktion och miljö samt genomförbarhet och ekonomi t.ex. investeringsutgifter och kostnader under drift (Bohgard, ss. 307-309).

5.4 Arbetsätt vid layout framtagning och dess resultat

Ett av målen med detta arbete var att ta fram en optimal layout avseende produktionsflöde, arbetsmiljö och produktionssätt. Ett slutgiltigt layoutförslag lades fram utifrån en befintlig lokal, maskiner för tillverkningen och de komponenter som ska monteras samman till väggblock.

5.5 Process

Processens huvudfunktion är att tillverka en massivträvägg.

De identifierade delfunktionerna är följande:

- Avstapling av levererade komponentsatser, i form brädor och limfogsskivor.

- Förflyttning av komponenter till de olika arbetsmomenten.
- Kapning av brädor
- Belimning av ytor, vilka förbinder väggens skikt.
- Hopläggning av väggens ingående komponenter.
- Pressning av väggelementet.
- Förflyttning av väggen för vidare bearbetning.
- Uttagning för fönster, dörrar etc. samt måttsättning av väggblock.
- Uppställning av vägg för efterhärdning.

De två stödfunktioner som identifierats är underhåll av maskiner och utrustning samt kvalitetskontroll av komponenter och väggblock.

Nedan ges sambandet för de olika funktionsklassernas i ett trädidiagram.

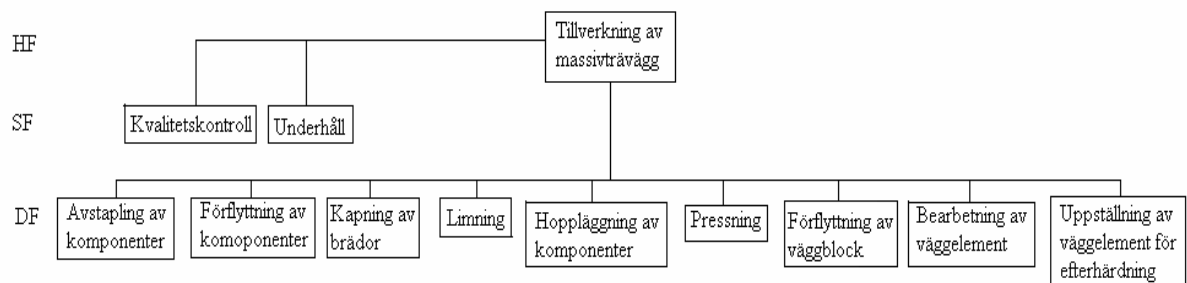


Fig 10. Figuren visar ett trädidiagram över de olika funktionsklasserna.

När funktionsklasserna och dess samband identifierats specificerades funktionskraven för tillverkningslinjen och limmet, vilka går att ta del av i kravspecifikationen, se bilaga A.

5.6 Problemundersökning

Lösningar till linjen har sökts hos dels ett flertal maskinleverantörer, dels i diskussion med produktionsansvarig på Plusshus. De maskinigheter som förslagsvis bör ingå i tillverkningslinjen är följande:

- Hjulлист för virkespaket
- Kap
- Hopläggningsbord av väggen med pressfunktion och sidoförflyttning
- Limtrustning
- Vakuumplockare och vakuumläggare
- Vakuumpressar
- Traverssystem för väggar
- Vakuumlift för väggar
- CNC maskin
- Vagn för uppställning av väggar

5.7 Undersökning av befintliga linjer

Studiebesök och intervjuer vid befintliga tillverkningslinjer av massivträblock och sandwichkonstruktioner har gett inspiration till lösningsförslaget. En sammanställning av besöken går att ta del av i bilaga C.

5.8 Framtagning av konstruktion

Konstruktionens förslag togs fram genom att skalenärliga modeller klipptes ut av de olika maskinerna från ett pappersark. Därefter placerades de föreslagna maskinerna ut på en ritning av lokalen avsedd för tillverkningslinjen. Ett flertal utkast togs fram och granskades tills det förslag som ansågs vara optimalt, både vad det gällde materialflöde och möjlighet till rationell montering av väggen, uppnåddes.

Nedanstående bedömningsgrund användes vid utvärdering av de olika förslagens duglighet.

- Linjen ska kunna rymmas i befintlig lokal.
- Förmågan att åstadkomma ett rakt materialflöde dvs. korsande flöden ska undvikas i största möjligaste mån.
- Operatörernas möjlighet till en god översikt över de moment som är aktiva i linjen.
- Förmågan att minimera onödiga förflyttningar av personal och material.
- Antalet hjälpmedel som behövs till förflyttning av väggelement.
- Möjligheten till god framkomlighet runt maskiner men främst vid flaskhalsen för personal och tekniker.

Samtliga kriterium graderades, antingen med ja/nej eller med en femgradig skala. Det/de förslag som genererade det högsta summerade värdet lades fram som slutgiltigt layoutförslag.

5.9 Layout över maskiner och övrig utrustning

Dessa layouter visar hur de olika maskinerna bör placeras i förhållande till varandra för att på bästa sätt nyttja lokalen. Anledningen till att två layouter tagits fram är framför allt osäkerheten i bearbetningsmaskinens utrymmesbehov, möjligheten att ställa upp block i den låga delen och den omkringliggande layouten.

1. Hjullist
2. Manuell kap
3. Limustrutning
4. Komponentutläggare
5. Monteringsbord
6. Vakuumpress
7. Travers
8. Bearbetningsutrustning
9. Vagn
10. Containerar

- 11. Portar
- 12. Klyv- och justersåg med spånsug

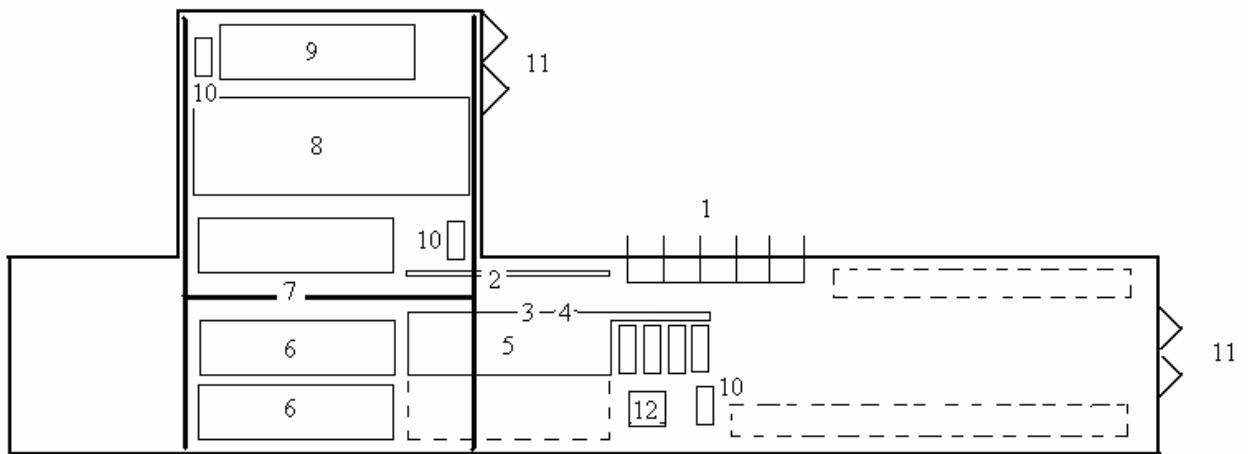


Fig 11. Figuren visar förslag 1 som framtagits över maskiner och övrig utrustning utmed linjen.

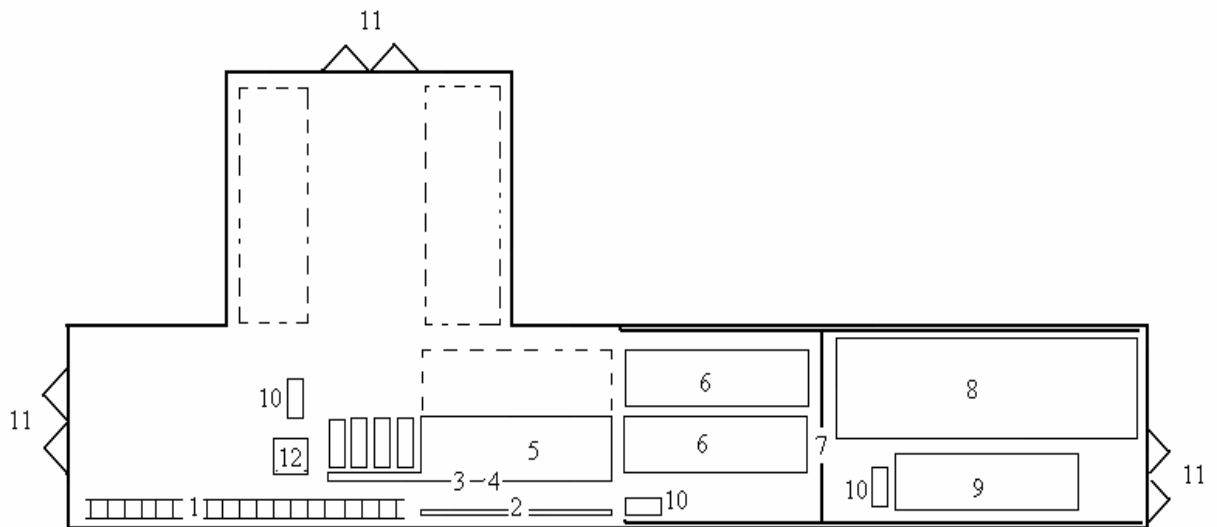


Fig 12. Figuren visar förslaget 2 som framtagits över maskiner och övrig utrustning utmed linjen.

6 Ingående material

I detta avsnitt diskuteras hur ingående material, brädor och limfog, kommer att levereras till linjen. Först ges en överblick av dimensioner och dess volym. Volymerna gäller per dygn vid enkelskift.

Artikel	Parameter	Dimension	Min. krav	Linjens max kap. vid 40 °C	Linjens max kap. vid 50 °C
Limfog	Höjd (mm)	18			
	Höjd (mm)	900			
	Höjd (mm)	2700-3100			
	Volym (kvm)		6,1	6,7	8
	Area (kvm)		341	372	446
Brädor	Höjd (mm)	18			
	Höjd (mm)	95			
	Höjd (mm)	2700-3100			
	Volym (kvm)		12,3	13,4	16,1
	Volym (lpm)		7200	7900	9400
Brädor	Höjd (mm)	18			
	Höjd (mm)	95			
	Höjd (mm)	8000-12000			
	Volym (kvm)		4,5	4,9	5,9
	Volym (lpm)		2600	2800	3400
Väggelement	Höjd (mm)	90			
	Höjd (mm)	2700-3100			
	Höjd (mm)	8000-12000			
	Volym (kvm)		30,7	33,5	40,2
	Volym (lpm)		110	120	144

Tabell 1. Tabellen visar ingående komponenters mått samt volymer både vid den lägsta accepterade volymen samt vid den framtagna linjens teoretiska utfall.

I tabellen ovan går det att ta del av linjens maximala kapaciteter vid 40 °C respektive 50 °C. Hur produktiviteten är beror av temperaturen samt dess begränsningar tas upp i kapitlet maskinbeskrivningar och utrustning. Vidare bygger dessa siffror på att samtliga väggblock är tolv meter, vilket i verkligheten troligtvis inte är det mest optimala produktions sätt. En mer rättvis bild för vidare beräkningar är i stället 110 lpm som lägsta accepterade utfall, 115 lpm vid normalfall och 130 lpm i det gynnsammaste läget.

I dagsläget har Setra's platsansvarige, Kjell Lilletjernbakken, i Långshyttan ingen möjlighet att ge några direkta besked hur möjligheten med att få fram de önskade längderna ser ut. Det finns lite olika alternativ att lösa detta på, menar Lilletjernbakken. Ett alternativ kan vara att fingerskarva allt virke för att sedan kapa upp det i anpassade längder till väggen. Fingerskarvsutrustning finns i anslutning till linjens lokal med

möjlighet att kunna kapa virkespaket. Paketkapen är dock inte avsedd, som det ser ut i dagsläget, för en produktion i större skala. Vidare är det fullt möjligt att leverera, vid eventuell produktion, både virke och limfog till linjen med minst 20 graders temperatur året runt.

Liljetjernbakken har ingen möjlighet att ge något exakt värde på dimensionen 18*95 mm. Ett riktvärde att kalkylera utifrån, menar han, är 1800 kr/kbm för virket samt 100 kr/kbm för fingerskarvningen.

En djupare diskussion kring möjligheten med leverans och kring hur materialet framställs fördes inte. Anledningen är att samtliga funderingar kring att kapa och kantskarva kvastpaket försedda med spånt med smältlim i direkt anslutning till linjen kan avfärdas. I och med att enbart operatörslönen, 9000 kr/dygn, för detta moment vida överstiger kostnaden för fingerskarvningen för hela volymen 2000 kr/dygn samt det eliminerade spillet motsvarande 1800 kr/dygn. Råvaruspillet är beräknat på de bitar som kapas bort då tolvetersbrädorna anpassas till varje specifik väggblocks längd. Till detta ska tilläggas att fingerskarvsutrustning och paketkap redan finns. Att investera i en automatiserad kap med kringutrustning skulle medföra en investering mellan 500-1000 kkr.

Materialet bör, till väggens horisontella skikt, vara tolv meter, för att därefter anpassas till väggblockets längd i anslutning till monteringsstationen. Spill är i detta fall oundvikligt då det på förhand inte är möjligt att tillverka brädor för varje vägg i förväg. De vertikalt placerade brädorna bör tillverkas med en till en och en halv centimeters tillägg, utifrån den färdiga väggens mått, för att sedan tas bort när blocket måttanpassas.

7 Limval

Detta kapitel behandlar limleverantörernas limrekommendation utifrån ställda krav, se Bilaga A. Vidare går det ta del av limleverantörernas rekommendationer vad det gäller till exempel appliceringsutrustning. Till sist redovisas i korta drag på vilka grunder andra potentiella limsorter valts bort.

Företag: Akzo Nobel

Kontaktpersoner: Stefan Lindberg och Christer Toräng

Utifrån förutsättningarna med väggens konstruktion och den omgivande miljön, såväl i limlokalen som vid transport av limmade block för montering, rekommenderar AKZO NOBEL's företrädare Stefan Lindberg och Christer Toräng att använda Melamin-Urea-Formaldehyd lim 1247 med härdare 2526.

För att djupare sätta sig in i limmets egenskaper och vilka parametrar som styr vid produktionen av massivträblock bifogas limmets tekniska datablad i bilaga E.

MUF- lim används idag till 99 procent av marknaden för den här typen av konstruktioner och en av anledningarna är limmets snabba egenskaper i förhållande till andra sorter. Limmet och härdaren kan med enkelhet nyttjas för separat strängspridning. De rekommenderar metoden, då utrustningen är lätt att rengöra samt endast små förluster av material uppstår under produktion. Därtill finns det väldigt effektiva styrredskap som automatiskt kontrollerar att rätt mängd lim appliceras. Beroende på hur sammanläggningen av väggen ser ut är det även möjligt att styra tjockleken av lim vid respektive vägglager, för att åstadkomma ett optimalt limresultat. Limmet är inte lämpligt att blandas och påföras med vals, då det snabbt tenderas att blir segt.

Vid en kvalitetskontroll av de ingående träkomponenterna anser limleverantörerna att man kan acceptera en kontaktyta ned till 75 procent av brädornas bredd utan att kvalitetsförsämringar i form av hållfasthetsegenskaperna äventyras.

I samband med mötet belyser de även vikten av att brädorna har hyvlade ytor då MUF-limmet inte är fogfyllande. Buktar de sågade ytorna är det risk att det bildas en öppen fog, dessutom kräver sågade ytor vanligtvis mer lim i och med att de tenderar att "suga" mera. De krafter som limfogen utsätts för är inga problem, menar Lindberg. Ett eventuellt brott kommer garanterat att ske i träet, förutsatt att limning och pressning är korrekt utförd.

Limmet, 1247, kan bidra till en miljövänlig profil med ett kretsloppstänkande trots att det innehåller formaldehyd. Limleverantören menar att debatten om formaldehyd har tagit en överdriven proportion. Att sluta in limprocessen anses inte nödvändigt utan det räcker med normal ventilation i lokalen.

Väl när limmet är uthärdat spelar det inte någon roll vilken temperatur det därefter utsätts för. För att undvika delaminering bör efterhärdningen ske i produktionsmiljön i ungefär en dag. Efterhärdningen har egentligen inget med hållfastheten, förklarar Lindberg, utan är endast till för att uppnå graden av vattenbeständighet.

Här ges en kort sammanfattning till varför tänkbara lim som Emulsionspolymer Isocyanat, EPI, och Recorcinol- och Fenolresorcinollim inte rekommenderades. EPI-lim

är inte godkänt för samtliga konstruktionsklasser i dag utan enbart för inomhusbruk och under tak. Därtill innehåller härdaren isocyanat, vilken är allergiframkallande. Recorcinol- och Fenolresorcinollim är ett godkänt lim för bärande träkonstruktioner men används i liten utsträckning på grund av deras mörka foga. Båda limmen kräver så kallade blandade system, vilket innebär att limmet och härdaren blandas samma innan applicering. Vid eventuella produktionsstopp uppstår lätt problem, då limmet tenderar att härda ut. Därtill styrs dessa appliceringsutrustningar med ett ”start-stopp” system, vilket resulterar i ett limspill på 8-10 procent.

Att tillföra limfogen värme under pressmomentet är helt klart fördelaktigt, menar Lindberg. Däremot är förvärmning av virke inte att rekommendera, till exempel minskar den slutna väntetiden från cirka 40 min, då virket har temperaturen 20 °C, till 10 min, då virket har temperaturen 40 °C. Risken finns då att fogen hinner härda innan den försatts under tryck.

8 Maskinbeskrivningar och utrustning

I detta avsnitt presenteras de olika maskinerna som har berörts i detta projekt. Vardera maskin beskrivs utifrån funktions- och driftsaspekter samt utifrån de krav som ställts på linjen.

I det första avsnittet beskrivs de primära maskinerna, vilka det i första hand lagts fokus på då dessa har behövt specialanpassas till väggens mått. Offerter till dessa maskiner är lämnade till handledaren på Plusshus. I det andra avsnittet beskrivs kompletterande utrustning och prisuppgifter till dessa har insamlats dels från olika företags hemsidor, dels erhållits som muntliga kostnadsförslag.

För att lättare förstå sammanhanget med varje enskild maskin och vart den befinner sig i lokalen och i flödet, så ges här en mindre överblick med enbart de specifika maskinerna namngivna.

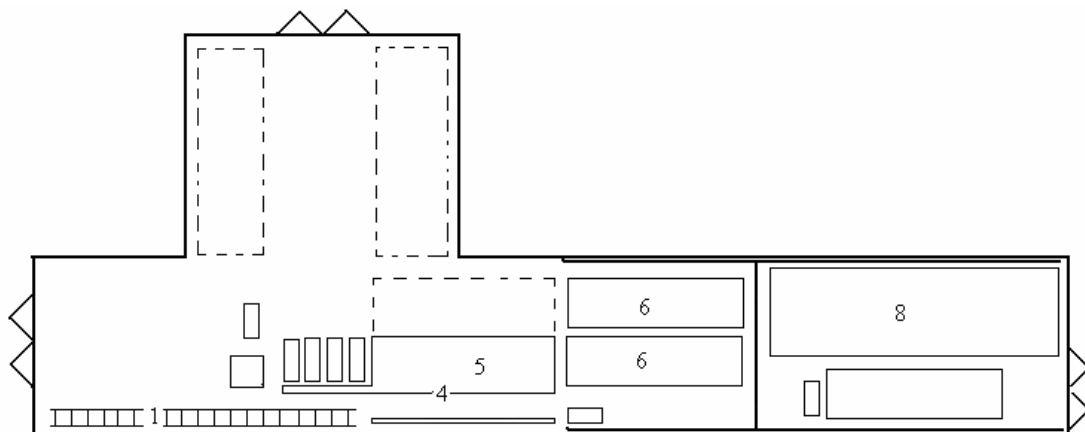


Fig 13. Figuren visar de maskiner som grundligt behandlas i detta kapitel.

4. Limutrustning
5. Monteringsstation av väggelement
6. Vakuumpress
7. Bearbetningsstation av väggelement

Arbetsordningen eller flödet ifrån enskilda komponenter till färdig vägg kommer att motsvara ordningen ovan. Först sker hopläggning och limning av elementen i monteringsstationen, därefter sker pressning av blocken för att till sist bearbetas till avsedda mått i bearbetningsutrustningen.

8.1 Monteringsstation av väggelement

Företag: Specialmaskiner AB

Kontaktpersoner: Jan Petterson, Thomas Petterson

Lösningförslaget till monteringsstationen av väggar består av ett arbetsbord, med en stålstomme anpassat till operatörernas stående arbetsmoment. Arbetsbordet är även

försetts med hjul, vilka ska kunna transportera bordet i sidled, via en räls, till ett läge framför respektive press. Arbetsbordet är även försett med långsgående kedjor utrustade med medbringare, vilka ska skjuta av det färdigmonterade väggblocken till pressplattorna. Utrustningen är även utrustad med en vakuumläggare, vilken arbetar parallellt med monteringsbordet via en skena/räls. Den kommer således inte att förflyttas när bordet transporteras i sidled. Vakuumläggaren kommer att vara utrustad med en skiva av poröst gummimaterial, vilken går ned och suger fast det material som sedan ska läggas ut. Skivan kommer att vara konstruerad med en mängd olika ventiler, vilka är oberoende av varandra för att undvika problem då materialet har olika bredd. I samband med att materialet har lagts ned på arbetsbordet kommer läggaren att, via klackar, lägga ett presstryck i väggens längdled, detta för att undvika glipor mellan materialet. Tryckets varaktighet kommer att anpassas, så att montörerna hinner spika fast brädorna. Styrning av läggaren sker via en manöverpanel, för att snabbt och enkelt kunna anpassa arbetsprogrammet till väggens längd. Vidare kommer det i anslutning till bordet att vara möjligt att placera fyra pallar med material på ett transportband. Det kommer att bidra till minskade avbrott i monteringen samt förflyttning av pallar. I portalen som lägger ut materialet kommer även limutrustningen att monteras. Utrustningen lägger samman en tolv metersvägg på 33 minuter inkluderat limning och det manuella arbetsmomentet vid utläggning av tolv metersbrädorna.

8.2 Arbetsmoment vid monteringsstationen:

I samband med hopläggning och limning av massivträvväggen kommer det att ske ett par manuella arbetsmoment. De två första arbetsmoment bör kunna ske innan hopläggning av väggen påbörjas, medan de fyra andra moment sker kontinuerligt under produktion.

- Framtagning av material.
- Kvalitetskontroll av material som förs fram.
- Övervakning av läggare och limutrustning.
- Manuellt placera tolv metersbrädorna till rätta positioner. Hjälpmedel för att effektivisera momentet kan vara att nyttja stålband där uttag görs där brädan ska placeras, liknande det som nyttjas för placering av ytterväggspanel.
- Spikning av brädor och limfog i, över samt under kant.
- Kontroll så att inga mellanrum mellan komponenterna uppkommer.

8.3 Utvärdering

Fördelar:

- Kraven som ställts på utrustning uppfylls med råge.

Utrustningens kapacitet, 14 hoplagda väggar per skift, är i och med valet av vakuumpressar och dess relativt långa presstider fullt tillräckligt. Det skulle säkerligen vara fullt möjligt att minska tiden för det manuella momentet med sju minuter genom att ersätta det med en automatiserad konstruktion. Priset för utrustningen kommer med största sannolikhet att fördubblas gentemot den initiala kostnaden. Det skulle dock innebära att en ersättningsinvestering för det manuella momentet i bästa fall kommer att vara lönsamt först efter fem år och där med inte motiverad.

- Mångfunktionell lösning.

I och med att en och samma portal kan nyttjas till flera moment bidrar det till ett gynnsammare totalpris.

- Robust konstruktion.

Då arbetsbordet består av en gedigen konstruktion bidrar det till ökad driftsäkerhet.

- Låg ljudnivå.

Vakuumläggaren kommer att kunna bidra till en god arbetsmiljö i och med dess tysta arbetsgång.

- Hög beläggning

Maskinen nyttjas till en nivå motsvarande 60-70 procent, vilket får anses vara godkänt som enskild maskin och det ska definitivt inte ses som något negativt i linjens helhetsperspektiv eftersom det inte är flaskhalsen. En temperaturökning från 40 °C till 50 °C i limfogen innebär att två block till per skift med lätthet skulle kunna produceras. Vad temperaturerna innebär och vad de ger för effekt tas upp i avsnittet om vakuumpressarna. Teoretiskt sett innebär nyttjande graden att man i framtiden skulle kunna förse ytterligare en press med block vid en temperatur i limfogen motsvarande 40 °C men det är dock inte möjligt vid 50 °C.

Nackdelar:

- Produktionsstopp

Då portalen av någon anledning inte fungerar kommer hela linjen påverkas negativt, eftersom att samtliga moment i så fall måste skötas manuellt.

- Manuell placering av tolvetersbrädorna.

Det är inte en optimal lösning att tolvetersbrädorna läggs ut manuellt. Däremot är det en acceptabel lösning tills vidare, eftersom flaskhalsen inte påverkas negativt.

8.4 Limutrustning

Företag: Mixon AB

Kontaktpersoner: Per-Anders Lindgren

Ett inledande samtal om limappliceringsutrustning fördes med Akzo Nobel men på grund av fullbeläggning valde företaget att inte gå vidare med denna förfrågning. Istället rekommenderade de Mixon AB, vilka de har ett samarbete med. Stefan Lindberg, Akzo Nobel AB, försäkrar att Mixon's limutrustningar är fullt tillförlitliga att använda för Akzo Nobel limsorter.

Mixon's företrädare föreslår att nyttja en automatisk limappliceringsutrustning, där utrustningen monteras på en portal som arbetar över monteringsbordet och lägger lim och härdare separat. Förslaget bygger på att ett appliceringsrör positioneras för vardera tolvetersbrädans placering. Munstyckena är sedan justerbara i sidled, för att anpassas till dimensionsförändringar av väggen. Limmet hanteras i ett slutet och lufttätt system från leveransbehållaren till applicering. Appliceringen styrs så att limspridaren startar exakt när lamellen kommer under appliceringsröret och stängs av när lamellen lämnar den via en fotocell.

Lim och härdare doseras och trycksätts i hydrauliskt drivna doseringspumpar, vilka är elektriskt synkront kopplade genom en värdesuppföljning. Förre doseringspumpen sker även filtrering av lim och härdare för att avskilja större partiklar, som kan påverka såväl doseringspumparnas funktion som blockering av spridarröret. Utrustningen är även försedd med ett kontrollsystem, vilket kontinuerligt kontrollerar att fördelningen mellan lim och härdare samt förbrukad mängd lim är korrekt via en flödesmätare. Dessutom finns det möjlighet till manuell doseringskontroll via provtagningskranar.

Det bör även poängteras att en utrustning, då lim och härdare kontinuerligt blandas i en statisk mixer i direkt anslutning till appliceringen, valts bort. Det skulle enbart bidra till ett allt för stort spill, då behållaren måste tömmas med jämna mellanrum. Eftersom limmet kan kategoriseras som snabbt, härdas limmet i appliceringsröret vid längre väntetider.

Dagligt underhåll sker via ett integrerat renspolningssystem, som bidrar till en snabb rengöring med små mängder vatten, utan att några detaljer behöver demonteras dagligen.

Kapaciteten begränsas till läggarens förflyttningshastighet och tar med den befintliga utrustningen sex minuter/väggblock. Tiden för limningen minimeras på ett maximalt sätt genom att samtliga tolvetersbrädor i ett lager beläggs med lim samtidigt. Hastigheten för appliceringen kommer inte att kunna ökas med en portal enbart för limapplicering utan enbart fördyra konstruktionen.

8.5 Utvärdering

Fördelar:

- Utrustningen uppfyller de krav som ställs för att kunna tillverka efterfrågad volym vägg. Det finns därtill möjlighet att som vid den övriga monteringsstationen att fördubbla produktionen utan problem.
- Det lufttäta systemet innebär att limmet inte påverkas av luften och att personalen slipper exponeras för onödiga limgaser.
- Den enkla styrningen av de olika appliceringsrören i sidled är en billig och enkel konstruktionslösning. Ställtiden motsvarande två minuter var fjärde vecka för detta moment och blir obetydlig i det stora sammanhanget.
- Enbart standardutrustning kan användas, vilket påverkar priser positivt.

- Doseringsaggregatet uppfyller en mycket hög noggrannhet och motsvarar kontrollinstitutets gränser.
- Då ett appliceringsmunstycke placeras över vardera brädas position behövs endast en arbetsrörelse per lager lim och härdare genomförs.
- Då lim och härdare appliceras separat innebär det att materialförlusterna vid avbrott eller vid arbetsdagens slut är nästintill obetydliga.
- Rengöringsförfarandet kan ske snabbt och enkelt utan demontering av detaljer och med minimalt spolvattenförbrukning.

8.6 Vakuumpress

Företag: JBO-Teknik AB

Kontaktpersoner: Bo Sundström, Sören Erixon

En vakuumpress, vilken kan konstrueras utifrån kundens behov, pressar väggblocket med hjälp av det undertryck som maskinen bygger upp via en vakuumpump. Pressningen kan till exempel ske i skiftbara kassetter eller med en stationär pressplatta. För att påskynda härdningen kan kassetterna/pressplattan förses med el- alternativt vattenvärme. I en vakuumpress ingår även ett styr- och manöverskåp från vilken det är möjligt att kontrollera värmemängd, vakuumtryck och presstid.

Företaget, JBO-Teknik AB, rekommenderar för detta ändamål att nyttja två vakuumpressar i två skift för att uppnå den efterfrågade volymen väggelement. Cykeltiden för vardera pressningen kommer uppskattningsvis att bli 105 min, enligt bilaga E, fogens temp 40 °C och viktandel lim:härdare 100:50/100:100, med en total ladd- och tömningstid på ungefär fem minuter. Ett utförligare resonemang förs längre ned i detta avsnitt där olika parametrar varierar och hur det påverkar cykeltiden. Detta skulle resultera i en tillverkningspotential motsvarande 144 meter vägg då den sista pressningen sker efter att skiftet avslutats. Utrustningen kommer att förses med en vattenburen pressplatta i keramiskbetong, på vilken blocket placeras. Keramikplattan har god resistans mot kemikalier och en låg friktion, då väggen ska skjutas på plats efter montering. Utrustningen är därtill försedd med en sugsgarg, vilken drar till sig pressduken och skapar lufttätt. Pressduken kommer att vara av gummimaterialet betyl. Ett material som är både starkt och smidigt att arbeta med och lätt att laga vid eventuella hål eller revor. Vid byte av väggelement rullas duken upp på en vinda för att sedan dras ut när väggblocket lagts på plats. Inbyggt i pressens stomme kommer det att finnas en accumulering, vilken har till funktion att snabbt uppnå rätt arbetstryck samt att få duken att tätas bättre och snabbare. Utrustningen kommer att arbeta under 80 procent vakuum då hänsyn har tagits till läckage. Det potentiella trycket i limfogen kommer enligt konstruktören uppgå till 230 kg/dm². Personalbehovet vid pressen är liten och enbart nödvändigt då pressen ska laddas eller tömmas.

8.7 Utvärdering

Fördelar:

- Låg investeringskostnad samt få ingående komponenter som kan orsaka produktionstörning.

Investeringskostnader är märkbart lägre än andra pressalternativ. Uppskattningsvis motsvarar en vakuumpress endast tio procent av investeringskostnaden för en Hf-press anpassad till detta ändamål.

- Låg driftskostnad.

Driftskostnaden är låg, då det gäller energiförbrukning, och kan jämföras med en Hf-press som uppskattningsvis kräver ett aggregat på ungefär 1 kw per min och 0,5 kg trä som ska pressas. Därtill uppgår pressens verkningsgrad till 50-55 procent.

- Kräver ett litet personalbehov.
- Värmetillförsel.

Värmetillförsel är en fördel i limningssammanhang, då härdningen kan påskyndas. Varje tio grads ökning i limfogen innebär i princip en halvering av härdtiden. I detta fall resulterar en värme motsvarande 40 °C i limfogen att presstiden kan reduceras från 180 min till 99 min. Hur presstider och värme är beroende av varandra tas upp i slutet av detta avsnitt.

Nackdelar:

- Pressen uppfyller inte föreskrifternas rekommenderade tryck

Det rekommenderade presstrycket uppfylls inte men Akzo Nobel's kontaktperson, Stefan Lindberg, menar att pressens tryck är fullt tillräckligt förutsatt att virkets ytor är plana då limmet inte är fogfyllande. Försöksväggar som tidigare tillverkats har gjorts i en vakuumpress, vilket gett ett tillfredställande resultat.

- En press uppfyller inte den efterfrågade kapaciteten per skift.

Den relativt låga kapaciteten kompenseras till stor del av den billiga investeringskostnaden. I och med att man väljer att producera i två pressar och med värmetillskott är det möjligt att uppfylla den efterfrågade volymen, 110 meter vägg per skift. Dessutom är volymen genomförbar att producera med en låg bemanning eftersom det finns möjligheter att utföra flera moment under tiden väggblocket ligger i pressen.

- Långsam värmetillförsel till limfogen.

Sättet att värma upp limfogen är inte optimal, då tiden för att värma igenom träet i genomsnitt uppgår till en millimeter per minut.

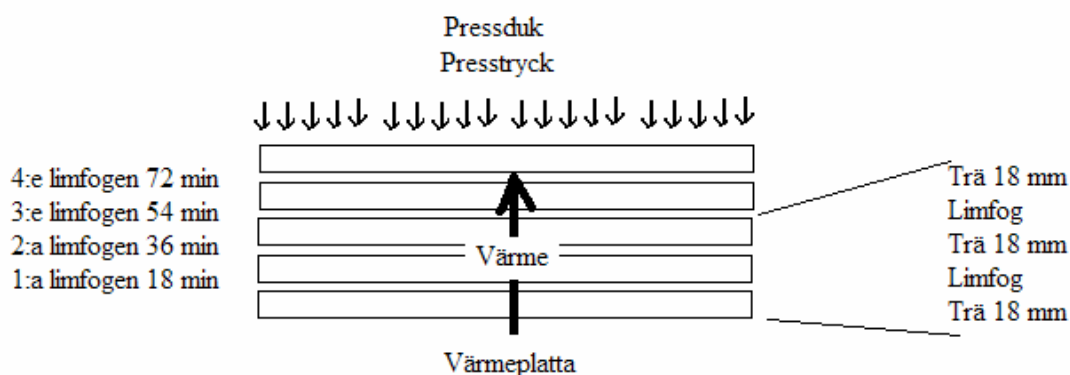


Fig 14. Figuren visar en genomskärning av väggelementets fem lager. Värmen rör sig från pressplattan uppåt mot pressduken med uppskattningsvis 1 mm/min.

Temp i pressplattan (°C)	Presstid med enbart värme från pressplattan	Antal väggar per skift
20	180	6
30	126	8
40	99	10
50	86	12
60	79	12

Tabell 2. Tabellen visar hur presstiden variera med temperaturen i pressplattan och antalet väggar som kan produceras. Kapaciteten, antal väggar per skift är beräknad med två pressar.

Enligt rådande förutsättningar skulle pressplattan först ge effekt efter 72 minuter då värmen hunnit nå den limfog som ligger längst bort från värmekällan. Vid en temperatur på 40 °C innebär det att vardera presscykel kan minskas med 81 minuter. Vid en temperatur på 60 °C innebär det att vardera pressning kan minska med 101 minuter osv. I detta fall finns förutom värmeledningsförmågan ytterligare en begränsandefaktor som man måste ta hänsyn till. Vid en temperatur över 40 °C kan kådflytning börja ske, det ökar därefter exponentiellt med temperaturen upp till 80 °C, vilket inte är önskvärt i det synliga skiktet. Toretiskt innebär det att den maximala temperaturen i pressplattan är 40 °C. Det innebär att tio väggar per skift kan produceras eller maximalt 120 meter vägg. Det ställda kravet på 110 meter vägg per skift skulle i det fallet kunna uppfyllas. Vidare är det troligt att man kan utsätta virket för 50 °C, utan att för den sakens skull vara orolig för kådflytning

8.8 Förvärmning av virke

Ett alternativ till uppvärmningen i pressplatan är att förvärma virket med hjälp av värmestrålning och luftvärmecirkulation, innan det läggs samman och belimmas. För att

undvika torksprickor är det möjligt att reglera luftfuktigheten i kammaren. Redan vid en virkestemperatur på 30 °C är denna metod effektivare dvs. cykeltiden minskar snabbare i detta fall än om värmeförseln enbart kommer från pressplattan.

Temp i limfog (°C)	Presstid med förvämt virke (min)	Antal väggar per skift	Antal m vägg
20	180	6	72
30	75	13	156
40	45	20	240
50	25	34	408
60	12	54	648

Tabell 3. Tabellen vissa presstidens längd som funktion av virkets värme när det läggs samman i blocket.

Virke är som tidigare nämnts ett material med låg värmeledningsförmåga, vilket i detta fall är positivt. För att ytterligare begränsa borttransporten av värme skulle man med enkelhet i båda fallen kunna lägga en frigolitram runt väggblocket innan pressning, framför allt för att undvika luftcirkulation inuti blocket. Trots de till synes lovande produktionssiffrorna som åskådliggjorts ovan är detta inte ett alternativ. Anledningen är att den slutna limningstiden minskar drastiskt och limmet hinner därmed förhärda innan presstrycket appliceras.

Diskussioner med Stenlund Maskiner & Trading AB har förts angående möjligheten att nyttja en högfrekventpress eller en hydraulpress. Samtal har dock inte fortskridit då Plusshus anser att investeringskostnaderna, 4-5 milj, är allt för höga i detta initiala skede av tillverkningsprocessen.

Det har även genomförts ett test för att se hur den högfrekventa strömmen skulle uppträda i väggen. Ett av dem utfördes hos Högfrekvens Teknik AB, i Norrtälje. Limmet som nyttjades var lim 1247 med härdare 2526 vid ett förhållande av 1:1. Väggen byggdes samman med brädor av dimensionen 22*95 mm, med luftfickor enligt ritning i två lager, i ett kvadratmeter stort stycke. Resultatet var positivt, strömmen uppträdde på ett bra sätt och gav en önskvärd effekt. Det är utifrån försöken möjligt att nyttja denna pressmetod, menar Conny Kuller.

Akzo Nobels företrädare rekommenderar att använda högfrekventström vid härdning av fogen för att åstadkomma ett effektivt flöde av produktionen. De tillägger dock att HF är väldigt speciellt, då två identiska maskiner från samma leverantör kan uppvisa helt skiljda egenskaper.

Inga ytterligare diskussioner angående Hf-pressning förs i rapporten, då detta alternativ inte är aktuellt i dagsläget.

8.10 Bearbetningsstation

Företag: Ejderstedts & Fröding AB

Kontaktperson: Lennart Abrahamsson

En inledande diskussion angående en portabel bearbetningsmaskin har tagits med Ejderstedts & Fröding AB. Okänd orsak har dock bidragit till att offert och specifik information från återförsäljaren om maskinen tyvärr dröjt. Information om denna maskin har istället inhämtats dels från tillverkarens hemsida dels från Ola Hedlund, fabrikschef, på Martinssons.

Portalbearbetningscentrum, PBA, är en maskin av märket Hundegger och tillverkas i Tyskland. Maskinens stora räckvidd gör att man kan bearbeta byggkomponenter av en bredd upp till åtta meter och en tjocklek på 48 centimeter från fem olika sidor. Portalen kan utrustas med upp till sex olika verktyg. Med dessa är det möjligt att göra längsgående snitt, vilka även kan vinklas och/eller lutas. Vidare finns möjligheten att fräsa olika öppningar, bottenhål och/eller borra genomgående hål. Alla bearbetningar sker utan verktygsväxlingar, vilket minimerar produktionstiden. De resterande verktygen placeras i en verktygsväxlare, där upp till elva olika verktyg kan placeras, och beroende på bearbetning. Där växlas rätt verktyg automatiskt fram ur magasinet som styrs av PBA-programmet. Till Hundeggers PBA-program kan information automatiskt överföras från konstruktion- eller CAD-program, eller matas direkt in i programmet. Den grafiska skärmen visar till exempel vilka snitt som görs och vilka som är gjorda. Därtill finns det ett flertal olika funktioner där maskinanvändaren kan mata in och/eller ändra bearbetningsutförandet direkt på skärmen.

Hedlund menar att maskinen arbetar med en hög precisionssäkerhet inom en millimeters noggrannhet med både klinga och fräs. Större måttvariationer kan dock förekomma med andra typer av verktyg. Väggen placeras innan bearbetning mot ett anhåll och därefter tar maskinen ut ett riktmärke i blockets ena hörn via ett laserkryss. Vidare hålls väggen på plats med hjälp av en vakuumblocka. Hedlund uppskattar att en anpassning, av tolv meters block av enklare sort, kräver en bearbetningstid på ungefär 12-15 min. Därtill uppkommer det idag en programmeringstid motsvarande samma storlek, då de inte kan nyttja ritprogrammets information direkt. För övrigt upplever han inga direkta problem med vare sig maskinen eller dess verktyg, under de fyra år maskinen varit i drift. Spånutsuget har dock inte varit optimalt, vilket till största del beror på deras val av lokal och plats. En grovt uppskattad driftskostnad är i storleksordningen 20 000 kr per år för el, slipning av verktyg osv.

8.11 Utvärdering

Positivt:

- I och med att alla verktygsbanor är fritt programmerbara och att det finns ett stort antal verktyg att nyttja ger det en väldigt mångsidig maskin.
- Maskinen har hög precisionssäkerhet.

Den efterfrågade noggrannheten torde gå att uppnå utifrån att Mattelin på Stenbergs har informerat om att deras automatiska skivsågar arbetar med en noggrannhet på +/- 0,1 mm per meter. Hedlunds uppfattning, om maskinens noggrannhet, bör kunna ses som en vägledning om maskinens potential och tillsvidare ej tas helt bokstavligt tills en djupare diskussion förts med maskinleverantören i och med att Martinssons maskin trots allt är ett par år gammal och att utveckling på detta område säkerligen skett. Vidare går det att konstatera att noggrannheten bortsatt från höjdmåttet är tillräckligt tillfredsställande.

- Relativt kort bearbetningstid
- Litet behov av personal under drift.

Negativt:

- Maskinen blir relativt dyr då arbetsbelastningen kommer att vara tämligen låg.

Det kan tänkas att maskinens pris kan komma att sjunka något beroende på skillnader i utrustningen mellan den efterfrågade maskinen och den som legat till underlag för beräkningen.

- Programmering

Att inte kunna nyttja data direkt från ritprogrammet bör ses som en betydande förlust. Kravet att detta ska kunna ske bör noggrant följas upp. Kostnadsberäkningarna bygger på att programmering måste ske.

Det kan tyckas att studien borde ha genererat i en utvärdering mellan flera olika bearbetningsalternativ. Det ska dock förtydligas att företag som Sågspecialisten AB och Stenbergs AB har efter övervägande tackat nej till att delta i detta upphandlingsförfarande. Det ska därtill tilläggas att denna maskin är en standardmaskin utvecklad för just detta ändamål och bör därför vara billigare och mer driftssäker än att till exempel att ta fram och specialanpassa en helt ny maskin.

8.12 Kompletterande utrustning till tillverkningslinjen

I detta avsnitt beskrivs kompletterande utrustning utmed hela linjen för att kunna sammanfoga olika moment.

Förslagen på utrustning som getts för olika moment här nedan ska enbart ses som rekommendationer. De priser som är markerade med en stjärna har antingen plockats ur företagets prislister på Internet eller uppskattats utifrån tidigare inköp av Plusshus. Övriga prisuppgifter har företagen lämnat muntligt av säljande företag eller via en skriftlig offert.

- **Hjullist**

De tolv meter långa brädorna transporteras med fördel in till kapstationen via hjullister.

Företag: Moving Hjulex AB
Utrustning: Hjullist
Modell: HL ST 10
Pris: 44 568 kr

- **Kap med spånsug**

I anslutning till monteringsbordet bör tolv-metersbrädorna kunna längdanpassas innan monteringen. Här är det framför allt viktigt att använda en spånsug, för att inte spån och damm ska komma i kontakt med limmet.

Företag: Lövängers Maskin AB
Utrustning: Kap- och geringssåg
Modell: DeWalt DW701 216 mm elektronisk kap-/geringssåg
Pris: 4 796 kr*

Företag: Lövängers Maskin AB
Utrustning: Spånsug
Modell: Pace FM-300
Pris: 1 596 kr*

- **Motorlyft vagn**

För att ta fram och förse vakuumplockaren med nya komponentsatser krävs det att personalen har tillgång till en smidig och lätthanterlig utrustning. Förslagsvis används en batteridrivna motorlyftvagn. Anledningen till att inte använda en enklare gaffelvagn är att vardera pall kommer att väga närmare 1000 kilo och dessutom vara svårhanterliga på grund av komponenternas längder. Därtill krävs att pallarna kan placeras med stor precision, för att komponentplockaren ska kunna plocka både limfog och brädsikt.

Företag: Witre
Utrustning: Motorlyftvagn
Modell: Motorlyftvagn
Pris: 23 775 kr*

- **Spikpistoler**

Vid monteringsbordet kommer det att behövas två spikpistoler placerade på vardera långsida om monteringsbordet, då limfogen och brädorna ska fixeras under tryck.

Företag: Lövängers Maskin AB
Utrustning: Spikpistol
Modell: DeWalt D51823 90 mm 34° spikpistol
Pris: 7 454 kr*

- **Vakuumlyft**

För att minimera att märken uppkommer på väggen är det lämpligt att införskaffa en vakuumlyft. Vakuumlyften består av en vakuumpump, som är en energisnål lösning då den drivs via tryckluft. Lyftkonstruktionen bidrar för övrigt till ett lågt underhåll då inga rörliga delar finns. Delar som kommer att kunna behöva ersättas t.ex. sugkoppornas gummidetaljer, är anpassade för snabba byten. Utrustningen består av flera sugkoppar, vilka separat kan stängas av vid t.ex. lyft med redan bearbetade väggar. I priset ingår även vakuumvakter som ger klart-för-lyft signal. En annan fördel med vakuumlyften är dess tysta arbetsgång i lokalen.

Företag: PD LiffTec AB
Utrustning Vakuumlyft
Modell: PD vakuumverktyg 1500
Pris: 86 500 kr

- **Travers**

Det kommer att vara nödvändigt att införskaffa en travers för att förflytta väggarna från pressen till CNC maskinen samt vidare till en vagn för uppställning av väggarna. Det företag, vilket kontaktades rekommenderar att nyttja en traverskran med två telfer, för att åstadkomma en balanserad och säker transport. Drivningen är elektrisk och traversen är utrustad med radiostyrning. I priset ingår även montering, leverans samt en långtidsgaranti.

Företag: Carlsson & Hagman AB
Utrustning: Traverskran
Modell: ABUS enbalksrälsgående traverskran typ ELV
Pris: 255 700 kr

- **Vagn**

Då väggarna är bearbetade kan de lämpligen ställas alternativt läggas, då hänsyn tagits till lokalens höjd, på en vagn för att vidare kunna härdas samt enkelt kunna paketeras och transporterats ut ur lokalen.

Företag: Randek BauTeck AB
Utrustning: Vagn för uppställning av väggblock
Modell: Liknande modell som Plusshus redan har i Arvidsjaur.
Pris: 75 000 kr*

- **Containrar**

Tre mindre containrar för att slänga skräp kommer att behövas. Två för brädspill, en vid monteringsstationen och en vid CNC maskinen samt en för emballage vid monteringsstationen.

Företag: Witre
Utrustning: Container
Modell: Tippcontainer öppen med hjul, 900 l
Pris: 14 016 kr*

- **Klyv- och justersåg med spånsug**

Det kommer i anslutning till monteringsbordet vara nödvändigt att kunna kapa limfogsskivorna till rätt dimension, för att på så sätt kunna minska spillet. Även vid denna station är det viktigt att minimera damm och spån.

Företag: Lövångers Maskin AB
Utrustning: Klyv och justersåg
Modell: Wolftech TKS-10
Pris: 12 995 kr*

Företag: Lövångers Maskin AB
Utrustning: Spånsug
Modell: Pace FM-300
Pris: 1 596 kr*

- **Portar**

Två portar är i detta fall nödvändigt, dels vid intag av material och dels vid uttag av färdiga väggar. Med fördel bör portarna kunna styras från trucken, för att kunna bespara både arbetsmoment och värme. Någon port för intaget av tolvetersämnen kunde inte något av företagen erbjuda i sitt grundutbud. Ett alternativ kan vara att nyttja en transparent köldridå.

Företag: Albany Door Systems AB
Utrustning: Industriport för utomhusbruk, utrustad med elektrisk styrning från truck.
Modell: -
Pris: 72 000 kr inkl montering

Företag: Lantmännen Nordpost AB
Utrustning: Köldridå med skena och beslag
Modell: Ridå polar-PVC 400*4 mm
Pris: 21 236 kr*

- **Belysning**

Belysning är av stor vikt, både för en god arbetsmiljö men också möjligheten till att kunna utföra till exempel kvalitetskontroller på ett bra sätt. Strategiskt placerade lysrör bör därför finnas utmed hela linjen och som kan komplettera den befintliga. Priset är beräknat för 20 stycken lysrör.

Företag: Elbutik AB
Utrustning: Lysrörsarmatur
Modell: Poseidon, IP 65 D- märkt
Pris: 10 600 kr*

8.13 Personalbehov

Personalbehovet vid tillverkningslinjen, ej inkluderat truckförartid, för att t.ex. hämta material, föra bort färdiga väggar eller lasta/lossa lastbilar, uppskattas nedan per vecka vid enkelt skift. Vidare bygger beräkningarna på att tio väggar tillverkas per skift.

Arbetsuppgifterna för dessa personer kommer enligt följande att bestå av:

- Hantera och förse monteringsstationen med material på pallar. 2 +/- 0,5 mantim.

Uppskattningen bygger på att sex pallar material förs fram vardera dag och att det tar fem minuter per gång.

- Längdanpassa de långa komponenterna samt limfogsskivorna manuellt. 17 +/- 2 mantim.

Tidsintervallet, motsvarar tiden, 20 minuter per vägg, som det tar för en person att måttanpassa brädorna samt en limfogsskiva.

- Övervaka den mekaniska monteringen samt spika fast komponenter. 54 +/- 5 mantim.

Detta moment innerfattar tiden för utplacering med vakuumläggaren och spikning, 18 minuter/tolvmeters väggblock, limning, 6 minuter/tolvmeters väggblock, manuellplacering av tolvetersbrädorna, 8 minuter/tolvmeters väggblock, samt programmering av läggaren 1 min/tolvmeters väggblock. Momentet beräknas kräva två operatörer, dels för spikning, dels för utplacering av tolvetersbrädorna.

- Kvalitetskontroller av material och väggar. 4 +/- 1 mantim.

Kvalitetskontroller bör ske ofta och upptar ett relativt litet tidsbehov. Den avsatta tiden motsvarar fem minuter per vägg.

- Momenten vid, i och urlastning av pressarna. 7 +/- 1 mantim.

Momenten i anknytning till pressen måste minimeras så mycket som möjligt. Intervallet motsvarar maskinernas ställtid, då två personer är delaktiga.

- Bearbetning av väggarna till avsedda mått samt programmering av maskin. 25 +/- 3 mantim.

Bearbetningen av väggblock är beräknat att skötas av en person. Den avsatta tiden innefattar 15 minuters bearbetning och 15 minuters programmering per block.

- Förflytta färdigpressade väggar till CNC-maskinen samt ställa upp dem på vagn och lastsäkra dem. 8 +/- 2 mantim.

Momentet förflyttning är beräknat till 2 minuter per lyft och 5 minuter för att lastsäkra väggen.

- Underhåll av maskiner. 2 +/- 0,5 mantim.

Tiden för underhåll av maskiner bör vara minimalt. Tiden innefattar rengörning av limutrustning samt eventuella byten av reservdelar och klingor.

- Hantering av spill och emballage. 6 +/- 1 mantim.

Detta arbetsmoment innefattar städning framför allt av spillbitar men även av uttagna block för dörrar och fönster vid CNC maskinen. Beräknad tid är 5 min per vägg.

- Övrig tid. 8 +/- 4 mantim.

Övrig tid innefattar t.ex. förflyttningar mellan olika moment, förberedning av nästkommande moment osv.

Det totala personalbehovet per vecka bör sannolikt inte överstiga 130 +/- 20 mantimmar. Personalbehovet överstiger därmed det ställda personalbehovskravet med igenomsnitt tio mantimmar i veckan, vilket till stor del beror på presstidens längd.

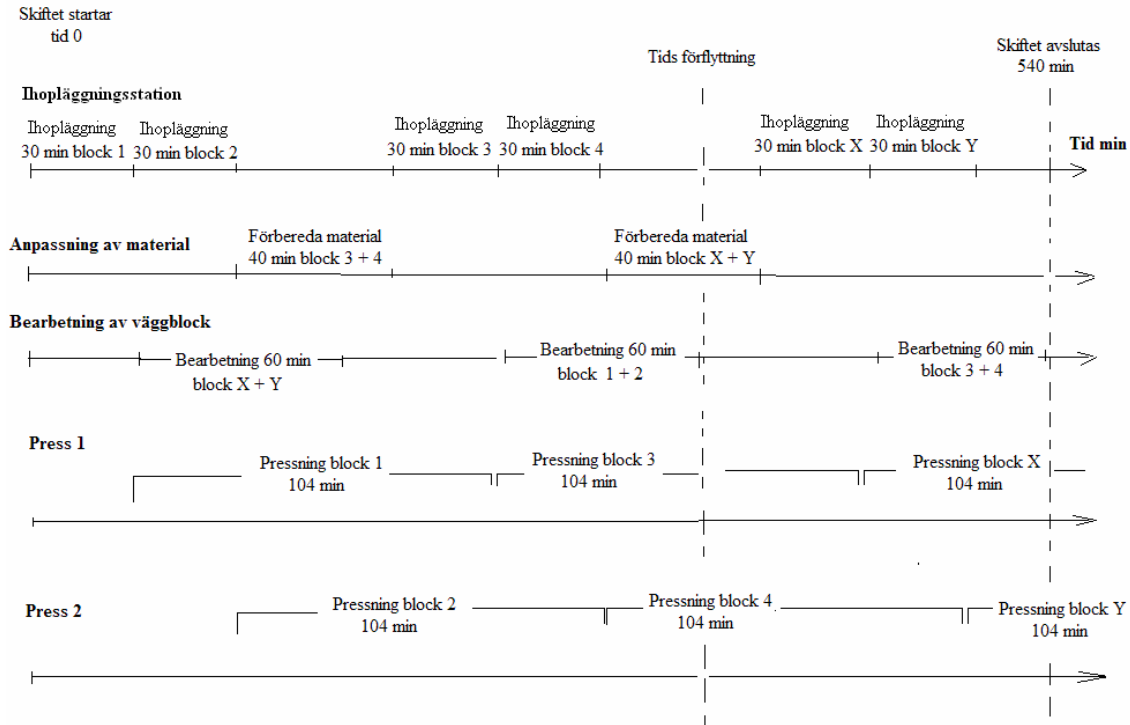


Fig 15. Figuren visar en tidfördelningen under en lop.

Det går att konstatera att vid ett gynnsamt utfall skulle linjen kunna drivas med tre operatörer, enligt den schematiska figuren ovan. Det förutsätter att de får understöd då det gäller leveranser av material och hämtning av färdiga väggar samt spill. Som figuren visar kommer pressarna arbeta med en förskjutning till varandra motsvarande ihopläggningen av en vägg. Vidare kommer den sista pressningen i vardera press att ske först efter att skiftet är avslutat. Det får till följd att bearbetningsstationen startar med att bearbeta föregående skifts väggblock. Utifrån tidsschemat går det konstatera att operatörerna vid ihopläggningsstationen, som även bör ansvara för förberedandet av material, kommer till synes att vara fullt sysselsatta med dessa moment. Däremot kommer det säkerligen, för den tredje operatören förslagsvis stationerad i bearbetningsstationen, att bli en del tid över för att sköta olika typer av underhåll och framtagning av material till ihopläggningsstationen.

8.14 Flödeslayout av material och arbetsmoment utmed linjen

Denna layout visar hur materialet kommer att transporteras under tillverkningen.

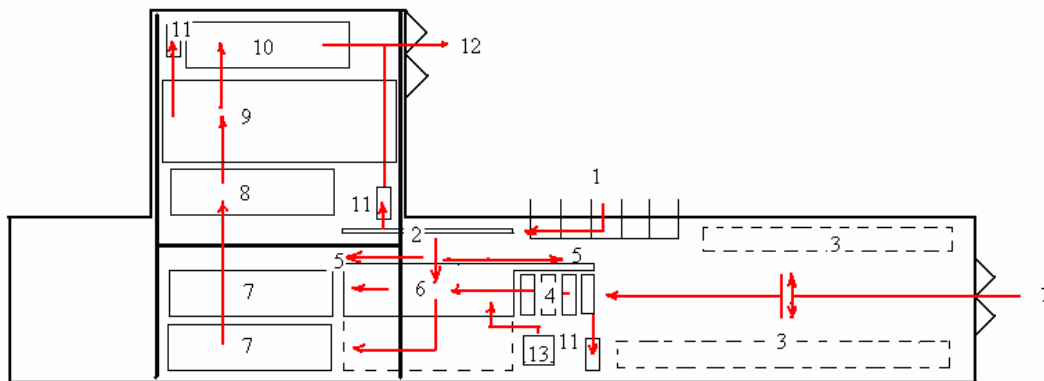


Fig 16. Visar förslaget 1 som framtagits över hur flödet av material kommer att se ut i den tänkta layouten.

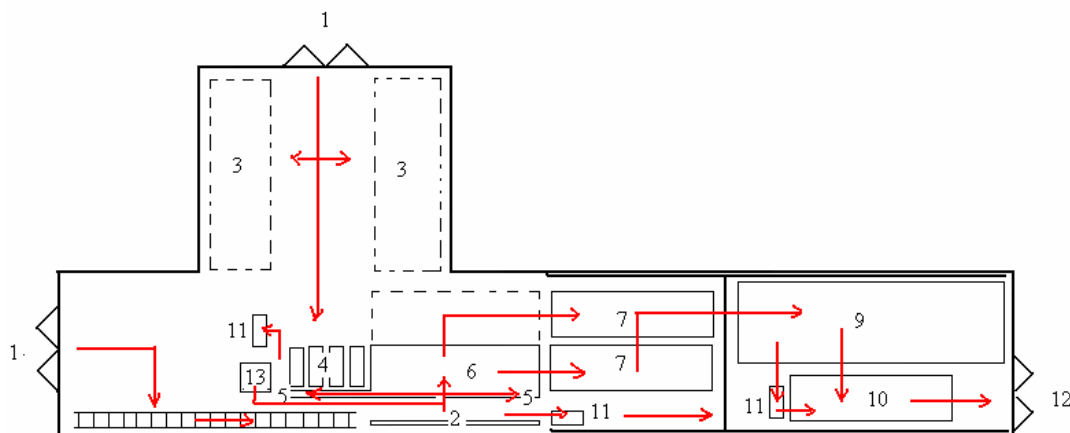


Fig 17. Visar förslaget 2 som framtagits över hur flödet av material kommer att se ut i den tänkta layouten.

1 → 2. Virkespaket av längden tolv meter förs manuellt in via en hjullist till kapen för manuell längdanpassning. Fördelarna med rullisten är att detta moment tar liten plats. Nackdelen är att momentet måste ske manuellt. Här bör kvalitetskontroll av ingående material ske.

1 → 3. Virkespaket av längder upp till 3,1 meter samt limfogsskivor transporteras in via porten, för att vid behov placeras i ett buffertlager. Hur man väljer att nyttja detta område bör vidare diskuteras, eftersom möjligheten finns att både lagra och värma upp ingående komponenter, låta färdiga väggar härda ut här eller nyttjas för annan verksamhet.

3 → 4. Virkespaket och limfogsskivor transporteras via en motorlyftvagn till vakuumplockaren. Här bör kvalitetskontroll av ingående material ske.

4 → 6. Vakuumplockaren lägger ut komponenter på monteringsbordet och trycker komponenterna i sidled, så att mellanrum elimineras. I samband med detta moment sker även manuell spikning av komponenterna i väggens över- och underkant. Här bör kvalitetskontroll av ingående material ske.

4 → 11. Här emellan förs eventuellt emballage som finns på paketen och som tas in i lokalen.

5 → 5. Utmed denna linje förs limspridaren och vakuumplockaren.

2 → 11. Från kaben till containern förs det spill som uppkommit. Vid längre spillbitar är det möjligt att placera en pall, på vilken dessa komponenter kan staplas för återanvändning.

2 → 6. Från kaben till monteringsbordet förs tolveterslängderna manuellt. Dessa komponenter bör kapas efter att pressarna har fyllts, för att finnas klara till nästa monteringsats.

13 → 6. I klyv- och justersågen kommer det att vara möjligt att anpassa limfogsskivorna till blockets längd, för att minimera spill. En aktivitet som bör genomföras innan väggen ska läggas samman.

6 → 7. När en vägg är monterad förs monteringsbordet till ett läge framför någon av pressarna för sedan mekaniskt skjuta av den.

7 → 8. Från pressarna förs väggblocken via en travers till en buffert innan bearbetning. Denna buffert kommer att vara nödvändig, då enbart två operatörer arbetar i linjen, eftersom man kommer att bli tvungen att tömma pressarna samtidigt som väggar ska monteras samman och återigen fyllas på.

8 → 9. Från bufferten förs väggblocken via traversen till bearbetningsstationen. Där ska måttanpassning och hålltagning ske under tiden väggblocken ligger i pressen och fram till nästa monteringsmoment av väggar påbörjas. Här bör kvalitetskontroll av ingående material ske.

9 → 11. Här förs det spillmaterial som man erhållit vid bearbetningen. Mindre bitar läggs i containern, större bitar som uttag för fönster alt. dörrar läggs på en separat pall och återanvänds om möjligt.

9 → 10. Efter bearbetningen ställs väggarna, via traversen, upp på en vagn.

10 → 12. Vagnen med väggarna förs ut via porten för att kunna efterhärda i tempererad miljö.

11 → 12. Via denna väg kommer allt spillmaterial kunna föras bort.

8.15 Utvärdering av layouter

Fördelar:

- Det skapas ett rakt flöde i båda fallen.

Allt material tas in via en/två sektioner i byggnaden och förs ut genom en annan. Detta bidrar till att korsande materialflöden undviks.

- God översikt.

Oavsätt vilken operation som sker är det alltid möjligt att ha kontroll över de två moment som utförs, t.ex. pressning och bearbetning av väggen eller pressning och montering av väggen.

- En travers.

Det är möjligt att nyttja en travers för att genomföra förflyttningar av samtliga väggblock.

- Det finns ytterligare utrymmen att nyttja i lokalen i båda fallen.

Det överflödiga utrymmet kan förslagsvis nyttjas för uppvärmning och lagring av material eller för uppställning av en paketkap.

- Begränsad personalförflyttning.

Förflyttning av personal sker inom en relativ koncentrerad yta och layouten bidrar till att minska korsande och längre förflyttningar.

- Buffert

Det kommer att finnas möjlighet med en buffert av väggar innan CNC maskinen, för att kunna reglera arbetet på bästa sätt med två operatörer. I fall 2 kan det tänkas att ett färdigpressat väggblock läggs upp på den press som är fylld med material, vilket enbart skulle vara en fördel då trycket ökas.

Nackdelar:

- Lokalen nyttjas inte optimalt

De givna lösningsförslagen på layouter bidrar inte till en optimal nyttjandegrad av lokalens yta. För att på ett bättre sätt ta till vara på de resterande resurserna, i form av uppvärmd lokal, kan det tänkas att man nyttjar resterande del för uppvärmning av material och/eller annan produktion.

8.16 Informationsflöde

Informationsflödet kring linjen bör vara utformat så att arbetsordrar levereras från kontoret minst en arbetsdag innan tillverkning. På så vis finns det möjlighet att planera både framtagning av material, omställning av maskiner samt omstrukturering av arbetsordningen vid eventuella fel och omarbetningar. I arbetsordern bör det finnas information om mått på ingående och utgående material, mängd i antal, leveransdatum, artikelnummer och leveransordernummer etc. Vid linjen bör det även finnas ritningar över de block man ska tillverka. Efter varje bearbetad vägg bör märkning göras, för att underlätta senare identifiering.

8.17 Materialbeställning

Då processen i hög grad är beroende av limmets öppning- samt slutningstid, får det inte uppkomma materialbrister under hopläggning av väggen. Det är därför av största vikt att regelbundna kontroller genomförs av befintliga lager, för att undvika komplikationer och stillestånd. Material som står i anslutning till linjen bör kontrolleras efter varje ny laddning av pressen och därefter påkalla nytt material vid behov.

8.18 Linjens flaskhals

Pressarna är ur ett teoretiskt perspektiv linjens flaskhals. De bör därför alltid vara försedda med material. Vidare innebär det att hoplagda väggar alltid ska vara redo att föras in i pressen, innan pressen arbetat färdigt. Likaså ska lyftutrustningen alltid vara förberedd, för att man snabbt ska kunna lyfta bort en vägg. De parametrar som går att arbeta med kring detta moment är tiden för i- och utlastning av väggar, antalet pressar, limmets sammansättning och tillförd energi för att minska tiden för härdning.

- Tiden för i- och utlastning är inte obetydlig och motsvarar en kostnad på 1584 kkr/år i produktionsbortfall. Genom att engagera samtliga operatörer vid detta moment samt förbereda innan väggskifte i pressarna är det svårt att minimera den teoretiskt beräknade tiden, fem minuter, ytterligare.
- Antalet pressar är en stor faktor i detta sammanhang i och med att det finns ledig kapacitet att nyttja i de andra momenten. Fler pressar än två i ett första läge bör inte vara aktuellt. Den främsta anledningen är att lokalens utformning sätter begränsning till maximalt två, i och med att väggarna måste skjutas av från monteringsbordet till pressen för att undvika deformationer i blocket. En press till, vid en presstid motsvarande 99 min, skulle innebära en produktionsökning motsvarande 50 procent. Mer än tre pressar är inte lönsamt, eftersom ihopläggningsstationen inte kan lägga samma fler än tre väggar under 99 min.
- Vidare tyder samtliga beräkningar på att väggblock som förses med värme motsvarande 40 °C från pressplattan resulterar i en ökad produktivitet på cirka 65 procent, motsvarande 4 väggar. En ytterligare temperaturökning från 40 °C till 50 °C innebär en produktionsökning med 20 procent, motsvarande 2 väggar.
- Limmets sammansättning är en central parameter i detta sammanhang. Först och främst är det hållfasthetsegenskaperna som är det prioriterade och därefter möjligheten att finna ett lim vars egenskaper kan minska ledtiden. Enligt Akzo Nobels företrädare, Stefan Pettersson, är limmets slutliga sammansättning det sista momentet som sker när tillverkningsutrustning är vald och samtliga

förutsättningar finns tillgängliga. Limmets härdningstid styrs till största delen av värmeförseln i fogen. Generellt sker en fördubbling av reaktionshastigheten vid varje 10 °C höjning av temperaturen. Däremot bör som tidigare nämnts inte förvärmning av virket ske trots att virke med 30 °C minskar presstiden i betydligt större utsträckning än samma temperatur från pressplattan. För att hitta en likvärdig nivå, motsvarande virke uppvärmt till 30 °C, måste pressplattan leverera en värme motsvarande 60-65 °C. Det är inte genomförbart i och med att det finns en risk för kådflytning, då temperaturen överstigs 40 °C.

8.19 Kvalitetskontroll

Kontinuerliga och rutinmässiga kvalitetskontroller är av största vikt för att kunna producera en produkt med god kvalitet och säkerhet. Eventuella kvalitetsavvikelser bör rapporteras till den produktionsansvarige, för att felsökning ska kunna vidtas och felet åtgärdas i ett tidigare skede av produktionskedjan. I bilaga D ges förslag på en manual, vilken kan vara lämplig att följa.

8.20 Lager i lokalen

Då arbetet inte omfattas av detta område men är av stor betydelse för linjens helhet, berörs detta endast i en liten omfattning.

På grund av lokalens yta och linjens platsbehov finns det möjlighet att nyttja kvarvarande områden för uppvärmning av komponenterna eller uthärdning av färdiga väggar. Det är vid uppvärmning och lagring av trä viktigt att tänka på:

- Materialet staplas/ställs upp, så att det är lätt för operatörerna att finna de eftersökta materialsatserna, utan att behöva flytta på pallar med material.
- Materialet bör ställas med avstånd emellan, så att luft enkelt kan cirkulera.
- Tiden för uppvärmningen av material kan minskas genom att en fläkt sätts upp och som kan reglera luftflödet.
- Materialet bör i större utsträckning, än ett vanligt virkespaket, vara ströat för att kontaktytan till den omgivande luften ska kunna cirkulera och därmed uppvärmningen ska kunna ske snabbare.
- Det kan vara aktuellt med en fuktgivare, för att undvika deformationer av materialet om det ska lagras en längre tid.

När virket har en låg fuktkvot är det inte troligt att några torkskador ska uppkomma på grund av krympning och spänningar. Vidare är det föga troligt att skador på grund av en hög temperatur kommer att kunna göra sig gällande. I detta fall handlar det framför allt om att nyttja parametern tid på bästa sätt, för att få ett så bra resultat som möjligt.

Vidare är tanken med ett lager närliggande linjen att inte lagra större volymer än en till två dagars förbrukning utan istället enbart underlätta framtagning av komponenter till linjen i rätt tid. I stället ska större volymer lagras i den konditionerade och tempererade närliggande lagerlokalen. Beroende på väderförhållande och hur virket hanteras efter sågverket är det rimligt att räkna med att en veckas lagerkapacitet måste finnas tillgänglig. Detta utfalla kräver då en lagerkapacitet på ungefär 100 kbm.

9 Ekonomiska analyser

I detta kapitel behandlas de olika ekonomiska analysmetoder som använts. LCC-analysen har varit av stor betydelse och en stor del av kapitlet ägnas åt detta. Vidare behandlas även mer traditionella analysmetoder såsom Pay-off kalkylering.

9.1 LCC-analys

LCC är en förkortning av Life Cycle Cost, vilket kan översättas till livstidskostnad. Syftet med LCC är att ta fram totalkostnaden för ett objekt under hela dess livslängd. För att kunna beräkna totalkostnaden tas samtliga relevanta kostnader upp som kommer att påverka investeringen. Det innebär att en större vikt läggs på framtida driftskostnader, istället för att enbart fokusera på inköpspris. De främsta fördelarna som denna modell genererar är ett bra beslutsunderlag i samband med investeringar, utrustningar med god driftsäkerhet, lång ekonomisk livslängd samt låga underhållskostnader premieras.

LCC kan nyttjas i följande fall:

- För att rangordna olika investeringsalternativ
- Som hjälpmedel vid planerings och budgetering
- För att ställa krav och prioritera egenskaper

Generellt ställer LCC ett större krav på såväl köpare som beställare, eftersom mer detaljerad information behöver tas fram jämfört med traditionella investeringskalkyler. Modellens detaljeringsgrad är främst beroende av dess syfte. Vid jämförelse mellan olika investeringsalternativ krävs enbart de kostnader som särskiljer alternativen medan ett budgeteringsarbete ställer högre krav på detaljnivån (Schaub, 1989 ss. 7-9).

Arbetsmetoden när det gäller LCC kan sammanställas i följande fem steg.

- Det första steget innefattar en uppställning av utvärderingsvillkoret, vilket innebär att beslut tas om vad som avses mätas (Schaub, s. 13).

I detta fall valdes en kostnadsmodell som kunde redovisa LCC/kvm producerad vägg. Det fanns två anledningar till att just studera denna kvot. Den första anledningen var att få ett enkelt mått för att kunna särskilja eventuella produktionsalternativ från varandra. Den andra anledningen var att få en kvalificerad bedömning av vad produktionskostnaden per kvm vägg är, vilket kan ligga till underlag vid t.ex. försäljning.

Vid flera alternativa och likvärdiga förslag, som uppfyller de ställda kraven, kommer den produktionsutrustning som ger det lägsta kvotmålet rekommenderas.

- Det andra steget består av att identifiera kostnader av olika slag, som uppstår under det investerade objektets livslängd (Schaub, s. 13).

De kostnadselement som inverkar i modellen har kunnat identifieras utifrån kravspecifikationen, vilken var uppdelad i ett flertal olika områden som till exempel

personal- och underhållsbehov. Därefter bröts kostnadselementen ned i parametrar såsom i investeringskostnader och årliga kostnader för att sammanställas i en tabell.

Investeringskostnader har varit de kostnader som uppkommit vid anskaffandet av linjen t.ex. kostnader för inköp av maskiner och verktyg till dem, utbildning av personal samt montering av linjen. De årliga kostnaderna har innefattat poster för reservdelar, elförbrukning, underhåll, drift, stilleståndskostnader samt lokalkostnader.

Stilleståndskostnaden i flaskhalsen, se punkt 2.8 bilaga B, i detta fall pressen, har behandlats utifrån regeln ”en förlorad timme i flaskhalsen är en förlorad timme i hela fabriken”. Kostnaden består således av värdet motsvarande antalet meter vägg, som under den förlorade tiden uteblivit.

Kostnader som lager i anslutning till linjen, se punkt 4.3 bilaga B, har tagits med i beräkningarna. De bygger på anskaffningsvärdet och innefattar väggar, limfog, brädor samt lim. Däremot har färdigvarulager av väggar i samband med efterhärdning samt lager av komponenter i förråd för uppvärmning förbisetts. Anledningen är att kostnader i stor utsträckning styrs utifrån aspekter som beställningskvantiteter, inköpskostnader mm.

I den totala driftskostnaden, se punkt 2.6.3 bilaga B, ingår dock ej kostnaden för uppvärmning av vakuumpressen, då anpassning av effektbehovet måste utprovas på plats. Likaså ingår heller inga leveranskostnader eller uppvärmningskostnader av material. De maskiner och tillbehör under rubriken ”Kompletterande utrustning till tillverkningslinjen” har antagits en driftskostnad per styck motsvarande 1500 kr per år. Det ska täcka kostnader för elförbrukning, slipning av klingor, reparationer samt kontrollantkostnader.

I kalkylen finns även kostnader som kan hänföras till anpassning av lokalen se punkt 4.3 bilaga B. Det innefattar till exempel ledningsdragning till följd av layouten framför allt när det gäller elektricitet samt tryckluft. Därtill ska samtliga maskiner placeras på avsedda positioner och förankras. Uppskattad materialkostnad är satt till 250000 kr samt en kostnad för hantverkare motsvarande 120000 kr.

Spillet består av två kategorier, spill (1), material som inte går att återanvända och spill (2) det material som sågas bort för fönster och dörrar. Ett antagande har gjorts att en yta massivträblock, motsvarande en dörr och två fönster, 6,4 kvm, per tolvetersblock, sågats bort med materialkostnaden 214 kr/kvm. Till spillet tillkommer även kassationskostnad, vilken redovisas separat, se punkt 5 bilaga B.

Operatörskostnaden är satt till 460 kr/mantimme och inkluderar även administrativa kostnader.

- Det tredje steget omfattar genomförandet av kostnadsuppskattningar (Schaub, s. 18).

Värden för de olika kostnadsslagen har inhämtats från respektive maskinleverantör. Inhämtade värden ska dock inte betrakta som fullt tillförlitliga, dels för att leverantörerna

kan vilja lyfta fram sin vara genom att nedbringa eventuella kostnaderna, dels för att uppskattning gäller framtida händelser.

Kostnader för material, materialspill, uppvärmningskostnader av lokal, personalkostnader och liknande har inhämtats från företagets egen dokumentation i Arvidsjaur eller Kristinehamn, i samråd med Plusshus` s produktions- alternativ ekonomiansvarige.

- Det fjärde steget inbegriper beräkningar av livstidskostnaden, vilket sker med hjälp av nuvärdesmetoden. Nuvärdesmetoden går ut på att investeringens uppskattade in- och utbetalningar under åren omräknas, av kalkylräntan, till tidpunkten då grundinvesteringen genomfördes (Schaub, s. 20).

Den ekonomiska livslängden samt kalkylräntan är satt till tio år respektive sex procent och är vald utifrån Plusshus investeringsrutiner.

- Det femte steget innefattar genomförandet av en känslighetsanalys. Beräkningen av livstidskostnaden är starkt beroende av noggrannheten av indata. Genom att variera ett flertal parametrar går det således att få en uppskattning om resultatets trovärdighet (Schaub, s. 22).

Känslighetsanalysen av livstidskostnaden genomfördes genom att variablerna, livslängd, kalkylränta, investeringskostnad, driftskostnad samt meter producerad vägg undersöktes. Undersökningen genomfördes med ett enkelt enfaktorsförsök, där vardera variabel undersöktes en i taget och därefter ett intervall inom vilket LCC-värdet rimligen bör återfinnas. Anledningen till att inte en flervariabelanalys genomfördes var, dels att det enbart fanns ett värde på den oberoende variabeln att utgå ifrån, dels för att de beroende variablerna är i hög grad inbördes beroende av varandra och att en simulering av hela systemet hade varit nödvändigt för att få fram ett bra resultat.

De beroende variablerna testades med en låg respektive hög nivå, som ligger omkring det värde som getts av leverantörerna eller beräknats fram ur Plusshus data.

- Den totala investeringskostnaden utvärderades med en prisökning eller en prissänkning på fem procent. Då offerter eller kostnadsupplysningar från företagets försäljare eller hemsidor känns relativt trovärdiga, bör endast ett annat val av maskiner kunna påverka linjens investeringskostnad.
- Driftskostnaden är den post som känns mest osäker, då leverantörerna inte alltid varit samarbetsvilliga till att lämna tillförlitliga värden. Denna post påverkas dessutom av en hel del antaganden av till exempel personalbehov, grad av spill, driftskostnader för de mindre maskinerna då enbart inköpspriset kunnat identifieras. Det undersökta intervallet har därför satts till +/- tio procent.
- Kalkylränta och livslängd är variabler företaget använder som standard för deras investeringsberäkningar. För att påvisa dess betydelse vid förändring har kalkylräntan varierats med +/- två procentenheter och livslängden med +/- ett år.
- Antalet meter vägg som produceras är beräknat utifrån tre värden dels det värde som företaget ställde som lägsta krav dvs. 110 meter, dels 115 meter som är ett

värde som är realistiskt i och med att tolvetersblock inte alltid kommer att vara fördelaktigt att tillverka och dels antalet meter vägg som maximalt kommer att kunna produceras under ett skift dvs. 130 meter.

Utifrån den uppställda LCC modellen och det insamlade materialet kunde nedanstående diagram redovisas med de olika kostnadsställen och dess storlek i förhållande till varandra.

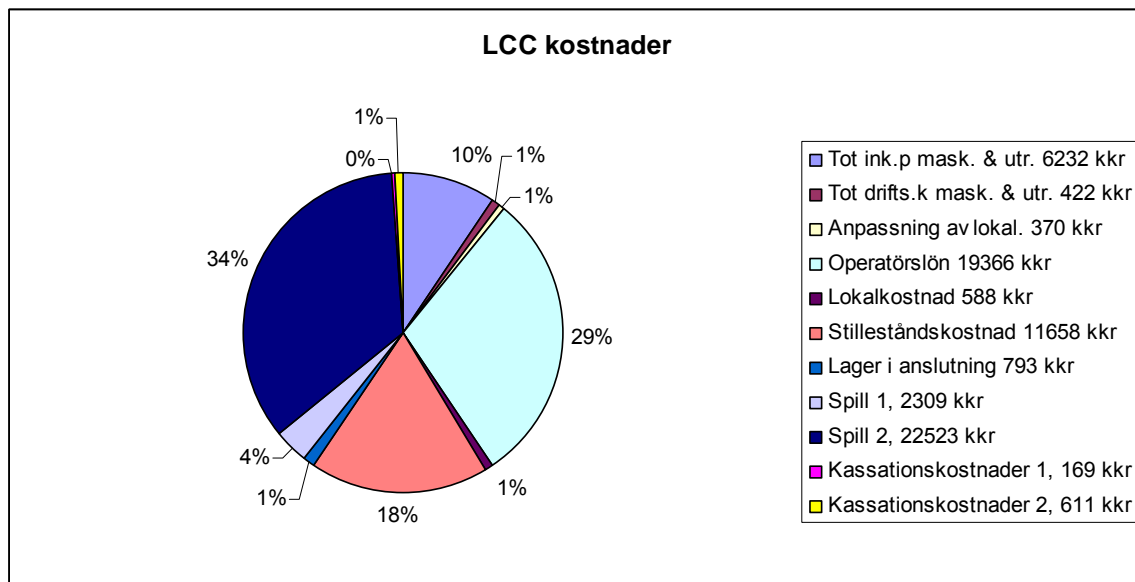


Diagram 1. Diagrammet visar de olika kostnadsställen i förhållande till varandra och dess storlek i kkr.

Som diagrammet visar är kostnadsposterna spill, operatörslön, stilleståndskostnad samt Tot ink.p maski. & utr som i särklass dominerar och har störst betydelse vid förändringar. Det mest intressanta i diagrammet är spill 2's storlek.

Utifrån dessa grundförutsättningar undersöktes de olika parametrarna ytterligare. Normalfallet, som är utgångspunkten i beräkningarna, är enligt följande: livslängd 10 år, kalkylränta 6 procent, antal meter producerad vägg per dygn 115 meter, investeringskostnad 6602 kkr samt en driftskostnad motsvarande 58439 kkr under livslängden.

9.2 Investeringskostnad och driftskostnad

I tabellen nedan går det att se hur en förändring av investerings/driftskostnaden påverkar kvoten LCC/ kvm.vägg.

Förändring (%)	-5%	Normalfall	+5%
Investeringskostnad (kkr)	6272	6602	6932
LCC/ kvm.vägg	83	83	83
Förändring (%)	-10%	Normalfall	+10%
Driftskostnad (kkr)	52595	58439	64283
LCC/ kvm.vägg	75	83	90

Tabell 4. Tabellen åskådliggör förändringen av investeringskostnaden och driftskostnaden.

De undersökta gränsvärdena visar att fem procents förändring av investeringskostnaden inte påverkar resultatet överhuvudtaget, om de övriga variablerna är konstanta. Däremot är förändringen av driftskostnaden linjär mot förändringen av LCC/kvm.vägg inom det undersökta intervall.

9.3 Livslängden

En förlängning av livslängden med ett år fick en stor genomslagskraft på modellen. Enligt tabellen nedan går det att konstatera, då kostnaderna antas vara lika stora det tionde som elfte året, att LCC kostnaden ökar och likaså tillverkat antal kvm.vägg. Utfallet av förändringen resulterar vidare i en sänkning av LCC/kvm.vägg med fyra procent jämfört med normalfallet.

Livslängd	(%)	Normalfall 10 år	+ 1 år
LCC (kkr)	+ 6	65041	69229
kvm.vägg	+ 10	784300	862730
LCC/ kvm.vägg	- 4	83	80
Grundinvestering (kkr)	+36	6602	8980
LCC/ kvm.vägg		83	83
Driftskostnad (kkr)	+11	58439	65004
LCC/ kvm.vägg		83	83

Tabell 5. Tabellen visar resultatet vid förändring livslängden.

Vid en ytterligare kalkylering går det att konstatera att det skulle vara möjligt att öka grundinvesteringen med 36 procent alternativt driftskostnaden med 11 procent för att få ett extra år om övriga kostnader är detsamma som normalfallet och LCC/kvm.vägg förblir oförändrat.

9.4 Kalkylräntan

Enligt tabellen nedan är det möjligt att se kalkylräntans betydelse för utfallet av LCC/kvm.vägg jämfört med normalfallet. Den har till synes t.ex. större inverkan än förändringen av livslängden.

Kalkylränta (%)	4%	Normalfall 6%	8%
LCC (kkr)	71009	65041	59885
LCC/kvm.vägg	91	83	76
Utfall (%)	+10	+/-0	-9

Tabell 6. Tabellen visar utfallet vid förändring av kalkylräntan.

9.5 Antal kvadratmeter producerad vägg

Nedan går det att ta del av hur förändringen av LCC/kvm.vägg påverkas av antalet kvadratmeter vägg som produceras. Utgångspunkten vid normala produktionsförutsättningar har varit 115 lpm.

Antal lpm vägg	110 lpm	Normalfall 115 lpm	130 lpm
LCC (kkr)	65041	65041	65041
Antal kvm	750200	784300	886600
LCC/kvm.vägg	87	83	73

Tabell 7. Tabellen visar utgången då det potentiella antalet kvadratmeter vägg förändras.

Enligt beräkningarna är skillnaden mellan det lägsta accepterade värde och ett normalt värde 5 procent i LCC/kvm.vägg. Vidare motsvarar utfallet vid 130 lpm vägg en minskning av LCC/kvm.vägg motsvarande tolv procent gentemot normalfallet. Vidare sjunker LCC/kvm.vägg med uppskattningsvis fem procent då bara tolv metersblock tillverkas och som antagits både tio och tolv metersblock. Ett utfall som styrker vikten av god planering och full beläggning i största möjligast mån.

9.6 Variation av flera parametrar samtidigt

En sista kontroll genomfördes då samtliga parametrar kombinerades i olika gynnsamma respektive mindre gynnsamma nivåer. Nivå ++/- testades med livslängden på nio respektive elva år med den kalkylränta, fyra respektive åtta, som påverkade utfallet mest i respektive riktning. Dessutom sattes investerings- och driftskostnaden till dess tidigare angivna gränsvärden. Nivå +/- undersöktes med samma livslängd och kalkylränta som normalfallet men med kombinationen av den mest gynnsamma respektive minst gynnsamma utfallet av investerings- och driftskostnaden. Vidare kombinerades – sidan samman med en låg produktion dvs. 110 m.vägg/dygn och + sidan med 130 m.vägg/dygn.

Nivå	nivå ++	nivå +	normal	nivå -	nivå --
LCC (kkr)	50924	58867	65041	71215	83467
kvm.vägg	886600	886600	784300	750200	750200
LCC/ kvm.vägg	57	66	83	95	111

Tabell 8. Tabellen visar inom vilka gränser LCC/kvm.vägg rimligen bör återfinnas inom.

9.7 Resultat

Utifrån det max och min värde som de olika testen resulterade i kan det med högsta sannolikhet antas att ett rimligt utfall kommer att kunna vara 83 ± 28 LCC/kvm.vägg. Förutsätter man sedan att livslängden och kalkylräntan är rätt antagna och att antalet kvm.vägg som produceras är i linje med normalfallet bör utfallet återfinnas inom 83 ± 8 LCC/kvm.vägg.

10 Lönsamhetsanalyser

De metoder som behandlas i detta avsnitt är traditionella beräkningsmetoder vid investeringar så som pay-back-, nuvärdes- och internräntemetoden.

10.1 Grunder för lönsamhetsberäkningar

Investeringskalkyleringen syftar främst till att underlätta ett beslutstagande vid en investering eller som beslutsunderlag mellan olika investeringsalternativ. Kalkylen kan dock inte anses vara fullt tillförlitlig eftersom alla konsekvenser på förhand inte behöver vara givna. Nedan ges de vanligaste grundbegreppen vid investeringskalkylering.

Grundinvesteringen, G , innefattar utbetalningen i samband med investeringen och inträffar när investeringsperioden börjar. Inbetalningsöverskottet, a , är skillnaden mellan de löpande in- och utbetalningarna. Vid slutet av den ekonomiska livslängden har investeringen fortfarande ett värde, vilket brukar benämnas restvärde R . En investering påverkas också av den ekonomiska livslängden, n , vilket är tiden det är ekonomiskt meningsfullt att använda investeringen. Den sista parametern, kalkylräntan, r , är ett uttryck för det krav företaget ställer på det satsade kapitalet.

In- och utbetalningar är de mest centrala begrepp i investeringskalkyleringen. I princip handlar det om att analysera om inbetalningsöverskottet i framtiden är större än investeringens utbetalning. Hänsyn måste dock tas till att dessa betalningar inte direkt kan jämföras, eftersom de sker vid olika tidpunkter (Skärvad & Olsson, ss. 221-223).

Till dessa beräkningar har en stor del av datat inhämtats från LCC modellens insamlade material. Det som skiljer dessa beräkningar åt är att materialkostnaden för väggarna tas upp medan stilleståndskostnad, lager i anslutning och spill har utelämnats då dessa inte kan klassas som utbetalningar.

Materialkostnaderna för väggen, exklusive spill (1) som inte går att återanvända, har fastställts, utifrån dagens prislistor, till 214 kr/kvm. Inkluderas materialspletet, vilket består av material som sågats bort runt blocket och lim som gått förlorat är materialkostnaden 218 kr/kvm.

I lönsamhetsberäkningarna liksom LCC analysen antogs ett högt respektive lågt värde för de olika parametrarna. Inköpspriset för maskiner och utrustning ändrades med fem procent. Utbetalningarna varierades med tio procent, vilket främst motiveras utifrån en eventuell förändring av råvarupriset eller tillverkningskostnader för materialet.

Inbetalningarna, vilka är direkt proportionella mot antalet kvm vägg som tillverkats, har beräknats utifrån ett värde per kvm på 400 kr.

Restvärdet har i beräkningarna satts till noll, utifrån rekommendationer av Plusshus. Vidare har utgångspunkten, den normala situationen, i beräkningarna varit en kalkylränta på sex procent, livslängden tio år och en produktion motsvarande 115 lpm.vägg/dygn.

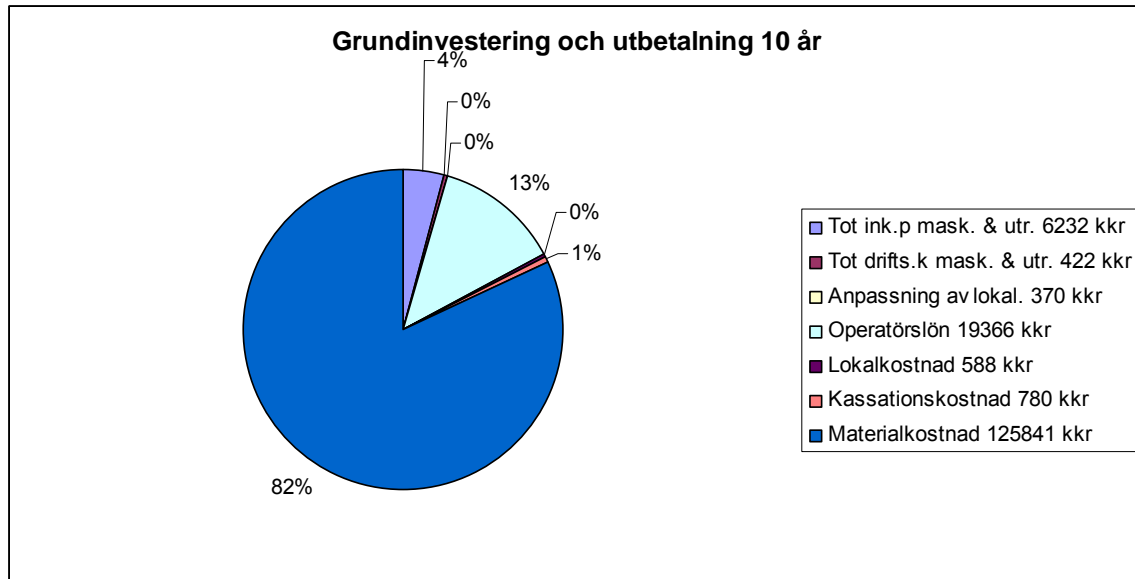


Diagram 2. Diagrammet påvisar förhållandet mellan grundinvesteringen och de totala utbetalningarna under tioårsperioden.

Här kan konstateras att mtrl.kost, operatörslön samt till viss del Tot ink.p mask. & utr. i princip står för hela 100 procent av utbetalningarna medan de andra posterna kan tolkas som obetydliga i detta sammanhang.

10.2 Nuvärdesmetoden

Nuvärdesmetoden innebär att samtliga händelser som rör investeringen jämförs vid investeringstillfället med hjälp av en kalkylränta. Investeringen kan vid denna kalkylering anses vara lönsam om nuvärdet av samtliga inbetalningsöverskott överstiger investeringens storlek. Vid en jämförelse mellan olika investeringsalternativ med skilda grundinvesteringar kan nuvärdesmetoden ge en felaktig bild. Istället bör nuvärdeskvoten (Nuvärdet/Grundinvestering) tillämpas. Därigenom ges information om investeringens relativa lönsamhet (Skärvad & Olsson s. 226).

Nuvärdesformel vid lika stora inbetalningsöverskott varje år:

$$\text{Nuvärde} = a * \text{nsumfakt}_n + R * \text{nvfakt}_n - G$$

I tabellen nedan har olika potentiella utfall med nuvärdesmetoden tagits fram, samtliga nivåer undersöktes med samma livslängd och kalkylränta som normalfallet. Här antogs dessutom i samtliga fall en förändring av investeringskostnaden med fem procent och utbetalningarna med tio procent. Nivå +/- undersöktes när produktions var normal, 115 lpm.vägg per dygn. Nivå ++/-- skiljer sig åt från den underliggande nivån genom antalet meter vägg har minskat till 110 lpm per dygn eller ökat till 130 lpm per dygn. Vidare ska det påpekas att utbetalningar för material har anpassats till antalet meter som tillverkats eftersom det är en så betydande post, övriga parametrar har varit oförändrade.

Nivå	nivå ++	nivå +	normal	nivå -	nivå --
Grundinvestering (kkr)	6272	6272	6602	6932	6932
Utbetalningar (kkr)	147070	132297	146997	161697	155678
Inbetalningar (kkr)	261019	230901	230901	230901	220862
Resultat (kkr)	107677	92332	77302	62272	58252
Förändring (%)	40	20	+/-0	20	25
Förändring i (kkr)	30375	15030	+/-0	15030	19050

Tabell 9. Tabellen åskådliggör olika utfall av resultatet vid förändring av parametrar som materialkostnad, antal meter producerad vägg, investeringskostnad samt utbetalningar.

Utifrån de olika utfallen innebär en förändring av driftskostnaden enskilt eller i kombination med förändrad produktionsvolym mycket stora resultatförändringar. Med största sannolikhet bör man kunna anta att resultat för de tio åren återfinns inom intervallet 77 +/- 15 Mkr.

10.3 Pay-back-metoden

Pay-back-metoden åskådliggör hur lång tid det tar att tjäna in det belopp som har investerats. Denna tid kan sedan jämföras med den maximal återbetalningstid företaget kan acceptera. Det finns vissa brister i denna typ av kalkylering i och med att man bortser från kalkylräntan samt från händelser efter den framräknade tidpunkten. Investeringen kan anses vara lönsam om återbetalningstiden understiger det högsta tillåtna återbetalningstiden. Vid flera alternativ är investeringen med kortast återbetalningstid bäst (Skärvad & Olsson, s 229).

Pay-back-formler vid lika stora inbetalningsöverskott varje år:

$$\text{Återbetalningstid} = G / a$$

Nivå	nivå ++	nivå +	normal	nivå -	nivå --
Grundinvestering (kkr)	6272	6272	6602	6932	6932
Utbetalningar (kkr)/år	19986	17979	19976	21974	21156
Inbetalningar (kkr)/år	35472	31379	31379	31379	30015
Inbetalningsöverskott (kkr)/år	15486	13400	11403	9405	8859
Antal år	0,41	0,47	0,58	0,74	0,78

Tabell 10. Tabellen visar olika återbetalningstider med kombinationer av olika parametrar enligt tabell 7.

Utifrån beräkningarna går det med största sannolikhet anta att linjen är betald inom ett år efter produktionsstart.

10.4 Internräntemetoden

Internräntemetoden åskådliggör den årliga avkastningen eller förräntningen, som investeringen ger på det satsade kapitalet. Ju högre internränta, desto lönsammare kan investeringen betraktas. Metoden innebär att en räntesats söks som gör nuvärdet av

inbetalningarna och utbetalningar lika stora. Räkнемässigt innebär det att man måste interpolera sig fram till rätt värde för att sedan kunna jämföra olika investeringsalternativ (Skärvad & Olsson, ss. 231-232).

$$G = a_1 * \text{tab B} + a_n * \text{tab B} + R * \text{tab B}$$

Om a är lika vardera år och $R = 0$, Gäller $G/a = \text{tab C}$

Motsvarande i- värde, för n vilket är känt, är internräntan.

Nivå	nivå ++	nivå +	normal	nivå -	nivå --
Grundinvestering (kkkr)	6272	6272	6602	6932	6932
Inbetalningsöverskott (kkkr)/år	15486	13400	11403	9405	8859
Antal år	0,41	0,47	0,58	0,74	0,78
Internräntan (%)	$i \leq 30$	$i \leq 30$	$i \leq 30$	$i \leq 30$	$i \leq 30$

Tabell 11. Tabellen åskådliggör internräntan, den årliga avkastningen på det satsade kapitalet, för produktionslinjen.

Enligt tabellen ovan går det att konstatera att internräntan, den årliga avkastningen på det satsade kapitalet, för produktionslinjen kommer att överstiga 30 procent i samtliga fall. Anledningen till att ett mer exakt svar inte kunnat redovisas är tabellens begränsning.

10.5 Resultat

Enligt tidigare beräkningar kommer resultatet med största sannolikhet hamna inom intervallet 77 +/- 15 Mkr under linjens ekonomiska livslängd. Återbetalningstiden kommer understiga ett år och internräntan kommer uppgå till hela 30 procent, vilket bör betraktas som mycket bra.

11 Diskussion

I detta diskussionskapitel belyses de viktigaste parametrarna som uppdragats i och med arbetets gång. Det är parametrar som av ett eller annat skäl är viktiga för att åstadkomma en så effektiv och lönsam tillverkning som möjligt. Av denna anledning är det extra betydelsefullt att både förstå dess betydelse i tillverkningens initiala skede och för framtiden.

Limmets härdningstid och den erforderliga pesstiden är utan tvekan de faktorer som styr linjens kapacitet i störst utsträckning. Vidare är den enskilt största faktorn, för att minska dessa tider, andelen värme som kan tillföras väggblockets komponenter eller med andra ord den temperatur limfogen kan hålla under presstiden. Generellt kan sägas att varje tio graders höjning av temperaturen i limfogen halverar härdningstiden. Det finns dock två begränsningar i detta läge att ta hänsyn till. Den ena faktorn är den stora risken att limmet hinner uthärda innan presstrycket applicerats, varpå förvärmning av virket helt kan uteslutas. Den andra faktorn är deformation av virket, vilket innebär att ytan på väggblocket försämras på grund av kådflytning. Skillnaden mellan att tillföra värme, motsvarande 40 °C och enbart pressa i rumstemperaturen 20 °C, är en produktionsökning motsvarande 65 procent. Det innebär i sin tur att den efterfrågade volymen, 110 lpm vägg, kan produceras vid enkelskift i stället för under två skift. Vidare innebär det att personalkostnaderna kan minskas med 25 procent. I stället för att köra två skift med bemanning av två operatörer är det högst sannolikt att köra enkelskift med tre operatörer. Eftersom risken för kådflytning startar vid 40 °C och därefter exponentiellt ökar finns det förmodligen möjlighet att nyttja en temperatur från pressplattan motsvarande 50 °C. Det innebär en ytterligare produktionsökning motsvarande 20 procent.

LCC analysens huvudsyfte var att kunna särskilja olika alternativa lösningar från varandra. I detta arbete kunde inte detta redskap nyttjas på det tänkta sättet, dels på grund av att kostnadsskillnaderna mellan vissa alternativ på förhand var allt för stora dels för att endast en leverantör kunde erbjuda utrustning utifrån de ställda kraven. Istället används analysen för att belysa olika kostnads posters storlek. Det är framför allt tre poster som närmare bör diskutera, kostnaden för stilleståndstiden i flaskhalsen, materialspill samt personalkostnader.

Kostnaden för stilleståndstiden i flaskhalsen, över kalkylperioden, är 11.658 kkr och motsvarar 18 procent av den totala LCC kostnaden. I detta sammanhang är det inte någon post att lägga ned mer resurser på än de redan tänkta åtgärderna initialt. Istället bör resurserna läggas på uppföljning och att de beräknade tiderna fortsättningsvis stämmer överens med kalkylerna. För att förtydliga innebär varje minuts skillnad i stillestånd en kostnad på 1,5 kkr per dag. Vidare innebär omställningarna att vardera press kommer att stå still ungefär fem procent, 25 min, av den potentiella presstiden på 540 min per skift, vilken inte bör upplevas som orimligt hög.

Materialspillet då anpassning av komponenterna och väggblock sker uppgår inte till mer än 2309 kkr, vilket motsvarar en materialkostnad på två procent per kvm vägg. En siffra som kan tyckas vara, under en tioårsperiod, helt tillfredsställande i detta sammanhang. Den främsta anledningen till den låga graden av spill är att virket kan levereras i redan anpassade längder till väggens höjd. Det spill som genereras kommer från

tolvmetersbrädorna i väggens längsgående skikt samt från sågmånen som krävs runt väggblocket innan bearbetningen. Antalet mantimmar, för anpassningen av brädorna till väggens längd, är beräknat till 2-2,5 per skift. Detta kan tyckas vara rimligt i och med den ringa investering på 6 kkr som krävs, för att längdanpassa komponenterna och den låga grad av spill som genereras.

Det som däremot är oroväckande är det spill, motsvarande 22.523 kkr, som uppkommer då uttag för fönster och dörrar sker. En del tankar hur denna post skulle kunna minimeras tas upp i nästkommande kapitel, rekommendationer och idéer inför framtiden. Redan nu går det dock att upplysa om att enbart en anpassning av limfogskivorna till uttagen kan halvera denna kostnadspost.

Personalkostnaderna, 19366 kkr, kan för en utomstående vid en första anblick verka relativt höga. Det ska dock poängteras att vardera mantimme även täcker kostnaderna för konstruktörernas tid. Det innebär att om enbart linjens personalkostnad ska tas i beaktning halveras i princip den kalkylerade operatörslönen till 9683 kkr. För att lättare förstå storleken på denna kostnadspost kan man istället åskådliggöra den vinst, 25000 kkr, varje person genererar till under linjens livslängd eller det antal meter, 84000 lpm, producerad vägg varje person tillverkar under linjens livslängd. Utifrån detta resonemang kan man istället tycka att denna post är rimlig och till och med låg. Utifrån kravspecifikationens upprättande överstigs personalbehovet med 10 mantimmar per skift. Det torde dock inte vara omöjligt att de i verkligheten minskar i och med att arbetsmomenten inte blir lika statiska som antagandena visar. Därtill har en marginal för "övrig tid" lagts till, för att det verkliga utfallet inte ska understiga kalkylerna.

Måttnoggrannheten är den punkt i kravspecifikationen som till fullo inte kan garanteras kommer att uppfyllas i dagsläget, då en djupare diskussion inte förts med maskinleverantören för portalbearbetningsstationen av märket Hundegger. Denna maskin är dock det alternativ som, efter samtal med återförsäljare inom träbranschen, uppfattas som mest aktuell att nyttja då noggrannheten verifierats, främst för att dess huvudsyfte är att bearbeta just väggelement. Hedlund på Martinsson ger bara goda omnämnanden när det gäller deras maskin, vilken klarar av att arbeta med en måttnoggrannhet på minst, +/- 1 mm. Vidare torde det inte vara omöjligt att uppfylla de ställda måttnoggrannhetskraven, eftersom Mattelin på Stenbergs menar att deras automatiska skivsågar arbetar med en precisionsnoggrannhet motsvarande +/- 0,1 mm per m.

I ett första steg uppfylls de ställda kraven på linjens kapacitet per skift. Det finns en del sätt att öka linjens kapacitet ytterligare, beroende på efterfrågan. En press till innebär en produktionsökning motsvarande 50 procent men detta alternativ är föga troligt eftersom lokalen är en begränsande faktor. En ökning av värmen i pressplattan från 40 till 50 °C innebär en produktionsökning motsvarande 20 procent. Det sista alternativet innebär att man övergår till två skift, vilket i sin tur innebär en fördubbling av produktionen.

12 Rekommendationer och idéer inför framtiden

I framtiden beroende på produktens, massivträväggens, efterfråga bör det finnas utrymme att utveckla linjen, för att öka både produktiviteten och effektiviteten. Framför allt bör man närmare undersöka huruvida en HF-press kan bidra till en lönsammare produktion, genom att korta limmets härdtid ytterligare. När det gäller HF-pressens möjligheter styrs de främst av driftskostnaden kontra det personalbehov som kan minskas. Ett annat alternativ är att finna en lokal, där det är möjligt att öka antalet pressar.

Något som än mer bör undersökas är huruvida det är möjligt att minska spill (2) motsvarande 22523 kkr under livslängden och därmed materialbehovet. En summering av kostnaden för väggens material hamnar idag på 214 kr/kvm. I och med vakuumpressarna finns det möjlighet att bygga blocken med hänsyn till fönster och eventuellt dörrar genom att ersätta dessa områden med frigolit. Det finns ett flertal alternativ som bör kunna utvärderas grundligare. Genom att enbart ta bort den översta limfogskivan motsvarande 108 kr/kvm minskas spillet med närmare 50 procent. Ytterligare ett alternativ som kan vara intressant, i och med vakuumplockarens fördelaktiga plockutrustning, är att utöka antalet pallar som plockaren kan ta komponenter från. Vissa pallar kan då bestå av komponenter med kortare längder anpassade till majoriteten där uttagen för fönster och dörrar är placerade. Låt säga att det resulterar i ytterligare en minskning av spill med 15 procent.

Totalt skulle det innebära att spillkostnaden skulle kunna minskas ned till 10 000 kkr under linjens livslängd.

Hanteringen av blocken och tiden det tar att lägga samman dem måste dock beaktas i stor utsträckning. Rådet är att inte ta med detta steg till en början, utan istället ha det som ett mål och utveckla det efter hand, då produktionen fungerar på ett tillfredsställande sätt.

13 Slutsats

I detta, det avslutande kapitlet, presenteras slutsatserna för tillverkningslinjen av massivträväggar. Dessa bygger på insamlad empiri i form av studiebesök, litteraturstudier samt diskussioner med maskinleverantörer.

Vid arbetets avslutande fas går det att konstatera att samtliga mål som ställdes upp vid projektets startskede är uppfyllda. Arbetet mynnar ut i ett förslag där Melamin–Urea-Formaldehyd lim 1247 med härdare 2526 är att föredra för denna typ av konstruktioner. Vidare rekommenderas en investering av en bearbetningsmaskin av märket Hundegger, en specialanpassad maskin kombinerad för hopläggning av väggens komponenter och med separat limapplicering samt två vakuumpressar. Anledningen till att två vakuumpressar rekommenderas i stället för en Hf-press är dels det lägre inköpspriset, dels den betydligt lägre driftskostnaden.

Företagets krav på en tillverkningslinje med en kapaciteten motsvarande 110 meter vägg/skift uppfylls. I stället återfinns kapaciteten närmare 115 meter vägg med en potential på 130 meter per skift och med ett personalbehov motsvarande 130 +/- 20 mantimmar per vecka.

Den framtagna linjen utvärderades med en LCC- och en lönsamhetsanalys med indata från leverantörer, Plusshus AB och uppskattade värden. Enligt de givna förutsättningarna kommer resultatet, från lönsamhetsberäkningen, med största sannolikhet att hamna inom intervallet 77 +/- 15 Mkr under linjens ekonomiska livslängd och före skatt. Återbetalningstiden kommer att understiga ett år och internräntan kommer uppgå till minst 30 procent, vilket bör betraktas som mycket bra.

14 Litteraturlista

14.1 Trycksaker

- Raknes, E. 1986. *Trälimning*. Göteborg: Graphic System AB, ISBN 91-970513-7-3
- Gustafsson, A. & Jacobsson, P. 2002. *Optimering av limmade träelement*. Stockholm: Träteck, Rapport P 0210035
- Grönlund, A. 1989. *HF-limning av lamellkonstruktioner*. Stockholm: TräteknikCentrum, Rapport P 8911049
- Karlsson, H. 1994. *Limma med kvalitet – en handbok*. Göteborg: OFTA Grafiska AB, ISSN 0349-0653
- Karlsson, H. 1986. *Automatisk applicering av lim i flytande form*. Luleå, ivf-resultat 85624
- Esping, B. 1992. *Trätorkning*. Göteborg: Graphic Systems AB, ISBN 91-88170-06-3
- Morén, T. 2004. *Virkestorkningens grunder*. Skellefteå: Tryckeri City i Skellefteå AB
- Christensen, L mfl. 2001. *Marknadsundersökning – en handbok*. Lund: Studentlitteratur, ISBN 91-44-01799-5
- Gerglind, H. 2001. *Ytbearbetningens betydelse för limningsresultatet – en litteraturundersökning*. Stockholm: Träteck, Rapport P 0112036
- Casco Nobel. 1991. *Limhandboken*. Helsingborg: AB Boktryck, ISBN 91-630-0608-1
- Schaub, M. 1989. *LCC-kalkyl*. Uppsala: Ord & Form AB, ivf-resultat 89634
- Nyh, L. 1992. *Produktionsanalys och investeringsarbete*. Sveriges Verkstadsindustrier: Norstedts Tryckeri AB, ISBN 91-524-1146-X
- Olhager, J. 2000. *Produktionsekonomi*. Lund, studentlitteratur, ISBN 91-44-00674-8
- Lundgvist, N. 1972. *Funktionsanalys av behov och produkter*. Sveriges Mekanförbund, ISBN 91-524-0042-5
- Adolfi, B. 2005. *Trälyftet : ett byggsystem för massivträ för flervåningshus*. Stockholm: Svensk byggtjänst, ISBN 91-7333-098-1
- Bohgard, M. 1995. *Arbete-Människa-Teknik*. Borås: Sjuhäradsbygdens Tryckeri AB, ISBN 91-7522-414-3

Skärvad, P-H & Olsson, J. 2005. *Företagsekonomi 100*. Malmö: Daleke Grafiska AB, ISBN 91-47-07613-5

14.2 Internetkällor

www.skogsindustrierna.org den 10 augusti 2007

www.setragroup.se den 12 augusti 2007

www.trabyggnadskansliet.se den 16 augusti 2007

www.ne.se den 26 augusti 2007 19:30

www.setrabyggprodukter.se den 16 augusti 2007
(/upload/Dokument/Produktbroschyrer/Tr%C3%A4lyftet.pdf)

www.traguiden.se den 20 augusti 2007 (/TGtemplates/PageTwoColumn.aspx?id=859)

www.tmf.se den 15 augusti 2007

14.3 Intervjuer

Rönnlund Anders, 13 september 2007, 9:30- 13:00, Martinsons Byggsystem AB

Operatör vid vakuumpress, 27 september 2007, 11:00-11:30, Flybo AB

Bilaga A. Kravspecifikation

Kravspecifikation för tillverkningslinje

Kravspecifikationen framtagen för linjen har, när det gäller volymer och dimensionskrav, genomförts i samråd med Plusshus produktionsansvarige.

Krav på bearbetningsbara produkter

Tillverkningslinjen ska klara av att producera en massivträvägg bestående av fem skikt, a' 18 mm, vilka ska limmas samman. Väggens konstruktionsmått kommer att variera mellan 2,7 och 3,1 meter i höjdlängd och blockens längd ska kunna vara tolv meter, se ritning nedan. Väggens övre och undre del, 20 centimeter, kommer inte att bli synliga efter montage.

De ingående komponenterna, i trä, levereras i virkespaket eller på standardpallar enligt följande:

- Brädor av dimensionen 18 x 95 mm levereras i fallande längder med en hyvlad respektive finsågad sida.
- Limfogsskivor av dimensionen 18 x 900 x 2700-3100 mm, levereras i en stapel a' 50-55 stycken.

Utrustningen ska kunna utföra moment som möjliggör uttag för fönster, dörrar, eldosor samt ventilation. Uttagen ska kunna vara runda, fyrkantiga samt rektangulära. Vidare ska väggblocken kunna delas i vertikalled.

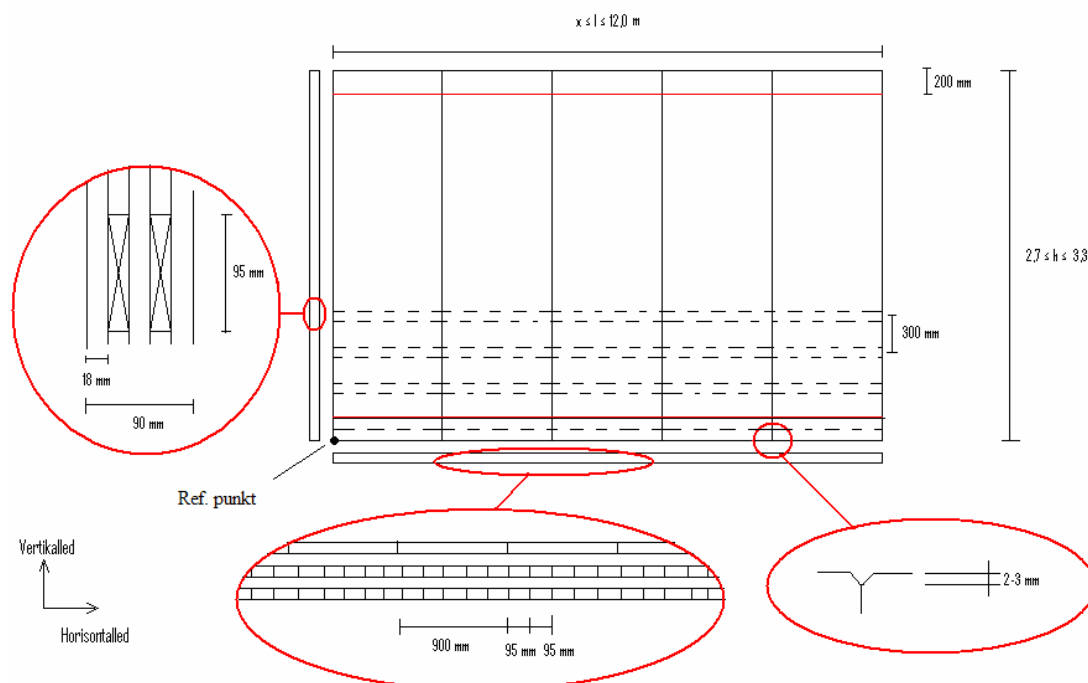


Fig 18. Figuren visar olika vyer och mått av väggblocket samt dess referenspunkt vid måttkontroller.

Kapacitetskrav

- Kapaciteten på linjen ska lägst vara 110 meter vägg per skift.
- Linjens tillgänglighet ska uppgå till minst 98 procent av planerad produktionstid.

Kvalitetskrav

- Vid tillverkningen är den eftersträlvade kvalitén och måttnoggrannheten av väggen hög då det gäller vinklar och avstånd
- Limfogsskivans yta, mot boarean, får kvalitetsmässigt inte försämrans under väggens tillverkningsprocess genom att utsättas för skador, i form av repor, tryckmärken eller lim.
- Komponenterna i väggens vertikala skikt ska ligga kant i kant och inga mellanrum får förekomma annat än orsakat av komponenternas måttvariation.
- Placeringen, av centrum, av de horisontella brädorna får maximalt skilja +/- tre millimeter från konstruktionens c/c mått.
- Blockets höjd får ha en felmarginal på +/- 0,5 millimeter, vilket ska vara normalfördelad, från konstruktionsmåtten.
- Längden av blocket samt placeringen av samtliga uttag ska vara inom en felmarginal på +/- tre millimeter.
- Kvalitetskontroll av belimmade ytor, innan sammanfogning, limfogsskivans yta samt väggens vinklar och mått ska enkelt kunna kontrolleras.
- Kostanden för momenten ska kunna redovisas genom en tidsåtgång av personal och/eller mekanisk utrustning.
- Referenspunkten för måttmätningarna är väggblockets nedersta hörn till vänster då limfogsskivorna är synliga, se svart punkt på ritningen.

Produktionsfaktorskrav

- Limmet, 1247 se bifogad produktinformation, ska ge upphov till ett förband av hög kvalitet varpå limleverantörens bruksrekommendationer till fullo ska följas.
- Personalbehovet vid daglig drift och underhåll ska, så långt det möjligt, begränsas och inte överstiga 120 mantimmar per vecka.
- Kostnader för linjen ska vara minimerade och kunna redovisas av leverantören för såväl hela systemet som för enskilda moment.
- Pris, installations-, inkörnings- samt driftskostnader ska kunna redovisas.
- Spill i form av lim, brädor och limfogsskivor ska kunna redovisas.
- Tidsåtgång för ställ-, transport- och operationsmoment ska kunna redovisas.

Layout

Tillverkningsutrustningen ska rymmas i lokalen nedan, vilket finns i Setras Groups ägor i Långshyttan. Temperaturen i lokalen är inom intervallet 18-20 grader. Takhöjden i den stora delen är mellan 8-10 meter och i den lilla cirka 4 meter. Det är möjligt att ta in material genom samtliga väggar förutom genom långsidan på den stora delen.

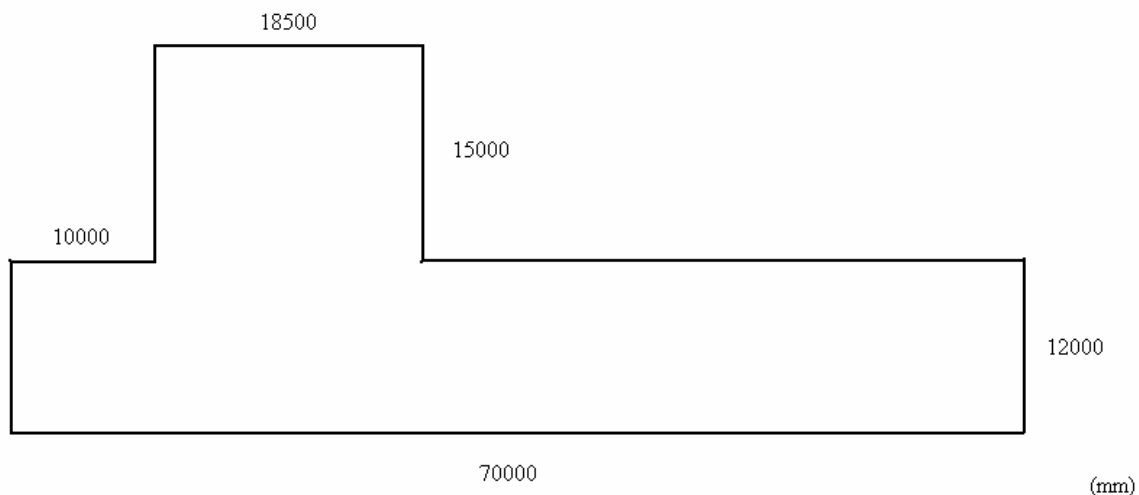


Fig 19. Layout över produktionslokalen

Driftsäkerhets- och underhållskrav

- Drift och underhåll ska vara väl fungerande, så att reparations-, ställ- och väntetider blir minimala.
- Dagligt underhåll förväntas vara rationellt och ekonomiskt utformat, så att underhållspunkter samt förslitningskomponenter är lättåtkomliga.
- Det periodvis enklare och återkommande underhållet ska kunna utföras av företagets egen personal.
- Samtliga moment ska kunna verifieras genom att redogöra för dess personal- och tidsbehov.
- Leverantören ska även kunna redovisa i vilken utsträckning underhållsentreprenör behöver anlitas.

Reservdels- och verktygskrav

Reservdelar och verktyg ska i möjligaste mån bestå av standardkomponenter, för att i största möjligaste mån undvika kostnadsökningar i form av produktionsstopp och reservdelskostnader. Vanligt före- och återkommande inköp av reservdelar samt verktyg ska kunna redovisas dels i antal, dels till vilken kostnad.

Styrkrav

Inkomna arbeten ska först beredas på kontoret, för att sedan elektroniskt sändas till tillverkningslinjens maskiner med information från programmet DDS HusPartner. Styrningen av tillverkningslinjen ska vara enkel och alla maskiner ska, efter installation, vara förenliga med varandra. Samtliga operatörer ska utan krav på teknisk utbildning klara av att manövrera utrustningen samt kunna åtgärda minst 95 procent av enklare fel/felmeddelanden själva eller via support.

Utbildning

I samband med installation av levererade maskiner ska leverantören utbilda samtliga operatörer. I utbildningen ska det ingå hur maskinerna nyttjas, hur enklare fel åtgärdas samt hur dagligt underhåll ska utföras.

Miljö och säkerhetskrav

I linje med rådande föreskrifter ska en god miljö och hög säkerhet uppnås vid tillverkningslinjen för att förebygga potentiella arbetsskador.

Kravspecifikation limmet

Det är ett krav att limmet/limfogen:

- Kan appliceras med automatiserad utrustning.
- Kan härda m.h.a högfrekventström.
- Kan appliceras trä mot trä, med en sida hyvlad och den andra finsågad alt. hyvlad mot hyvlad sida, med en area på $95 \times \infty \text{ mm}^2$.
- Kan bindas till en träyta med nio till elva procents fuktkvot.
- Vid normala förhållanden kan utsättas för en temperaturvariation mellan $15\text{-}30^{\circ}\text{C}$.
- Klarar en statiskt skjuvande last på 105 kN/m
- Kan bidra till en miljövänlig profil med ett kretsloppstänkande.
- Inte överstiger en kostnad på $350\text{-}400 \text{ kr/m}^2$.

Övrig information:

- Under leveranser av väggen, vilket kan motsvara en vecka, kan limfogen utsättas för temp ned mot -30°C .
- Temperaturen i limlokalen är under hela året inom intervallet $18\text{-}20^{\circ}\text{C}$.
- Träytorna som ska limmas kommer i regel att vara två till tre veckor gamla.
- Fogarna kommer alltid vara skyddade från nederbörd.
- Produktion av limfogen ska uppgå till 5280 m/dag .
- Det finns idag ej någon utrustning för vare sig limapplicering eller pressning.

Bilaga B. LCC modell

I modellen nedan har endast totala kostnader, i kkr, för hela livslängden angivits samt i vissa fall för flera sammanslagna parametrar vid normalproduktion, 127 lpm vägg per dygn.

Den vänstra kolumnen namnger de olika kostnadsslagen, den mittersta åskådliggör den bakomliggande ekvationen och den högra motsvarar summan av enskilda eller flera sammanslagna parametrar i enheten kkr under linjens livslängd motsvarande 10 år.

LCC model		
Kostnadslag	Ekvation	Kostnad (kkr)
1. Upphandlingskostnad		
1.1 Standardutrustning	(kr)	X
1.2 Specialutrustning	(kr)	X
1.3 Verktyg	(antal verktyg * kr/verktyg)	X
1.4 Installation	(antal mantim * kr/tim)	X
1.5 Inkörning	(antal mantim * kr/tim)	X
1.6 Utbildning	(antal mantim * kr/tim)	X
1.7 Frakt	(kr)	X
1.8 Tot pris		6602
2. Driftskostnad		
2.1 Operatörslön	(antal mantim. * kr/tim)	19366
2.2 Drivmedel	(kWh * kr/kWh)	X
2.3 Verktyg	(antal verktyg * kr/verktyg)	X
2.4 Modifieringskostnad externt		X
2.4.1 Lön	(antal mantim. * kr/tim)	X
2.4.2 Utrustningskostnad	(kr)	X
2.5 Kostnader underhåll, internt		X
2.5.1 Reservdelar	(antal * kr/st)	X
2.5.2 Lön	(antal mantim. * kr/tim)	X
2.6 Kostnader underhåll, externt		X
2.6.1 Lön	(antal mantim. * kr/tim)	X
2.6.2 Reservdelar	(antal * kr/st)	X

2.6.3 Tot kost.		422
2.6 Spill		
2.6.1 Brädor	(lpm brädor * kr/lpm)	x
2.6.2 Limfogsskivor	(kbm limfog * kr/kbm)	x
2.6.3 Lim	(liter * kr/liter)	
2.6.3 Väggt uttag		x
2.6.4 Tot kost.		24832
2.7 Lokalkostnad	(antal kvm * kr/kvm)	588
2.8 Stilleståndskostnad	(bortfall av antal lpm.vägg * kr/lpm.vägg)	11658
3. Lager i anslutning till specifik bearbetningsutrustning		
3.1 Brädor	(lpm brädor * kr/lpm)	x
3.2 Limfogsskivor	(antal limfogsskivor * kr/limfogsskiva)	x
3.3 Lim	(liter * kr/liter)	x
3.4 Väggblock	(kvm väggblock * kr/kvm)	x
3.5 Beredskapsreservdelar	(antal * kr/st)	x
3.6 Tot kost.		973
4. Anpassning av lokal		
4.1 Lön	(antal mantim. * kr/tim)	x
4.2 Material	(kr)	x
4.3 Tot kost.		370
5. Kassationskostnader		
5.1 Brädor	(kbm brädor * kr/kbm)	x
5.2 Limfogsskivor	(kbm limfog * kr/kbm)	x
5.3 Lim och Tvättvatten	(antal liter * kr/liter)	x
5.4 Väggt	(kbm väggt * kr/kbm)	x
5.5 Tot kost.		780

Tabell 12. LCC modelens uppbyggnad och utfall.

Bilaga C. Studiebesök och inventering av befintlig utrustning

De studiebesök som genomfördes hos Martinssons och Flygbo har gett en möjlighet till en ökad förståelse för processen och en inspirationskälla till olika lösningsalternativ, som skulle kunna anpassas till företagets behov och förutsättningar.

Martinsons Byggsystem AB, Anders Rönnlund, 13 september 2007 9:30- 13:00

Massivträväggen

Martinssons tillverkar sedan ett par år planelement i massivträ, där produktionen uppgår till 200 kvm/skift. Konstruktionen består av tre eller fem skikt, varvade i horisontellt samt vertikalled. Blocken som tillverkas har en bredd på 1,2 meter, en tjocklek, vilken är beroende på antalet skikt samt en längd omkring tolv meter, vilken styrs av det enskilda blockets längd eller antalet block som det ska kapas upp i. Den primära skillnaden gentemot Trälyftets massivträvägg är att inga luftfickor förekommer i konstruktionen samt att en mindre andel producerad vägg, efter monteringen, blir synlig i bostaden.

Tillverkningsprocessen

Tillverkningsutrustningen är uppdelad i tre sammanhängande sektioner.

Den första sektionen består en mindre kapstation för tillverkning av komponenter av längden 1,2 meter. En virkesplockare levererar brädor och en skiktstaplare lägger upp de kapade komponenterna på pallar. Däremellan sorterar en operatör bort virke som inte uppfyller kravet; att 75 procent av komponenternas bredd kan förses med lim vilket kommer att vara i kontakt med intilliggande skikt i väggen. Vidare eliminerar företaget spill i hög grad genom att kant-i-kant limma virket med ett snabbt avsvalnande smältlim för att sedan kapa det i rätta längder.

Den andra sektionen består av tillverkning av komponenter i tolveterslängder, limning, hoppläggning av väggblocket samt pressning av det. Tillverkningen av tolveterskomponenter sker först efter att brädorna, vilka försetts med not och spånt, limmats samman med smältlim och kapats till längder, anpassat för väggblocket. Varefter samtliga komponenter, som ska läggas samman till ett skikt försetts med lim, placeras på vardera sidan om ett bord där väggen byggs samman. Hopläggningen sker därefter i växelverkan, så att nya komponenter på ena sidan bordet matas fram medan det från den andra sidan maskinellt skjuts ut komponenter och placeras på rätt plats. När samtliga lager är utlagda förs väggen fram i vänteläge framför den sex meter långa HF-pressen. Pressningen sker sedan i två steg efter att väggen förts in och tryck har påförts i horisontell- och vertikalled.

Den sista sektionen består av en CNC-maskin, vilken måttanpassar väggen samt förser blocket med uttagen för fönster och ledningsdragningar.

I anslutning till utrustningen finns dels ett lager av virkespaket, dels ett mellanlager av färdigkapade komponenter. Storleken på lagret av virkespaket kan vid nedfrysta paket uppgå till minst en veckas produktion för att hinna få dem upptinade till lokalens temperatur. Står paketen dessutom tätt uppskattas tiden för upptining nästintill uppgå till det dubbla.

Analys och diskussion

Jag blev positivt överraskad till tillverkningsprocessens förmåga att minimera spill, vilket uppskattningsvis inte var mer än en procent. Likaså var konstruktionen att tillverka tolv meterskomponenterna just-in-time en enkel lösning, både vad det gäller hantering och förmågan att nyttja materialet optimalt. Rönnlund menade dock att den stationen var linjens flaskhals i dagsläget. Vidare menade han att om möjligheten fanns, var det fördelaktigt i deras fall, att enbart få in pallar med material i rätta längder till linjen. Därtill påpekade han att tillverkningen av 1,2 meters komponenterna krävde mycket tid i form av hantering och transporter, då dessa var tvungna att tillverkas mot ett mellanlager, för att volymmässigt uppnå produktionstakten av väggblock.

Samtliga komponenter försågs med lim via strängspridare något de upplevde tillfredsställande. Daglig rengöring av utrustning uppskattade de tog 30-45 minuter. Komponenterna som försätts med ett vitt lim kontrollerades visuellt av tillverkningslinjens operatörer. Hopläggningen av komponenter till block borde kunna utvecklas mer, då operatören ibland var tvungen att justera lagda komponenter och positioneringen av dem inte upplevdes acceptabelt, om inte blocket i efterhand genom pressning fixerade komponenterna till rätta positioner.

Pressmetod med högfrekvent ström upplevdes effektiv. I princip menade den produktionsansvariga att de aldrig har haft problem med bränder eller uppkomna tryckmärken. Däremot har de haft ett dilemma med att hörnen på blocken ibland tenderat till att vika upp sig. Någon limrinning ur kvistar och skarvar kunde inte identifieras på ett färdigt block. För att öka kvalitén på den synliga ytan skulle det vara möjligt att låta den putsas, menar den produktionsansvarige, men tillägger att hans erfarenheter av putsning är att bearbetningen har en förmåga att ta fram skador, som från början inte var identifierbara.

CNC-maskinen, vilken bearbetade hela blocklängder kunde då många operationer skulle utföras bli en flaskhals. I princip kunde maskinen utföra de flesta handlingar även om önskemål fanns att utöka dess funktioner. De block som hade blivit utsågade för fönster och dörrar återanvändes i möjligaste mån. Vidare påpekade Rönnlund att diskussioner fördes kring huruvida det är rätt att verkligen säga ut för fönster och dörrar eller om man istället borde bygga runt dem.

Flybo AB, 27 september 2007, 11:00-11:30

Det primära med studiebesöket på Flybo var att få möjligheten att närmare studeras deras vakuumpress för tillverkning av väggelement. Produktionen och utrustning för övrigt hade ingen information eller lösningar, som skulle kunna appliceras i tillverkningslinjen av väggelement, dels för att sandwichkonstruktionen markant skiljde sig åt från massivträelementet, dels för att produktionen upplevdes väldigt liten och hade en låg mekaniseringsgrad.

Vakuumpress

Vakuumpressen var till synes en väldigt enkel konstruktion med få ingående komponenter. Ställtiden för att applicera gummiduken ovanpå väggelementet samt tiden att arbeta upp trycket upplevdes som liten, maximalt en till två minuter. Vidare upplevde operatörerna inga problem med pressen, ibland fick de dock laga duken om vassa föremål åstadkommit hål eller revor men till största delen berodde det på att de ibland även

pressade konstruktioner i plåt. Miljön vid pressen upplevdes som god i och med dess tysta arbetsgång.

Analys och diskussion

I och med valet av en pressmetod där inte värme tillförs under härdningen blir detta moment, beroende av limval, relativt lång. Presstiden är egentligen den enda nackdelen när det gäller denna metod. Fördelar som går att identifiera förutom en låg kapitalbindning, i utrustning, är möjligheten att kunna byta upp sig till en annan pressmodell i ett senare skede om så önskas.

Bilaga D. Manual för kvalitetskontroller

Kvalitetskontroll av ingående komponenter:

Kvalitetskontroll av ingående komponenter bör ske innan väggen läggs samman. Anledningen är att i ett så tidigt skede som möjligt kunna motverka potentiella kvalitetsförsämringar av limningen och där med omarbetningar och spill.

1. Mät virkets fuktkvot

Utrustning: Fuktmätare

Accepterade värden: 10-12 procent.

Utförande intervall: Varje ny pall med komponenter som ställs fram.

Provtagning: Välj ut en komponent i ytterskiktet samt om möjligt en i centrum av paketet.

Åtgärder vid avvikelser: Använd inte brädorna om avvikelserna är genomgående i paketet utan ta fram ett nytt paket.

2. Mät virkets temperatur

Utrustning: Termometer

Accepterade värden: Minst 20°C genomgående i brädan.

Utförande intervall: Varje ny pall med komponenter som ställs fram.

Provtagning: Välj ut en komponent i ytterskiktet.

Åtgärder vid avvikelser: Vid för låg temperatur ska virket tillbaka för att vidare värmas upp alternativt ska presstiden anpassas för virkets temperatur.

3. Kontrollera virkets ytskikt

Utrustning: Visuell jämförelse med en på förhand utvald brädbit, vilken motsvarar den lägst acceptabla kvaliteten.

Accepterade värden: Ytkvalitén på virket får inte understiga den utvalda brädbiten, minst 75 procent av ytan måste kunna belimmas.

Utförande intervall: Varje ny pall med komponenter som ställs fram.

Provtagning: Välj ut en komponent i ytterskiktet.

Åtgärder vid avvikelser: Använd ej brädorna, rapportera fel till den kvalitetsansvarige för att kunna eftersöka kvalitetsbristens orsak.

4. Kontrollera virkespaketets översta skikt

Utrustning: Visuell avsyning alt. känn med handen på ytan.

Accepterade värden: Det får inte förekomma damm eller jord från maskiner vid transporter.

Utförande intervall: Varje ny pall med komponenter som ställs fram.

Provtagning: Välj ut en komponent i det översta skiktet.

Åtgärder vid avvikelser: Använd ej brädorna i det översta skiktet.

5. Kontrollera hur vridet virket är

Utrustning: Visuell avsyning alt. virket ska vid en plan yta enkelt kunna tryckas till avsedd form.

Accepterade världen: Det måste vara möjligt med pressens tryck, 230 kg/dm², att kunna pressa samman de olika skikten i väggen.

Utförande intervall: Varje ny pall med komponenter som ställs fram.

Provtagning: Kontrollera virket i samband med den manuella kapningen samt genomför en visuell kontroll vid monteringsbordet av övriga komponenter.

Åtgärder vid avvikelser: Använd ej brädorna/komponenterna.

Kvalitetskontroll i samband med hopläggning av väggblock:

Tre kontroller bör ske då väggen monteras samman. Den första är kontroll av limrinning, dvs att lim pressas ut från fogen. Den andra är kontroll av mellanrum mellan komponenter och den tredje är ytkvalitetskontroll av limfog.

6. Ta bort limrester

Utrustning: Vatten och en trasa.

Accepterade världen: Inget lim får förekomma på den synliga ytan. Lim på väggblockets kanter ska i största möjliga mån torkas bort för att undvika komplikationer i pressen.

Utförande intervall: Varje väggblock ska kontrolleras innan blocket transporteras in i pressen.

Åtgärder vid fel: Torka bort lim.

7. Kontrollera mellanrum mellan komponenter

Utrustning: Visuell avsyning och skjutmått.

Accepterade världen: Komponenterna i väggens vertikala skikt ska ligga kant i kant och inga mellanrum får förekomma annat än orsakat av komponenternas måttvariation.

Utförande intervall: Varje väggblock.

Åtgärder vid fel: Då komponenten måttmässigt avviker och orsakar felet, byt ut komponenten. Undersök annars om komponenterna placeras med för lågt tryck.

Kvalitetskontroll av väggens yta vid hopläggning samt innan bearbetningsmaskinen:

8. Ytkvalitetskontroll av limfog

Utrustning: Visuell jämförelse med en på förhand utvald limfogsbit, vilken motsvarar den lägst acceptabla kvaliteten.

Accepterade världen: Ytkvalitén får inte understiga den beställda kvalitetsnormen.

Utförande intervall: Varje väggblock ska kontrolleras.

Åtgärder vid fel: Vid uppdagad kvalitetsbrist i samband med montering av väggen ska limfogen ej användas. Då ett eventuellt fel uppkommit innan CNC maskinen ska defekten markeras och väggen anpassas, så att felet kan kapas bort.

Kvalitetskontroll av färdigbearbetade väggar

För att undvika att fel uppstår vid byggarbetsplatsen bör blocken dimension kontrolleras innan de lämnar lokalen.

9. Mått kontroll av väggarna

Utrustning: Rotationslaser med exakthet på +/- 1mm/10m

Accepterade värden: Blockets höjd får ha en felmarginal på +/- 0,5 millimeter.

Längden av blocket samt placeringen av samtliga uttag ska vara inom en felmarginal på +/- tre millimeter.

Utförande intervall: Varje väggblock ska kontrolleras mot ritningens mått.

Åtgärder vid fel: Omarbetning av blocket för anpassning till ett annat block om möjligt.

Tillägg: Laserutrustningens noggrannhet understiger väggens accepterade felmarginal av höjdmåttet, vilket får till följd att man istället bör låta maskinleverantören med jämna mellanrum påvisa maskinens måttnoggrannhet. Laserutrustningen bör därför endast ses som ett hjälpmedel för att minimera risker för avvikelser mellan dessa mätperioder.

Bilaga E. Produktblad för lim 1247 med härdare 2526

Nedan går det att ta del av det produktblad som är representativt för det lim som rekommenderas att nyttja för denna konstruktion. Här går det att ta del av limmets väntetid, limmängd som ska appliceras och presstider vid olika förutsättningar.

MELAMIN-UREA-FORMALDEHYD LIM 1247 MED HÄRDARE 252645

1247 med flytande Härdare 2526 används för tillverkning av bärande träkonstruktioner, fingerskarvning och blocklimningar. Limsystemet används vid limningar inom träbearbetande industri, där krav ställs på en ljus limfog samt hög vatten- och väderbeständighet hos limfogen.

1247 med Härdare 2526 är testat och godkänt för tillverkning av bärande träkonstruktioner av NTI, Norge, CTBA, Frankrike, MPA, Tyskland och SKH/KOMO (DHBC 32389) enligt EN 302 del 1-4 och DIN 68141 med lim:härdarförhållandena 100:100 till 100:20 viktsdelar.

1247 med härdare 2526 är också godkänt av BUtgb (ATG 06/2662), Belgien.

1247 med härdare 2526 uppfyller med alla ovanstående lim:härdarförhållanden kraven för limning av bärande träkonstruktioner enligt EN 386 och DIN 1052.

1247 med Härdare 2526 är godkänt av ovan nämnda institut att användas vid separat applicering av lim och härdare, men är också godkänt att användas som limblandning. Vid separat applicering **får endast** Casco Adhesives Separat Strängspridare 6230 användas.

EGENSKAPER

Typ	1247 Melamin-Urea-Formaldehyd-lim
Leveransform	1247 flytande 2526 flytande
Kulör	1247 vit 2526 vit

Viskositet	Brookfield LVT sp. 4, 12 rpm, vid 25°C 1247 ca 15 000 mPas vid leverans Brookfield LVT sp. 4, 60 rpm, vid 25°C 2526 ca 2 200 mPas vid leverans
Densitet	1247 ca 1250 kg/m ³ 2526 ca 1070 kg/m ³
Torrhalt	1247 ca 63%
pH:	1247 ca 10 2526 ca 1,7
Flampunkt	1247 och 2526 - över 100°C, ej brandfarliga
Fri formaldehyd	1247 ca 0,5%

ÖVRIGA DATA

Limfogens egenskaper	1247 med Härdare 2526 uppfyller kraven enligt EN 301 (för limtyp I och II, serviceklass 1, 2, 3), EN 386, och DIN 68141.
Lagringstid	1247 4 mån vid +20°C i väl sluten förpackning. 2526 4 mån vid +20°C i väl sluten förpackning. Viskositeten ökar under lagring. Ökningen går snabbare i slutet av lagringstiden. Högre temperatur förkortar lagringstiden. Vid 30°C är lagringstiden ca hälften mot lagring vid 20°C.
Lagringstemperatur	Lämpligaste lagringstemperatur är ca 20°C för båda produkterna. Lim bör inte lagras i temperaturer under +10°C och härdaren får inte lagras under +18 °C. Båda produkterna bör inte lagras över +30°C. Under kortare tid (t ex under transport) kan temperaturer under +10°C och över +30°C accepteras för båda produkterna. Om produkterna frusit kan de inte tinas upp och användas på grund av inträffade förändringar av deras egenskaper.
Fuktkänslighet	Ingen.

BRUKSANVISNING

Appliceringsredskap

Casco Adhesives Separat Strängspridare 6230 när lim och härdare appliceras var för sig. I andra fall kan valsspridare eller annan strängspridare användas.

Blandningsförhållande

1247 100 viktsdelar
2526 20-100 viktsdelar

I Belgien är för närvarande det godkända lim:härdarförhållandet 100:100 till 100:50. Ansökan om godkännande för 100:20 inlämnad.

Noggrannheten i vikten för härdaren är ± 2 viktsdel både när lim och härdare appliceras separat och när produkterna appliceras som limblandning.

Vi rekommenderar en användningstemperatur på 17-25°C.

Trävirkets temperatur

Lamellerna skall för limningen lagras så att de vid limningen håller en lägsta temperatur av 20°C.

Brukstid

Brukstiden är den tid under vilken blandningen av lim och härdare kan användas.

Om 1247 och Härdare 2526 används som limblandning är brukstiden vid 20°C ca 40 minuter med 20 viktsdelar härdare, ca 15 minuter med 50 viktsdelar härdare och ca 8 minuter med 100 viktsdelar härdare.

När lim och härdare används separat är brukstiden ingen begränsande faktor eftersom lim och härdare inte blandas förrän de appliceras på de trätytor som skall sammanfogas.

Fuktkvot

8-15%. Vid limträproduktion är 10-12% lämpligast.

Träbearbetning

För bästa resultat fordras väl bearbetade ytor som inte legat för länge. Vid limning av limträ krävs att ytorna hyvlas noggrant. Limning måste ske inom 24 timmar efter hyvling.

Limmängd

För produktion av limträ rekommenderas en limspridning av ca 300 g/m² enkelsidigt. En minskning av limmängden, t.ex. vid mycket korta väntetider, får endast göras tillsammans med Casco Adhesives tekniske rådgivare och beror på produktionsparametrarna för produktionslinjen ifråga. Denna optimering förutsätter att de satta parametrarna följs och att en fortlöpande kontroll av limningskvaliteten görs genom delaminerings-provningar. Vid HF-limningar rekommenderas en limmängd av 250-350 g/m² enkelsidigt.

Vid andra applikationer: 150-300 g/m².

Väl bearbetade ytor och kort väntetid fordrar mindre limmängd än ojämna ytor och lång väntetid. Svårlimmade eller hårda träslag kan erfordra dubbelspridning, ca 250 g/m² på varje sida.

Väntetid

Väntetid är tiden mellan limspridning och då objektet sätts under press. Väntetiden består av en öppen och en slutna väntetid. Den öppna väntetiden är tiden mellan limmets applicering och hopläggning av delarna som ska limmas.

Den slutna väntetiden är tiden mellan hopläggning av delarna som ska limmas och då presstrycket anbringas. Presstrycket måste anbringas medan limmet fortfarande är klibbigt.

Väntetiden är beroende av limspridning, appliceringsmetod, temperatur och relativ fuktighet i arbetslokalen, träslag, fuktkvot i träet etc. Väntetiden och presstiden förlängs när limspridningen är hög, temperaturen i arbetslokalen är låg, relativa fuktigheten i luften är hög och träet långsamt absorberar vattnet i limmet.

Vid specifika arbetsförhållanden ska vår tekniker rådfrågas.

Sluten väntetid

I tabellen nedan anges ungefärlig slutna väntetid i minuter med enkelsidig spridning och separatapplicering för mjuka träslag som t.ex gran. De värden som anges i tabellen är riktvärden.

Enkelsidig limspridning med
400 g/m² och 20 viktsdelar

härdare (gran)

Temperatur	20°C
Maximitid, minuter	120
Minimitid, minuter	5

Enkelsidig limspridning med 50 viktssdelar härdare (gran) 400 g/m²

Temperatur	20°C
Maximitid, minuter	80
Minimitid, minuter	5

Enkelsidig limspridning med 100 viktssdelar härdare (gran) 400 g/m²

Temperatur	20°C
Maximitid, minuter	50
Minimitid, minuter	5

När lim och härdare används blandade förkortas den slutna väntetiden med ca 25%.

Öppen väntetid

Den öppna väntetiden är ungefär hälften av den slutna.

Presstemperatur

Lägsta presstemperatur är +20°C.

Presstryck

Vid limträ tillverkning är det erforderliga presstrycket beroende på lamellernas tjocklek och träslag.

Vid separat applicering av lim och härdare måste lägsta presstryck vara 0,8 N/mm² oberoende av lamelltjocklek för att säkerställa en jämn blandning mellan lim och härdare och att maximal tjocklek på limfogen är 0,3 mm.

När limblandning används erfordras ett presstryck av 0,6 - 0,8 MPa vid en lamelltjocklek av 33 mm för mjukt trä, medan en lamelltjocklek av 45 mm fordrar 0,8 - 1,0 MPa. Ju tjockare lamell man använder desto högre presstryck krävs. Hårda träslag erfordrar minst 1,0 MPa.

För övriga limningar är det erforderliga presstrycket:

Min. 0,5 MPa för mjuka träslag.
Min. 1,0 MPa för hårda träslag

Presstid

1247 med Härdare 2526 kan användas från +20°C och uppåt.

Presstiden bestäms bl.a. av limfogens tjocklek och temperatur, luftens och virkets temperatur.
Nedanstående tabell visar kortaste väntetider:

För lim:härdare 100:20 viktsdelar

<u>Limfogens temperatur</u>	<u>Presstid</u>
20°C	5 ³ / ₄ tim.
30°C	2 ¹ / ₄ tim

För lim:härdare 100:50 viktsdelar

<u>Limfogens temperatur</u>	<u>Presstid</u>
20°C	3 ¹ / ₄ tim.
30°C	1 ¹ / ₄ tim.

För lim:härdare 100:100 viktsdelar

<u>Limfogens temperatur</u>	<u>Presstid</u>
20°C	3 tim.
30°C	1 ¹ / ₄ tim

De ovan givna presstiderna har fastställs genom provning enligt EN 302-6 med en fogtjocklek av 0.3 mm och hänför sig till pressning av raka balkar med en fuktkvot av 12%. Vid limning av böjda balkar eller av trä med högre fukthalt måste presstiderna förlängas.

För lim:härdarförhållandena 100:100 till 100:50 gäller följande:

Då en tunn limfog (ca 0,1 mm) och mindre limmängder(ca 250 g/m²) alltid är garanterade kan presstiderna vara kortare än som nämnts ovan. En förkortning av presstiderna får endast ske i samråd med vår tekniske rådgivare, med nedan angivna tider;

För lim:härdare 100:50 viktsdelar

<u>Limfogens temperatur</u>	<u>Presstid</u>
20°C	2 tim.
30°C	1 tim

För lim:härdare 100:100 viktsdelar

<u>Limfogens temperatur</u>	<u>Presstid</u>
20°C	65 minuter
30°C	45 minuter

Presstiderna relateras till produktionen av raka balkar med en fuktkvot på ca 12 %. Vid limning av böjda balkar eller av trä med högre fukthalt eller större limmängd måste presstiderna förlängas. Detta sker i samråd med vår tekniske rådgivare.

Då presstiderna är kortare än det som fastställts i EN 302-6 måste limfogens maximala tjocklek kontrolleras och limningskvaliteten skall fastställas genom delaminerings-test inom ramen för den interna produktionskontrollen.

Vid temperaturer över 30°C ges minimipresstiden av vår tekniske rådgivare i varje enskilt fall.

Efterhärdning

Efter presstidens slut har limfogen en sådan hållfasthet att vidarebearbetning kan ske. Den fulla hållfastheten uppnås först efter en viss efterhärdningstid som är beroende av den vid tillverkningen använda presstiden, presstemperaturen samt den temperatur som använts vid efterhärdningen.

Om presstemperaturen i fogen är 20°C kan den erforderliga efterhärdningstiden vid 20°C uppgå till 2 dygn med 20 viktsdelar härdare och 1 dag vid härdarmänder mellan 100 och 50 viktsdelar. Vid efterhärdning vid högre temperaturer än 20°C ändras den erforderliga efterhärdningstiden och skall anges av vår tekniske rådgivare.

Rengöring

Det är lätt att tvätta ur Casco Adhesives Separat Strängspridare 6230 innan lim och härdare har torkat.

Redskap tvättas med varmt vatten innan limmet hunnit härda.

HÄLSA OCH MILJÖ

Limmet innehåller små mängder fri formaldehyd och härdaren myrsyra. Lim och härdare får därför inte komma i kontakt med hud och ögon. Lim och härdare på huden tvättas bort med tvål och vatten.

För information i miljöfrågor vid användning av produkten samt hantering av lim/härdarspill och limtvättvatten refererar vi till **Säkerhetsdatabladet**, avsnitten "Fysikaliska och Kemiska egenskaper" samt "Avfallshantering" eller kontaktar ni Casco Adhesives miljörådgivare.

Före användning av produkten skall Säkerhetsdatabladet finnas tillgängligt och informationen i detta noga beaktats.

ENDAST FÖR YRKESMÄSSIG ANVÄNDNING.

FÖRE ANVÄNDNING AV DENNA PRODUKT TILL ANNAT ÄNDAMÅL ÄN OVAN, BER VI ER KONTAKTA OSS.

Informationerna är baserade på laboratorieutredningar och lång praktisk erfarenhet. Uppgifterna är orienterande och avser att hjälpa förbrukaren att finna den lämpligaste arbetsmetoden. Eftersom förbrukarens produktionsförhållanden ligger utanför vår kontroll, kan vi inte ansvara för arbetsresultat påverkade av lokala omständigheter. I varje enskilt fall rekommenderas provning och kontinuerlig kontroll.