



RAPPORT

Finn Englund

Pinosylvin – möjligheter för utvinning och nyttiggörande

Träteknik

Finn Englund

PINOSYLVIN – MÖJLIGHETER FÖR UTVINNING OCH NYTTIGGÖRANDE

Träteknik, Rapport P 0311041

ISSN 1102 – 1071

ISRN TRÄTEK – R -- 03/041 -- SE

Keywords

chips
durability transfer
extractives
pinosylvin
sawdust
sawmill by-products
stilbenes

Stockholm november 2003

Rapporter från Träteknik – Institutet för träteknisk forskning – är kompletta sammanställningar av forskningsresultat eller översikter, utvecklingar och studier. Publicerade rapporter betecknas med I eller P och numreras tillsammans med alla utgåvor från Träteknik i löpande följd.

Citat tillåtes om källan anges.

Reports issued by the Swedish Institute for Wood Technology Research comprise complete accounts for research results, or summaries, surveys and studies. Published reports bear the designation I or P and are numbered in consecutive order together with all the other publications from the Institute.

Extracts from the text may be reproduced provided the source is acknowledged.

Träteknik – Institutet för träteknisk forskning – betjänar sågverk, trämanufaktur (snickeri-, trähus-, möbel- och övrig träförädlingsindustri), skivtillverkare och byggindustri.

Institutet är ett icke vinstdrivande bolag med industriella och institutionella kunder. FoU-projekt genomförs både som konfidentiella uppdrag för enskilda företagskunder och som gemensamma projekt för grupper av företag eller för den gemensamma branschen. Arbetet utförs med egna, samverkande och externa resurser. Träteknik har forskningsenheter i Stockholm, Växjö och Skellefteå.

The Swedish Institute for Wood Technology Research serves sawmills, manufacturing (joinery, wood houses, furniture and other woodworking plants), board manufacturers and building industry.

The institute is a non-profit company with industrial and institutional customers. R & D projects are performed as contract work for individual industrial customers as well as joint ventures on an industrial branch level. The Institute utilises its own resources as well as those of its collaborators and outside bodies. Our research units are located in Stockholm, Växjö and Skellefteå.

Innehållsförteckning

	Sid
Förord	3
Sammanfattning	3
Inledning	3
Förekomst av stilbener	4
Råvarukällor	5
Flis och spån	5
Avverkningsrester	6
Övriga råvarukällor	7
Råvarubasen av stilbener	7
Utvinning	7
Träskyddsmedel med innehåll av pinosylvin	8
Slutsatser	9
Litteraturlista	11

Förord

Föreliggande rapport utgör en del av resultatet av projektet ”Ökad beständighet genom djupverkande fuktavvisande behandling”, som finansierats av Skogsindustrierna, tidigare Svenskt Trä. Denna del av projektet har studerat möjligheterna för att utnyttja pinosylvininnehållet i skogsindustrins avfall och biprodukter av furu som en resurs för att förstärka det naturliga rötskyddet i annat furuvirke, och är vad man kan kalla en ”feasibility study”. En annan del, som rapporteras separat i Trätek Rapport P 0309022, har handlat om utvärdering av behandlingar i rent vattenavvisande syfte. Dessa delar är olika till sin karaktär, men det finns dock ett klart samband, då båda slagen av behandling syftar till en ökad beständighet utan användning av miljöstörande fungicider och då de dessutom med fördel kan kombineras. En tredje del rapporteras i Trätek Rapport P 0309023, som beskriver resultat av tre olika fältförsök som pågått i 7-10 år, med olika aspekter på konstruktiv utformning av träfasader.

Sammanfattning

Tillgången på furu i skogsindustrins biprodukter i form av flis, spån och grot har inventerats. Beräkningar har gjorts över deras innehåll av pinosylvin och andra stilbener samt den potentiella tillgängligheten av dessa föreningar. Möjligheterna att utvinna stilbener ur furukärved och återföra dessa till furusplintved för ökad beständighet bedöms vara goda och påverkar inte värdet i det extraherade materialet för vidare användning som t.ex. bränsle. Realismen i ett praktiskt genomförande i större skala styrs dock till stor del av en ekonomisk kalkyl, som inte varit möjlig att genomföra här. Sannolikt är det optimalt att utvinna en bredare fraktion av extraktivämnen som kan ge flera samtidiga effekter, både ökat motstånd mot vattenabsorption och ökat motstånd mot rötsvampars angrepp. De regler som gäller för registrerade träskyddsmedel bedöms inte vara något allvarligt hinder.

Inledning

Pinosylvin, dess metyletrar och närbesläktade stilbener är substanser som förekommer naturligt i furuved och som anses utgöra de huvudsakliga försvarsvapnen i trädets eget skydd mot angrepp av skadesvampar (Erdtman 1945, Erdtman m.fl. 1966, Hart och Shrimpton 1979), i första hand rötsvampar och i mindre grad mot blånadssvampar (Hart 1989). De förefaller också ha en skyddande verkan mot termiter (Supriana 1983, Shibutani m.fl. 2002) och eventuellt andra insekter. Rötskyddet består i en hämning av svamparnas tillväxt, medan sporing i första hand förefaller att hämmas av andra kemiska faktorer (Bjurman 1986). Fortsättningsvis används delvis samlingsnamnet stilbener omväxlande med förkortningen PS, för pinosylvin, som generiska namn för de totala stilbenmängderna utan att ta hänsyn till de olika förekommande isomererna.

Dessa stilbener uppvisar utan tvivel fungitoxiska effekter in vitro (se t.ex. Rennerfelt 1945, Hart och Hillis 1974, Shibutani m.fl. 2001, Svensson 1988), men deras betydelse för praktisk rötbeständighet har länge varit föremål för olika uppfattningar (Hart 1981). Hart och Shrimpton (1979) fann lägre inhibering av rötsvampar med trämjöl närvarande i ett odlingsmedium än utan trämjöl. I en ny översiktsartikel påpekar Taylor m.fl. (2002) att det inte alltid finns en korrelation mellan beständighet och extraktivämneshalter i kärnveden. Sannolikt kan detta skilja ganska mycket vid studier av olika arter, beroende på olika verkansmekanismer. Ingen större, systematisk studie över halternas inverkan på rötresistensen har gett så entydiga resultat att frågan är avgjord, men det finns starka skäl att räkna med att högre halter är för-

delaktiga. Detta stöds för furu också av nya testresultat (Nussbaum m.fl. 2003, Venäläinen 2003), som visar en korrelation mellan pinosylvinhalt och röttnotstånd.

I furuvirke måste man vid en utvärdering av pinosylvinets egenskaper också ta hänsyn till en rad andra extraktivämnen, vars halter inte alltid varierar parallellt med pinosylvinets. Andra fenoliska extraktivämnen (som inte är stilbener) spelar sannolikt en roll, liksom hartssyror. De senare kan tillsammans med fetter och andra lipofila extraktivämnen också ge virket ett högre motstånd mot vattenabsorption, antingen genom lägre jämviktsfuktkvoter eller genom att uppfuktning sker i en långsammare takt. En sådan minskning av fuktupptagningen kan ofta vara en dominerande faktor som leder till mindre rötbenägenhet, särskilt i exponeringssituationer där fuktbelastningen är intermitterant och måttlig.

Det är möjligt att återföra sådana extrakt till furuvirke avsett för utomhusexponering i riskklass 2-3, och därigenom minska behovet av impregnering med konventionella, syntetiska fungicider. Denna typ av behandling innebär inte att man tillför någonting nytt till veden utan bara förstärker det skyddssystem som redan finns. Det kan ses som ett alternativ till det betydligt mera tidskrävande och hantverksmässiga bruket att stimulera en större produktion av extraktivämnen genom randbarkning etc. på det växande trädet. Det kan också ses som ett sätt att "uppgradera" splintveden till kärnvedens egenskaper. Dessutom finns stora möjligheter att vid återimpregnering kombinera extrakten med vattenavvisande behandlingar, vilket ytterligare minskar rötbenägenheten och ger flera positiva effekter.

Tidigare försök till beständighetshöjande impregnering av mindre beständiga träslag med extrakt från kärnved har antingen syftat till att omfördela extraktivämnen inom samma träslag eller att föra över egenskaper från andra träslag med hög naturlig beständighet.

Förekomst av stilbener

Halterna av dessa föreningar varierar inom vida gränser. I ett arbete av Nussbaum m.fl. (2003) har extraktivämnehalter analyserats i ett material som består av kärnved från 360 furuplankor med ursprung i norra Sverige. Extrakten, som analyserades gaskromatografiskt, gav summerade halter av pinosylvin (PS) och pinosylvinmonometyleter (PSME) som varierade mellan 5 och 30 mg/g (0,5 resp. 3 %). Totalhalterna av lipofila extraktivämnen spände över ett ytterligare större intervall (21-138 mg/g), men det fanns inget tydligt samband mellan höga halter av de två grupperna av ämnen. I tidiga arbeten av Erdtman m.fl. (1951) fann man pinosylvinhalt i området 0,6-1,2 % i ett urval av *Pinus sylvestris*. Venäläinen m.fl. (2003) undersökte 16 mogna tallar och fann ett medelvärde av 0,89 % i yttre kärnved och 0,42 % i inre. Willför m.fl. (2003) fann halter av stilbener i storleksordningen 1 % i kärnveden av sju furustammar, 0,01-0,02 i splintveden och 1-7 % i kvistar. Det är möjligt att halterna av pinosylvin kan vara något högre i de yttre delarna av furans splintved, där den kan behövas tillsammans med andra kådämnen som en del av försvaret mot yttre angrepp (Hart och Johnson 1970, Jorgensen 1961), men det är inte helt klarlagt var stilbenernas biosyntes sker (Hart 1989). Underlaget av uppgifter om halter i splintveden är dock svagt, och det är därför befogat att bortse från splinten i detta sammanhang. Vid kärnvedsbildningen lagras pinosylvin upp i högre koncentrationer. De högre halterna i kvistar och grenar är sannolikt ännu mera variabla än i stamveden. Det har faktiskt föreslagits att pulvriserat och torkat grenmaterial skulle kunna användas som en skyddsbarriär mot svampangrepp om det t.ex. blåstes in i svåråtkomliga skrymslen i huskonstruktioner.

Råvarukällor

Flis och spån

Av sågverkens biprodukter är det råflis, torrflis, sågspån och kutterspån som kan användas för utvinning av pinosylvin. Sammanlagda mängder av dessa i den svenska skogsindustrin är i samma storleksordning som av färdig sågad vara. De beräknades för år 1995 till 10,8 miljoner m³f flis och 2,8 miljoner m³f spån (Warensjö 1997). Med en ungefärlig andel om 40 % av detta som utgörs av tallråvara och en torrdensitet om 400 kg/m³ ger detta en årsproduktion om 2,2 miljoner ton.

Skogsindustrin 2002 (Skogsindustrierna) anger mängden producerat flis år 2001 till 12,2 miljoner m³f, eller ca 4,9 miljoner ton. Därtill kan läggas spånproduktionen, som kan beräknas med ett ungefärligt spånutbyte på 10 % (Warensjö och Jäppinen 1997) av sågverkens inkommande timmerråvara. För år 2001 blir det ca 3,5 miljoner m³f spån, eller 1,4 miljoner ton. Summerat med flis, och med en reduktion för att uppskatta tallandelen (ca 40 %) innebär detta alltså ca 2,5 miljoner ton.

SDC Virkesmättningsrådet (2003) ger näraliggande uppgifter om produktionen år 2001: 11,4 miljoner m³f flis (= 4,6 Mton) och 4,5 miljoner m³f spån (= 1,8 Mton).

Ringman (1996) anger den producerade mängden såg- och kutterspån till ca 7,3 miljoner m³s per år, vilket motsvarar ca 2,2 miljoner m³f. Siffran ligger på en klart lägre nivå än de tidigare citerade.

Sammantaget pekar uppgifterna på en aktuell årsproduktion om ca 2,5 miljoner ton av flis och spån av tallved. Då avses sågverkens produktion. De spån som kommer från snickeriindustri som arbetar med furu kan visserligen vara en ytterligare post, men den kommer att vara av så underordnad betydelse att den kan bortses från i det här sammanhanget.

Av flisen gick år 1995 enligt Warensjö (1997) ca 92 % till massatillverkning, medan 8 % (ca 900 000 m³f, huvudsakligen torrflis) gick till användning som bränsle. Den andel av spånen som gick till bränsle var ca 65 %, varav hälften utnyttjades direkt vid sågverket, medan skivindustrin tog hand om ca 30 % (en svagt nedåtgående trend). Senare data (SDC Virkesmättningsrådet 2003) över mängder som använts som bränsle eller som deponerats visar att det för år 2001 rör sig om ca 10 % av flisen och nu hela 70 % av spånen.

Det finns givetvis stora praktiska begränsningar i ett fullt utnyttjande av denna råvarubas. Den andel av spånen som går in som råvara i skivindustrin är det sannolikt mest önskvärt att hantera direkt, utan mellanliggande extraktionsprocesser eller annat. Däremot bör det inte finnas några principiella hinder för att styra bränsleflis och -spån till en mellanliggande behandling där extraktivämnena kan tas tillvara. Bränslevärdet kommer inte att påverkas i någon större utsträckning. På samma sätt kan cellulosafelis extraheras före transport till massafabrik. Extraktivämnena är ju under alla omständigheter något som man vid massatillverkningen ändå måste avskilja under processen. Delvis ställer de till problem i massakoken — pinosylvin är känt för att inhibera ligninutlösningen i sulfitekoking (Hillis och Sumimoto 1989)— men delvis utnyttjas de tvålar som uppstår av fettsyromna som hjälpmedel för att lösa ut ligninet. Det skulle krävas en större separat utredning för att klargöra om fördelarna eller nackdelarna med en förextraktion överväger. De praktiska begränsningarna i övrigt ligger i logistiska svårigheter och processkapacitet m.m. Transportkostnader, investe-

ringskostnader och alternativa ekonomiska utfall för olika materialkostnader kommer sedan givetvis att påverka den slutliga praktiska tillgängligheten för råvaran i en ny mellanliggande process, men det tas inte hänsyn till i denna inventering av råvarupotentialen.

Avverkningsrester

Utöver sågverkens biprodukter finns självfallet möjligheter att utvinna extraktivämnen ur trädrester som grenar och toppar (grot), samt stubbar m.fl. avverkningsrester. Bark och barr har inget innehåll av stilbener, men huvuddelen av det övriga. En sann uppskattning av tillgängliga volymer är inte helt lätt att genomföra. Uppgifter finns i ett flertal källor, och de är inte alltid samstämmiga. Ur faktasamlingen Skogsindustrin 2002, som återfinns på bl.a. Skogsindustriernas websidor, kan utläsas att skogsindustrin år 2001 totalt tillfördes 63,7 miljoner m³fub som virkesråvara. Något mindre än hälften av denna avverkning avsåg tall, uppskattningsvis i närheten av 27 miljoner m³fub. Med en torrdensitet om 400 kg/m³ motsvarar detta ca 10,8 miljoner ton. För att beräkna förhållandet mellan nyttig trädbiomassa och total trädbiomassa använde Berg m.fl. (2003) en omräkningsfaktor betecknad BEF-kvot (biomass extension factor) som för tall sattes till 1,38 (Winjum m.fl. 1998). Om den appliceras erhåller man en total massa av grenar och toppar som $0,38 \times 10,8 = 4,1$ miljoner ton från avverkning av tall.

Ett alternativt beräkningssätt är att utgå från bruttoårsavverkningen, som år 2001 uppgick till totalt ca 78 miljoner m³sk och under 2002 till 83,5 miljoner m³sk enligt Riksskogstaxeringen (2003), varav något mindre än hälften var tall. Den industriellt tillförda råvaran om 63,7 miljoner m³fub, vilket med barken inräknad motsvarar ca 72,6 miljoner m³fpb för år 2001, skulle i princip kunna dras ifrån bruttoavverkningen. Skillnaden om 5,4 miljoner m³sk kan bedömas motsvara ca 2,2 miljoner ton, varav kanske hälften för tall. I dessa tal ingår toppar men inte avkapade grenar, och en uppskattning av deras mängd måste göras på annat sätt, t.ex. med hjälp av trädbränslestatistik (Hektor m.fl. 1995). Beräkningarna kommer med denna metod att ge en mängd av grenar och toppar som någorlunda överensstämmer med den ovanstående, men tillvägagångssättet är inte så tillförlitligt, särskilt som Skogsstyrelsen själva varnar för att ”uppgifterna från Riksskogstaxeringen håller låg kvalitet och bör användas försiktigt”.

Ett tredje beräkningssätt är att utgå från de omvandlingsfaktorer som anges av Skogsindustrin vad gäller trädbränslen. Där visas att 1 m³sk ger grot motsvarande 0,95-1,2 MWh eller 1-1,5 MWh vid slutavverkning respektive gallring. Ett sammanvägt värde om ca 1,1 MWh kan omräknas med faktorn 2,6 MWh/ton för grot med en fukthalt av 45 %. Bruttoavverkningen för år 2002 ger på detta sätt en sammantagen mängd om $85 \times 10^6 \times 1,1 \div 2,6 \approx 36 \times 10^6$ ton. Som torr substans blir det 19,8 miljoner ton, och om andelen från furu sätts till 40 % resulterar det i en potential på 7,9 miljoner ton grot. Siffran är avsevärt större än den som beräknats enligt den första metoden. Den bör betraktas med stor försiktighet, då omvandlingen via tumregler för bränslevärde inte kan betraktas som säker.

Lönner m.fl. (1998) summerar den årliga mängden grot utan barr i slutavverkning till 7,4 miljoner ton torrsbstans, vilket kan ökas till 9,3 miljoner ton om barren för jämförelsens skull ska räknas med. I gallring är mängden 5,4 miljoner ton, sammanlagt alltså 14,7 miljoner ton. Med en furuandel på 40 % leder det till en total mängd om ca 5,9 miljoner ton grot från tall.

En sammanvägning av resultaten från den sistnämnda och den första beräkningsmetoden ger en total årlig mängd av ca 5 miljoner grot från tall. När mängden flis och spån adderas når man 7,5 miljoner ton.

De summerade mängderna i styckena här ovan är hypotetiska i så måtto att de förutsätter full tillgänglighet. Det är inte realistiskt att räkna med att allt material kan tillvaratas. Liksom för spån och flis spelar transporterna en stor roll för grot, som till viss del lämnas i skogen, särskilt vid längre terrängtransportavstånd och vid besvärliga markförhållanden.

Övriga råvarukällor

Med dagens materialflöden går en stor del av trädens extraktivämnen i form av flis och massaved till massatillverkning. Där avskiljs de i kokprocesserna och hamnar i kokvätska och avlut. De har då i hög grad genomgått oxidativa reaktioner eller omlagrats, polymeriserats och kondenserats med nedbrutet lignin. En del av extraktivämnena klarar sig igenom processen och finns emulgerade i miceller av natriumtvålar av bl.a. fettsyror. Råtallolja, som är en biprodukt i sulfatprocessen, innehåller små mängder av pinosylvin och dess etrar. Efter destillation finns de åtminstone delvis i föroljan och i fettsyrafraktionen, men i mycket låga halter. Föroljan har dessutom nackdelen att vara starkt illaluktande, och för ett nyttiggörande av stilbeninnehållet skulle det krävas stora insatser för separation och rening. Utvinning av fenoliska substanser ur restlignin och massakok har flera gånger föreslagits (t.ex. av Goldstein 1988) och förekommer i begränsad omfattning (se t.ex. Holmbom 2001) men har inte förverkligats i någon nämnvärd skala. På det hela taget förefaller det vara förenat med mycket stora svårigheter att praktiskt använda massaindustrins frånflöden som råvarukälla. Det kan nämnas att en utredning med ekonomiska beräkningar gjordes av Kringstad (1977) över möjligheterna att använda skogsindustrins avfallsprodukter som kemikalieråvara, dock utan att gå in på en utvinning av stilbener.

Råvarubasen av stilbener

För denna materialinventering är det omöjligt att detaljerat utreda hur stor del av biprodukterna som skulle utgöras av kärnved. Det kan antas att flis från justerverk m.m. gör att biprodukterna har en större andel splintved än hela trädet, medan det omvända kan gälla för avverkningsrester. Med ett antagande om kärnvedsandel kring 50 % och en genomsnittlig halt på 1 % i kärnveden skulle hela materialets genomsnittliga halt hamna på ca 0,5 %. Om grotens barrandel enligt Lönner m.fl. (1998) dessutom betraktas som en barlast utan PS-innehåll kan siffran reduceras något, kanske till 0,4 %. Det leder ändå fram till en betydande potentiell råvarubas om 30 000 ton stilbener årligen, beräknat på den ovan antagna potentialen av bi- och avfallsprodukter.

Utvinning

Ur spån, flis och avverkningsrester kan extraktivämnen tas till vara genom extraktion, i första hand med något organiskt lösningsmedel. Med modern teknik kan en sådan process göras så sluten att lösningsmedlen återvinns och utsläppen blir minimala. Råextrakt av tall blir ofrånkomligen ganska komplexa blandningar av en rad extraktivämnen. Det kan gå att under extraktionen eller i ett efterföljande steg med vätskeextraktion välja betingelser så att pinosylvinet anrikas tillsammans med andra fenoler och med syror som hartssyror. En vidare

fraktionering kan syfta till att framför allt avskilja oönskade delar av blandningen och lämna en mindre heterogen blandning med högre halt av pinosylvin. Detta är tänkbart med storskalig destillation vid lågt tryck eller semikontinuerlig kromatografi.

Att utvinna rent pinosylvin i större mängder skulle kräva kolossala ansträngningar till mycket höga kostnader, men det vore sannolikt att skjuta långt över målet. Någon form av gruppseparation som ger en fraktion av hartsämnen tillsammans med pinosylvin är sannolikt den enda tänkbara målsättningen. Redan detta är antagligen en kostsam process, som kräver ett långt utvecklingsarbete och avsevärda nyinvesteringar. Det är inte möjligt att inom ramen för detta projekt göra kalkyler över vare sig investeringskostnader eller framtida produktionskostnader.

Träskyddsmedel med innehåll av pinosylvin

Ett avgörande steg för alla försök att formulera nya behandlingar som syftar till att öka beständigheten hos trä är att pröva om behandlingen sorterar under EU:s Biocidproduktdirektiv (BPD, 98/8/EG). Det trädde i kraft 2002, med en övergångsperiod till 2004, och har kommit att bli en vattendelare för den förhållandevis priskänsliga marknaden för träskyddsmedel. Utvecklingen av nya aktiva substanser har till stor del avstannat för den europeiska marknaden. Detta beroende på de höga kostnader som är förknippade med att ta fram alla data om toxikologiska och ekotoxikologiska egenskaper samt prestanda för registrering av nya medel. Även etablerade aktivsubstanser ligger i farozonen, då det krävs en lika omfattande dokumentation för underhåll av registrering och godkännande. Även nya formuleringar med tidigare kända komponenter kräver en omfattande dokumentation, och sammantaget kan man räkna med en ytterligare nedgång av antalet tillgängliga medel under de närmaste åren (Saunders).

Det har spekulerats i möjligheterna att ett naturligt förekommande ämne som pinosylvin skulle få ett fribrev och slippa genomgå hela den registreringsprocess som krävs av BPD. Den möjligheten finns inte. Så fort man hävdar att behandlingen ger ett skydd mot angrepp från en biologisk organism, i det här fallet rötsvampar, kommer behandlingen att räknas som en biocid och falla under direktivets regler. Däremot krävs ingen motsvarande registrering av behandlingar som enbart gör ett trämaterial mindre benäget att ta till sig fukt. Man uppnår däri-genom ett skydd mot rötsvampars nedbrytning, men inte genom sådana biologiska eller kemiska mekanismer som omfattas av direktivets definition av verksamma ämnen, utan snarare en fysikalisk förändring av materialets egenskaper. Det innebär att det i stor utsträckning handlar om hur en behandling rubriceras och vilka egenskapsförändringar som hävdas i marknadsföringen. Att isolera en fraktion av hartsämnen och liknande från furu, på det sätt som föreslås ovan, för att sedan använda den som en vattenavvisande behandling vore av allt att döma helt i sin ordning. Om det sedan av olika praktiska skäl medföljer en betydande andel pinosylvin så är det ingenting som förändrar situationen. Denna syn på en överföring av furans kärnvedsämnen till splintved delas av Kemikalieinspektionen, enligt telefonkonsultationer.

En behandling av det slag som här skisseras kan betraktas som en utjämning av de naturliga skyddsämnen som finns i veden, men av naturliga orsaker i starkt varierande halter. Det skulle närmast kunna ses som en form av kvalitetssäkring och minskning av spridningen i beständighet.

En annan mycket viktig fråga man måste ställa sig är om utifrån tillförda stilbener kan göra samma nytta som de som producerats på plats. I en del av de studier där man har försökt över-

föra resistensegenskaper från beständig kärnved till mera obeständig splintved har resultaten varit nedslående (Norin 1989). Det har tolkats som att extraktivämnena efter impregnering inte är spridda på ett strategiskt sätt i veden, dvs att de kan kringgås av en koloniserande svamp, eller att extraktionen har varit inadekvat och otillräcklig (Turner och Conradie 1995), eller att enskilda renframställda föreningar inte förmår ge de önskade egenskaperna (Hart och Hillis 1974, Schultz och Nicholas 2000). I många fall har man dock lyckats visa att en beständighetshöjande överföring är möjlig (Bultman m.fl. 1987, Kamdem 1994, Kennedy m.fl. 1995, Krishnan m.fl. 1993, Nzouko och Kamdem 2002, Smith m.fl. 1989, Thévenon m.fl. 2001). Kennedy och Powell (2000) diskuterar utmaningen i att överföra rötskyddsegenskaper från sågverkens biprodukter och konstaterar att det kan visa sig möjligt i laboratorieförsök, men som så ofta tillkommer en rad praktiska svårigheter vid uppskalning till industriell process. I ett stort upplagt försök där kärnvedsämnen från cypress utvunnits för att återföras till splintandelen har en process i halvindustriell skala utforskats (Kennedy m.fl. 2000, Jiang m.fl. 2000).

I det material som undersökts av Nussbaum m.fl. (2003) uppgår mängden stilbener till mellan 1/10 och 1/4 av de totala lipofila extraktivämnena. I detta räknestycke sätts andelen stilbener till 10 % för att inte ta till i överkant. För närvarande behandlar träimpregneringsindustrin totalt något mer än 800 000 m³ årligen. Om 5 % av denna volym skulle behandlas med ett vattenavvisande medel med pinosylvininnehåll ska medelsåtgången räknas bara på den impregnerbara splintvedsandelen, som grovt kan sättas till 50 %. Med hundra procentig upptagning vid fullcellimpregnering krävs då 20 000 m³ impregneringslösning. Om vi vidare räknar med att denna lösning håller en halt av 10 % innebär det 1 % av pinosylvin, vilket i sin tur är 200 ton eller mindre än en procent av den ovan beräknade potentiella råvarubasen. Tillgången på råvaror är i sig alltså inte någon begränsande faktor. Ett virke som behandlats på detta sätt skulle med andra ord kunna ges samma genomsnittliga halt av pinosylvin i splintveden som det naturligt har i kärnveden. Som jämförelse kan nämnas att det år användes ca 5600 ton träskyddsmedel 1999 i Sverige (Kemikalieinspektionen 2001).

Slutsatser

- Pinosylvin, dess etrar och andra naturligt förekommande stilbener i furukärnved är ansvariga för en del av den högre beständighet som kärnveden har jämfört med splintveden.
- En del av beständigheten kan tillskrivas andra extraktivämnena, bland annat genom att de minskar benägenheten för vattenabsorption.
- Återförda stilbener bör kunna ge en väsentlig höjning av beständigheten hos furusplint.
- I en praktisk utvinningsprocess är det möjligt men sannolikt inte ekonomiskt försvarbart att särskilja stilbenerna från en stor grupp av andra extraktivämnena.
- Det är också sannolikt att det kan vara en fördel att ett extrakt innehåller många komponenter som tillsammans kan ge en bredare verkan inkluderande både förstärkt rötresistens och minskad vattenupptagning.
- Råvarubasen är betydligt större än alla tänkbara behov.
- En återföring av extraktivämnena från furukärnved till furusplint möter inga principiella hinder från svensk och europeisk kemikalielagstiftning. Behandlingen bör dock antagligen marknadsföras som en kvalitetssäkring snarare än en biocidbehandling.

- En extraktion ur flis och spån, som redan är sönderdelade, förefaller vara det minst kostnadskrävande sättet för utvinning. Material som sedan ska användas som bränsle tappar inte sitt värde.
- En kostnadsberäkning är inte möjlig förrän en djupare studie av en tänkt process har genomförts.

Litteraturlista

- Anon. (1997). Nordic Wood — Trä och Miljö: Miljödeklarationer av träindustrins produkter, huvudrapport, Träteknik rapport P 9704027.
- Berg, S., Englund, F., Jarnehammar, A., Johansson, R., Lindholm, E.-L. (2003). Kollagring i den skogsindustriella sektorn i Sverige — Beräkningar för sektorn som helhet och i byggnader. Rapport P 0302007, Träteknik, Stockholm.
- Bultman, J.D., Gilbertson, R.L., Amburgey, T.L., Adaskaveg, J.E., Parikh, S.V., Bailey, C.A. (1987). The antifungal efficiency of Guayule resin. The International Research Group on Wood Preservation. Doc. No. IRG/WP/3429.
- Östberg, G., Englund, F. (1992). Vattenbaserade vattenavvisande medel för impregnering av trä (Water-based water repellents for treatment of wood). With Engl. summary. Swedish Institute for Wood Technology Research, Report I 9105028
- Englund, F. (1994). Water uptake in laboratory test panels. A comparison of test methods. In *Durability of painted exterior wood panelling*, ed. J. Bjurman, Nordic Conference Proceedings, Uppsala, April 1994, pp. 85-90
- Englund, F. (1993). Water-borne water repellents for wood. In *Moisture in Coated Exterior Wood Panelling*, Nordic Seminar, April 1993 (ed. S. Hjort), Chalmers Univ. of Technology, Gothenburg, Publication P-93:2
- Englund, F. (1996). Moisture dynamics of some wood protection systems, manuskript till *7th Int. Conf. on the Durability of Building Materials and Components*, Stockholm, May 1996
- Erdtman, H. (1945). Der Gehalt des Kiefernholzes an Pinosylvinphenolen. *Svensk Papperstidning* 48(9), 217-221.
- Erdtman, H., Frank, A., Lindstedt, G. (1951). *Sv. Papperstidning* 54(8), 275-279.
- Erdtman, H., Kimland, B., Norin, T. (1966). *Bot. Mag. Tokyo* 79, 499-505.
- Goldstein, I. (1988). Chemicals from wood. 8th World Forestry Congress, Djakarta.
- Hart, J.H. (1981). Role of phytostilbenes in decay and disease resistance. *Ann. Rev. Phytopathology* 19, 437-458.
- Hart, J.H. (1989). The role of wood exudates and extractives in protecting wood from decay. I *Natural Products of Woody Plants vol. II*, ed. J.W. Rowe, Springer.
- Hart, J.H., Hillis, W.E. (1974). Inhibition of wood rotting fungi by stilbenes and other polyphenols in *Eucalyptus sideroxylon*. *Phytopathology* 64, 939-948.
- Hart, J.H., Johnson, K.C. (1970). Production of decay-resistant sapwood in response to injury. *Wood Sci. Technol.* 4, 267-272.

Hart, J.H., Shrimpton, D.M. (1979). Role of stilbenes in resistance of wood to decay. *Phytopathology* 69(10), 1138-1143.

Hektor, B., Lönner, G., Parikka M. (1995). Trädbränslepotential i Sverige på 2000-talet, SLU utredningar nr 17.

Hillis, W.E., Sumimoto, M. (1989). Effect of extractives on pulping. I *Natural Products of Woody Plants* vol. II, ed. J.W. Rowe, Springer.

Holmbom, B. (2001). Nyttigheter utvinns ur trä. *Sv. Papperstidning* 5, 90.

Jiang, H., Kennedy, M.J., Stephens, L.M. (2000). Natural durability transfer from sawmill residues of white cypress (*Callitris glaucophylla*); 4: Analysis of extracts and treated wood for active components. The International Research Group on Wood Preservation. Doc. No. IRG/WP 00-20215.

Jorgensen, E. (1961). The formation of pinosylvin and its monomethyl ether in the sapwood of *Pinus resinosa*. *Can. J. Botany* 39, 1765-1772.

Kamdem, P. (1994). Fungal decay resistance of aspen blocks treated with heartwood extracts. *For. Prod. J.* 44(1), 30-32.

Kennedy, M., Drysdale, J., Brown, J. (1995). Efficacy of some extractives from *Pinus* heartwood for protection of *Pinus radiata* sapwood against biodeterioration; 1. Fungal decay. The International Research Group on Wood Preservation. Doc. No. IRG/WP 95-30072.

Kennedy, M.J., Powell, M.A. (2000). Methodology challenges in developing a transfer of natural durability from sawmill residues, illustrated by experiences with white cypress (*Callitris glaucophylla*). The International Research Group on Wood Preservation. Doc. No. IRG/WP 00-20203.

Kennedy, M.J., Jiang, H., Stephens, L.M. (2000). Natural durability transfer from sawmill residues of white cypress (*Callitris glaucophylla*); 1: Optimisation of the extraction conditions. The International Research Group on Wood Preservation. Doc. No. IRG/WP 00-30238.

Kringstad, K. (1977). Skogsindustrins avfallsprodukter som råvara för kemikalier och protein. STU-rapport 75-5768.

Krishnan, R.V., Theagarajan, K.S., Ananthapadmanabha, H.S., Nagaraja Sharma, M., Prabhu, V.V., Nagaveni, H.C. (1993). Biocidal property of the phenolic fraction of ethanol extractives of *Hopea parviflora* heartwood. The International Research Group on Wood Preservation. Doc. No. IRG/WP 93-30003.

Lönner, G., Danielsson, B.-O., Vikinge, B., Parikka, M., Hektor, B., Nilsson, P.O. (1998). Kostnader och tillgänglighet för trädbränslen på medellång sikt. Rapport nr 51, Inst för Skog-Industri- Marknad- Studier, Sv. Lantbruksuniv., Uppsala.

Norin, T. (1989). Stilbenes, coninoids, and other polyaryl natural products. I *Natural Products of Woody Plants* vol. I, ed. J.W. Rowe, Springer.

Nussbaum, R., Westin, M., Edlund, M.-L., von Schoultz, S. (2003). Wood extractives content in Scots pine heartwood correlated to microbial decay, mould growth and water repellency. Manuscript submitted to *Holzforschung*.

Nzouko, P., Kamdem, D.P. (2002). Evaluation of extractives from African padauk (*Pterocarpus soyauxii* Taub.) for protection of non decay resistant species. The International Research Group on Wood Preservation. Doc. No. IRG/WP 02-10419.

Rennerfelt, E. (1945). The influence of the phenolic compounds in the heartwood of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) on the growth of some decay fungi in nutrient solution. *Sv. Bot. Tidskr.* 39(4), 311-318.

Riksskogstaxeringen (2002). www.riksskogstaxeringen.slu.se

Ringman, M. (1996). Trädbränslesortiment: Definitioner och egenskaper. Rapport nr 250, Inst. för virkeslära, Sv. Lantbruksuniv., Uppsala.

Schultz, T.P., Nicholas, D.D. (2000). Naturally durable heartwood: Evidence for a proposed dual defensive function of the extractives. *Phytochemistry*, 54, 47-52.

SDC Virkesmättningsrådet (2003). Skogsindustrins virkesförbrukning samt produktion av skogsprodukter 1998-2002.

Shibutani, S., Igarashi, K., Samejima, M., Saburi, Y. (2001). Inhibition of *Trichoderma* cellulase activity by a stilbene glucoside from *Picea glehnii* bark. *J. Wood. Sci.* 47, 135-140.

Shibutani, S., Samejima, M., Doi, S. (2002). Anti-feedant activity of stilbenic components from bark of *Picea glehnii* against a subterranean termite, *Reticulitermes speratus*. The International Research Group on Wood Preservation. Doc. No. IRG/WP 02-10447.

Skogsindustrierna (2003). www.skogsindustrierna.org

Skogsvårdsstyrelsen (2003). www.svo.se

Smith, J.H.G., Campbell, C.L., Walker, D.B., Hanover, J.W. (1989). Extracts from black locust as wood preservatives: Extraction of decay resistance from black locust heartwood. *Holzforschung* 43, 293-296.

Supriana, N. (1983). Preliminary tests on the effect of naturally occurring chemicals on termites. The International Research Group on Wood Preservation. Doc. No. IRG/WP/1181.

Svensson, G. (1988). Naturliga försvarssubstanser i trä — Litteraturstudie 1988. Träteknik Rapport I 8903011.

Taylor, A.M., Gartner, B.L., Morrell, J.J. (2002). Heartwood formation and natural durability, a review. *Wood and Fiber Sci.* 34(4), 587-611.

Thévenon, M.-F., Roussel, C., Haluk, J.-P. (2001). Possible durability transfer from durable to non durable wood species: The study case of teak wood. The International Research Group on Wood Preservation. Doc. No. IRG/WP 01-10392.

Torres, P., Guillermo Avila, J., Romo de Vivar, A., Garcia, A.M., Marin, J.C., Aranda, E., Cespedes C.L. (2003). Antioxidant and insect growth regulatory activities of stilbenes and extracts from *Yucca periculosa*. *Phytochemistry*, 64(2), 463-473

Turner, P.; Conradie, D. (1995). The chemical analysis and biological evaluation of wood extractives as potential timber preservatives. The International Research Group on Wood Preservation. Doc. No. IRG/WP 95-30090.

Venäläinen, M., Harju, A.M., Kainulainen, P., Viitanen, H., Nikulainen, H. (2003). Variation in the decay resistance and its relationship with other wood characteristics in old Scots pines. *Ann.For.Sci.* 60, 409-417.

Warensjö, M. (1997). Såg 95, del 1: Sågverkens produktion och virkesbehov m.m. 1995. Rapport nr 251, Inst. för virkeslära, Sv. Lantbruksuniv., Uppsala.

Warensjö, M., Jäppinen, A. (1997). Såg 95, del 2: Sågverkens utrustning, produktivitet, sågutbyten m.m. 1995. Rapport nr 252, Inst. för virkeslära, Sv. Lantbruksuniv., Uppsala.

Willför, S., Hemming, J., Reunanen, M., Holmbom, B. (2003). Phenolic and lipophilic extractives in Scots pine knots and stemwood. *Holzforschung* 57(4), 359-372.

Winjum, J.K., Brown, S., Schlamadinger, B. (1998). Forest Harvest and Wood Products: Sources and Sinks of Atmospheric Carbon Dioxide. *Forest Science* 44(2) 1998.

Detta digitala dokument
skapades med anslag från
**Stiftelsen Nils och Dorthi
Troëdssons forskningsfond**

Trätek

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: Drottning Kristinas väg 67
Telefon: 08-762 18 00
Telefax: 08-762 18 01

Vidéum Science Park, 351 96 VÄXJÖ
Besöksadress: Lückligs plats 1
Telefon: 0470-59 97 00
Telefax: 0470-59 97 01

Skeria 2, 931 77 SKELLEFTÅ
Besöksadress: Laboratorgatan 1
Telefon: 0910-28 56 00
Telefax: 0910-28 56 01