0202005

P

RAPPORT

Anders Rosenkilde, Thomas Wamming,
Karl-Olof Widell, Jonas Blomberg

Högtemperaturtorkning samt torkning vid 90°C, dess effekter på virke och kådlåpor

Trätek
INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Anders Rosenkilde, Thomas Wamming, Karl-Olof Widell, Jonas Blomberg

HÖGTEMPERATURTORKNING SAMT TORKNING VID 90°C,
DESS EFFEKTER PÅ VIRKE OCH KÅDLÅPOR

Trätek, Rapport P 0202005
ISSN 1102 – 1071
ISRN TRÄTEK – R – – 02/005 – – SE

Nyckelord

compressed wood
high temperature drying
resin pockets
spruce

Stockholm februari 2002

Rapporter från Trätek – 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 Trätek 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 acknowledges.

Trätek – Institutet för träteknisk forskning – betjänar sågverk, trämanufaktur (snickeri-, trähus-, möbel- och övrig träförädlande industri), 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. Trätek har forskningsenheter i Stockholm, Växjö och Skellefteå.

The Swedish Institute for Wood Technology Research serves sawmills, manufacturing (joinery, wooden 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 projekcts 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	5
BAKGRUND	6
UTVECKLING AV TORKNINGSSCHEMAN	6
Torkförsök vid HT i lab. skala	6
Inledning	6
Bakgrund	6
Metod och material	6
Provtorkning	7
Resultat	8
Torkförsök vid 90T i lab. skala	9
Inledning	9
Bakgrund	10
Metod och material	10
Provtorkning	10
Resultat	12
Torkförsök vid 90T i fullskala på Östavall	12
Metod och material	12
Provtorkning	13
Resultat	15
EFFEKTER PÅ KÅDLÅPOR	16
Metod och material	16
Torkningens effekt på kådlåporna	17
Virkets utseende	17
Inre och yttre kådlåpor	17
Temperatur/tidsrelation	17
Återblödning och värmebehandling	18
Återblödningstest på industriellt HT-torkad gran	18
Återblödningstest på experimentellt HT-torkad gran	18
Återblödningstest på experimentellt 90T-torkad gran	19
Värmebehandlingstest på normalt torkad gran	19
Slutsats	20
Ytbearbetning för att eliminera mörkfärgning kring kådlåpor	21
Hyvling av HT-torkad gran	21
Hyvling av 90T-torkad gran	21
Slutsats	21

KOMPRIMERING AV HT-TORKAD GRAN 21
Inledning 21
Material 21
Resultat 23
Slutsats 23
JÄMFÖRELSE MELLAN HT OCH 90T 24
Kapacitet 24
Kvalitet 24
Underhåll och kontroll 25
Erforderliga investeringar 25
Torkningskostnad 25
REFERENSER 27

Förord

Föreliggande slutrapport är en sammanläggning av fyra delrapporter tillhörande projektet "Högtemperaturtorkning samt torkning vid 90 °C, dess effekter på virke och kådlåpor". Författare och tillika utförare av de olika delarna i projektet är:

Anders Rosenkilde, Trätek " Torkning vid HT, 90T i lab.skala",

Thomas Wamming, WSAB Virkestorkar "Torkförsök vid 90T i fullskala på Östavall",

Karl-Olof Widell, Trätek "Effekter på kådlåpor" och

Jonas Blomberg, Orsa Träutveckling "Komprimering av HT-torkad gran".

Sammanläggning av slutrapporten är utförd av projektledaren Anders Rosenkilde.

Finansiärer till detta projekt har varit Norrskogs forskningsstiftelse, Vinnova (f d NUTEK), WSAB, SAEF Östavall och OTAB. En stor drivkraft i skapandet av detta projekt har varit Olle Stendahl, Norrskogs forskningsstiftelse till vilken vi riktar ett stort tack tillsammans med alla övriga finansiärer.

Sammanfattning

Målet med föreliggande arbete var att visa vilken torkningskapacitet och kvalitet som kan uppnås vid torkning av gran vid 90°C, 90T och 115°C, HT. Beträffande kvaliteten studerades kådlåpornas beskaffenhet speciellt i syfte att försöka minska problemen med "blödande kådlåpor". Komprimering av gran till produkter såsom golv skulle provas för att studera HT-torkad grans lämplighet för komprimering.

För att visa vilka resultat som kan uppnås vid torkning vid de olika temperaturnivåerna genomfördes totalt 25 provtorkningar vid temperaturer från 70–115°C. Provtorkningarna utfördes både i laborationstorkar och i fullskalig industritork. Komprimering av gran för golv utfördes i en Quintus-press med isostatisk pressning.

Resultaten från provtorkningarna visar att torkningskapaciteten fördubblas vid 90T-torkning och fyrdubblas vid HT-torkning jämfört med torkning vid 70°C. Detta med i stort sett samma utfall i kvalitet. Det finns vissa skillnader i kvalitet, t ex minskar deformationerna vid högre temperaturer och virkets utseende förändras något med temperaturen avseende färg.

Studien kring kådlåporna i det HT-torkade virket visade att de yttre låporna var stabila och ingen återblödningstendens efter återuppvärmning till 60°C kunde observeras. Hos de inre kådlåporna fanns hos ett fåtal, ca 15%, en svag återblödning vid ovan nämnda temperatur. Inte heller efter en sänkning av torktemperaturen till 90°C visade de yttre kådlåporna någon tendens till återblödning. Hos de inre kådlåporna var dock återblödningen större, ca 15% jämfört med HT-torkat. I de fall där återblödning sker kan dessa kådlåpor effektivt låsas med upprepad värmebehandling.

Vid komprimering av HT-torkad gran erhölls följande resultat; hårdheten hos komprimerad gran påverkas inte signifikant av HT-torkningen, densiteten och komprimeringsgraden är i princip densamma oavsett torkmetod, utbytet ser ut att vara några procentenheter lägre vid komprimering av HT-gran på grund av att ringsprickor och även tvärsprickor vid stora kvistar lättare uppstår.

Bakgrund

Bakgrunden till detta projekt var att finansiärerna av projektet genom olika aktiviteter ville öka lönsamheten vid tillverkning av trävaror i gran. Föreliggande projekt var ett sätt att utveckla tillverkningsprocessen i syfte att minska tillverkningskostnaderna samt att förbättra erhållen kvalitet och därmed förädlingsvärdet. Norrskogs forskningsstiftelse är den finansiär som huvudsakligen varit drivande i skapandet av detta projekt.

Innan detta projekt startade genomfördes två förstudier, Widell (2000) och Lindegren (2001). Resultat och erfarenheter från dessa projekt redovisas till stor del i detta projekt och denna rapport. Båda dessa studier visade lovande resultat varför detta större projekt genomfördes.

Syftet med projektet var att torka gran vid hög temperatur, HT (> 100°C) samt vid 90°C och visa vilken kapacitet och kvalitet som kan erhållas i en industriell process vid dessa temperaturnivåer. Virket skulle vara lämpligt att användas för klyvning, hyvling och limning varför fuktkvoter kring 10–12% valdes som önskad målfuktkvot. En kvalitetsparameter som i vissa applikationer är viktig för gran är kådlåpornas beskaffenhet, därför undersöktes hur dessa påverkas av de olika temperaturnivåerna. Syftet var även att försöka hitta ett sätt att väsentligt minska problemet med "blödande" kådlåpor i slutprodukter såsom inner- och ytterpanel, limfog, limträ, komprimerade grangolv etc genom att torka vid högre temperaturer alternativt värmebehandla i efterhand.

Utveckling av torkningsscheman

Torkförsök vid HT i lab. skala

Inledning

Syftet med denna del av projektet har varit att utveckla torkningsscheman för fullskalig torkning över 100°C, högtemperaturtorkning. Fokus har varit att få fram virke som lämpar sig för klyvning, hyvling och limning. Detta medför krav på liten fuktkvotsspridning inom och mellan olika virkesstycken samt mer eller mindre spänningsfritt virke. Ett vidare syfte har varit att minimera färgförändring av virket under torkningsprocessen.

Bakgrund

Utvecklingen av de torkningsscheman som redovisas i detta arbete bygger på erfarenheter från tidigare genomförda HT-projekt, Esping (1993), Wamming (1997), Wamming et al (1999, 1995), Rosenkilde och Lindegren (1999), samt en mindre litteraturstudie där följande intressanta referenser kan noteras, Morén och Sehlstedt-Persson (1990), Olsson (1992), Haslett (1997), Betzold (1999), Bengtsson och Källander 2001. Eftersom vi inte hade tillgång till någon torkmodell som kan behandla HT-torkning av gran utfördes totalt 12 stycken provtorkningar inkluderat de provtorkningar som utfördes i ett förprojekt till föreliggande projekt. Nedan presenteras resultaten från samtliga dessa försök.

Metod och material

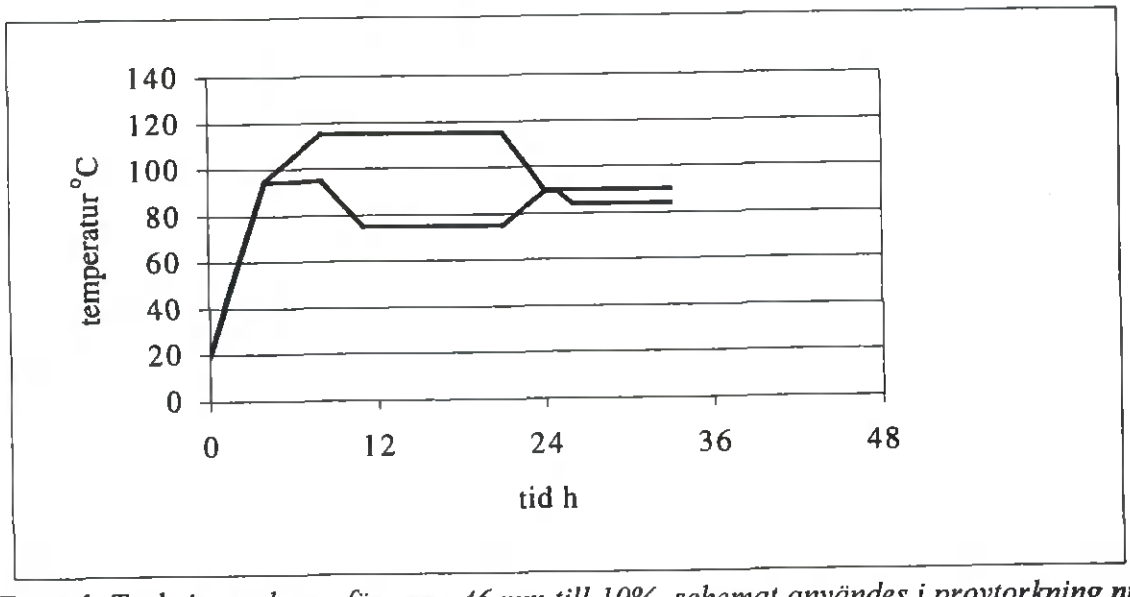
Provtorkningarna utfördes i Träteks laborationstork samt i Moelven Sokna Brukets enpaketstork i Norge. Träteks laborationstork är avsedd för detaljstudier av ett mindre antal bitar av maximalt en meters längd. Torken är byggd för att klara temperaturer upp till 150°C. En mer

komplett beskrivning av torken finns i Rosenkilde (1996). Enpaketstorken på Sokna Bruket är en experimenttork av fabrikat Lignomat med styrsystem från WSAB. Denna tork är byggd för att klara temperaturer upp till 125°C. Torken rymmer ett normalt sågverkspaket av fullängd det vill säga ca 6 m^3. Lufthastigheten var vid provtorkningarna kring 6 m/s.

Materialet till provtorkningarna var gran som togs från Heby såg Mellanskog Industri AB och Sokna Bruket Moelven AS. Dimensionen på virket varierade från 44 mm till 50 mm, sågat 2ex log. Virket hämtades från sågverket i Heby då det var nysågat för att sedan transporteras i plastpåsar för lagring i frysrum innan provtorkning. Längden på virket var i samtliga provtorkningar 1 m utom i försök nr 7 som genomfördes i Norge på Sokna, där virket togs direkt ur den sågfallande produktionen och torkades i fullängd. Provvirket på Sokna lagrades i torken ca två veckor under viss befuktning. För att minska effekten av torkningen längs fibrerna på enmetersbitarna ändförseglades de med silikon. Antalet provbitar var 50 st i försöken nr 7 och 12 st i övriga försök.

Provtorkning

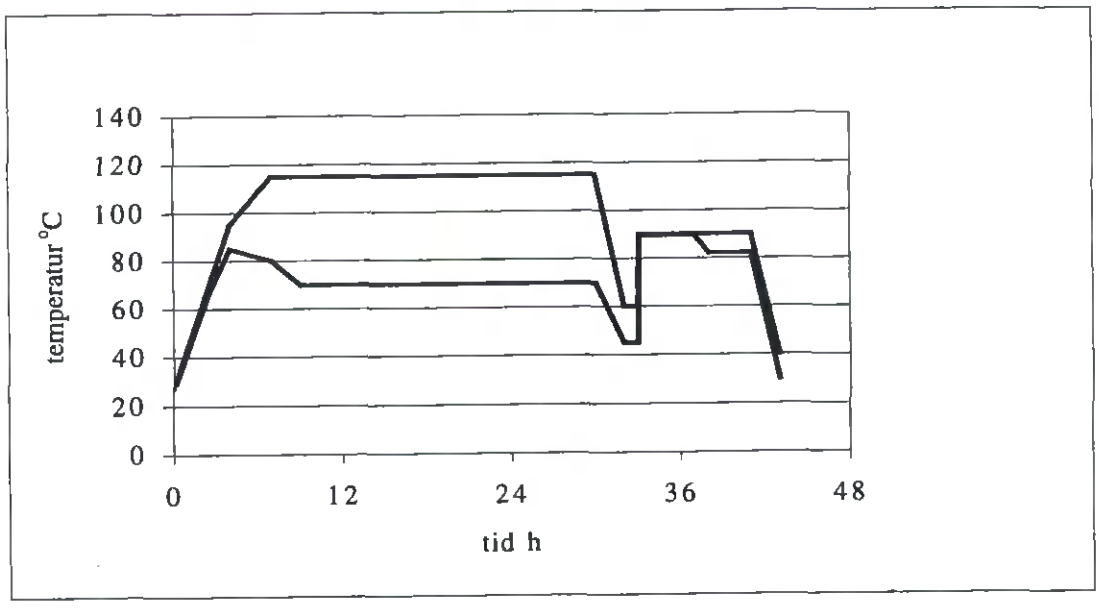
De torkningsscheman som använts är från början baserade på erfarenheter från tidigare studier både i Sverige och i Nya Zeeland. I figur 1 visas det torkningsschema som användes i den första provtorkningen. Även om schemana är utvecklade genom provning i lab så är de anpassade för att kunna köras i en fullskalig tork. Detta medför t ex att schemana är anpassade för en fullskalig torks prestanda avseende uppvärmningstider, maximal avdunstning, kapacitet vid konditionering etc.



Figur 1. Torkningsschema för gran 46 mm till 10%, schemat användes i provtorkning nr 1.

De följande torkningsschemana som utvecklades och provades syftade till att framförallt minska färgförändringen, fuktkvotsgradienten och restspänningen efter avslutad torkning. Fuktkvotsgradienten och restspänningen kontrolleras med ett klyvprov som visar hur virket deformerar sig efter en klyvning. Detta har medfört att merparten av schemautvecklingen har fokuserat på konditioneringen. I detta arbete har kunskap och erfarenheter utnyttjats av ett annat projekt (Salin 2000) som behandlade just konditionering vid virkestorkning. Många

olika varianter provades. Torkningsschemat som visas i figur 2 kan representera ett av de scheman som gav ett mycket gott resultat i provtorkning nr 10.



Figur 2. Torkningsschema för gran 44 mm till 10%, schemat användes i provtorkning nr 10.

Resultat

Resultaten från samtliga 12 provtorkningar finns redovisade i tabell 1. Målet med provtorkningarna var att utveckla torkningsscheman som gav en målfuktkvot på 10% med en standardavvikelse kring 1,0 och ett medelklyvgap i intervallet 0–1 mm. Detta skulle klaras på kortast möjliga tid utan några större färgförändringar. Sprickläng den mättes aldrig eftersom den vid dessa temperaturnivåer i stort sett inte existerar. De sprickor som ändå ibland kan uppträda härrör från en för lång och allt för torr förlagring eller en dåligt genomförd uppvärmning med för torrt klimat. En av de första åtgärder som utfördes var att förändra uppvärmningen för att minska på färgförändringen. Detta åstadkoms genom använda mättad (psyk = 0) uppvärmning upp till 70°C och därefter successivt öka psykrometerskillnaden till 10°C vid 95°C. Torkfasen fick successivt förlängas för att komma till rätt slutfuktkvot efter konditioneringen. Medelfuktkvoten stiger med ca 2–3 fuktkvotsprocent under konditioneringen.

Tabell 1. Resultat från provtorkningarna vid 115 °C i laborationstork.

Prov nr	Dim. (mm)	Uppv-tid (h)	Våtstart/ max temp/psyk (°C)	Torktid (h)	Kondklimat torr/våt (°C)	Kondtid (h)	Totaltid (h)	Fuktkvot/ spridning (%)	Klyvgap (mm)
1	46	4	94/115/40	20	90/89 90/84	1 + 8	33	9,9/1,0	1,1
2	46	4	94/115/40	22	90/89 90/84	2 + 9	37	13,7/1,8	2,2
3	46	4	94/115/40	25	90/84 90/89 90/84	4 + 3 + 3	39	12,2/1,2	1,2
4	46	4	85/115/45	30	90/89 90/82	4 + 3	41	11,2/0,8	1,2
5	46	4	85/115/45	30	90/89 90/82	7 + 6	47	9,8/1,4	1,6
6	44	4	85/115/45	28	90/90 90/82	4 + 3	41	8,2/0,9	0,5
7	46	5	85/115/45	26	90/90 90/89 90/82	4 + 2 + 2	39	11,3/1,2	1,1
8	44	4	85/115/45	30	90/90 90/82 40/30	4 + 3 + 2	43	9,0/1,1	0,1
10	44	4	85/115/45	29	90/90 90/82 40/30	5 + 3 + 2	43	10,1/1,1	0,3
12	50	4	85/115/45	29	90/90 90/82 40/30	5 + 3 + 2	43	12,6/1,4	2,4
13	50	4	85/115/45	31	90/90 90/82 40/30	5 + 3 + 2	45	12,2/1,7	1,6
15	50	4	85/115/45	33	90/90 90/78 30/20	5 + 4 + 1	47	10,2/1,1	0,7

Under provningarna konstaterades att man var tvungen att övertorka ned till ca 7% för att få ned spridningen i fuktkvot och därmed även få ett mindre klyvgap. Det kunde klart konstateras att de provbitar som hade en högre slutfuktkvot också hade ett större klyvgap. Detta kan även konstateras genom att studera medelfuktkvoten och medelklyvgapet i tabell 1. För att ytterligare effektivisera konditioneringen infördes ett kylsteg mellan torkfasen och konditioneringen. Syftet med detta kylsteg är att sänka yttemperaturen på virket under temperaturnivån i konditioneringsfasen, detta för att den fuktiga luften i torken inledningsvis i konditioneringen skall kondensera på virkesytan. Kondenseringen ger en mycket snabb och effektiv uppfuktning av virket, överskottsfukten måste dock torkas bort igen för att en jämn fuktprofil skall fås tvärs igenom virket. Efter själva konditioneringen infördes en kontrollerad avkylning av virket, detta för att minska risken för mikrosprickor som har en tendens att väsentlig öka i omfattning vid kraftig avkylning. De torkningstider som erhölls med godkänd kvalitet var 43 timmar för 44 mm gran och 47 timmar för 50 mm gran, båda dimensionerna torkade till 10%. På en del av provbitarna, dock ej alla, uppstod en viss grånad på splintveden i ett flertal av torkförsöken. Mekanismerna bakom denna grånadsprocess är inte klargjord. De möjliga orsaker, som hittills framkommit, är variationer i extraktivämneshalten och kondensering på kallt virke under uppvärmningen. En fördjupning av detta problem rymdes inte i detta projekt.

Torkförsök vid 90T i labskala

Inledning

Syftet med detta delprojekt har varit att utveckla torkningsscheman ämnade att användas i fullskaliga torkar vid max 90°C torr temperatur. Virket som torkats är gran tänkt att användas i produkter som kräver klyvning, hyvling eller limning. Exempel på produkter är limfog och limträ. Dessa typer av produkter ställer höga krav på liten fuktkvotsspridning både inom och mellan olika virkesstycken, standardavvikelse kring 1,2. Dessutom skall klyvgapet vara litet,

0–1mm i medeltal. Färgförändringen under torkningen har också beaktats i syfte att minimera färgförändringen.

Bakgrund

Denna del av projektet har kommit till som ett alternativ till HT. Torkning vid 90°C, 90T är betydligt enklare och mindre kostsamt att införa i industrin eftersom 90T oftast inte kräver en ny pannanläggning eller strölägggare. Det krävs dock torkar dimensionerade för denna temperatur, oftast utförda i aluminium eller rostfritt stål. Många svenska sågverk har investerat i sådana torkar men utnyttjar de ännu inte fullt ut. Mot denna bakgrund skulle detta projekt visa vilken kapacitet som kan erhållas vid 90T med en på förhand bestämd kvalitet.

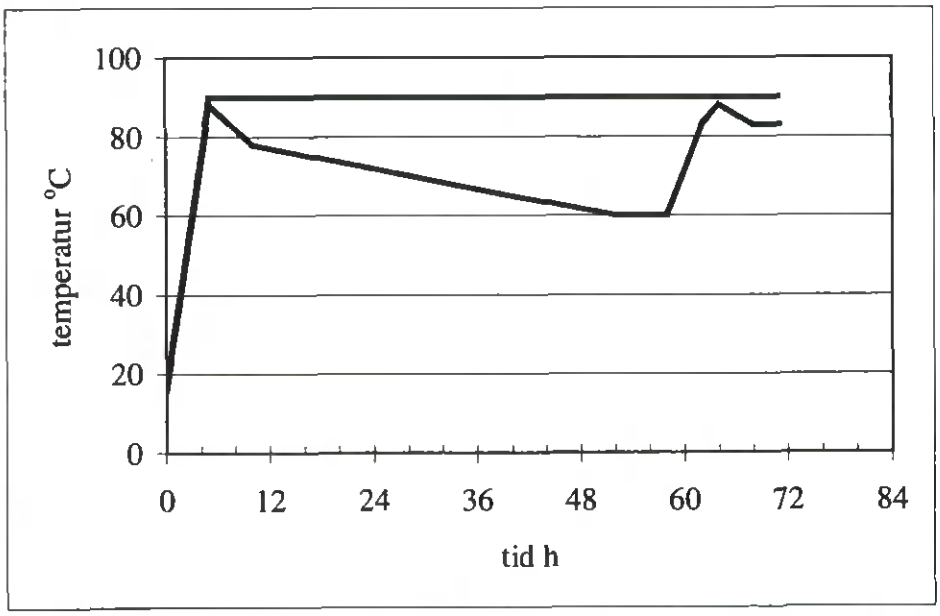
Metod och material

Provtorkningarna utfördes i Träteks laborationstork som är avsedd för detaljstudier på virkesbitar med en maximal längd på en meter. Torken är byggd för att klara temperaturer upp till 150°C. En mer komplett beskrivning av torken finns i Rosenkilde (1996). Lufthastigheten vid provtorkningarna var kring 3 m/s.

Materialet som provades var gran från Heby såg Mellanskog industri AB. Två dimensioner torkades, 44 och 50 mm, sågade 2ex log. Virket hämtades från sågverket i Heby då det var nysågat för att sedan transporteras i plastpåsar för lagring i frysrum innan provtorkning. Längden på virket var i samtliga provtorkningar 1 m. För att minska effekten av torkningen längs fibrerna på enmetersbitarna ändförseglades de med silikon. Antalet provbitar var 12 st i samtliga försök.

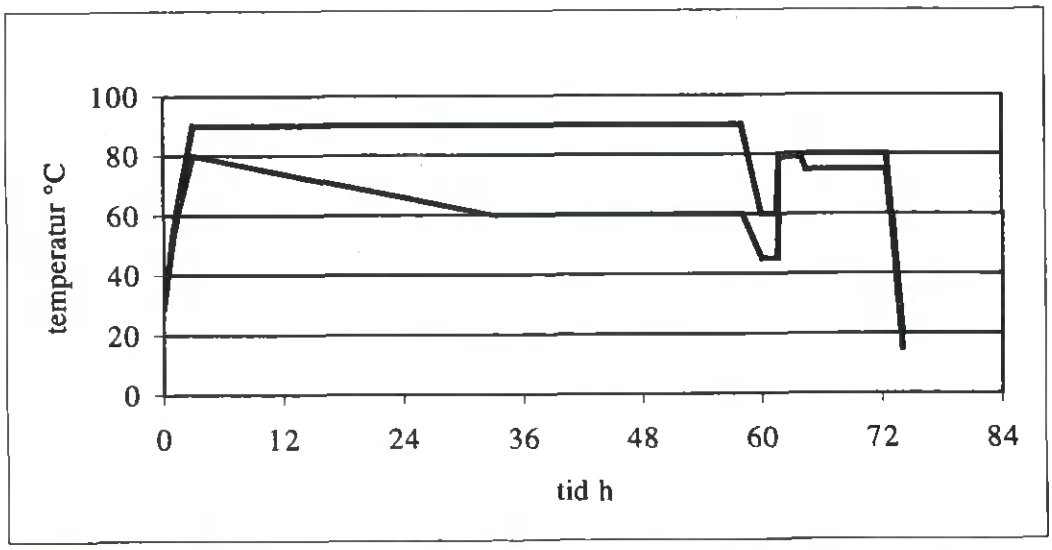
Provtorkning

De torkningsscheman som utvecklats och använts följer alla principen med konstant torr temperatur och fallande våt temperatur, se figur 3. Syftet med detta är att höja kapaciteten, minska deformationerna och sprickbildningen. Dessa torkningsscheman kräver dock högre värmeeffekt från pannan vid en relativt hög temperaturnivå. Vid problem att hålla temperaturnivån i början av torkningsfasen måste man frångå schema med konstant torr temperatur och istället inledningsvis torka vid en lägre temperaturnivå där man kan få ut en högre värmeeffekt ur pannan. För att minska färgförändringen ändrades uppvärmningen även vid dessa försök som i HT-torkningarna. Uppvärmningen var från början näst intill mättad (psyk. = 1) hela vägen upp till 90°C vilket krävde stor basningskapacitet samt gav klart synlig färgförändring i form av grånad. Genom att successivt öka psykrometerskillnaden från 1°C vid torr temperatur 55°C till 10°C vid torr temperatur 90°C minskades färgförändringarna påtagligt. Dessutom minskade behovet av basning betydligt. I figur 3 visas det första torkningsschemat som användes. Detta schema hade en mycket fuktig uppvärmning hela vägen upp till 90°C dessutom fanns ingen avkylning innan konditioneringen. Konditioneringen utfördes här vid samma temperatur som själva torkningen.



Figur 3. Torkningsschema för gran 50 mm till 12%, schemat användes i första provtorkningen vid 90°C, prov nr 5 b.

För att minska på färgförändringarna sänktes temperaturen i konditioneringsfasen till 80°C vid följande torkförsök. Dessutom infördes ett kylsteg innan konditionering för att åstadkomma en effektivare uppfuktning av virkesytan i själva konditioneringen. Detta nya schema förändrades inte så mycket i de vidare provtorkningarna. Torkningsfasens längd anpassades till de två dimensionerna 44 och 50 mm och en kontrollerad avkylning infördes för att minska risken för mikrosprickor. I figur 4 visas det torkningsschema som användes i de två sista provtorkningarna vid 90°C, prov nr 14 och 16.



Figur 4. Torkningsschema för gran 50 mm till 12%, schemat användes i de två sista provtorkningarna vid 90°C, prov nr 14 och 16.

Resultat

Resultaten från samtliga provtorkningarna vid 90°C finns redovisade i tabell 2. Allmänt kan sägas att det är klart enklare att uppfylla kraven på låg fuktkvotspridning och litet klyvgap vid torkning vid 90°C jämfört med HT-torkning. Därför utfördes ej ett lika stort antal provtorkningar vid 90°C som vid 115°C. Vid 90°C kunde dessutom torkningsresultaten uppskattas i förväg med hjälp av Träteks simuleringsmodell TORKSIM vilket väsentligt minskar behovet av många provtorkningar.

Tabell 2. Resultat från provtorkningarna vid 90 °C i laborationstork.

Prov nr	Dim. (mm)	Uppv-tid (h)	Våtstart/ max temp/psyk (°C)	Torktid (h)	Kondklimat torr/våt (°C)	Kondtid (h)	Totaltid (h)	Fuktkvot/ spridning (%)	Klyvgap (mm)
5b	50	5	88/90/30	57	90/83 90/88 90/83	2 + 4 + 3	71	10,0/-	-
9	44	5	80/90/30	47	80/78 80/75	3 + 8	63	13,0/0,8	0,4
11	44	5	80/90/30	46,5	80/79 80/75	3 + 8	62,5	14,1/1,4	0,6
14	50	3	80/90/30	59	80/79 80/75 20/15	2,5 + 8 + 1,5	74	11,2/1,2	1,0
16	50	3	80/90/30	59	80/79 80/75 20/15	2,5 + 8 + 1,5	74	10,9/0,9	1,1

I de två avslutande försöken uppnåddes de förutbestämda kvalitetskraven på slutfuktens nivå och spridning samt klyvgapets storlek. Även vid 90T-torkningarna uppstod ibland en gråna på splintveden. Något samband med betingelserna i torken och när gråna uppstod kunde inte spåras. Problemet är ett lämpligt ämne att ta upp i ett fortsättningsprojekt och då lämpligen kopplat till kompetenser kring kemiska processer i trä.

Torkförsök vid 90T i fullskala på Östavall

Delrapporten är en avrapportering av ett Trätek-projekt som WSAB har varit med och delfinansierat. Enligt projektplanen avhandlar denna delrapport virkestorkning vid 90°C i fullskala som har genomförts på Östavallsågen. Fem stycken fullt utvärderade torkningar är gjorda på sågen med genomgång av virket och provuttag. När försökstorkningarna var gjorda under normal produktion har temperaturen stegvis ökats för att virket inte drastiskt skall ändra utseende. Förändringen av scheman har även varit nödvändigt för anpassning till de nya torkarnas prestanda där detta projekt har varit vägledande.

Under projektets gång har stor vikt lagts på att se hur torkarna kan realisera de nya snabbare torkningsprogrammen, vid avvikelser har brister åtgärdats. Inte minst kringutrustning, som panna och vattenförsörjning till basning, har satts på prov och har varit lärorikt just för att få torkningen utförd som det var tänkt.

Metod och material

Som provmaterial valdes 25 x 110 mm gran som sågades väldigt frekvent. Dimensionen sågades också i stora postningar som gjorde att flera torkar satsades samtidigt. Den torkade varan säljs till Daikitchi, som gör limmade stolpar till den japanska byggmarknaden och prioriterar jämn fuktkvot och låg deformation. Dimensionen postades både som 3ex och 2ex sågning.

Vid mätning 3 framkom att den stora efterfrågan på dimensionen hade gjort att den även togs ut som sidoutbyte från en grövre stock.

Vid varje utvärdering på plats togs prover i två paket. Ett paket togs från kantstapel vid port/ topp, paket 2 och referenspaketet togs från tredje stapeln/topp. Provbitar för fukt- och klyv-prover togs ca 0,5 m in på brädorna. Rotbitarna togs från varv 4-5 och toppbitarna togs från varv 7-8. Totalt blev det 22 st prov per paket. Torrviktsproverna vägdes in på plats medan klyvproverna bereddes på Trätek ur insamlat material. Klyvproverna konditionerades ca 36 h i 22°C och 65% RF, vilket motsvarade den erhållna medelfuktkvoten.

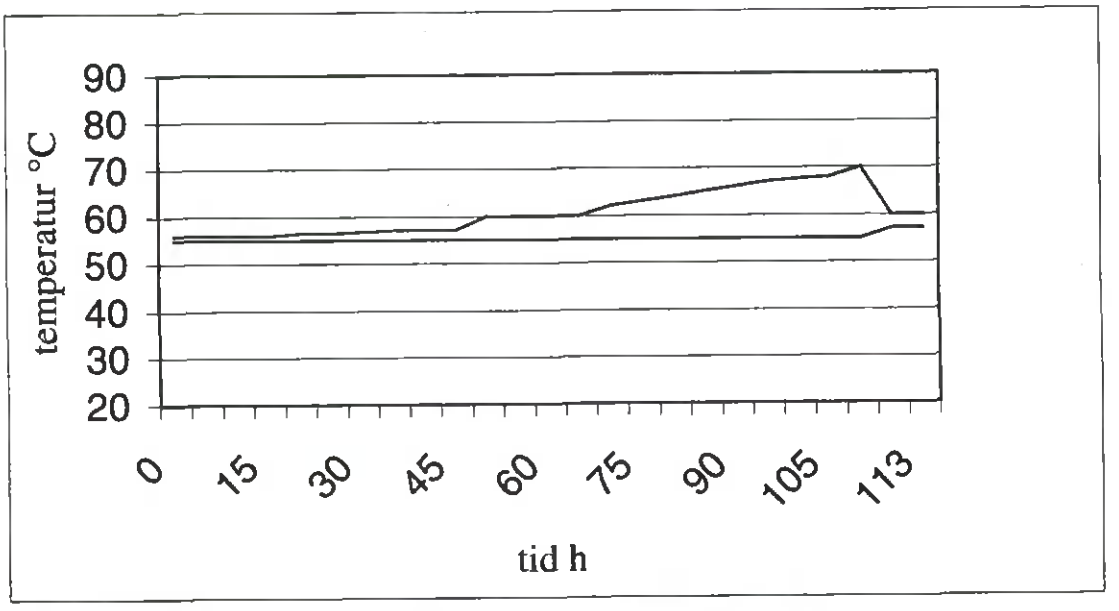
Torkarna som användes i projektet är byggda i rostfritt stål år 2000. Inlastningsvolymen är ca 125 m^3 med 6 staplar i djup och 4 paket på höjden, blåsdjupet är 10 m. Högtrycksvatten-basning med förvärmt basningsvatten till 90°C användes i stället för ånga i kamrarna. De två sista torkningarna är utförda i kammare 25.

Provtorkning

Provtorkningarna sträcker sig under en lång tidsperiod där mindre förändringar har gjorts mellan de stora utvärderingarna. Mycket tid har brukats på att få konditioneringen så bra som möjligt i de högre temperaturerna. Prestanda på basningen sätts på prov samtidigt som den torra temperaturen höjs i torkningsförloppet som gör det svårare att få riktigt mättad luft. Pannkapaciteten blev en begränsande faktor från början när de nya kamrarna togs i drift. När scheman med de högre temperaturerna användes blev felet mer markant och fick åtgärdas innan provtorkningarna kunde fortsätta.

Referens

Projektet startade med en referenstorkning i kammare 19, program Nr 18, 27 mm 13%. Den torkningen var utgångsläget före förändringarna med ett schema som hade använts en längre tid, se figur 5. Torkningen utvärderades på plats med torrvikts- och klyvprover.



Figur 5. Referensschema för gran 27 mm ur centrum till 12% fuktkvot.

Schema 1
Första programmet med höjd temperatur, 60°C våt. För hög fuktkvot efter 60 tim, förlängdes senare till 80 tim och blev bra i fuktkvot. Pannproblemen började märkas.

Schema 2
Förändrat program baserat på schema 1. Samma temperaturnivå men snabbare utveckling av psykrometern.

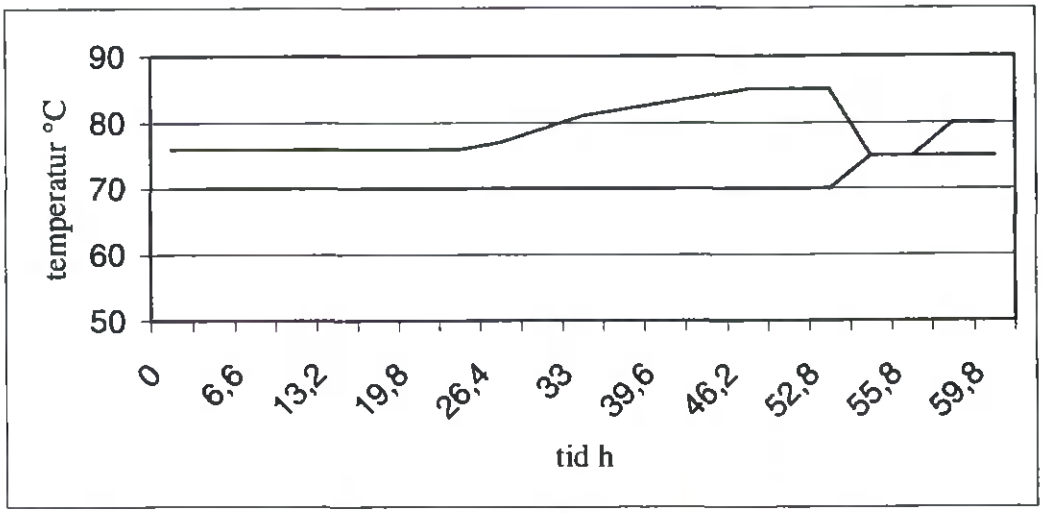
Schema 3
Ny temperaturnivå med 65°C våt och max torr på 80°C.

Schema 4
Utvecklat konditioneringsprogram som skulle förbättra spänningarna i tvärsnittet, fuktigt i början och sen torrare klimat. Resultatet visade att det var svårt att förverkliga klimatet speciellt beroende på att den torra temperaturen från torkningen inte ville sjunka nog snabbt.

Schema 5
Nytt konditioneringsschema som skulle möta den torra temperaturen vid torkstopp och sen falla ned utan värmeutstyrning. Problemet denna gång blev att basningen inte kunde höja våttemperaturen tillräckligt mycket. Dyserna byttes ut i kammare 25 till större modell, från LNN 2,5 till LNN 4 som gav 60% mer vatten.

Schema 6
Höjd torkningstemperatur och fortsatta försök med en fuktig konditionering. Felprogrammering i styrdatorn gjorde att konditionering och torktid blev fel, tabellvärden är de rätta. Konditioneringsklimatet sattes till helt mättat 75/75 för att basningen skulle jobba hela tiden. Utvärderingen gav också att fuktkvoten på kantstapeln hade ökat men väldigt ytligt på virket. Ingen ökning kunde påvisas med fuktkvotsmätaren om den stacks in som vanligt i virket.

Schema 7
Samma schema som 6:an bara ändringar i konditioneringen. Den våta delen består som i schema 6 men en torrare del är pålagd med ett klimat på 80/75 för att basning skall slå av .



Figur 6. Schema Nr. 7, det sista schemat som provades för gran 27 mm ur centrum till 12%.

Tabell 3. Resultat från provtorkningarna i full skala på Östavall, gran 27 mm ur centrum.

Torkprogram Nr. / namn	Uppv-tid (t)	Våtstart/ max temp/psyk (°C)	Tork-tid (t)	Kondklimat torr/våt (°C)	Kond-tid (t)	Total tid (t)	Fuktkvot/ spridning (%)	Klyv-prov (mm/100)
Ref. Nr18 Gran27 13%	11	55/ 69/15	108	60/57	5	124	**12,3/ 1,5**	**0,6/ 1,1**
Nr. 1 27G1360våt	6	60/ 75/15	60	70/ 66	7	73	Ca 17 %	-
Nr. 2 27G1360våt2	6	60/ 75/15	70	70/ 66	7	83	11,6/ 1,1	-
Nr. 3 27G1365våt1	6	65/ 80/15	50	75/ 71	5	71	**12,4/ 1,9**	**1,4/ 0,9**
Nr.4 27G1365våt2	6	65/ 80/15	56	75/ 74 prog.	9	81	Ca 11 %	-
Nr. 5 27G1365våt3	6	65/ 80/15	56	79/ 78 prog.	9	81	**9,2/ 0,6**	**0,3/ 0,4**
Nr. 6 Östa325G	6	70/ 85/15	53	75/ 75	1,7	60,7	**13,2/ 2,0**	**1,5/ 1,3**
Nr. 7 Östa425G	6	70/ 85/15	53	75/ 75 prog.	8	67	**11,0/ 0,7**	**0,4/ 0,4**

Fet stil anger mätningar på plats med torrviktsmetoden.

Resultat

Utvärderingarna har visat att det går att torka 25 mm gran med bra virkeskvalitet på 67 timmar.

Tidigare, när tunnare dimensioner torkades snabbt, har det oftast varit problem med ojämn fuktkvot i blåsdjupsriktning. Så har det inte varit i detta fall när torken är dimensionerad med högre effekt och större luftomsättning än normalt. Provuttaget som gjorts på kant och mitt-stapel har bara visat större avvikande fuktkvot p g a basningens inverkan. Med de vatten-mängder som sprutas in för att åstadkomma de höga våttemperaturerna får oftast kantstapeln högre fuktkvot på ytan. För att undvika problemet är konditioneringen indelad i två faser, en blöt och en jämviktsdel. Klyvproverna som behöver hög luftfuktighet får det i första delen, i del två utjämnas fuktkvoten i ett klimat som motsvarar slutfuktkvoten, se figur 6.

Den högsta torrtemperaturen som inprogrammerades blev 85°C i medeltemperatur men på tillblåssidan så har temperaturer över 90°C uppnåtts.

Provtorkningarna har även påvisat att pannkapacitet och basning utsätts för större prov vid dessa torkningstemperaturer, i detta projekt har det kunnat åtgärdas med relativt enkla medel. Noterbart är att vi torkar på halva tiden med en större tork som medför att effektuttaget borde vara minst fördubblat.

Effekter på kådlåpor

I ett tidigare arbete av Widell (2000) har olika tänkbara möjligheter undersökts att genom någon form av uttorkning av kådan kunna åtgärda problemet med rinnande kådlåpor hos granvirke. Det framkom då att i dagsläget verkar högtemperaturtorkning (HT-torkning) av virket vara den effektivaste metoden att använda om man vill ha ett virke med liten risk för rinnande yttre kådlåpor. De inre kådlåporna är mindre påverkade av den höga torktemperaturen och kan därför ge upphov till kådflytning vid efterföljande förhöjda temperaturer. Även möjligheten till att med olika tekniker kunna detektera mängden kådlåpor redan i stocken, före sågning, togs upp till diskussion av Widell (2000), särskilt framhölls ultraljudsteknikens möjligheter. Denna teknik är väl känd och används såväl praktiskt inom sågverk (Haddox 2000) som i experimentsyfte på trämaterial (Bahrdwaj 1997, Berndt et al 1999, Raczkowski et al 1999, Hasegawa et al 2000 och Karsulovic et al 2000). I ett arbete av Tenisch et al (2001) beskrivs de senaste gjorda försöken med oförstörande provning på trämaterial.

Metod och material

Rått granvirke levererat från Heby Såg som kapades till dimensionerna 970 mm x 160 mm användes vid högtemperaturtorkningsförsöken. Före torkningen ändtätades virket med Bostik Silikon.

Torkningsförsöken utfördes i Träteks experiment tork (Samuelsson och Söderström 1994).

Den yttre temperaturen på virket motsvaras av den maxtemperatur som uppnås enligt använt torkschema (90 respektive 115° C).

Temperaturen inne i virket mättes med två olika typer av utrustning. Loger av typ Grant med termistorgivare som automatiskt tog temperaturen inne i virket var 6 minut, och Technoterm utrustad med termoelementtråd med vars hjälp virkets inre temperaturen manuellt mättes en gång i timmen (under dagtid).

Temperaturmätningarna gjordes genom att mätkropparna placerades i därtill från långsidan borrade hål som nådde in till centrum av virkesbitarna. Dessa hål placerades så att den manuella mätningen gjordes mitt på försöksbitarna (knappt 500 mm från vardera virkesändarna) de automatiska mätningarna gjordes från hål som var placerade knappt 250 mm från respektive virkesände.

Återblödningstesten utfördes i ett termostaterat värmeskåp (Memmert) vid 60°C, 70°C respektive 90°C. Testbitarna förvarades vid aktuell temperatur under 8 timmar, varefter återblödningstendensen noterades.

Torkningens effekt på kådlåporna

Virkets utseende

Vid högtemperaturtorkning (115°C) kan virkesytan under vissa omständigheter få en svag brunfärgning. Runt de yttre kådlåporna bildar den, av värmen uppträngda kådan, en av stelnad kåda mörkbrun fläck. Båda dessa effekter av HT-torkning är ytliga och försvinner efter 0,5 till högst 3 mm bearbetning av ytan.

Virke som torkats vid 90°C (90T) uppvisar inte den brunfärgning som HT-torkat virke kan göra. Däremot bildas även hos detta virke mörkbruna fläckar av uppträngd kåda runt de yttre kådlåporna. Även hos 90T-virket försvinner dessa missfärgningar efter en bearbetning av ytan på 0,5 till 3 mm.

Inre och yttre kådlåpor

De yttre kådlåporna var hos det HT-torkade virket stabila och visade ingen återblödnings-tendens efter återuppvärmning till 60°C. Hos de inre kådlåporna fanns hos ett fåtal, ca 15%, en svag återblödning vid ovan nämnda temperatur. Det skall dock påpekas att det inte var i form av rinnande kåda som återblödningen visade sig utan som en mer eller mindre uttalad droppe som trängde fram ur låpan.

Inte heller efter en sänkning av torktemperaturen till 90° C (90T) visade de yttre kådlåporna någon tendens till återblödning. Hos de inre kådlåporna var dock återblödningen större, ca 15% jämfört med HT-torkat. Den visade sig dock även i detta fall i form av en framträngande droppe och inte som rinnande kåda.

Temperatur/tidsrelation

Att förhöjd torkningstemperatur har betydelse för att minska blödningstendensen hos kådlåpor kan efter de resultat som uppnåtts sägas vara ställt utom allt tvivel. Det kan också konstateras att ju högre temperatur desto kortare tid behövs för att få stabila kådlåpor. Störst betydelse har detta för de inre kådlåporna, där minst återblödning erhölls hos dem som utsatts för högst temperatur under virkestorkningen.

Högst återblödning visade sig det normaltorkade virkets (både inre och yttre) kådlåpor ha, trots att det befinner sig vid förhöjd temperatur under relativt lång tid. Sannolikt beror den höga återblödningen på att trots den relativt höga temperaturen under torkningen inte tillräck-ligt med "lättflyktiga" ämnen ,som gör kådan lättflytande, hinner eller kan avgå för att göra kådan mindre lättflytande vid förnyad temperaturhöjning. Detta kan naturligtvis utgöra ett problem för t ex fasadvirke, där höga temperaturer kan uppnås på en solbelyst vägg, speciellt om den är målad med en mörk kulör.

Återblödning och värmebehandling

Återblödningstest på industriellt HT-torkad gran

Kådlåpor från HT-torkat virke av gran som kapats, kluvits och limmats ihop till skivor testades med avseende på låpornas återblödningstendens vid 70 och 90°C. Bitarna fick vara i respektive temperatur under 8 timmar varefter eventuell återblödning noterades.

Då skivorna är tillverkade av kluvet material kan man räkna med att ca hälften av de nu synliga kådlåporna i det ursprungliga materialet var inre låpor som kom fram efter klyvningen. Som tidigare visats (Widell 2000) är de inre kådlåporna hos högtemperaturtorkat material mera känsliga för höga temperaturer än ytliga kådlåpor från samma material.

Återblödning vid 70°C

Vid uppvärmning av skivmaterialet till 70°C visade det sig att 60% av låporna inte hade någon återblödning, 10% av låporna hade svag återblödningstendens medan 30% hade stark återblödning.

Vid återuppvärmning av materialet ovan till 90°C hade 40% av låporna inte hade någon blödning, 30% svag blödning och 30% stark blödning.

Återblödning vid 90°C

Vid uppvärmning av kådlåpor från skivmaterialet visade det sig att 40% av låporna inte hade någon återblödning alls, 10% av låporna visade svag återblödningstendens medan 50% hade stark återblödning.

Av de bitar som hade stark återblödning visade 80% ingen återblödning vid förnyad uppvärmning till 90°C medan 20% hade återblödning vid förnyad uppvärmning till 90°C.

Återblödning vid 90°C + 70°C

Material med kådlåpor uppvärmdes till 90°C, det material vars kådlåpor började rinna vid denna temperatur fick kallna över natten och uppvärmdes sedan på nytt till 70°C. Efter denna uppvärmning visade inga av kådlåporna någon återblödning, hos en del av dem var kådan mjuk men ej rinnande.

Återblödning vid 70°C + 70°C

Material med kådlåpor uppvärmdes till 70°C, det material vars kådlåpor började rinna vid denna temperatur fick kallna över natten och uppvärmdes sedan till 70°C. Efter denna uppvärmning visade inga av kådlåporna någon återblödning, hos en del av dem var kådan mjuk men ej rinnande.

Återblödningstest på experimentellt HT-torkad gran

Virket var torkat enligt torkningsschema i figur 2. Återblödningstesten skede genom uppvärmning av bitarna vid 60° C i värmeskåp under 8 timmar.

Yttre kådlåpor

De yttre kådlåporna var delvis tömda och kådan hade bildat en brun fläck runt den ursprungliga kådlåpan, kådan var torr. Tre av de totalt 54 kådlåporna, d v s ca 5%, hade någon återblödning.

Inre kådlåpor
Hos de inre kådlåporna fanns ingen mörkfärgning runt dem i det omkringliggande trämaterialet, inte heller syntes någon tendens till att kåda skulle ha spridit sig till omkringliggande trämaterial. Dessa inre kådlåpor var mjuka när man kände på dem med nageln. Detta tyder på att de inte var lika uttorkade som de ytligt liggande kådlåporna, vilket även bekräftades av återblödningsförsöken. Av de totalt 92 undersökta kådlåporna hade 14 stycken, d v s ca 15% återblödning, det skall dock poängteras att denna var svag och inte kan jämföras med normaltorkat virke.

Återblödningstest på experimentellt 90T-torkad gran

Yttre kådlåpor
De yttre kådlåporna var delvis tömda och kådan hade bildat en brun fläck runt den ursprungliga kådlåpan, kådan var torr. Ingen av de totalt 31 kådlåporna hade någon återblödning.

Inre kådlåpor
Hos de inre kådlåporna fanns ingen mörkfärgning runt dem i det omkringliggande trämaterialet, inte heller syntes någon tendens till att kåda skulle ha spridit sig till omkringliggande trämaterial. Dessa inre kådlåpor var mjuka när man kände på dem med nageln. Detta tyder på att de inte var lika uttorkade som de ytligt liggande kådlåporna, vilket även bekräftades av återblödningsförsöken. Av de totalt 35 kådlåporna hade 7 stycken, d v s 20% återblödning, det skall dock poängteras att denna var svag och inte kan gemföras med normaltorkat (lågtemperaturtorkat) virke.

Värmebehandlingstest på normaltorkad gran

Ej HT-torkat virke som lagrats under okänd tid vid rumstemperatur värmebehandlades. Virket lades i konditioneringsrum (20°C 65% RH) i ca 6 månader och placerades därefter i värmeugn vid 70°C i 8 timmar med kådlåporna i lodrätt position. Efter denna tid studerades blödningstendensen. 60% av bitarna hade ingen blödningstendens medan 40% hade mer eller mindre kraftig blödning. Bitarna fick ligga i rumstemperatur (ca 20°C) i 16 timmar och uppvärmdes därefter åter till 70°C i 8 timmat för att se om kådan hade blivit stabilare och blödningen minskat eller helt försvunnit.

Det visade sig att hos de bitar som tidigare inte haft någon kådblödning blev det ingen denna gång heller. Hos dem som tidigare haft kådblödning blev den del av kådan som tidigare runnit ut ur kådlåpan åter rinnande, om än i mindre omfattning. Det trängde dock inte ut mera kåda ur kådlåporna. Att kådan efter en värmebehandling är mindre rinnande kan betraktas som ganska naturligt. De mer lättflyktiga substanserna har avdunstat under den tidigare lagringen och uppvärmningen till 70°C, kådan är därför mindre viskös och därmed också mindre lättflytande.

Normaltorkat virke som lagrats under okänd tid vid rumstemperatur lades i konditioneringsrum (20°C 65% RH) i ca 6 månader och placerades därefter i värmeugn vid 90°C i 8 timmar med kådlåporna i lodrätt position. Efter denna tid studerades blödningstendensen. 10% av bitarna hade ingen blödningstendens medan 90% hade mer eller mindre kraftig blödning. Bitarna fick ligga i rumstemperatur (ca 20°C) i 16 timmar och uppvärmdes därefter åter till 90°C i 8 timmat för att se om kådan hade blivit stabilare och blödningen minskat eller helt försvunnit. Efter återuppvärmning återblödde 30% av bitarna. En uppvärmning till 90°C hade inte helt kunnat hindra att kådan åter kunde börja rinna vid återuppvärmning.

Normaltorkat virke som lagrats under okänd tid vid rumstemperatur lades i konditioneringsrum (20°C 65% RH) i ca 6 månader och placerades därefter i värmeugn vid 90°C i 8 timmar med kådlåporna i lodrätt position. Efter denna tid studerades blödningstendensen. 80% av bitarna hade mer eller mindre kraftig blödning. Bitarna fick ligga i rumstemperatur (ca 20°C) i 16 timmar och uppvärmdes därefter till 70°C i 8 timmar för att se om kådan hade blivit stabilare och blödningen minskat eller helt försvunnit. Efter återuppvärmning till 70°C i 8 timmar syntes återblödning hos 20% av materialet.

Normaltorkat virke som lagrats under okänd tid vid rumstemperatur lades i konditioneringsrum (20°C 65% RH) i ca 6 månader och placerades därefter i värmeugn vid 70°C i 8 timmar med kådlåporna i lodrätt position. Efter denna tid studerades blödningstendensen. 50% av bitarna hade mer eller mindre kraftig blödning. Bitarna fick ligga i rumstemperatur (ca 20°C) i 16 timmar och uppvärmdes därefter till 90°C i 8 timmar för att se om kådan hade blivit stabilare och blödningen minskat eller helt försvunnit. Efter återuppvärmning till 90°C i 8 timmar syntes återblödning hos 30% av materialet.

Tabell 4. Uppvärmnings och återuppvärmnings temperaturens (8 timmar vardera) betydelse för kådblödning hos lågtemperaturtorkat virke som lagrats i rumstemperatur och därefter i ca 6 månader i konditioneringsrum (20°C 65% RH).

Uppvärmningstemperatur	Blödning i %	Återuppvärmningstemperatur	Återblödning i %
70°C	40	70°C	40
90°C	90	90°C	30
90°C	80	70°C	20
70°C	50	90°C	30

Normaltorkat virke ur en normalleverans (utan någon konditionering eller förlängd lagring) undersöktes med avseende på kådblödning vid en temperatur av 60°C. Yttre kådlåpor hade en återblödning på 40% och inre på 63%.

Slutsats

Vill man minska risken för kådblödning hos icke HT-torkat material är lagringstiden och den temperatur som råder under denna av stor betydelse. Desto längre lagringstid och ju högre temperatur denna sker vid ökar mängden terpener som avgår från kådan vilket sänker dess viskositet och därmed dess förmåga att flyta ut vid förnyad uppvärmning. Detta gäller för ytliga kådlåpor där kådan är fritt exponerad mot luften. Förhållandet för inre kådlåpor är i detta avseende sämre då avdunstningen av mer eller mindre lättflyktiga ämnen hos dem förhindras av omslutande trämaterial. Sannolikheten för en kådblödning från dessa vid en förhöjd temperatur är därför stor även efter en längre tid.

Ytbearbetning för att eliminera mörkfärgning kring kådlåpor

Hyvling av HT-torkad gran

Vid HT-torkning kan en lätt brunfärgning av virkesytan uppträda. Samtidigt pressas, vid HT-torkning, kådan upp ur kådlåporna och flyter ut på omkringliggande träyta. Detta ger upphov till en brun fläck av varierande storlek. Denna fläck tränger inte ned på djupet i träet utan kan lätt bearbetas bort med hyvling. För att få bort fläcken måste 0,5 till 3 mm hyvlas bort. Efter detta finns bara en mer eller mindre tömd kådlåpa kvar.

Hyvling av 90T-torkad gran

För att eliminera mörkfärgningen kring kådlåporna samt eventuell annan mörkfärgning av virkesytan hyvlades virkesbitarna. På grund av viss kupighet hos materialet måste mer material avverkas än om de varit helt plana. För att få en yta som var fri från missfärgningar måste mellan 1 till 3 mm hyvlas bort, detta korrigerade då även för kupigheten.

Slutsats

För att få bort uppträngd kåda och övriga eventuella missfärgningar från virke som torkats vid förhöjd temperatur måste 0,5 till 3 mm av ytan sannolikt hyvlas bort.

Komprimering av HT-torkad gran

Komprimering av gran torkad vid temperatur över 100°C (HT) i syfte att tillverka CaLignum®-golv. Jämförelse med gran torkad på "normalt" sätt.

Inledning

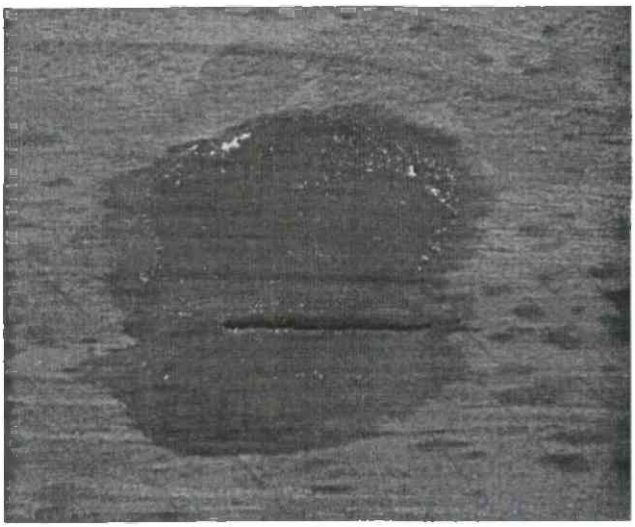
Denna del studerar skillnaden i lämplighet mellan att välja HT-gran i stället för normaltorkad (NT) gran till golv i komprimerat virke. De parametrar som främst studerats är kådan och kådlåpornas utseende och beskaffenhet, komprimeringsgrad och densitet samt hårdhet vilket alla är viktiga egenskaper hos virke avsett för tillverkning av golv.

Material

Materialet som undersökts är gran av dimension 44 x 150 mm som högtemperaturtorkats av Trätek. Högtemperaturtorkning innebär att den torra temperaturen (T_T) ligger över 100°C. I detta fall torkades virket vid T_T = 115°C och våt temperatur (T_V) på 70°C. Granen torkades under dessa förutsättningar till en medelfuktkvot av 9,0% s = 1,1 på 43 h. Den högtemperatur-torkade granen jämfördes med normaltorkad gran från Hedlunds av dimension 50 x 200 mm. Den torkades där till 12% målfuktkvot och konditionerades sedan till 8% i klimatkammare. Fyra provbitar sågades ur en bräda av det normaltorkade virket. Brädan sågades ur en första eller andra stock med toppdiameter 30-34 cm, den är det yttre centrumutbytet i en 4X-sågning.

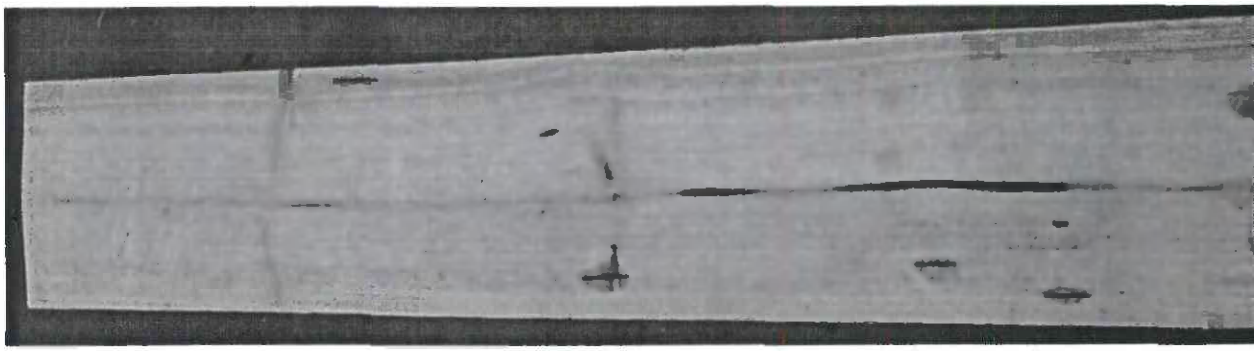
Provmaterialet karakteriserades med avseende på dimension (T x B x L), fuktkvot (U), spänningar efter tork (klyvprov), avstånd från märg till den del av provbiten som ligger närmast märg ($A_{Märg}$), sommarvedsandel (SV%), årsringsbredd (R_{bredd}), årsringsvinkel (V_1, V_2, V_3),

kvistantal och storlek, antal och storlek av synliga kådlåpor samt ursprungsdensitet (ρ_0). Vid mätning av kvistarna gjordes skillnad mellan friska och döda kvistar samt mellan bladkvist, hornkvist och pärlkvist ($\varnothing$ < 3mm).



Figur 7. Kådlåpa där kåda flutit ut runtom under högtemperaturtorkningen. Kådan är hård, slät och glansig som ett tjockt lackskikt.

Figur 7 visar utseendet på en kådlåpa i HT-gran. Man ser att ett relativt stort område runt kådlåpan täcks av utfluten kåda. Denna kåda är hård och glansig. Figur 8 visar ett exempel på en bräda med totalt sex kådlåpor på märgsidan. Man ser att samtliga kådlåpor uppvisar kådflytning runtom, liknande utflytningen hos kådlåpan i figur 7. Jämför man med en kådlåpa i gran som torkats vid "normal" temperatur (ca 70°C) ser man att runt den har ingen utflytning av kåda skett, figur 9. Dessutom är kådan hos kådlåpor i normaltorkad gran fortfarande klibbig efter tork.

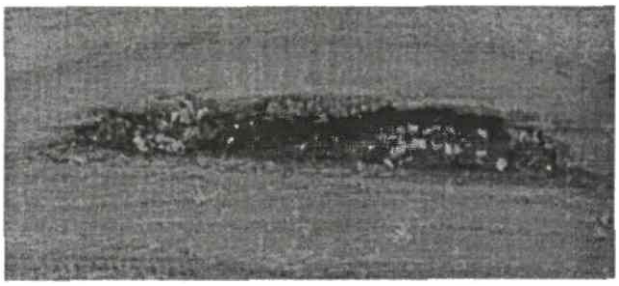


Figur 8. Bit nr. 1 med totalt sex stycken kådlåpor på märgsidan man ser att samtliga uppvisar ett område med utfluten kåda runt själva kådlåpan, jmf. med figur 7.

Resultat

Om man jämför HT-gran med normaltorkad NT-gran så kan bl a konstateras att kådlåpornas utseende och kådans konsistens skiljer sig åt, jämför figur 7 och 9. Kådlåporna i NT-granen har ingen flytning av kåda runtom och kådan i kådlåpan är fortfarande seg till skillnad från kådlåporna hos HT-gran där kådan som flutit ut stelnat.

Efter formatering av komprimerad gran är skillnaden hos kådlåporna mindre mellan HT- och NT-gran. Nya kådlåpor som kommer fram vid hyvling i HT-granen innehåller kåda som fortfarande är mjuk.



Figur 9. Kådlåpa i normaltorkad gran. Ingen utflytning kan iakttas runt kådlåpan.

Kådan i de kådlåpor som ligger närmare kortändarna i virket är hård i HT-granen till skillnad från i NT-granens motsvarande kådlåpor. Det verkar med andra ord som om kådan i kådlåporna påverkas i virkesytan och några centimeter in från kanterna, och framförallt från kortändarna, vid HT-torkning medan kådan i centrum av virket är relativt lik den efter normal torkning. En annan positiv iakttagelse som gjorts av kådlåporna är att de trycks ihop vid komprimering utan att det för den skull pressas ut kåda i omgivande ved vilket tyder på att kådans volym minskar eller att det finns fri volym i kådlåpan efter torkning.

Slutsats

I nedanstående punkter jämförs HT-torkad gran med NT-torkad gran i syfte att avgöra dess lämplighet att användas som råvara för tillverkning av komprimerat, CaLignum®-golv.

- Vid HT-torkning blir kådan segare/hårdare åtminstone i ytan och några centimeter in i virket vilket är positivt vid tillverkning av golv (bearbetning och ytbehandling).
- Hårdheten hos komprimerad gran påverkas inte signifikant av HT-torkningen.
- Densiteten och komprimeringsgraden är i princip densamma oavsett torkmetod.
- Utbytet ser ut att vara några procentenheter lägre vid komprimering av HT-gran på grund av att ringsprickor (delaminering i årsringsgräns) och även tvärsprickor vid stora kvistar lättare uppstår.
- Ingen betydande färgskillnad mellan HT- och NT-gran har kunnat iakttas i försöksvirket.

HT-torkad gran har fördelen med den något stabilare kådan och en eventuell (ej säkerställd) nackdel med något lägre utbyte vid komprimering. I övrigt är komprimeringsegenskaperna oförändrade. Detta talar för att man lika gärna kan välja HT-gran för tillverkning av CaLignum®-golv som gran torkad på normalt sätt – priset avgör vad som är lämpligast.

Den förhöjda temperaturen vid HT-torkningen påverkar vedämnena och gör dem mindre benägna att ta åt sig vatten, Haygreen och Daniels (1969). En fortsättning på den här undersökningen kan innebära att effekten av den lägre hygroskopiciteten (vedmolekylernas möjlighet att binda vatten) på komprimerad grans dimensionsstabilitet undersöks.

Det bör nämnas att andra virkesegenskaper, förutom torkmetod, har inverkan på komprimerad grans egenskaper och lämplighet att användas i CaLignum®-golv. I denna undersökning konstaterades till exempel samband mellan årsringsbredd och utbyte samt mellan sommarvedsandel och hårdhet.

Jämförelse mellan HT och 90T

Vid en jämförelse mellan HT-torkning och 90T-torkning har nedanstående rubriker beaktats. Erfarenheter och fakta till detta avsnitt kommer från detta projekt samt tidigare kunskap från andra projekt inom och utom landet

Kapacitet

Den högre kapaciteten är nog det första man är ute efter när man överväger att investera i HT-torkning. Nedan angivna torkningstider för gran 50 mm kan ses som typiska exempel på förväntade torkningstider vid de olika temperaturnivåerna. Torkningstiderna är verifierade gentemot provtorkningar och simuleringar med samma resultat avseende slutfuktkvot, spridning, klyvgap och sprickor. Vid torkning vid max 70°C fås en total tid kring 175 timmar, 90°C ger en total tid kring 75 timmar och torkning vid 115°C ger en total tid kring 50 timmar. Som synes ger dessa temperaturhöjningar avsevärda förkortningar av torkningstiden, torkningskapaciteten mer än fördubblas när vi går från 70°C till 90°C och den näst intill fyrdubblas när vi går upp i full HT. Jämförelsen ovan förutsätter att det finns tillräckligt med värmeeffekt vid alla temperaturnivåerna.

Kvalitet

Eftersom torkningsschemana har utvecklats och anpassats till en och samma kvalitet vid alla temperaturnivåerna så är kvaliteten helt jämförbar. Det som dock skiljer en del är svaga nyansskillnader i färg på träytorna. Vid högre temperaturer töms ofta ytliga kådlåpor vilket kan vara besvärande i vissa applikationer och i en del andra en klar fördel eftersom man slipper kådflytning i efterhand. Deformationerna har vi ej fokuserat på i detta projekt men vi vet från tidigare projekt i Sverige och utomlands att framförallt skevheten minskar vid högre temperaturer. Resultat från tidigare mätningar visar på en reduktion av skevheten med 20–50% när temperaturen ökar från LT till HT. Det som stör bilden med deformationerna är andra mycket starka parametrar som påverkar skevheten t ex ströläggningen, postningsmönstret och snedfibrigheten.

Underhåll och kontroll

Kravet på underhåll och kontroll av både utrustning och erhållen torkningskvalitet är större vid högre temperaturer. Eftersom torkningsprocessen blir mycket snabbare vid högre temperaturer så gör ett relativt enkelt fel i utrustningen stor effekt på resultatet. Detta medför att utrustningen måste underhållas och kontrolleras oftare än vid "normal" produktion vid 70 °C. En följd av detta är att kraven på berörd personal ökar avseende kunskaper om torkningsprocessen, mätmetoder, tekniken i torken etc.

Erforderliga investeringar

Torkutrustningen blir dyrare om den skall klara högre temperaturer. Denna prisökning betalar sig dock fort om man jämför investering/årskapacitet. Det som dock kan öka investeringsbehovet avsevärt är om pannan måste bytas ut eller byggas om för att klara högre temperaturer och tryck. Distributionsnätet för värmen ut till torkarna måste oftast också bytas eller byggas om för att ledningar, packningar och shuntgrupper skall klara de högre temperaturerna och trycken. En sådan omfattande investering kan oftast inte bäras av några kammartorkar som skall köras vid HT. Däremot kan det vara aktuellt om panna och distributionsnät ändå måste bytas ut på grund av ålder eller att kapaciteten på hela sågen skall ökas. Vid övergång till HT krävs oftast ny panna, däremot vid torkning vid 90T klarar sig många sågverk med befintlig panna även om en intrimning kan behövas för att få ut maximal temperatur och effekt ur pannan. Temperaturdifferensen mellan torktemperaturen och inkommande vattentemperatur i värmebatterierna bör vara i storleksordningen 30°C. Det kan gå med lägre differenser om man endast använder de höga temperaturerna under själva diffusionsfasen av torkningen, det vill säga vid fuktkvoter under fibermättnad, ca 30%.

Andra investeringar som kan krävas är ny ströläggare för att möjliggöra hantering av fler strön. Antalet strön måste oftast öka för att minska risken för intryck i virket vid ströna samt att hålla tillbaka deformationerna.

Torkningskostnad

Torkningskostnaderna är lite svåra att beräkna beroende på vad som skall ingå. Detta gäller speciellt om man skall göra en nyinvestering i torkar, panna och ströläggare. I föreliggande arbete har vi ändå försökt beräkna hur stor besparingen är om vi går från 70°C till 85°C som skedde på Östavall. Besparingen blir ca 30 kr/m^3. Besparingen som fås om man höjer temperaturen till 115°C är svårbedömd, men om man inte behöver investera i ny panna eller ströläggare fås en besparing på ca 50 kr/m^3 jämfört med torkning vid 70°C. Beräkningarna har delvis utförts med hjälp av Träteks programvara TORKSIM som även har en funktion som beräknar torkningskostnaderna. I dessa kostnadsberäkningar ingår inte några poster för kvalitet. Vid torkning vid 115°C kan man tänka sig att medelpriset på trävarorna höjs på grund av minskad nedklassning som en följd av minskade deformationer.

Referenser

Bengtsson, C. och B. Källander. 2001. Högtemperaturtorkat virke - varför minskar hållfastheten? SP rapport 2001:32

Berndt, H, Schniewind, G och Johnson, G C. 1999. High-resolution ultrasonic image of wood. Wood Science Technology 33 (1999) 185-198.

Betzold D. 1999. Maschinelle Festigkeitssortierung : Einfluss der Hochtemperaturtrocknung auf die elastomechanischen Eigenschaften des Schnittholzes. Diplomarbeit. Eberswalde, Fachhochschule Eberswalde, 1999, 115 s

Bhardwaj, M C. 1997. Innovation in non-contact ultrasonic analysis: application for hidden objects detection. Mat Res (1997) 1: 188-196.

Esping B. 1993. Högtemperaturtorkning: Trätek rapporterar. Trätek Rapport L 9309044

Haddox, K. 2000. Southern pine lumber mill finds partner in ultrasound. Wood Technology March/April 2000.

Hadegawa, M, Sasaki, Y och Iwata, T. 2000. Acoustoelastic effect of wood III: effect of applied stresses on the velocity of ultrasonic waves propagating normal to the direction of the applied stress. J Wood Sci (2000) 46: 102-108.

Haygreen J.G., Daniels D.H., The simultaneous drying and densification of sapwood, Wood and fiber, 1:38-52, 1969

Haslett, A. 1997. Review of high temperature (HT) drying in New Zealand: research and commercial aspects. Trätek Rapport L 0111027.

Hägglund A., H. Johansson och T, Wamming. 1995. Egenskaper hos gran torkad med högtemperatur. En jämförelse med gran torkad med lågtemperatur. Trätek Rapport I 9512040

Karsulovic, J T, Luis, A L, och Luis G. 2000. Ultrasonic detection of knots and annual ring orientation in Pinus radiata lumber. Wood and Fiber Science (2000) volume 32 number 3: 278-286.

Lindegren, J. 2001. Högtemperaturtorkning av gran för limmade träprodukter. Trätek Rapport L 0112052.

Morén T. och M.Sehlstedt-Persson. 1990. Högtemperaturtorkning av byggnadsvirke. THLå. Inst. i Skellefteå. Teknisk rapport 1990/27T

Olsson C. 1992. Högtemperaturkonditionering av svensk furu och gran. THLå. Inst. i Skellefteå. Teknisk rapport 1992/22T

Raczkowski, J, Lutomski, K, Molinski, W och Wos, R. Detection of early stages of wood dacay by acustic emission technique. Wood Sience and Technology 33 (1999) 353-358.

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, 351 96 VÄXJÖ
Besöksadress: P G Vejdes väg 15
Telefon: 0470-72 33 45
Telefax: 0470-72 33 46

Skeria 2, 931 77 SKELLEFT
Besöksadress: Laboratorgrän
Telefon: 0910-58 52 00
Telefax: 0910-58 52 65