

# ENERGISPARÅTGÄRDER VID YTBEHANDLING AV PLANMÖBLER

Stig-Inge Gustafsson,  
IKP/Energisystem och Träteknik  
Tekniska högskolan,  
581 83 Linköping

## INLEDNING

Vid Tekniska högskolan i Linköping finns sedan några år tillbaka en utbildning i Träteknik. Främst är det trämanufakturindustrin som är av intresse d. v. s. tillverkning av möbler, dörrar, parkettgolv, kökssnickerier m. m. i industriell skala. Då verksamheten vid högskolan är organiserad i s. k. storinstitutioner återfinns ämnet Träteknik tillsammans med 12 andra inom IKP, d. v. s. Institutionen för Konstruktions- och Produktionsteknik. Ett av dessa tolv ämnesområden är Energisystem. Det föll sig därför naturligt att börja undersöka energianvändningen i denna del av träbranschen. Vår första studie rörde en mindre trappfabrik i södra delen av Östergötland, se Referens [1]. Erfarenheter från denna visade att mycket mera kunskap måste inhämtas om de olika processer som bygger upp tillverkningen av de olika produkterna. En sådan process är ytbehandling av planmöbler. Genom ett bidrag från Länsstyrelsen i Kalmar, samt EU-medel via det sk mål 5b kunde vi starta ett projekt vid Totebo AB beläget mellan Vimmerby och Västervik. Totebo AB tillverkar produkter som sedan säljs vidare via ex. vis IKEA, Kinnarps och Martela. En stor del av tillverkningen utgörs av s. k. planmöbler d. v. s. bord, hurtsar, bokhyllor m. m. Gemensamt för alla dessa är att de skall lackeras. Ibland används klara lacker, men ofta ska produkterna också betsas eller förses med färgade lackskikt. Totebo AB har två s. k. linor där man ytbehandlar planmöbler. En av dessa har undersökts mera i detalj, se Referens [2]. I uppsatsen visas att omkring en femtedel av elanvändningen vid företaget beror på förhållanden i just denna linan, till en kostnad av omkring 400 000 Kr per år.

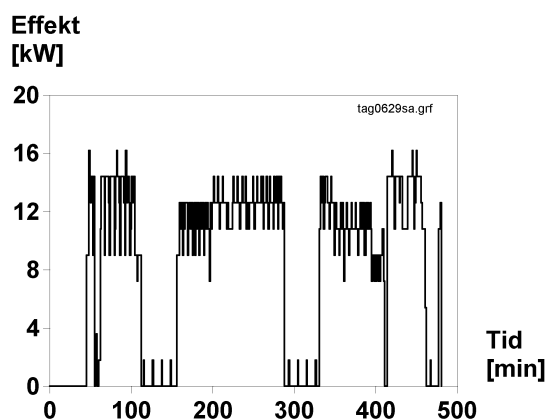
## MÄTUTRUSTNING

I fabriken används energi i form av ex. vis el eller ånga men endast elanvändningen mäts upp i fabriken. Detta sker bl. a. i den elmätare som elkraftsleverantören tillhandahåller, i detta fall Sydkraft. Företaget har vidare en egen vattenkraftsanläggning och viss mätning av leveransen från denna sker också. Värme produceras till stor del i företagets flispanna och värmen distribueras i form av ånga eller varmt vatten. Denna värmemängd mäts dock inte. För att få en uppfattning om elenergianvändningen för just ytbehandlingslinan har ett femtontal extra elmätare installerats. Varje elmätare skickar pulser till en sk

SiOx modul där pulserna räknas. En gång varje minut scannas värdena i dessa moduler av en vanlig persondator och lagras sedan på hårddisken. Detta är praktiskt då så stora datamängder kan lagras där. Programsystemet, som heter MINTOP, innehåller dessutom möjligheter att följa insamlingen av värden i realtid liksom presentation av historiska data. Man kan också lagra värden från exempelvis temperaturgivare.

## YTBEHANDLINGSLINAN

De skivor som skall ytbehandlas passerar först en s. k. bredbandputs. Denna maskin ser bl. a. till att skivorna får en precis tjocklek. Det är också viktigt att lackerna anbringas på färskt trä vilket ger bättre vätningsegenskaper. Den första elmätaren installerades vid denna maskin, se Figur 1.

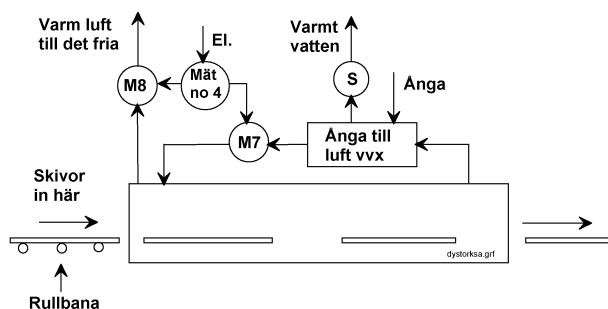


Figur 1: Elanvändning i en bredbandputs några timmar den 29 juni 1998.

Mätningarna visar att den maximala effekt som åtgår är c:a 16 kW. En närmare analys visar dock att maskinen måste vara kopplad till ett spånsugsystem vari slipdammet transporteras till ett filter. Fläktarna drivs av ett antal elmotorer vars förbrukning dock inte ingår i Figur 1. Anledningen till detta är att undercentralerna inte ligger exakt på samma ställe. Den luft som transporterar dammet tas från lokalen och har därför en temperatur på c:a 25 °C. För att man skall kunna spara en del energi leds luften efter att ha passerat filtret tillbaka in i fabriken. Detta sker dock endast under vintern. Motorer som endast utnyttjar en del av sin kapacitet får ett lågt värde på  $\cos\varphi$ , d. v. s. spänning och ström ligger inte i fas med varandra. En av motorerna hade ett värde om endast 0.26 medan bredbandputsen som helhet hade ett  $\cos\varphi$  om 0.5. Motorerna verkar således vara alltför kraftfulla för sina uppgifter. Det är dock inte enkelt att bygga om systemet så att värdet blir högre. Filtret är tillverkat av plåt och är helt oisolerat. En hel del värme försvinner därför från returluften men då transportvägarna utomhus är förhållandevis korta och stora luftmängder passerar, c:a 30,000 m<sup>3</sup>/h, hinner inte luften avkylas mera än någon eller några grader. Ett

lönsamt energisparande vad gäller denna apparat synes därför vara svårt.

Efter bredbandputsen kommer två stycken betsmaskiner. Maskinerna används förhållandevis sällan för betsnings men måste ändå vara igång då skivorna måste transporteras framåt. Apparaten har endast en effekt om någon kW och inget ventilationssystem finns anslutet. Maskinerna är därför förhållandevis ointressanta i sammanhanget. Efter betsningsen måste skivorna torka. Skivorna passerar därför en sk dystork där varm luft blåses vinkelrätt mot skivornas yta, se Figur 2.

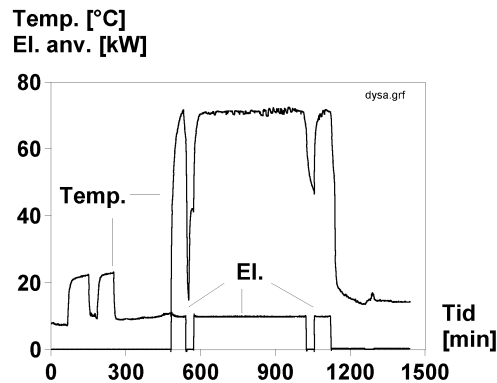


Figur 2: Dystork uppvärmd med ånga vid Totebo AB.

Den ånga som används produceras i en fliseldad ångpanna. Efter att ha passerat värmeväxlaren sitter en sk ångfälla som ser till att vatten och luft kan passera men ångan stannar kvar. Det vatten som passerar fällan kallas condensat och en del av detta förångas troligen återigen pga tryckskillnaden före och efter ångfällan men ett tydligt temperatursprång kunde mätas upp till c:a 40 °C. Ångfällan fungerade därför troligen som den ska. Luften i torken cirkulerar sedan med hjälp av en fläkt vilken i sin tur drivs av motorn M7 i Figur 2. En viss mängd luft måste dock ledas ut i det fria för att inte luften i torken skall bli helt mättad med vatten och därvid förlora sina torkande egenskaper. Detta sker via en fläkt som drivs av motorn M8. Elanvändningen mäts via mätare nr 4 vilken visade att den installerade effekten är c:a 10 kW, medan den använda elenergin uppgick till 95.7 kWh den 7 september 1998.

Genom att mäta upp den mängd condensat som rinner i returledningen till ångpannan kunde konstateras att värmeeffekten var c:a 30 kW. Lufttemperaturen i torken var c:a 70 °C och detta är således också temperaturen på den luft som leds ut i det fria. Med hjälp av en s. k. vinganemometer har luftflödet från torken mätts upp till 1,350 m<sup>3</sup>/h. Det är också av intresse att veta hur ofta dystorken används. Våra mätningar startade den 27 maj och fram till 1 oktober hade 1,536 kWh förbrukats i form av el. Maxeffekten är c:a 10 kW varför den varit igång omkring 150 timmar. Totalt beräknas att omkring 16,400 kWh värme släpps ut årligen under eldnings säsongen.

Värmen produceras till en del i företagets flispanna men ett antal elärotemprar finns också, se Referens [3]. Försäljning av flis kan ge ett pris på c:a 7 öre kWh vilket torde vara ett lägsta pris på flisvärmen. Då värmen är så pass billig är återbetalningstiden för ev sparåtgärder lång. Kostnaderna för en vär-



Figur 3: Temperatur och elanvändning i dystork 7 september 1998, Totebo AB.

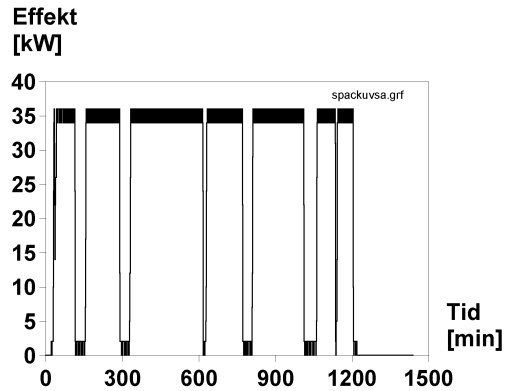
meväxlare eller en värmepump torde därför bli minst fem år. Dystorken har således för kort användningstid för att någon värmeåtervinning snabbt skulle betala sig.

Efter en IRM-tork som används mycket sällan eller inte alls kommer en spackelmaskin med tillhörande härdningsutrustning. Härdningen, eller polymerisationen, sker med ultraviolett ljus, UV. Tre sådana "UV-ugnar" matas från samma apparatskåp där vi därför installerat en elmätare. Elanvändningen framgår av Figur 4.

Effekten i de tre ugnarna ligger på c:a 35 kW. Samtidigt som UV-ljuset alstras får man en stor mängd värme som måste kylas bort. Värmeutvecklingen är så stor att lampornas reflektorer måste vändas automatiskt om transporten av skivorna av någon anledning skulle fallera. I annat fall finns risk för att skivorna börjar brinna. Värmen kyls bort med hjälp av luft som tas från lokalen. Luften sugs genom maskinen med hjälp av en fläkt och leds sedan ut ur fabriken till det fria. Fläkten drivs av en motor med en ungefärlig effekt om 1 kW. Den utgående luftens temperatur har mätts upp till c:a 50 °C och luftflödet till 1,100 m<sup>3</sup>/h. Liknande UV-ugnar återkommer även senare i processen för härdning av grund- och topplack. Totalt finns tio stycken och det sammanlagda luftflödet uppgår således till c:a 11,000 m<sup>3</sup>/h. UV-ugnarna används också flitigt, omkring 3,300 timmar per år eller 2,100 timmar under eldnings säsongen. Med hjälp av en värmväxlare torde man kunna spara värme för c:a 30,000 kr/år under förutsättning att värme behövs i lokalerna. Det bör också nämnas att ytterligare en lacklina är placerad i omedelbar närhet av den som nu undersökts. Troligen finns där motsvarande luftflöden och temperaturer.

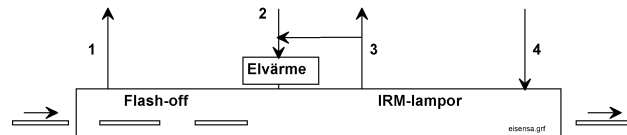
Efter spackling och grundlackering måste skivorna slipas i en s. k. bredbandslip. Slipdammet transporteras bort via spånsugs systemet i en kraftig luftström. Luften tas från lokalen men då slipdammet är hälsovådligt kan ingen återföring av returluft ske. Luftmängden har beräknats till 6,800 m<sup>3</sup>/h.

Efter lackslipen finns en ridålackmaskin placerad. Denna har ett i samman-



Figur 4: Elanvändning i tre sk UV-ugnar, Totebo AB.

hanget obetydligt elbehov men den lack som används här innehåller mycket lösningsmedel och maskinen måste därför ventileras. Lösningsmedlet måste också avdunsta i en s. k. flash-off, se Figur 5.



Figur 5: Torkapparat för ridålackerade skivor, Totebo AB.

För att påskynda processen används en del värme i form av 40-gradig luft. Används en högre temperatur riskerar man att få blåsor i lackskiktet då lackens yta bildar ett "skinn" där lösningsmedlet har svårt att tränga igenom. Efter denna flash-off kan den slutliga härdningen ske med hjälp av ett antal sk IRM-lampor som genererar infrarött ljus. Denna process måste också ventileras vilket innebär att kall uteluft värms upp till c:a 80 grader. Genom ett antal spjäll kan viss värmeåtervinning ske, se Figur 5. Maskinen används inte särskilt ofta varför det är svårt att hitta lönsamma sparåtgärder här.

Efter härdningen måste skivorna kylas av i en kylzon innan topplacken läggs på. Luften till zonen tas in via kanaler genom ytterväggen, leds genom maskinen och sedan ut till det fria igen. Då luftflödet är avsevärt, c:a 35,000 m<sup>3</sup>/h har

uppmätts på avluftssidan, kommer temperaturstegringen hos denna luft inte att bli speciellt stor. Tilluftsmängden var c:a 10,000 m<sup>3</sup>/h lägre så en hel del av luften till kylzonen tas från lokalerna.

## FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER

Som nämnts ovan är värmekostnaden för en trämanufakturindustri som eldar upp sitt eget avfall låg, ibland kanske under 10 öre/kWh. Det är således svårt att uppnå någon stor lönsamhet genom att åtgärda varje maskin för sig. Istället torde ett systemtänkande vara lämpligt. I slutet av ytbehandlingslinan finns en kylzon där frisk luft tas in via tre stycken kanaler med diametern 0.6 m. Motsvarande frånluftkanaler finns också och kylzonen kan därför sägas vara indelad i tre segment. Luften värms upp några få grader men duger troligen fortfarande som kylluft även i ett antal andra maskiner. Då rördimensionen är stor och rörens längd kort, några få meter, är luftmotståndet lågt i dessa även för stora flöden. Vid topplackeringen finns ett kylbehov till de sk UV-ugnarna som idag använder luft från lokalen. Vid varje ugn finns ju en fläkt som drivs av en elmotor om c:a 1 kW. Luftflödet i varje rör har uppmätts till c:a 1,500 m<sup>3</sup>/h och tre eller fyra ugnar används samtidigt. Det skulle troligen gå bra att stänga av både tilluftfläkt och frånluftfläkt i det sista segmentet i kylzonen och låta UV-ugnarnas fläktar sköta detta. Kylningen av ugnarna skulle också bli bättre då kall eller endast något uppvärmd tilluft används. All varm avluft från apparaterna samlas lämpligen i en speciell avluftskanal. Det mittersta segmentet av kylzonens avluftskanal kopplas förslagsvis till IRM-torkens kylluftintag, rör 4 i Figur 5 som har ungefär samma dimension. I rör 4 och rör 3 finns fläktar som kan användas i stället för de båda fläktarna i kylzonen. Kanske kan fläkten i rör 4 också stängas av. Kylzonen används bara när IRM-torken är igång. Genom rör 3 passerar idag varm luft ut i det fria. Denna luft borde istället ledas till den gemensamma avluftskanalen. Genom ett spjäll finns idag en möjlighet att förse flash-off-zonen med varm luft. Här måste en injustering ske så att inte elvärmebatteriet, med en effekt om 32 kW, behöver användas. Om värme mot förmodan skulle behövas borde en ångvärmare installeras istället. Frisk luft tas också in genom rör 2. Hit borde det tredje segmentet i kylzonen kopplas. I både rör 1 och 2 finns fläktar och därför kan troligen kylzonens fläktar tas ur drift helt och hållet. Även tilluftfläkten i rör 2 kanske är onödig. Avluften från rör 1 leds lämpligen också till den gemensamma avluftkanalen.

Ridålackmaskinen har försetts med en utsugshuv kopplad till en fläkt och en kanal till det fria. Här kanske man kan leda in avluften i lackslipmaskinen i stället vilket innebär att ridålackmaskinens fläkt kan stängas av. Före lackslipen sker grundlack och spackling och härdningen av lacken sker med UV-ljus. Avluften från dessa ugnar borde också kopplas till den gemensamma avluftskanalen.

Före grundlacken finns en IRM-tork som tar in c:a 8,000 m<sup>3</sup>/h kylluft från det fria men som används mycket sällan. Helst skulle kanske en del av kylzonens avluft användas även här men detta leder till en mycket lång kanal. Här föreslås därför att endast tilluftfläkten stängs av då endast omkring 3,000 m<sup>3</sup> luft per timma leds från maskinen. Detta varma flöde kopplas till den gemensamma avluftkanalen. Hit kopplas också den varma avluften från dystorcken.

I den gemensamma avluftskanalen kommer nu ett stort flöde av varm luft. Det gäller nu att hitta en värmesänka för denna. I en närbelägen fabrikslokal

sprutlackeras kanter mm på skivorna. Här har företaget problem att få tillräcklig temperatur på inomhusluften. Avluften från ytbehandlingslinan leds därför dit och via en värmeväxlare förs värme över från avluft till tilluft. Då luften i avluftkanalen trycks fram av alla fläktar skulle ev ingen fläkt behövas här. Detta kan dock skapa läckage vid maskiner som ej är igång, ex. vis den IRM-tork som är placerad före grundlacken. Om en central fläkt placeras här skulle kanske ett antal av avluftsfläktarna vid maskinerna i stället kunna tas ur drift. Avluftsystemet skulle då fungera på samma sätt som spånsugen. I snickerifabriker råder normalt ett rejält undertryck pga all luft som transporteras ut ur lokalerna. Tilluften tas in genom dörröppningar, springor m. m. i klimatskalet. Om man i stället lät tilluften komma in via värmeväxlaren skulle denna värmas upp och transporten av luften skulle ske p. g. a. lokalens undertryck. Om det blir för varmt i lokalerna kanske personalen öppnar ett eller flera fönster för vädring. Undertrycket blir då lägre och värmeströmmen från värmeväxlaren minskar i motsvarande grad. Systemet skulle i så fall bli självreglerande. Ingen tilluftsfläkt torde därför behövas här.

## SAMMANFATTNING

Vid ytbehandling av planmöbler används en mängd maskiner. Vid processerna alstras värme som måste ledas bort. Detta sker genom att blåsa luft genom maskinerna. Varje maskin har idag ett separat system för denna transport vilket gör det svårt att återvinna värme med lönsamhet. Den återvunna värmen skulle kunna användas som lokaluppvärmning vilken nu erhålles genom att elda träavfall i en flispanna. Värmepriset är således mycket lågt. Genom att leda alla varma luftflöden till en gemensam punkt och där placera en värmeväxlare kan en apparat byggas, istället för många små. I slutet av anläggningen finns en kylzon. Luften från denna borde användas som kylning i sådana processer som inte kräver just kall luft utan klarar sig med ex. vis luft av rumstemperatur. Samma luft kommer därvid att användas flera gånger. Värmeväxlaren används för att värma uteluft till rumstemperatur mera kontrollerat än vad som sker idag då tilluften tas in genom ofullkomligheter i väggar, tak och golv. P. g. a. det undertryck som råder i lokalerna framför allt under eldningssäsongen skulle systemet kunna bli självreglerande.

## Referenser

- [1] Gustafsson S.I. och Probert S.D. Electricity use in Swedish Carpentry Industry. *Applied Energy*, 52(1):73–85, 1995.
- [2] Gustafsson S. I. Energy Usage and Conservation in Surfacing Lines. *Energy Conversion and Management*, 41(15):1649–1669, 2000.
- [3] Bragsjö P. Energibesparande åtgärder vid en möbelfabrik. Rapport LiTH-IKP-Ex-1511, Linköpings Tekniska Högskola, 1998.