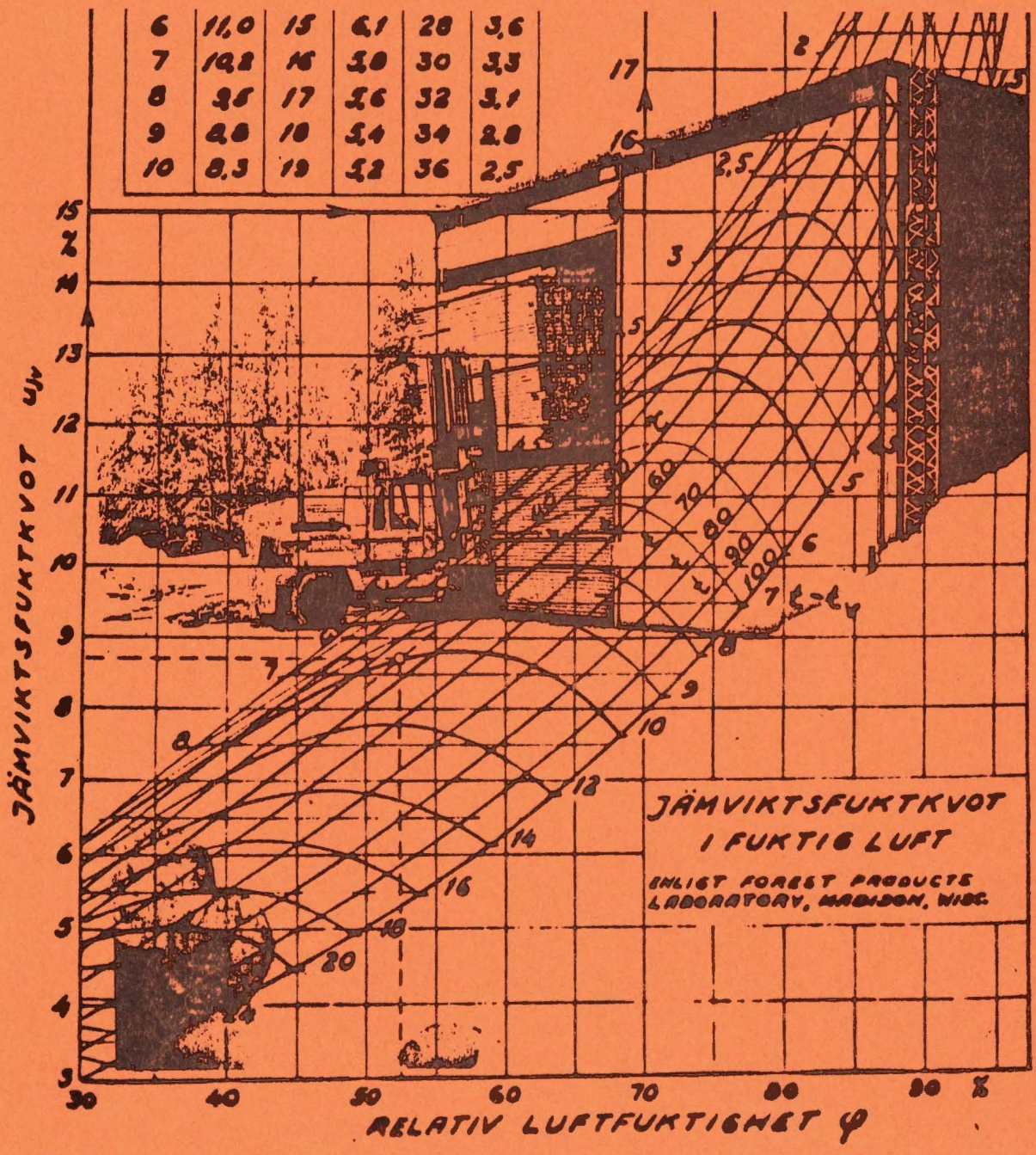
Temadag

TORKNING AV IMPREGNERAT TRÄ

Stockholm 16 april 1985



Svenska Träskyddsinstitutet

Svenska Träimpregneringsföreningen

TEMADAG OM TORKNING AV IMPREGNERAT TRÄ

Användning av impregnerat trä har allt oftare kommit att ifrågasättas av arkitekter, projektörer, byggare m fl. Impregnerat trä anses spricka och slå sig mer än oimpregnerat trä, och i den infekterade debatten om mögelhus har påstått att impregnerat trä möglar lättare än oimpregnerat och dessutom ger upphov till elak lukt.

Förklaringen till dessa påståenden är i flertalet fall att det impregnerade virket vid inbyggningstillfället varit alltför fuktigt. Tyvärr tvingas man konstatera, att en mycket stor del av det saltimpregnerade virket, som levereras till byggplatser och till konsumenterna genom bygg- och trävaruhandeln, har fuktkvoter vida överstigande 20 %, som är rekommenderad leveransfuktkvot.

Miljö- och arbetarskyddsmyndigheterna har också fått upp ögonen för problemen med leverans och användning av för fuktigt impregnerat trä.

Trycket har således ökat på impregneringsindustrin att möta dessa hot mot branschens existens. Fler och fler impregneringsverk börjar nu också inse att eftertorkning av det saltimpregnerade virket inom en inte alltför avlägsen framtid är nödvändigt.

För att kunna eftertorka virket krävs stora investeringar i torkutrustning - en omöjlighet i dag för åtskilliga impregneringsverk som brottas med lönsamhetsproblem.

För att belysa vilka tekniska och ekonomiska förutsättningar det finns att eftertorka saltimpregnerat trä inbjöd Träskyddsinstitutet och Träimpregneringsföreningen till en temadag i Stockholm om torkning av impregnerat trä tisdagen den 16 april 1985.

Föreliggande kompendium utgör den skriftliga dokumentationen från temadagen.

SVENSKA TRÄSKYDDSINSTITUTET SVENSKA TRÄIMPREGNERINGSFÖRENINGEN

PROGRAM

10.15 - 10.30	**Inledningsanförande** Jöran Jermer, Svenska Träskyddsinstitutet
10.30 - 11.15	**Torkning av impregnerat trä i konventionella virkestorkar - teknik och problem** Björn Esping, TräteknikCentrum
11.15 - 12.00	**Hager K-processen - ett nytt system för torkning av impregnerat trä** Thomas Bystedt, Hager System AB
12.00 - 13.00	Lunch
13.00 - 13.45	**Torkningens ekonomi - jämförelser mellan lufttorkning, torkning i konventionell tork och Hager K-processen** Roland Palm, TräteknikCentrum
13.45 - 14.15	**Frågestund, diskussion** Kurt Bengtson, Svenska Träimpregneringsföreningen

SVENSKA TRÄSKYDDSINSTITUTET

DELTAGARFÖRTECKNING

Temadag för torkning

1985-04-16

Namn	Företag, organisation, myndighet etc
Altefelt, Bo	Sjösa Trä AB
Andersson, Lennart	Södermalms Trä
Andersson, Mats	Valbo Trävaru AB
Andersson, Tommy	Valbo Trävaru AB
Antoine, Herbert	Svensk Trävarutidning
Arnquist, Thure	Elit-Snickerier AB
L-Son Backskog, Lars	Jämtskogens Trä
Bengtson, Kurt	Svenska Träimpregneringsföreningen
Bhargava, Jitendra	Televerket, Nätavd
Bystedt, Thomas	Hager System AB
Carlsson, Leo	Nacka Trävaru AB
Citron, Bengt	Fläkt Svenska AB
Cznotka, Jan	Byggstandardiseringen
Edlund, Marie-Louise	Svenska Träskyddsinstitutet
Esping, Björn	TräteknikCentrum
Estberg, Magnus	KenoGard VT AB
Gardmo, Edvin	Gardmokonsult AB
Gyllenswärd, C-G	Fläkt Svenska AB
Göransson, Hans	Tenhults Impregneringsverk AB
Hajek, Boris	TräteknikCentrum
Henningsson, Björn	Sveriges Lantbruksuniversitet
Holmlund, Bernth	Svenska Träimpregneringsföreningen
Hyppel, Arne	Kungliga Tekniska Högskolan
Häger, Bror	Hager AB
Jermer, Jöran	Svenska Träskyddsinstitutet
Johansson, Bernt	AB Jabo Träprodukter
Johansson, Karl-Gunnar	Etri Fönster
Johansson, Klas-G	Södertälje Trä
Johansson, Ingvar	Statens Provningsanstalt
Kindermann, Teddy	Graningeverken
Kronberg, Ulla-Britt	Svenska Träskyddsinstitutet
Larsson, Bernth	Vindö Byggvaror AB
Lassmark, Stefan	Gällsta-Lundby
Lilja, Sven	Suntetorps Impregneringsverk
Lindblom, Carl-Axel	Rentokil Svenska AB
Linde, Anders	Norrvikens Trävaru
Lindqvist, Thomas	Arbetarskyddsstyrelsen
Lundberg, Christina	Sveriges Lantbruksuniversitet
Mases, Per	Svenska Träimpregnerings AB Suecia
Nilsson, Kent	Svenska Träskyddsinstitutet
Ohlsson, Erik	Rentokil Svenska AB
Olsson, Gerth	Ernst Hjorts Trävaru AB
Omér, Stefan	Anticimex AB
Palm, Roland	TräteknikCentrum
Persson, Mats	Fredells Trävaru AB

SVENSKA TRÄSKYDDSINSTITUTET

Namn	Företag, organisation, myndighet etc
Randewall, Roy	AB Bitus
Rosén, Lena	Statens Naturvårdsverk
Saarman, Endel	Kungliga Tekniska Högskolan
Sandberg, Lennart	Hickson Scandinavia AB
Sandstedt, Peter	SIND
Sandqvist, Ted	Televerket
Schönborg, Jan	Bjerking Ingenjörsbyrå
Stiernström, Georg	Fredells Trävaru
Strandberg, Nils	KenoGard VT AB
Trauntschnig, Jörgen	Halmstads Impregneringsverk
Wickholm, Hans	Bygg i Trä - konsult
Wikberg, Håkan	Kemira Oy, Finland
Wikström, Loulou	KenoGard VT AB
Zaunschirm, Peter	Kemiinformation AB
Östlund, Carl Georg	Svenska Träimpregnerings AB Suecia

Föredragshållarna vid temadagen, fr v Thomas Bystedt, Björn Esping och Roland Palm.

Wallenbergssalen på Ingenjörsvetenskapsakademien var välbesökt under temadagen.

Torkning av impregnerat trä i konventionella virkestorkar - teknik och problem

Björn Esping
TräteknikCentrum
Stockholm

Inledning

För att kunna uppnå ett gott resultat vid torkning av trä måste man kunna förstå sambandet mellan trä, luft och vatten. Trätorkningstekniken är mer komplicerad än vad man i allmänhet tror. Detta visar sig bl a i att torkleverantörerna har olika uppfattningar om hur virkestorkens konstruktion och drift ska utföras.

Vid val av virkestork är det synnerligen viktigt att man kan bedöma torkkonstruktionen och dess funktion. Dessutom bör man kunna ställa och förstå de rätta garantikraven vid köp av tork.

Det speciella vid torkning av impregnerat virke är att virkets torkningsegenskaper är förändrade i förhållande till oimpregnerat virke.

Att torka impregnerat virke är allmänt ansett som svårt bland torkskötare och synpunkter som att virket spricker mycket, att virket blir yttorrt samt att virket får en ojämn och hög slutfuktkvot, hörs ofta. Att sprickor i detta sammanhang även uppträder på klent virke (många och korta sprickor) känner många torkskötare till.

För att försöka lindra verkningarna av den dåliga torkningskvaliteten på det impregnerade virket brukar virket inte torkas ned till de låga slutfuktkvoter som virket annars torkas ned till (skeppningstorrt). I stället brukar man torka ned till något som man kallar "hanteringstorrt". Detta har gett som resultat att främst Naturvårdsverket uppmärksammat detta med anledning av de problem som hantering av icke torrt virke medför. Dropp och spill från det blöta, icke fixerade virket kan påverka miljön negativt vid anläggningen. Virke med icke fixerat träskyddsmedel kan också orsaka icke önskade hälsoeffekter hos de som hanterar det. Även för djur och växter kan det skapa olägenheter. Dessutom har byggnadsmyndigheter uppmärksammat förhållandet att impregnerat, icke torkat virke byggs in i huskonstruktioner, vilket ger som följd att virket efter inbyggnad avger vatten och kan orsaka fukt- och mögelskador.

Mätning av luftfuktighet

Utmärkande för virkestorkning är att klimatet för det mesta mäts med en psykrometer. Psykometern består av en torr och en våt termometer, se fig 1.

Med psykrometern bestäms temperatur (den s k torra temperaturen) och luftens fuktighet. Luftens fuktighet bestäms av skillnaden mellan den torra och våta termometern (psykrometerskillnaden) vid en viss torr temperatur.

Dessa värden används sedan för att med hjälp av psykrometertabell/diagram ta fram den relativa luftfuktigheten (ångkvoten). Detta gör man dock normalt inte vid virkestorkning. Här använder man psykrometerskillnaden

och den torra eller våta temperaturen direkt som ett mått på luftens fuktighet.

Vid en psykrometerskillnad på 0°C är relativa luftfuktigheten alltid 100 % oberoende av vad den torra temperaturen är. Är psykrometerskillnaden större än noll, t ex 12°C och torra temperaturen 50°C måste man gå in i en psykrometertabell/diagram för att avläsa luftens relativa luftfuktighet (= 48 %). Ett psykrometerdiagram visas i fig 2.

Omfattningen av tryckimpregneringen i Sverige

Under 1984 fanns 212 tryckimpregneringsanläggningar i drift i landet. Därav var det 30 stycken som producerade mer än 3 000 m^3/år med vattenbaserade medel. Endast 38 anläggningar (av de 212) med en total produktion av 180 000 m^3, var anslutna till Statens Provningsanstalts kvalitetskontroll för impregnerat virke.

I Sverige produceras ca 10-11 milj m^3 sågad vara per år av vilket ca 500 000 m^3 impregneras, därav 370 000 m^3 med vattenbaserade preparat. Den mängd som i sammanhanget är av intresse är ca 320 000 m^3, vilket utgör den sågade virkesvolymen och icke sliprar och stolpar (vilka tillsammans utgör ca 33 000 m^3). Siffrorna för impregnering ovan gäller enbart furu. Gran impregneras ännu inte i större utsträckning.

Vad sker med virkets fuktkvot vid impregnering?

Den impregneringsmetod som vanligen används för vattenbaserade medel i Sverige kallas för "fullcell-metoden". Impregneringen går i stort till på följande sätt:

- Torkning av virket från rått till ca skeppningstorrt (brädgårds- och artificiell torkning), i praktiken 9-25 %.

- Virket kloss- eller rusläggs i tryckcylindern och impregneringsprocessen inleds med ca 90 % förvakuum (luften evakuerad till ca 90 % i tuben och därigenom även i virket) under 30-40 minuter. I slutet av vakuumperioden släpps impregneringsmedlet in i cylindern.

- Efter vakuumperiodens ökas trycket i cylindern till 0,7-1,4 MPa under 60-90 minuter och vätskan trycks in i splintvedens cellväggar och cellhåligheter. Mellan 500 och 700 l vätska/m^3 trycks in i splinten. I övergången mellan tryckperioden och sista stegets vakuum tappas vätskan ut ur cylindern.

- Sista steget utgörs av vakuum under ca 10-15 minuter. Här får man ut bara 5-15 l vätska/m^3 virke. Vakuumperioden innebör att om virket efter impregneringen har en medelfuktkvot på 130 % efter tryckperioden, minskar fuktkvoten efter vakuumperioden enbart till 128,5 %! Eftersom denna fuktkvotsminskning huvudsakligen sker i virkesytan, kommer ytfuktkvoten att ligga i närheten av 30 % och virkesytan upplevs nästan som torr.

I tab 1 visas vilken fuktkvot som rått virke i medeltal innehåller. Sidoutbyten med tjockleken 16-19 mm innehåller en mindre kärnvedsandel (ca 8 %), vilket medför att virket har en hög slutfuktkvot (ca 130 %). Vedcellens (splintveden) hålrum är då ej helt fyllt med vatten utan innehåller även ca 28 % luft.

Vid impregneringen kan cellhålrummet fyllas med impregneringsvätska, dels i samma nivå som för rått virke (ersätter det borttorkade vattnet), dels helt eller delvis även fylla luftens utrymme. Se fig 3.

Vid impregnering av virke från vattenlagrat timmer samt vid impregnering med långa vakuum-/tryckperioder och höga trycknivåer, erhålles en stor del celler med fullständigt fyllda cellhålrum. Fylls cellhålrummet helt med vätska blir virket extremt svårtorkat. När cellhålrummet innehåller luft, expanderar den i samband med torkningen (luften uppvärms) och hjälper till att driva ut vattnet. När cellhålrummet är fyllt med vätska, saknas luften och kan inte bidra till torkningen. Den här effekten har även noterats av många torkskötare i samband med torkning av mycket lång tid vattenlagrat virke då splintfuktkvoten i medeltal kan öka från 130 till ca 170 % på ett halvår upp till ett år.

I tabell 1 har fuktkvoten i helt vattenmättad splintved beräknats för furu i olika dimensioner, där man utgått från att virket innehåller den "normala" densiteten 430 kg torrt trä/m^3 rått trä.

Ska den maximala fuktkvoten för splintved beräknas (helt fyllda cellhålrum) används formeln:

$$\frac{1\,560 - \text{densiteten}}{1{,}56 \times \text{densiteten}} \times 100 \quad (\%)$$

dvs den maximala fuktkvoten är beroende av virkets densitet, se fig 4. Av denna figur framgår att de lättaste furubräderna (350 kg/m^3) har en fuktkvot på ca 180 % och kan få fuktkvoter på över 200 % vid helt fyllda cellhålrum. I figuren kan även noteras att helt fyllda cellhålrum motsvarar 168 % fuktkvot för normalt tungt virke (430 kg/m^3).

Är man intresserad av att räkna ut den procentuella vattenvolymen i splintens cellhålrum - efter vattenlagring eller tryckimpregnering - kan detta göras på ett enkelt sätt enligt formeln nedan:

$$\frac{\text{splintens fuktkvot} - 28}{\text{splintens maximala fuktkvot} - 28} \times 100 \quad (\%).$$

Exempel: En tryckimpregnerad bräda (eller virkesstycke från vattenlagrat timmer) håller en normal densitet (430 kg/m^3) och vi mäter fuktkvoten till 145 % enligt torrviktsmetoden. Hur mycket vatten innehåller cellhålrummet?

Lösning: Beräkningarna görs i två steg. Maximal fuktkvot som virket skulle kunna innehålla är:

$$\frac{1560 - 430}{1{,}56 \times 430} \times 100 = 168\ \%.$$

Procentuella vatteninnehållet i cellhålrummet i den aktuella brädan är då:

$$\frac{145 - 28}{168 - 28} \times 100 = 84\ \%.$$

Detta innebär då också att resten av utrymmet av cellhålrummet är luft, dvs 100 - 84 = 16 %. Genom impregneringen finns det fortfarande 16 % luft kvar som kan expandera vid virkestorkningen (mot normalt 28 % för färskt virke), se fig 3.

Vid torkning av vattenlagrat eller impregnerat virke har vi nu konstaterat att i vissa fall blir cellhålrummet helt vätskefyllt. Detta medför ökad svårighet vid torkningen!

I fig 5 kan vi se hur fuktkvoten varierar i ett virkespaket när virket är:

- rått och färskt
- torkat till skeppningstorrt
- uppfuktat genom impregnering
- impregnerat och torkat

Till impregneringsprocessen hör att de aktiva beståndsdelarna koppar, krom och arsenik i impregneringsmedlen måste fixeras. Fixeringen av impregneringsmedlet är beroende på virkets temperatur, se fig 6. Fixeringen bör ske innan virket ströas upp eller på annat sätt hanteras.

Under den varma årstiden kan virket fixeras utomhus på vagnen utanför cylindern för att undvika onödiga hälsorisker. Under den kalla årstiden sker fixeringen mycket långsamt. Därför rekommenderas att det impregnerade virket tas direkt från cylindern och rullas in i en uppvärmd kammare för fixering. Vid maskinell ströläggning av ofixerat virke får man räkna med en hög risk för korrosion då impregneringsvätskan är mycket sur innan fixeringen.

Standard och bestämmelser för tryckimpregnerat virke

I Svensk Standard SIS 05 61 10 - norm för ur materialsynvinkel rätt virke för byggändamål - beskrivs bl a fordringar på torkningen av impregnerat virke. Produktkontrollnämnden (PKN) som sorterar under Statens Naturvårdsverk, har under våren fattat beslut om ändring i registreringsvillkoren för arsenik- pch krombaserade medel. I ändringarna föreslås bl a krav på torkningen av impregnerat virke. Dessa träskyddsmedel föreslås dessutom klassas upp till faroklass 1.*

Beträffande torkning står under leveransfordringar i SIS 05 61 10:

1. "Virke ska vid leverans till återförsäljare och förbrukare vara i sådant skick att det omgående kan hanteras och användas. För virke impregnerat med fixerande medel skall fixeringen i huvudsak vara avslutad. En eventuell forcerad torkning skall utföras så att störningar i fixeringen icke inträffar".

2. "Beträffande virkets fuktkvot vid leverans gäller för impregnerat virke samma krav som för övrigt byggnadsvirke, för sågat virke dock högst 20 %."

Kontrollmyndighet är Statens Provningsanstalt. Kontrollen gäller enbart de anläggningar vilka är anslutna till den frivilliga kvalitetskontrollen.

Produktkontrollnämnden beslutar i frågor som rör hälso- och miljöfarliga varor och har i sitt förslag till ändring av registreringsvillkoren för arsenik- och krombaserade ämnen meddelat beträffande torkning*

---

* Beslut om detta fattades av Produktkontrollnämnden 1985-05-23 (Reds anm).

3. "Leverans av virket får tidigast ske då fixeringen av träskyddsmedlet är avslutad (fixeringstorrt)."

4. "Konstruktionsvirke som är avsett för omgående användning får dock ej ha en medelfuktkvot över 20 %."

Kontrollmyndighet är Statens Naturvårdsverk och Länsstyrelsens naturvårdsenhet.

De fyra olika kraven på torkning kan kommenteras enligt följande:

En viss omfördelning av beståndsdelarna i impregneringsmedel sker alltid i samband med torkning. Omfördelningen är inte av avgörande betydelse för virkets beständighet mot röta (punkt 1). Resultaten från forskare från olika länder visar olika resultat beträffande salternas rörelse mot virkesytan under torkning.

Uttryck som "fixeringstorrt" i punkt 3 är förvirrande, eftersom någon logisk definition till uttrycket inte finns i bestämmelsen.

I punkterna 2 och 4 ställer man krav på en viss fuktkvot för det impregnerade virket vid leverans. I de båda fallen har fuktkvoten uttryckts på två olika sätt och vi känner inte till något underlag för varför man valt respektive fuktkvotsnivå, se fig 7.

Såsom i många andra standarder och bestämmelser är fuktkvoten inte korrekt uttryckt. Minsta krav är att man anger både medelfuktkvot och spridning, eller som i kravet för SIS 05 61 10, dvs man anger en maximal fuktkvot, vilken inte får överskridas. Detta krav innebär emellertid att man alltid, genom kontrollmätning av hela leveransen, måste gallra ut alla virkesstycken över angiven maximal fuktkvot. Detta är troligen inte avsikten bakom det angivna kravet.

Vid fastställande av dylika krav måste man även ta hänsyn till hur den verkliga fuktkvotsspridningen ser ut efter torkningen av impregnerat virke, se fig 5.

Ett rimligt krav på fuktkvotsnivån för sågat och impregnerat virke, som ska användas som konstruktionsvirke, bör vara i samma nivå eller något högre som för oimpregnerat konstruktionsvirke, se tabell 1. Detta är nu inte fallet med fuktkvotsnormen i SIS 05 61 10, se fig 7.

Tryckimpregnerat virke är svårtorkat

Det är allmänt känt att torkningsresultatet blir betydligt sämre när saltimpregnerat virke, impregnerat enligt fullcellmetoden, torkas, jämfört med resultatet vid torkning av oimpregnerat virke:

- Två torkningar av samma virke kan medföra ungefär dubbelt så mycket torkningsskador som enbart en torkning.

- Impregneringen minskar träets vattendiffusivitet (vatten/fuktvandring genom en fuktkvotsskillnad i träet) med ca 20 %, varvid fuktkvotsgradienten ökar (fuktkvotsökningen från ytan till virkets mitt). Torkningstiden för impregnerat virke ökar därvid med 30 % till över 100 % jämfört med torkning av rått oimpregnerat virke.

  Ökningen blir större för grovt virke än för klent virke, eftersom grovt virke är mer sprickbenäget. Mildare torkningsscheman erfordras därför om hänsyn ska tas till sprickbildningen.

- Virke som vattenlagrats mer än 4-6 veckor i vatten med en högre temperatur än 0°C, får en ökad permeabilitet (vatten/fuktvandring genom en tryckskillnad i träet). När detta virke impregneras blir det mycket svårtorkat. Långa torkningstider och små psykrometerskillnader krävs för att inte en kraftig sprickbildning och en ojämn slutfuktkvot ska erhållas.

- När virke med en lägre kärnvedsfuktkvot än 20 % impregneras, blir spänningen mellan den svällda splintveden (med impregneringsvätska) och kärnveden så stor att inre radiella sprickor uppstår. Ju grövre virke och lägre kärnvedsfuktkvot desto mer sprickor. Dessa sprickor syns först efter torkningen. Inre sprickor kan undvikas om virket före impregneringen inte torkas ned för långt. En torkning till ca 25 % fuktkvot är lämplig, se fig 8.

- Vid användning av höga impregneringstryck (mer än ca 1 MPa) och snabb tryckökning i impregneringscylindern, ökar risken för sprickor eller kollaps av vårveden. I moderna anläggningar används numera tryck på upp till 1,4 MPa.

  Även ringsprickor har iakttagits på impregnerat virke. Dessa kan eventuellt ha sitt ursprung i försvagningen i vårveden som erhållits på grund av för högt tryck under impregneringen. Tryckbrotthållfastheten tvärs fibrerna i vårved är så låg som 1-2 MPa (10-20 kp/cm^2).

De fem ovanstående orsakerna är anledningen till yttre eller inre sprickor och ojämn slutfuktkvot vid torkning av impregnerat virke. Skadorna kan emellertid undvikas om rätt torkningsteknik används.

En viss grad av torkningsskador kan ofta tillåtas, särskilt om det gäller konstruktionsvirke.

Vid impregnering enligt Lowry-metoden tar virket upp ungefär hälften så mycket impregneringsmedel som vid fullcell-metoden. Därför blir torkningsskadorna ungefär hälften så stora vid Lowry-metoden i jämförelse med fullcell-metoden.

Eftersom virket under impregneringen och under den andra torkningen utsätts för stora spänningar är det av ännu större vikt än vid den "vanliga" torkningen (torkning från rått oimpregnerat till skeppningstorrt) att virkestorken är rätt konstruerad samt att ett lämpligt torkningsschema används.

Någon systematisk utprovning av lämpliga torkningsscheman för olika virkestjocklekar vid torkning av impregnerat virke har inte utförts för nordiska förhållanden. De torkningsscheman som här rekommenderas är endast baserade på ett fåtal försök och utgör en sammanställning av vad som gjorts inom området i andra länder.

Hög torkningskapacitet och dålig torkningskvalitet
eller
låg torkningskapacitet och hög torkningskvalitet

Det är ofta som man måste göra en kompromiss mellan torkningskapacitet och torkningskvalitet. Detta gäller såväl vid "vanlig" torkning som vid torkning av tryckimpregnerat virke.

Om man t ex har en bra kammartork (med bl a litet blåsdjup, jämn cirkulationsluft samt bra styr- och reglerutrustning) kan man få ett bra

torkningsresultat. Med bra torkningsresultat menas då ett resultat som motsvarar önskade kvalitetskrav och detta uppnås genom att man systematiskt förbättrar sina torkningsscheman, jfr nedan.

Brädgårdstorkning ger hög torkningskvalitet

I de undersökningar som utförts vid TTC/STFI, bl a på uppdrag av Svenska Träskyddsinstitutet, märktes en tendens till en ökning av sprickmängden vid en höjning av torkningstemperaturen vid torkning av impregnerat virke. Detta trots att torkningstiderna var 35 % längre för 25 mm tjockt virke och 48 % längre för 50 mm tjockt virke än vad som är normalt för rått oimpregnerat virke.

Vid en jämförelse av tre olika torkningar - brädgårdstorkning samt torkhustorkning med 38°C respektive 54°C våttemperatur, gav brädgårdstorkningen den minsta mängden sprickor och den jämnaste fuktkvoten. Torkning med den högre våttemperaturen (vid torkhustorkningen) gav den största mängden sprickor och den ojämnaste slutfuktkvoten, se fig 9.

Detta resultat var något överraskande eftersom torkning av oimpregnerat rått virke ger upphov till mindre mängd sprickor vid höga våttemperaturer (50°C) än vid låga våttemperaturer (35°C). Undersökningarna gav även som resultat att impregnerat 50 mm tjockt virke spricker dubbelt så mycket som impregnerat 25 mm tjockt virke. Man bör dock alltid komma ihåg att för både tryckimpregnerat virke och oimpregnerat virke gäller att om torkningsprocessen avslutas för tidigt blir fuktkvotsspridningen lätt mycket stor. Slutfuktkvoten för tryckimpregnerat virke bör av denna anledning vara lika låg som vid torkning av oimpregnerat virke ned till skeppningstorrt.

Ytterligare en skillnad mellan brädgårdstorkning och torkhustorkning av impregnerat virke är att det torkhustorkade impregnerade virket blir något brunaktigare än det brädgårdstorkade virket. Detta har dock inte någon inverkan på virkets kvalitet.

Vid brädgårdstorkning av salt-impregnerat virke kan mögeltillväxt uppstå på virket under varma och fuktiga perioder. De svamparter som är motståndskraftiga mot låga pH-värden, koppar och arsenik tillhör bl a *Cladosporium sp*, som är en rikligt förekommande svamp. Den växer dock inte i virkestorkar.

Torkning i brädgård, i kammartork eller i vandringstork

Torkning i brädgård (friluftstorkning) ger i allmänhet ett bra torkningsresultat vid torkning av impregnerat virke. Dessutom blir energiförbrukningen låg. Det är endast truckhanteringen i brädgården som kräver energi. Eftersom torkningen av impregnerat virke över fibermättnadspunkten (25-30 %) är den svåraste delen av torkningen, kan en lämplig kombination vara att förtorka impregnerat virke till ca 30-40 % fuktkvot i brädgård och därefter färdigtorka virket i kammartork. Energibehovet för torken blir då även lågt, eftersom endast 10-25 fuktkvotsprocent behöver torkas bort.

De enda risker som förekommer vid brädgårdstorkning är att virket kan få mögelskador under hösten (fuktigt och varmt klimat) och/eller sprickor om virket sätts ut i slutet på våren (torr och varm luft). Den största nackdelen med metoden är dock den dåliga flexibiliteten vid försäljning. Virket blir inte färdigtorkat i samma takt som efterfrågan på virket.

Kammartorkning är för det mesta den lämpligaste torkningsmetoden. Kammartorken kan i jämförelse med vandringstorken ta små virkespartier. Dessutom är det i kammartorken lättare att köra efter ett för impregnerat virke lämpligt torkningsschema.

För små impregneringsverk/sågverk är det för det mesta mest ekonomiskt att köpa en kondensationskammartork. För små verk utan träbränsleanläggning blir det annars en mycket dyr lösning att investera i både träbränsle- och torkanläggning.

Eftersom korrosionen är större vid torkning av impregnerat virke än vid torkning av oimpregnerat virke, bör man välja en kondensationstork med kompressor och maskinutrustning utanför torkningsutrymmet.

Medelstora och stora sågverk har i allmänhet redan en träbränsleanläggning. Finns det tillräckligt med värmeeffekt, blir det i detta fall mest ekonomiskt att köpa en vanlig kammartork av luftväxlingstyp.

Vandringstorkar är mindre lämpliga för torkning av impregnerat virke.

Det förekommer att sågverk med en mycket liten produktion av impregnerat virke vid torkning blandar detta virke med det råa oimpregnerade virket. Torkningsresultatet blir i dessa fall för det mesta mindre bra eftersom impregnerat virke, som tidigare nämnts, fordrar en mildare torkning än rått oimpregnerat virke.

På senare tid har en olje-vakuummetod (Hager K-processen) tagits fram. Denna torkningsmetod kan ha förutsättningar för att ge en ekonomisk torkning av impregnerat virke. Även här gäller att det är viktigt att torkningskvaliteten i förhållande till torkningskapaciteten beaktas vid köp av torkanläggning. En officiell opartisk bedömning av denna torkningsmetod har ännu inte utförts.

Råd om vilka krav som bör ställas och vad en offertförfrågan bör innehålla redovisas i Trätorkningsklubbens meddelande nr 16, se tidningen Sågverken nr 4-85.

Korrosion

Korrosion är alltid ett problem i alla virkestorkar eftersom torkningsprocessen normalt startar med en hög luftfuktighet. Dessutom kondenserar även torkluften lätt på svala ytor som köldbryggor i torkhusväggen, på torkhusportar, manöverdörrar m m.

Vid torkning av exempelvis CCA-impregnerat virke blir miljön i virkestorken något surare än vid torkning av rått oimpregnerat virke, vilket främjar korrosion på vanligt konstruktionsstål och i viss mån även aluminium. Minsta korrosion erhålls när impregneringsmedlet är fixerat i virket. Vitala delar i virkestorken bör, vid torkning av impregnerat virke, utföras i rostfritt stål. Rostfritt stål samt koppar korroderar obetydligt i denna miljö.

Förångaren i kondensationstorkar är särskilt utsatt för korrosion. Denna bör därför vara epoxibehandlad, om den inte är utförd i koppar eller rostfritt stål.

Hyvlat virke

Det är relativt vanligt att impregnera hyvlat virke. Vid en efterföljande torkning kommer virket på grund av olika krympningsegenskaper hos det hyvlade virket att få olika mått om virket torkas till annan fuktkvot än virket hade vid hyvlingen. Variationen i måtten kommer att bli större ju större fuktkvotsavvikelsen är.

Förutom olika krympningsegenskaper förorsakar även fuktkvotsspridningen mellan virkesbitarna en måttspridning. Av dessa skäl bör därför klimatet vid torkning av hyvlat virke vara så jämnt som möjligt. En konditioneringsperiod efter torkningen jämnar delvis ut fuktkvoten mellan virkesstyckena. En konditionering av virket bör därför utföras. Denna konditionering sker snabbast i virkestorken.

Mätning av fuktkvoten

Vid kontrollmätning av fuktkvoten på impregnerat virke med elektrisk fuktkvotsmätare av resistanstyp blir mätresultatet i allmänhet någon eller ett par fuktkvotsprocent för högt. Det förekommer även lägre mätutslag med vissa fuktkvotsmätare.

Hur mycket högre mätresultatet blir, beror på:

- Typ av träskyddsmedel som används och koncentrationen på medlet
- Fixeringsgrad av medlet i virket
- Mängd olösligt impregneringsmedel som är kvar i veden.

För många fuktkvotsmätarfabrikat medföljer en korrektionstabell för saltimpregnerat virke. Man bör dock alltid själv göra en kalibrering av sin egen fuktkvotsmätare. Slå in hammarelektroderna till ett djup av 20 % av virkesbredden resp virkestjockleken på ett impregnerat virkesstycke - avläs fuktkvotsmätaren. Såga därefter ut ett fuktkvotsprov från virkesstycket vid mätstället. Beräkna sedan fuktkvoten med torrviktsmetoden.

Torkning i kammartork - uppvärmning, eventuell fixering, torkning och eventuell konditionering

För att uppnå ett bra torkningsresultat måste ansvarig torkskötare och förman ha kunskaper i trätorkningens relativt komplicerade teknik. Den teoretiska delen kan lämpligen inhämtas vid en kurs i trätorkning på Rikssågverksskolan eller hos SIFU.

Innan virket sätts in i virkestorken, bör impregneringsmedlet vara fixerat. Om detta inte är möjligt, bör fixeringen ske i virkestorken under och efter virkets uppvärmning. Uppvärmningen tar ca 4-5 timmar per 25 mm tjockt virke. Själva torkningsförloppet bör inte påbörjas förrän det mesta av impregneringsmedlet är fixerat i virket, jfr fig 6.

Psykrometerskillnaden, dvs skillnaden mellan torr och våt temperatur, under uppvärmningen och fixeringen bör därför inte överstiga 1-2^{o}C (= 85-95 % relativ luftfuktighet). Undvik att gå in i virkestorken innan impregneringsmedlet har hunnit fixerats till virket. Enligt den kommande kungörelsen "Bekämpningsmedel" från Arbetarskyddsstyrelsen ska virkestorken vara försedd med avlopp som är ansluten till ett speciellt uppsamlingssystem.

Torkningsschema väljs efter virkestjocklek. Önskas en utjämning av fuktkvoten mellan och inom virket samt en spänningsutjämning, bör en konditioneringsperiod följa direkt efter torkningen på samma sätt som gäller för oimpregnerat virke.

Torkningsscheman

Någon systematisk framtagning av torkningsscheman för saltimpregnerat virke enligt fullcell-metoden har inte utförts i Norden.

Flera förslag till torkningsscheman finns dock att tillgå, t ex från vissa leverantörer av torkutrustning eller från tillverkare/leverantörer av impregneringspreparat, t ex Tanalith-Ringen, DK-8700 Horsens, Danmark.

Ett problem med rekommenderade torkningsscheman är att de bör anpassas till rådande förhållanden vid respektive företag och för varje virkestork (lufthastighet, blåsdjup i virkestorken m m) samt till önskat kvalitetskrav. Torkgruppen vid TräteknikCentrum, Stockholm, har tagit fram förslag till fyra torkningsscheman för tryckimpregnerat virke, se tabell 2 och 3. Dessa scheman är framtagna för 25 mm och 50 mm tjockt virke och kan tjäna som grundscheman. OBS, de har aldrig provats i praktiken!

Två av schemana ger troligen en ganska måttlig torkningskvalitet (ca 30 % längre torkningstid än för rått oimpregnerat virke) - tabell 2.

De andra två schemana bör ge en betydligt högre torkningskvalitet (ca 70 % längre torkningstid än för rått oimpregnerat virke) - tabell 3.

Vid kalkylering av torkningskostnaderna bör torkningskvaliteten beaktas. Varje ekonomisk torkningskalkyl som inte tar med torkningskvaliteten kommer att vara missledande. För impregnerat virke bör därför en kvalitetsnorm tas fram. Tills vidare kan man använda sig av samma krav som gäller för sågat och torkat oimpregnerat virke.

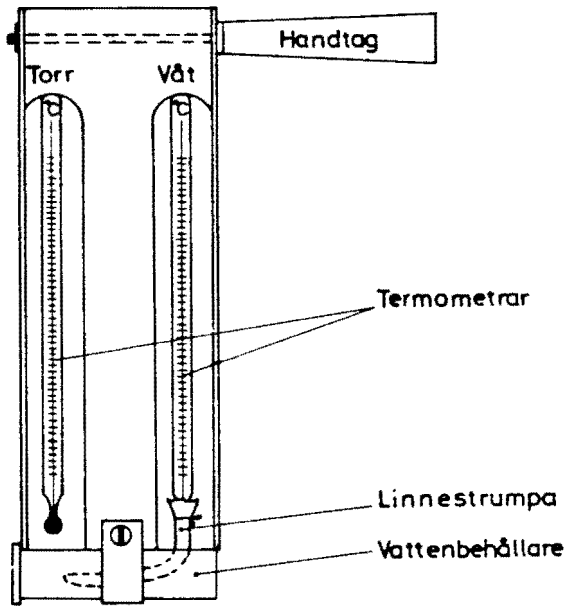


Fig 1. Slungpsykrometer av typ Zeal (Regin AB)

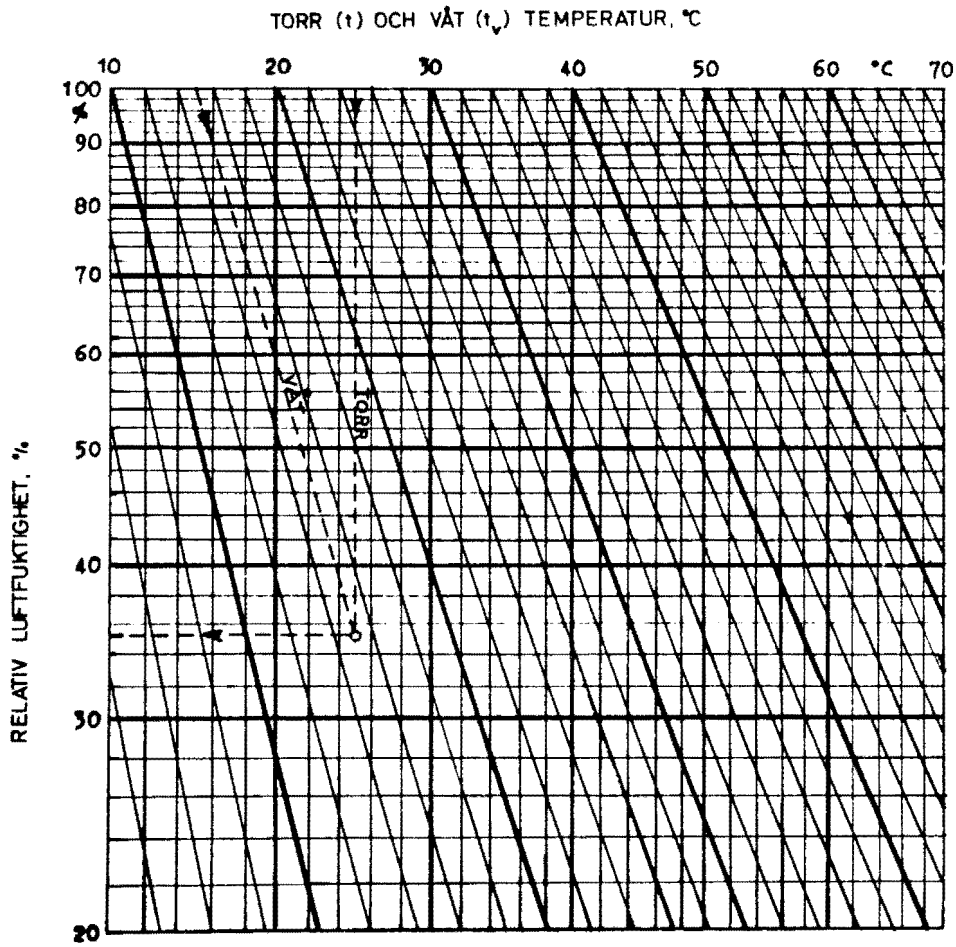


Fig 2. Beräkning av relativa luftfuktigheten ur torra och våta temperaturerna. Temperaturskalan anger torra temperaturen längs de lodräta linjerna och våta temperaturen längs de sneda linjerna.

Exempel: t = 25°C, tv = 15°C, ger i skärningspunkten relativa luftfuktigheten 35 %.

Tabell 1. Medelvärde för kärnvedsandel, fuktkvot för rått furuvirke samt maximal möjlig fuktkvot i furuvirke vid olika virkestjocklekar. Värdena är angivna för virke med densiteten 430 kg torrt trä/m^3 rått trä. 16-25 mm och 50-70 mm tjocka virket utgörs av sido- resp centrumvirke. I tabellen har även lämpliga slutfuktkvoter angivits som innebär att man uppfyller kravet på "skeppningstorrt".

Virkestjocklek	Kärnvedsandel	Fuktkvot nysågat	Maximalt möjlig fuktkvot	Lämplig slutfuktkvot efter torkning	
				Medelvärde	Standardavvikelse
mm	%	%	%	%	%
16-19	8	130	156	15	2
25	15	115	147	15	2
50	50 (65)	80 (65)	100 (88)	18	2
75	75	60	68	21	2

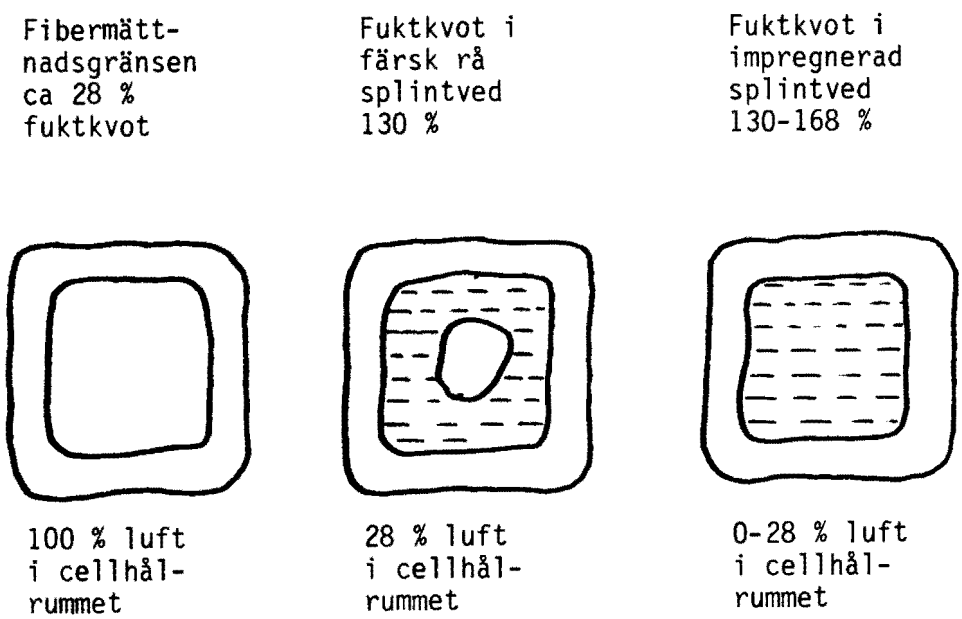


Fig 3. Virke som har tryckimpregnerats innehåller mer vätska i splintvedens cellhålrum än vad som är fallet med färsk rå splintved från ett nyavverkat träd. Vid beräkningarna har densiteten 430 kg/m^3 använts.

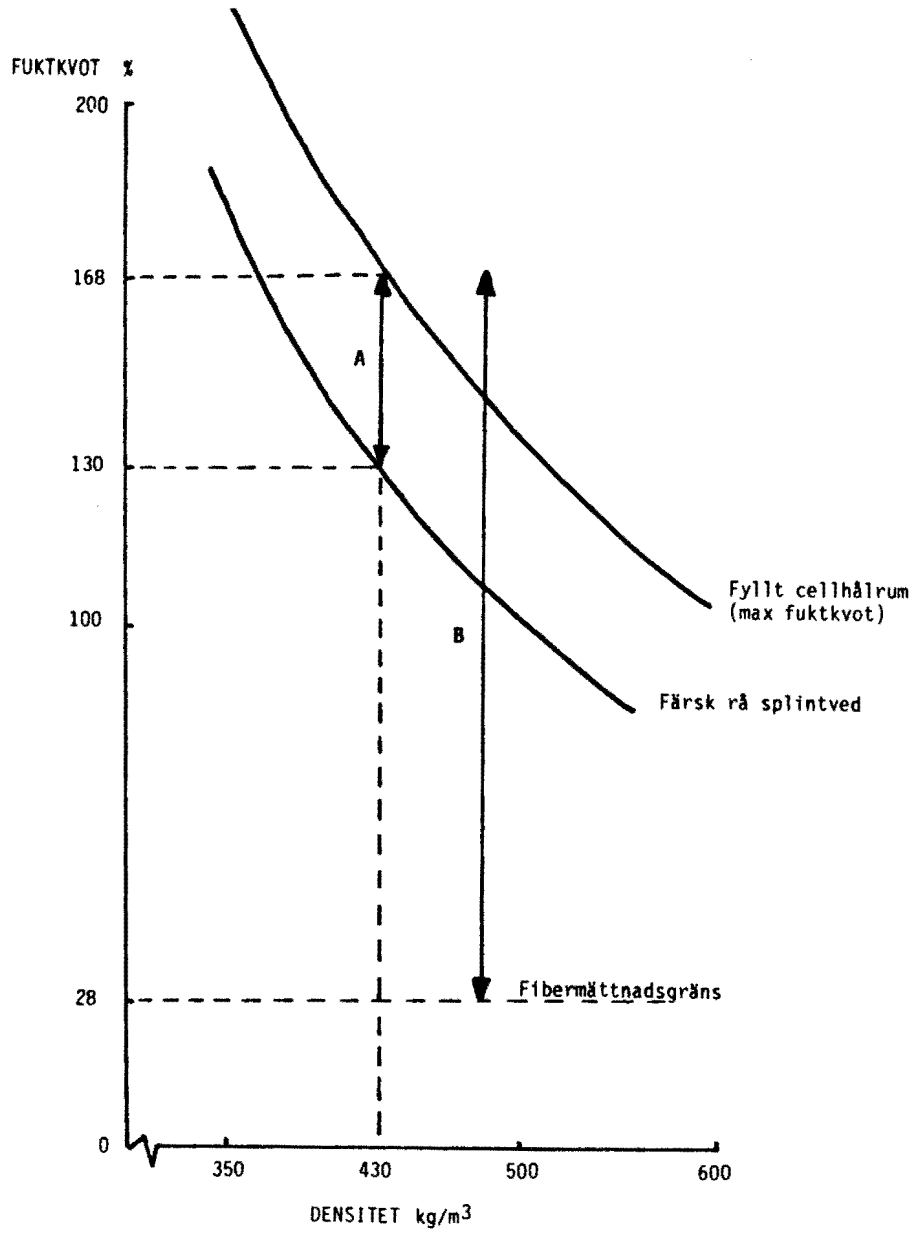


Fig 4. Fuktkvoten i splintved varierar med virkets densitet. För furu är medeldensiteten 430 kg/m^3. Cellhålrummet innehåller vid denna densitet (A/B) x 100 % luft, dvs (38/140) x 100 = 28 % luft.

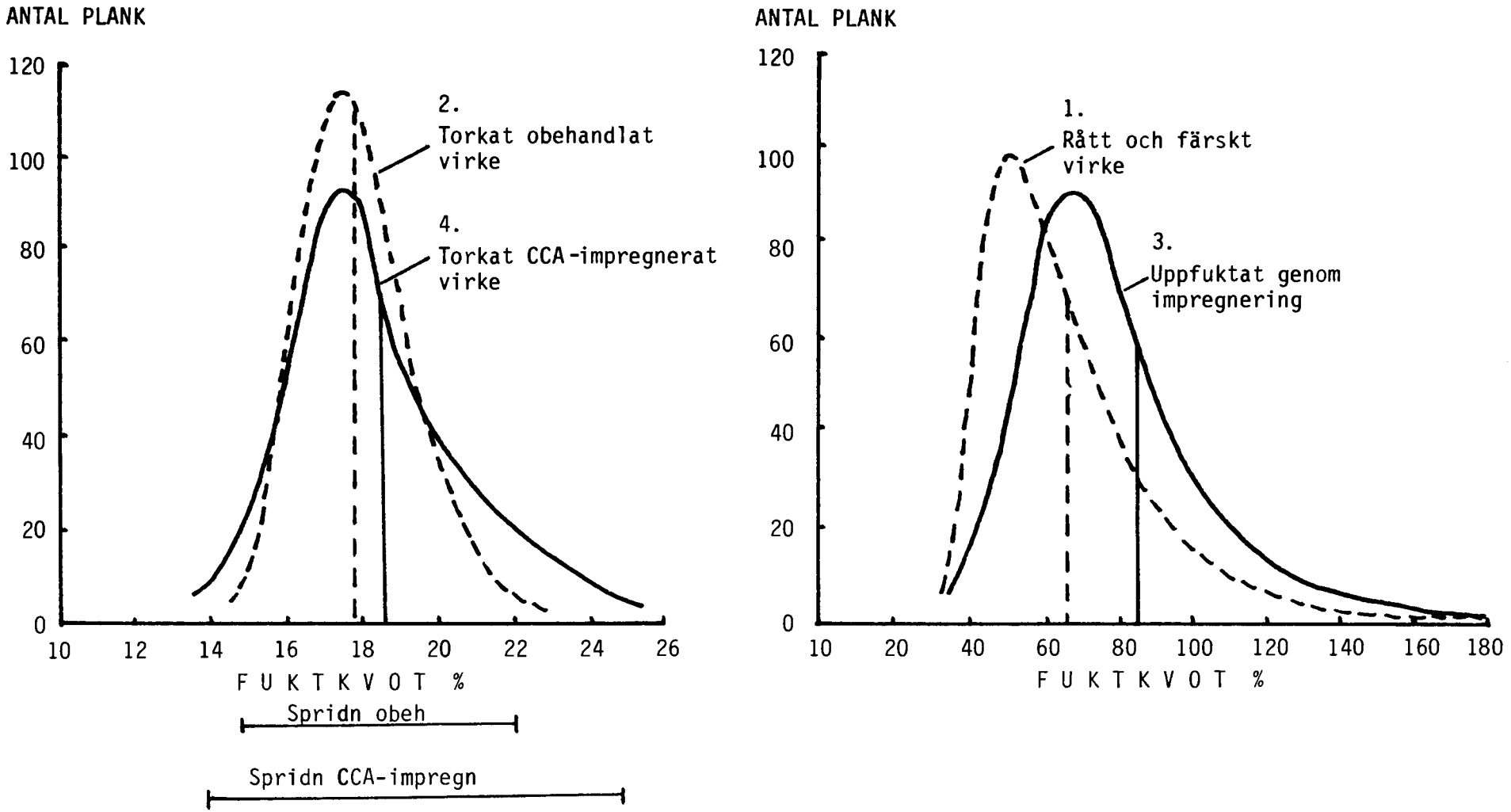


Fig 5. Ett exempel på fuktkvotens fördelning mellan virket i ett virkespaket (50 x 150 mm) som är: 1) i rått och färskt tillstånd, 2) torkat till skeppningstorrt, 3) uppfuktat genom impregnering och 4) impregnerat och torkat. Uppfuktning genom tryckimpregnering ger en något högre medelfuktkvot (85 %) än för rått virke (65 %). Fuktkvotsspridning är betydligt större i torkat CCA-impregnerat virke än i torkat obehandlat virke.

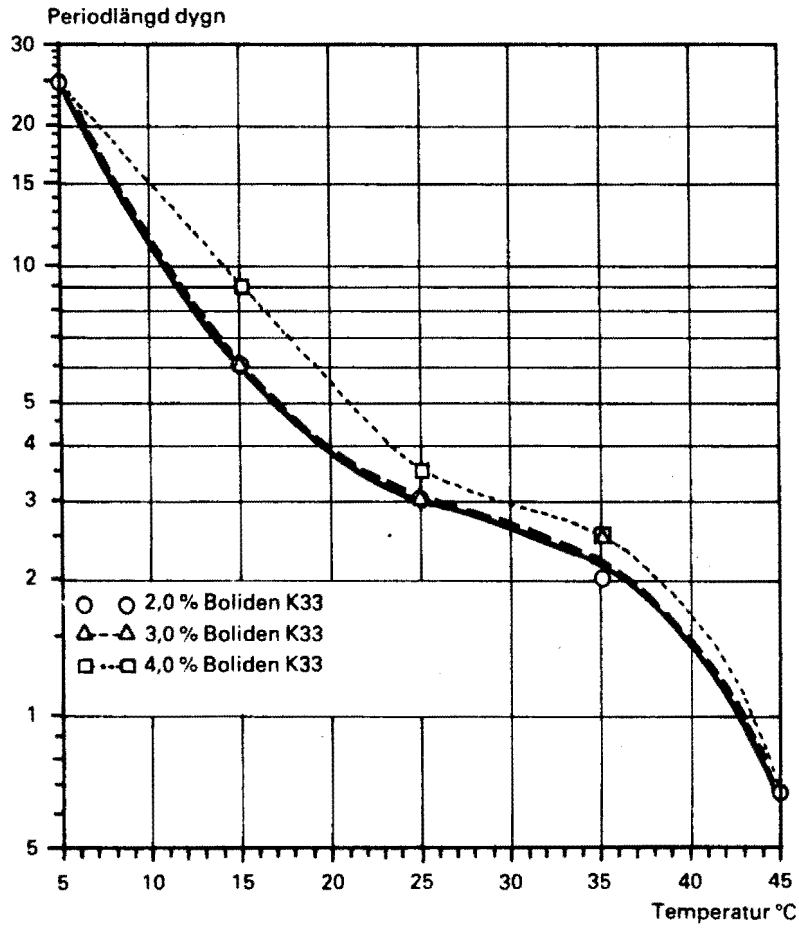


Fig 6. Temperaturens (i virket) inverkan på längden av den primära fixeringsperioden hos Boliden K33 i furusplint. Källa: Svenska Träskyddsinstitutets meddelande nr 113.

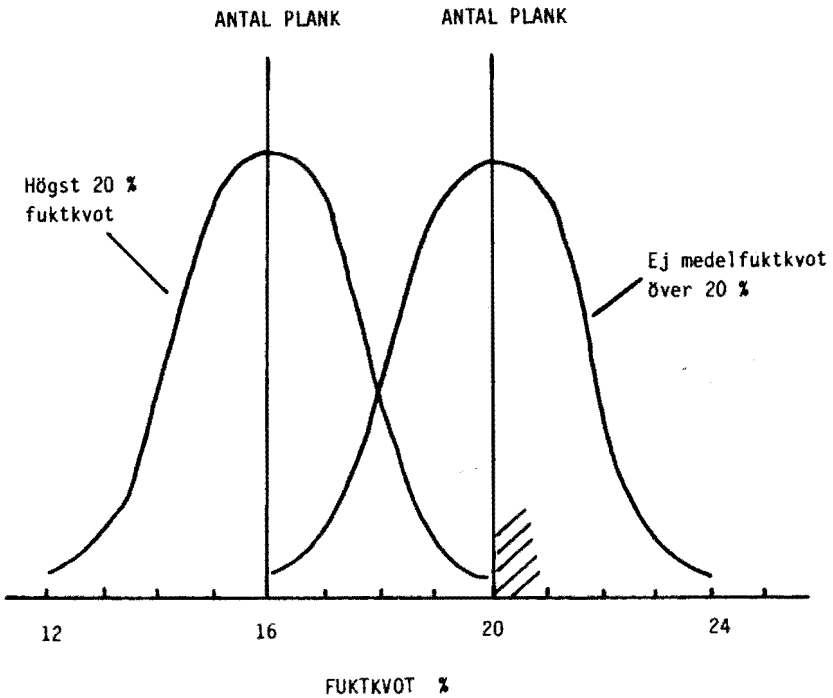


Fig 7. Krav på fuktkvotsnivån för impregnerat virke enligt SIS 056110 samt Produktkontrollnämnden. De två olika angivna fuktkvotskraven skiljer sig väsentligt åt. Principiellt visas här skillnaden. "Högst 20" innebär en medelfuktkvot på ca 16 % om fuktkvoten sprider sig med ± 4 %. Kravet innebär att allt virke i ett virkespaket måste fuktkvotsmätas.

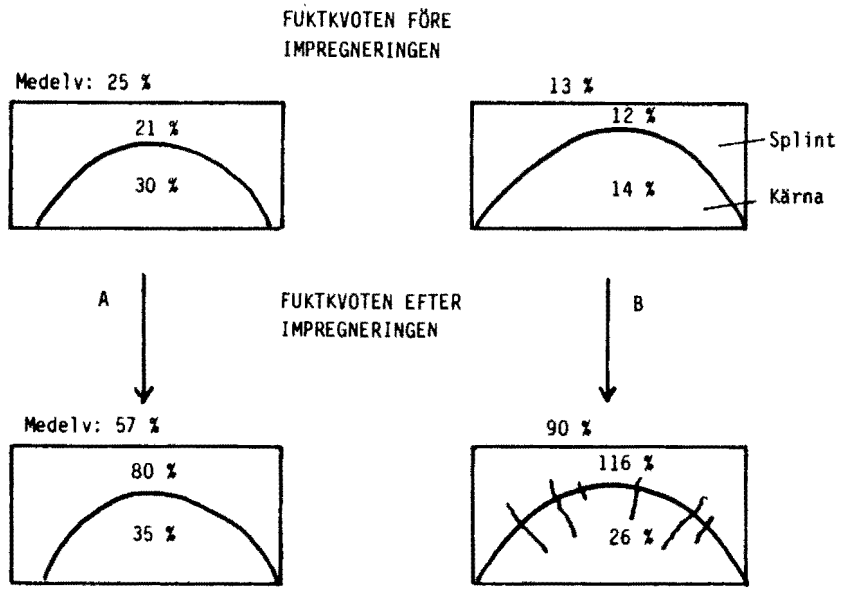


Fig 8. Vid impregnering av centrumvirket med låg fuktkvot uppstår lätt inre sprickor (enligt försök av Th Thomassen, Teknologisk Institut, Danmark).

När impregneringsmedlet tränger in i splintveden sväller denna kraftigt i jämförelse med kärnveden, enligt B. Inre sprickor kan undvikas om virket före impregneringen håller en relativt hög fuktkvot, enligt A.

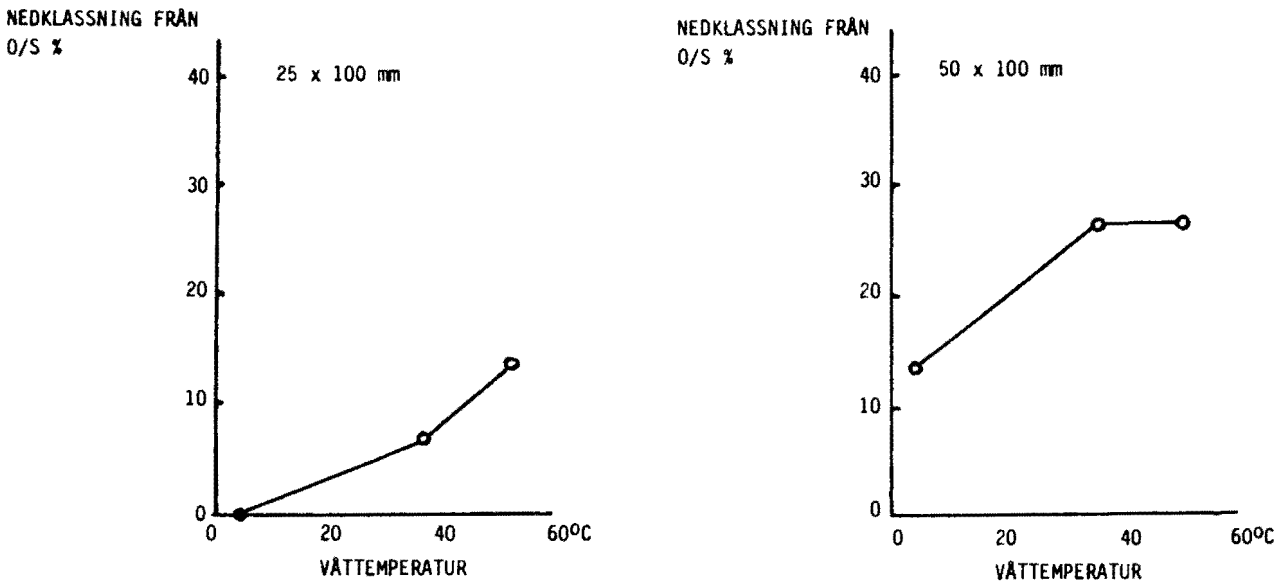


Fig 9. Våttemperaturens inverkan på nedklassningen från o/s till lägre virkeskvalitet på grund av sprickor vid torkning av impregnerat virke. Vid torkningen har torkningstiden varit betydligt längre än vad som normalt används vid torkning av oimpregnerat rått virke, dvs:

25 x 100 mm	våttemperatur	38°C	5 dygn
"	"	54°C	4 dygn
50 x 100 mm	"	38°C	7 dygn
"	"	54°C	5 dygn

Normal nedklassning på grund av sprickor vid torkning av oimpregnerat rått virke till skeppningstorrt vid våttemperaturen 35-38°C är 0 % för 25 x 100 mm och ca 5 % för 50 x 100 mm.

Tabell 2. Förslag till torkningsschema som beräknas ge en relativt hög torkningskapacitet men en måttlig torkningskvalitet (30 % längre torkningstid än för rått oimpregnerat virke). Våttemperaturen ska vara 38°C, lufthastigheten i torken 3 m/s samt blåsdjupet maximalt 3 meter. Virkestorkens cirkulationsfläktar ska vara reverserbara.

Slutfuktkvoten är beräknad till 18 %.

Den angivna psykrometerskillnaden utgörs av medelvärdet för virkeslastens inblåsnings- respektive utblåsningssida.

25 mm furu		50 mm furu	
Tid	Psykrometer-skillnad	Tid	Psykrometer-skillnad
tim	°C	tim	°C
0	0	0	0
7,8	6,5	15,9	5,8
15,5	5,8	31,8	5,3
23,3	4,7	47,7	4,4
31,1	3,8	63,6	3,5
38,9	3,8	79,5	3,0
46,6	4,8	95,4	3,9
54,4	6,2	111,3	5,1
62,2	8,1	127,0	6,9
70,0	10,7	143,0	9,2
77,7	14,1	159,0	12,3

Tabell 3. Förslag till torkningsschema som beräknas ge en relativt låg torkningskapacitet men en hög torkningskvalitet (70 % längre torkningstid än för rått oimpregnerat virke). Våttemperaturen ska vara 38°C, lufthastigheten i torken 3 m/s samt blåsdjupet maximalt 3 meter. Virkestorkens cirkulationsfläktar ska vara reverserbara.

Slutfuktkvoten är beräknad till 18 %.

Den angivna psykrometerskillnaden utgörs av medelvärdet för virkeslastens inblåsnings- respektive utblåsningssida.

25 mm furu		50 mm furu	
Tid	Psykrometer-skillnad	Tid	Psykrometer-skillnad
tim	°C	tim	°C
0	0	0	0
7,4	3,8	14,0	3,7
14,7	4,3	28,1	4,3
22,1	4,1	42,1	4,0
29,4	3,6	56,2	3,6
36,8	3,2	70,2	3,1
44,1	2,8	84,2	2,7
51,5	2,4	98,3	2,4
58,8	2,1	112,3	2,0
66,2	1,8	126,3	1,8
73,5	2,1	140,4	2,3
80,9	2,8	154,4	3,1
88,2	3,7	168,4	4,0
95,6	4,8	182,5	5,1
102,9	6,1	196,5	6,5
110,3	7,6	210,6	8,1

Hager K-processen - ett nytt system för torkning av impregnerat trä

Thomas Bystedt
Hager System AB
Sandarne

Bakgrund

Under slutet av 60-talet och början av 70-talet utvecklade civ ing Bror Häger, uppfinnare av bl a träskyddsmedlet K33, en process för impregnering-torkning-infärgning av virke tillsammans med ASSI, som kallade denna process Royal-processen. I mitten av 70-talet utvecklade Bror Häger Royalprocessen till en ren torkprocess - Hager K-processen. Torkprocessen är patenterad i ett 10-tal länder. År 1981 började Kockums Industri, Söderhamn, att utveckla processen till en kommersiell process. 1983 gjordes projektet till ett eget bolag - Hager System AB.

Torkprocessen

Innan torkprocessen startas placeras virket i form av ett klosslagt paket i en autoklav. En cylindrisk form på autoklaven är att föredra. Ett standardpaket av virke har tvärarean 1 x 1 m och en max längd på 5,7 m. Flera paket kan stå efter varandra; antalet är beroende på autoklavens längd.

Torkprocessen är en sekvenstorkning som består av två faser, nämligen torkfas och eftervakuumfas (EV-fas).

Torkfasen

Efter det att autoklaven (torkcylindern) förslutits med en lucka fylls olja på så att virket står helt under olja - virket är nedsänkt i olja! (se bilaga 1). Oljan är färglös och aromatfri lacknafta (kristallolja) med ett destillationsintervall (kokpunktsintervall) mellan 190°C och 212°C. För att virket inte ska flyta upp är det förankrat i en vagn, som i sin tur är förankrad i torkcylindern. Med hjälp av en cirkulationspump pumpas oljan genom en värmeväxlare, som ger oljan en temperatur kring 80°C. En vakuumpump sänker trycket i torkcylindern till ca 20 kPa (80 % vakuum, 100 kPa = atmosfärtryck). Vattnets kokpunkt vid 20 kPa är ca 60°C. Växtsaften (vattnet i virket) uppför sig som vatten vad beträffar kokpunkt. Tryckskillnaden mellan anbringat vakuum och vattnets ångtryck är den drivande kraften för vattnets diffusion ut ur virket och bortkokning. Eftersom kokningen sker under vakuum, medför detta att de från virket avgivna ångbubblorna som strömmar uppåt i olja mot ytan orsakar en våldsam omrörning. Eftersom oljan (torkmedlet) under omrörningen kommer i kontakt med samtliga virkesbitar är någon ströläggning av virket inte nödvändig. Vattnet i ångform leds till en kondensor, där vattenångan kondenseras (se bilaga 2). Även om oljans kokpunkt ej har passerats får man olja i ångform (ångdestillation). Oljeångan avkyls även i kondensorn. Under torkfasen kommer av naturliga skäl olja att tagas upp i ytveden. Denna oljeupptagning ska elimineras i eftervakuumfasen.

Eftervakuumfas

Innan eftervakuumfasen (EV-fasen) har påbörjats, har all olja i autoklaven pumpats till en oljetank, se bilaga 3. Därefter reduceras vakuumet ytterligare från torkfasens vakuum. Vakuumet sänks till 5-1 kPa (95-99 % vakuum). Avsikten är att upptagen olja i ytveden ska förångas. Ångbildningsvärme tages från värme, som har lagrats i virket, se bilaga 2. Även en del vatten kommer att förångas under EV-fasen. Oljans ångbildningsvärme är 1/8 av vattnets. Gasen bestående av vattenånga och oljeånga kyls i kondensorn. Under EV-fasen måste kylmediets temperatur reduceras för att kunna kondensera vattenångan. Kokpunkten för vatten vid 5 kPa (95 % vakuum) är 33,5°C och vid 2 kPa 17,5°C. Ett antal prov med gaskromatografi har visat att oljeupptagningen är omkring 1 promille (vikt olja relaterat till vikten av träets torrsubstans).

För att oljeupptagning skall kunna bemästras är man tvingad till att dela upp torkförloppet i ett antal sekvenser (1 sekvens består av torkfas och en EV-fas). Antalet sekvenser beror på hur mycket fukt som ska bort.

Oljeseparering

Kondensatet bestående av olja och vatten samlas upp i en behållare. Skillnaden i volymvikt mellan olja och vatten gör att oljan mycket enkelt kan separeras från vattnet - gravitationen gör att oljan omedelbart lägger sig ovanför vattnet. Man kan med en givare känna av vattnets resp oljans nivå i syfte att pumpa tillbaka oljan till oljetanken och pumpa vattnet till kommunalt avlopp. Omfattande analyser har givit till resultat att man utan problem kan släppa kondensatvattnet till kommunalt reningsverk.

Torkanläggning

En principskiss visas i bilaga 3. Virket förs in i torkcylindern som förslutes med en lucka. Olja släpps ner från oljetanken till torkcylindern. Oljan cirkuleras med en oljepump genom en värmeväxlare, som matas med varmvatten (max 120°C) på primärsidan. Vakuumet genereras med en vakuumpump och verkar på torkcylindern via kondensatbehållaren och kondensorn. Gasen från torkcylindern kyls i kondensorn som matas med kylmedia. Vid EV-fasen töms torkcylindern med hjälp av oljepumpen, som pumpar oljan tillbaka till oljetanken. Kondensatet separeras i en oljeseparereringstank - oljan tillbaka till oljetanken och vattnet till kommunalt avlopp.

Torkningstiden

Omfattande torkprov med impregnerat virke har utförts i Sandarne med en torkanläggning i halvstor skala. Torkprover hat utförts med främst dimensionerna 25 x 100 mm (med virke 15 % kärnandel) och 50 x 100 mm (med virke 60 % kärnandel). Försöken har genomförts med virke i form av ett kvartspaket. Torktiderna för kvartspaketet har visat att man med all sannolikhet kan torka ett normalstort paket på 12 timmar, vilket då innebär att man kan torka två satser per dygn. Dessa torktider gäller för såväl plank som bräder. För brädor med stor kärnvedsandel eller klen dimension blir torktiden ner mot 8 timmar. Slutfuktkvot efter torkningen har varit 18 %. Standardavvikelsen har då varit lika med standardavvikelsen vid torkning av impregnerat virke i kammartork.

Kapacitet

Kapaciteten, dvs årsproduktion räknat i m^3, beror på följande parametrar:

- Torkcylinderns längd, dvs hur många paket som kan torkas samtidigt
- Antal arbetsskift som företaget utnyttjar
- Typ av virke som ska torkas
- Slutfuktkvot efter torkning

Kalkylförutsättningarna baseras på följande:

- 4 paket torkas per sats
- Medelvolym per paket, 4 m^3
- Torktid 12 timmar
- 45 torkveckor/år
- 2 satser/dygn

5 dygns-drift:

2 x 5 x 45 = 450 satser/år

4 x 4 m^3 = 16 m^3/sats

16 x 450 = 7 200 m^3/år

7 dygns-drift:

2 x 7 x 45 = 630 satser/år

16 m^3/sats

16 x 630 = 10 080 m^3/år

Torkprocessens fördelar

1. Torkning i olja innebär att någon ströläggning av virket ej blir nödvändig. Med tanke på att ströläggningen drar med sig väldiga hanteringskostnader, blir en eliminering av ströläggningen en stor besparing. Ytterligare fördelar är att det krävs ett minimum av markbehov för att bygga en torkanläggning; man behöver inget mellanlager för ströpaket och det behövs ingen ytterligare truck för hanteringen.

2. Torkcylindern är kompakt och isolerad. Dessutom är torkmediet under kontroll. Detta innebär att mindre energi går åt för att torka. Ytterligare energibesparing kan göras genom att utnyttja vattnets ångbildningsvärme, som tages upp av kylmediet. Hur återvunnen värme ska utnyttjas beror mycket på lokala förhållanden.

3. Med tanke på att virket är omgivet av ett mycket värmeintensivt medium (oljan) och satt under vakuum, kommer torktiden att bli mycket kort (8-12 timmar). Detta ska jämföras med den konventionella tekniken, kammartorkning, där virket är omgivet av luft, som har en kraftigt begränsad värmeöverföringsförmåga. Det föreligger dessutom alltid en risk vid lufttorkning att yttorkning inträffar. Torktiden vid kammartorkning är 4-7 dygn. Den korta torktiden medför att kapitalbindningen i råvara minskar och att man ökar flexibiliteten i produktionen. Ytterligare en aspekt är om torkningen är sista produktionsmomentet före leverans, att man får en möjlighet att kunna ta order med snabb leverans.

4. Antalet paket per torkomgång är avsevärt mindre än i en konventionell tork. 4 paket i stället för 16 paket. Detta innebär att virkesdimension och ev även kvalitet kan göras homogent för varje torkomgång. Vid ett stort antal paket torde sannolikheten vara stor att man då och då inte har samma dimension i hela torksatsen alternativt att man inte fyllt upp hela torkkammaren och då minskas möjlig produktionskapacitet!

5. När det gäller torkskador är detta ett svårt kapitel. Torkskadorna har först de senaste åren börjat diskuteras och framför allt börjat värderas. Stora värden går till spillo vid en dålig torkning. Hur mäter man en torkprocess förmåga att torka skonsamt och vilken reducering av torkskador kan man få genom att utnyttja en annan torkprocess?

   - Ytuttorkning innebär en större fuktkvotsgradient i virket, som ger ett dåligt resultat från kvalitetssynpunkt. Eftersom olja och virke är en naturlig förening medför detta att oljan inverkar under torkprocessen på så sätt att ytuttorkning torde förhindras. Oljetorkning borde alltså ge bättre kvalitet.

   - Under torkningen slår sig ofta översta lagret på ett ströpaket - det finns ingen kraft som håller mot. Även det understa lagret kan få skador under torkningen och hanteringen före och efter. I Hager K-processen ligger virkespaket klosslagt i en ram så att det under torkningen (kokningen) kan röra sig några mm. Detta torde innebära att virkets benägenhet att slå och vrida sig minskas.

   - Jämförande prov med impregnerat virke torkat i kammartork och Hager K-processen har visat att torkresultatet är klart bättre med Hager K-processen.

Torkningstillämpningar

Torkningsprocessen torde kunna användas för:

- torkning av impregnerat virke
- torkning av vanligt virke från rått till skeppningstorrt på sågverk
- torkning från skeppningstorrt till snickeritorrt
- torkning av stolpar

När det gäller Hager K-processens tillämpning på impregnerat trä är det främst följande faktorer som är av betydelse, se även bilaga 4.

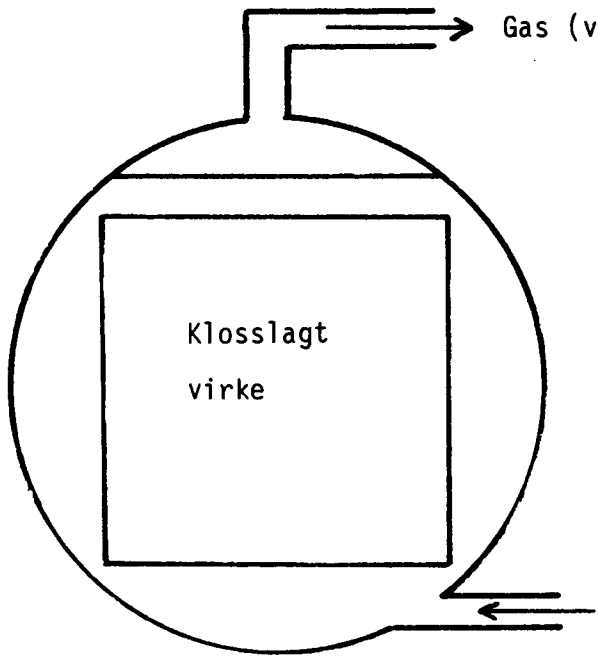
- Kort torktid
- Miljövänlig
- Låg torkkostnad
- Minimum av hantering - pakethantering

Torkprocessen torde vara den mest lämpliga för att torka impregnerat virke.

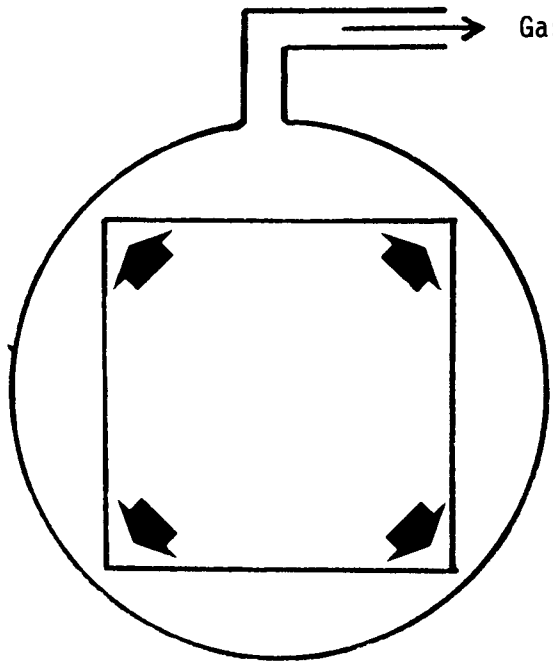
BILAGA 1

T O R K - P R I N C I P E N

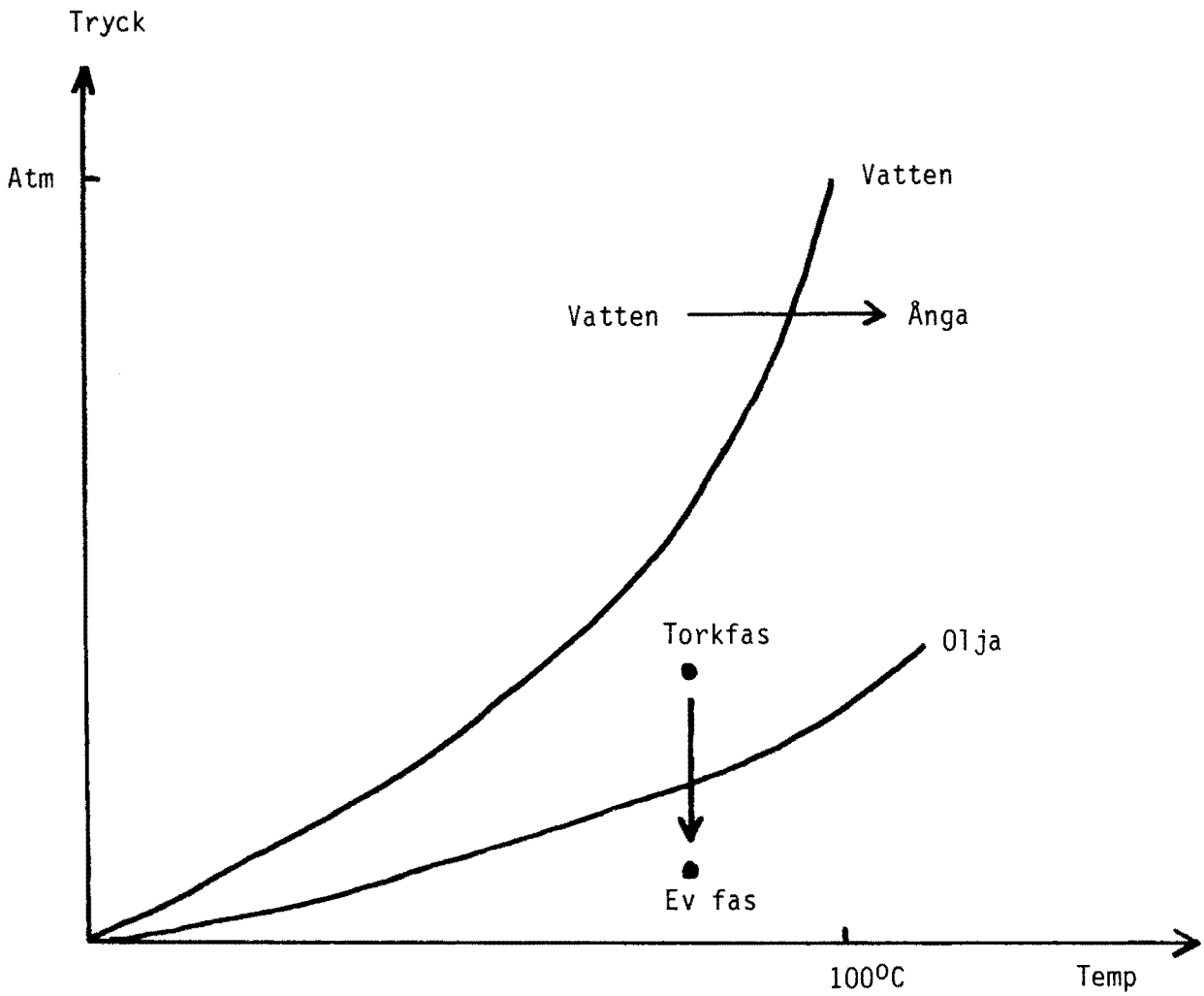
Torkfas



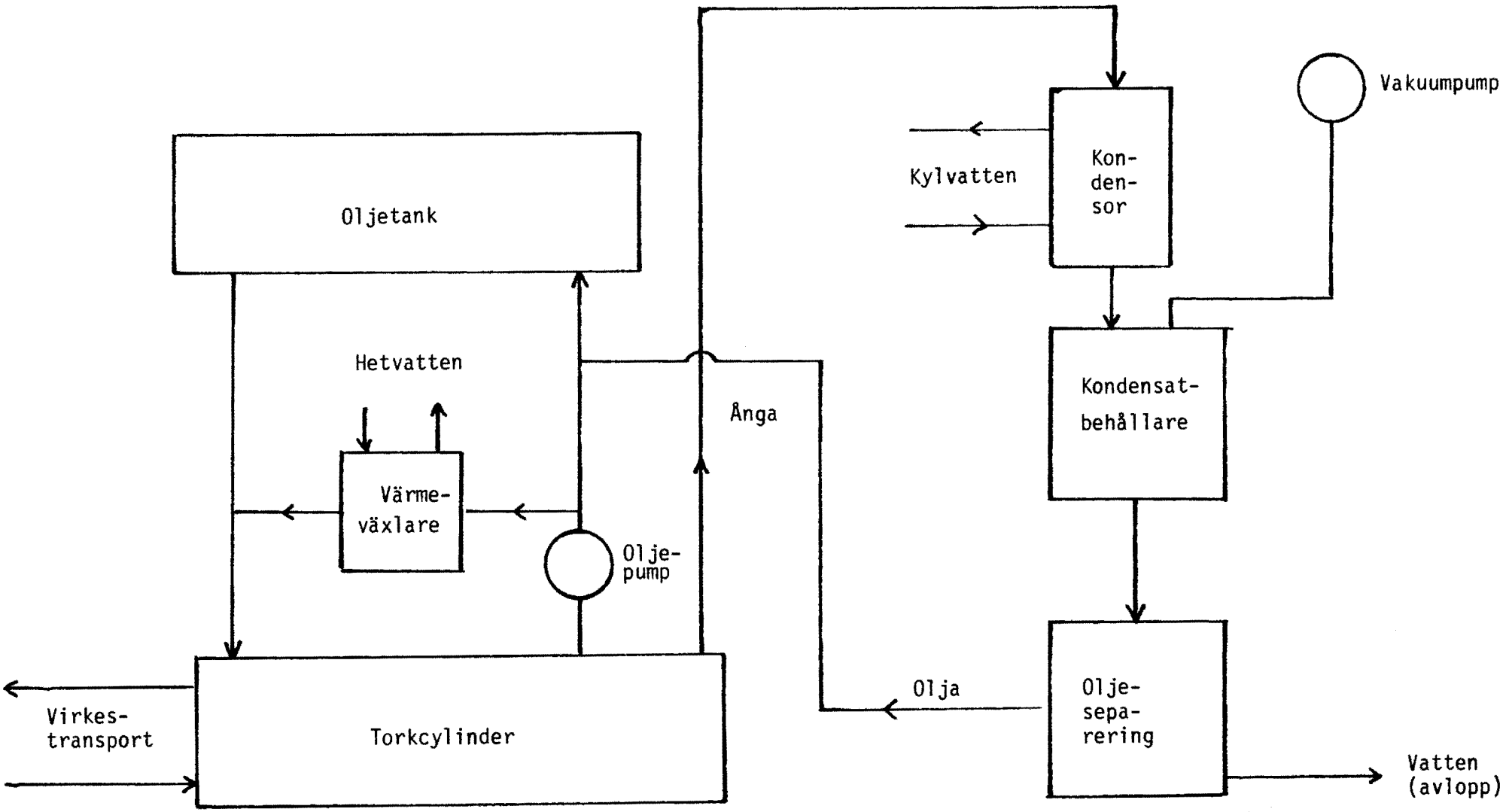
Eftervakuumfas



ÅNGTRYCKSKURVOR



HAGER-K-PROCESSEN



BILAGA 3

FÖRDELAR MED EFTERTORKNING AV K33-IMPREGNERAT VIRKE ENLIGT HAGER K-PROCESSEN

- Mindre vikt efter torkning medför lättare hantering och lägre transportkostnader.
- En kort torkningstid och fixeringstid (8-12 timmar) medför att virket blir leveransklart på ett dygn - möjlighet att ta en order med snabb leverans.
- Kort torktid ger minskad kapitalbindning i råvara.
- Kort torktid medger flexibilitet.
- Torkning kontinuerligt innebär snabb fixering även under det kalla halvåret, vilket möjliggör leveranser året runt.
- Ströläggning krävs ej - virket torkas i klosslagt tillstånd; detta innebär reducerade hanteringskostnader samt eliminerar vissa arbetsmiljöproblem. Dessutom får man inga ströränder på virket efter torkning.
- En kompakt och väl isolerad cylinder gör torkningen energisnål.
- Värmeåtervinning i kondensorn möjlig - kan användas att förvärma virket på vintern.
- En för virket skonsam torkning - minimal fiberresning och acceptabel dimensionsstabilitet.
- Färre paket per torkomgång medför homogenare torksatser - bättre torkresultat.
- Färre paket per torkomgång innebär mindre buffertlager.
- Eftertorkning medför förbättringar i arbetsmiljö och miljöskydd.
- Torkat impregnerat virke förorsakar inte mögelbildning inbyggt i hus eller under lagring i klosslagda paket.
- Virkespaketen genomfryser inte på vintern.
- Virket kan användas direkt och t ex ytbehandlas.

Torkningens ekonomi - jämförelser mellan lufttorkning, torkning i konventionell tork och Hager K-processen.

Roland Palm
TräteknikCentrum
Stockholm

Inledning

Det är inte lätt att tala om torkningens ekonomi generellt, eftersom förutsättningarna varierar så mycket från företag till företag. Syftet med den här presentationen är för det första att visa vilka poster som bör ingå i en sådan kalkyl. Därigenom kan den tjäna som checklista för företagens egna torkningskalkyler. För det andra skall de presenterade exemplen spegla kostnadsläget i dag utifrån angivna förutsättningar. Siffrorna är ungefärliga, men torde dock ge en ganska realistisk bild av kostnaderna.

Låt oss börja med att se vilka arbetsoperationer som bör ingå i kalkylen, figur 1. Vi startar med impregnerat virke, som ligger i klosslagt paket i mellanlager. I slutändan ska vi ha virket torkat och bandat i paket, klart för leverans ut till kunden från färdigvarulagret.

Alternativet med konventionell torkning i kammartork, som kan sägas vara basalternativet, innefattar följande moment:

- transport 1 till ströläggningsmaskin
- ströläggning
- transport 2 till mellanlager före tork
- lagring i mellanlager
- transport 3, satsning av tork
- torkning
- transport 4, tömning av tork
- transport 5 till avströning
- avströning, paketering
- transport 6 till färdigvarulager

Alternativet lufttorkning innebär samma moment i början och i slutet, men virket går efter ströläggning ut i brädgård och efter brädgårdstorkningen in för avströning och paketering.

Vid torkning enligt Hager K-processen får man följande arbetsmoment:

- transport 1 till torken
- torkning
- transport 2 till paketering
- paketering
- transport 3 till färdigvarulager

I vissa fall, när den som torkar också skall förbruka det impregnerade virket, kan man tänka sig att slopa paketeringen och en transport.

Även här gäller naturligtvis att man i den enskilda tillämpningen bör se över vilka arbetsmoment som ska ingå i flödesschemat för de olika alternativen.

Kalkylförutsättningar

Vid beräkning av torkningstid och därmed kapaciteter har antagits beträffande dimensioner att hälften är 50 x 100 mm med 60 % kärnandel och hälften 25 x 100 mm med 15 % kärnandel (torkningstider enligt Esping och Bystedt).

Kalkylräntan är 15 % och följande avskrivningstider och annuitetsfaktorer har använts:

	Avskrivningstid i år	Annuitets-faktor
Byggnad inkl markinvestering	25 år	0.1547
Torkutrustning	15 "	0.1710
Maskinutrustning i tork	10 "	0.1993
Truck	7 "	0.2404
Strön	3 "	0.4380

Produkter i arbete har belastats med 16 % ränta för att också täcka in vissa skador, svinn mm.

I markinvesteringen ingår endast kostnader för dränering, asfaltering och dylikt. Kostnaden för råmark är 0 kr.

Kostnader för arbetskraft beräknas till 130.000 kr per manår.

Kostnadsläget avser början av 1985.

Torkningskostnad, kammartork

Kostnaderna för torkning i kammartork framgår av figur 2. Vi har räknat på en tork med 3 kamrar med 2 x 4 ströpaket per sats. Varje ströpaket innehåller av 50 x 100 mm 8.0 m^3 och av 25 x 100 mm 5.3 m^3. Torken utnyttjas 45 veckor à 7 dygn = 315 dygn per år (torktid 7 dygn för 50 x 100 mm och 5 dygn för 25 x 100 mm). Det ger en bruttokapacitet på 8.330 m^3 per år. Av detta beräknas 4 % försvinna vid kortare driftsavbrott och väntan på satsning, tömning m m. Den praktiska kapaciteten har därför beräknats till 96 % av 8.330 m^3 = 8.000 m^3 per år.

För strön beräknas en genomsnittlig livslängd på 3 år. Arbetskraftskostnaderna har ökats på med 30 % för att täcka in jour, obekväm arbetstid m m.

Produkterna beräknas vara i arbete 1 mån och produktionen fortgå 11 mån under året, varför i genomsnitt 8.000 $m^3/11$ = 727 m^3 är i arbete, till ett genomsnittligt värde av 1 300 kr/m^3. (För en komplett sammanställning av kostnaderna hänvisas till figur 7).

Kostnaderna för ströläggning, avströning visas i figur 3. Anläggningen beräknas kunna hantera 32 000 m^3 per år, varav hälften (2 x 8 000 m^3) utgöres av de impregnerade produkterna.

Lager före och efter torkning inryms i en enkel byggnad med tak. Kostnaderna för denna framgår av figur 4. (Produkter i arbete ingår i figur 2.)

Lufttorkning i brädgård

Den stora kostnadspotten vid brädgårdstorkning är räntan på produkter i arbete. Andelen produkter i arbete beror i sin tur mycket på när impregneringen sker under året i förhållande till torkningsperioden som är april/maj fram till juli/aug. I det räkneexempel som redovisas i figur 5 har jag räknat med att impregneringsanläggningen utnyttjas hela året. Om den i stället överdimensioneras eller brädgårdstorkning utnyttjas bara för en del av produktionen, får man betydligt kortare torkningstid. Men då tillkommer också kostnader på annat håll i systemet.

Torkning enligt Hager K-processen

Beträffande utrustning, kapacitet, torktider m m hänvisas till Bystedts föredrag. Han redovisar först ett alternativ med drift mån - fred under

45 veckor. Det ger en bruttokapacitet om 7 200 m^3 per år. I det fallet räknar jag med att cirka 2.5 % av tiden försvinner p g a driftsavbrott, väntan m m. Vissa reparationer kan göras under helger, medan vid kontinuerlig drift utnyttjandegraden sjunker till cirka 96 %. Den beräknade produktionen blir därför vid

- 5-dagarsdrift: 7 200 x 0.975 m^3 = 7.020 m^3 per år
- 7-dagarsdrift: 10 080 x 0.96 m^3 = 9 675 m^3 per år.

I figur 6 visas årskostnaderna och kronor per m^3 vid de båda produktionsalternativen.

Sammandrag

Ett sammandrag av uppgifterna från figur 2-6 har gjorts i figur 7. Dessutom har lagts in kostnaderna för energi, elektricitet, oljeförbrukning, reparation och underhåll (1 procent av investeringen) samt gemensamma kostnader för arbetsledning, företagsledning m m. Kostnaden för transport har schablonmässigt beräknats efter antal transporter (figur 1) och transportavstånd. Kostnaden för varje transport beräknas till 2:50 à 3 kr per m^3 beroende på transportavstånd. Vid lufttorkning blir transportavstånden till och från brädgård längre än övriga transporter.

Ett stort frågetecken är hur omfattande torkningsskadorna blir i de olika alternativen.

Bortsett från torkningsskador blir ordningen:

I	Hager K-processen kontinuerligt billigast	ca 150 kr/m^3
II	Hager K-processen 5-dagars och lufttorkning	ca 180 kr/m^3
III	Kammartork	ca 220 kr/m^3

Om paketering erfordras före leverans tillkommer i Hager-alternativen ca 12:50 kr/m^3. Avskrivningstiden på torkutrustning är 15 år. Med tanke på att Hager-processen är ny, borde man kunna räkna med att utveckling av tekniken kommer att ske när anläggningen kommer i tillverkning och man samlat erfarenheter. Som köpare av utrustningen bör man kanske gardera sig med en avskrivningstid om 10 år i stället för 15 år. Det ökar kapitalkostnaden med 14 resp 10 kr/m^3. Dessa "utvecklingskostnader" kan det vara lämpligt att någon part (staten, fonder o dyl) går in och täcker.

Vidare har hela kostnaden för strö läggning och avströning tagits med. Om det finns ledig kapacitet, som kan utnyttjas för impregnerat virke, bortfaller kapitalkostnader motsvarande ca 17 kr per m^3.

Efter dessa modifieringar blir ordningen

I	Hager K-processen kontinuerligt och lufttorkning	ca 175 - 180 kr/m^3
II	Hager K-processen 5-dagars och kammartork	ca 205 - 210 kr/m^3

Avslutningsvis måste betonas att de framräknade kostnaderna gäller utifrån antagna förutsättningar. Förutsättningarna måste i varje praktiskt fall granskas ingående och man bör framför allt studera kopplingen bakåt mot impregneringsanläggningen och framåt mot marknaden för att samoptimera dessa tre steg och se hur stor produktionen ska vara under olika delar av året.

Vidare bör också miljöfrågorna studeras, både för människor och maskiner. Vid strö läggning och paketering kan både människor och maskiner behöva skyddas.

Figur 1. Flödesschema för torkning av impregnerat virke vid lufttorkning, konventionell torkning och Hager K-processen.

Lufttorkning	Konv torkning	Hager K-processen
	Mellanlager klosslagt impregnerat paket	
1 Trp Ströläggning	**1** Trp Ströläggning	**1** Trp
2 Trp	**2** Trp Mellanlager	
Brädgårdstorkning	**3** Trp Torkning	Torkning
	4 Trp Konditionering	
3 Trp Avströning, paketering	**5** Trp Avströning, paketering	**2** Trp (Paketering)
4 Trp	**6** Trp	(3 Trp)
	Färdigvarulager, bandat paket, torkat	

Figur 2. Kostnader för torkning av impregnerat virke i kammartork (produktion 96 % · 8 330 m^3 = 8 000 m^3 per år)

Investering		Årskostnad	(kr/m^3)
Mark	100 000 kr		
Byggnad	1 100 000 "		
	1 200 000 kr x 0.1547 =	185 600 kr	(23:20)
Torkutrustning	1 310 000 kr x 0.1710 =	224 000 kr	(28:00)
Vagnbalksystem	450 000 kr x 0.1993 =	89 700 kr	(11:20)
Försäkring		14 300 kr	(1:80)
Strön	50 000 kr x 0.4380 (3 år)=	21 900 kr	(2:70)
Produkter i arbete:			
$(\frac{8\ 000}{11}\ m^3$ à 1 300 kr/m^3)			
	945 000 kr x 0.16 =	151 200 kr	(18:90)
Arbetskraft: 2 tim/dag			
	1/4 x 130 000 kr x 1.3 (helgers)=	42 000 kr	(5:25)

Figur 3. Kostnader för ströläggning resp avströning av virke.

Markinv	100 000 kr	
Byggnad	300 000 kr	
	400 000 kr x 0.1547	= 61 900 kr/år
Utrustning	1 000 000 kr x 0.1993	= 199 300 "
Försäkring, m m		= 10 000 "
Personal 2 man à 130 000 kr		260 000 "
Övrig driftskostnad		40 000 "
		571 200 kr/år
50 % utnyttjas för impregnering		285 600 "
8 000 m^3		= 35:70 kr/m^3

Figur 4. Kostnader för byggnad för lager före torkning och konditionering efter torkning.

Mark	200 000 kr	
Byggnad	450 000 kr	
	650 000 kr x 0.1547	= 100 600 kr/år
Försäkring m m		4 400 "
		105 000 kr/år
		= 13:10 kr/m^3

Figur 5. Kostnader för torkning av impregnerat virke i brädgård.

Genomsnittlig torkningstid		5 mån	
Produktion:	8 000 m^3		
Max lager :	7 000 m^3		
Markinv	350 000	52 700 kr/år	= 6:60 kr/m^3
Produkter i arbete;			
4 000 m^3 à 1 300 kr/m^3		= 5.2 milj kr	
	16 % ränta	832 000 kr	104 kr/m^3
Försäkring		45 000 kr	5:65 kr/m^3
Strön,tak			16:00 kr/m^3

Figur 6. Kostnader för torkning enligt Hager K-processen (Produktion 7 020 resp 9 675 m^3)

Investering			Årskostnad	(kr/m^3)
Mark	75 000			
Byggnad	465 000			
	540 000 kr x 0.1547	=	83 500 kr/år	(11:90/ 8:65)
Torkutrustning	3 500 000 kr x 0.1710	=	598 500 kr/år	(85:25/61:85)
Transportut-rustning	150 000 kr x 0.1993	=	29 900 kr/år	(4:25/ 3:10)
Försäkring			20 600 kr/år	(2:95/ 2:10)
Produkter i arbete ca 2-3 dagar				(2:-)
Arbetskraft 1 tim/dag			18 600 kr/år	(2:65/
Kontinuerligt +30 %)				/ 3:45)

Figur 7. Sammandrag av torkningskostnaderna för de olika alternativen, kr per m^3.

	Lufttorkning	Konv torkning	Hager
Kapacitet		8 330 m^3	7 200/10 080 m^3
Utnyttjandegrad		96 %	97,5 %/96 %
Beräknad produktion	8 000 m^3	8 000 m^3	7 020/9 675 m^3
Ströläggning, avströning	35:70	35:70	-
Mellanlager, kondition	-	13:10	-
Truckhantering	11:00	15:00	5:00
Torkning			
Markinv - byggnad	6:60	23:20	11:90/ 8:65
Torkutrustning	-	28:00	85:25/61:85
Maskinutrustning	-	11:20	4:25/ 3:10
Försäkring m m	5:65	1:80	2:95/ 2:10
Strön,tak	16:00	2:70	-
Produkter i arbete	104:00	18:90	2:00
Arbetskraft	0:50	5:25	2:65/ 3:45
Energi 12 öre/kWh	-	54:00	40:80
El 28 " / "	-	7:55	12:60
Oljeförbrukning	-	-	2:15
Rep + underhåll (1 %)	-	2:20	5:20
Gemensamma kostnader	1:00	5:00	5:00
Summa	180:45	223:60	179:75/151:90
Virkesskador av torkning	?	?	?
Känslighetsanalys			
Paketering erfordras			+12:50
Avskrivning 10 år på torkutrustning			+14 /+10
Ledig kapacitet ströläggn		-17	
Summa	180	207	206 / 175

Diskussion

Efter anförandena hölls en diskussions- och frågestund under Kurt Bengtsons ledning. Thomas Bystedt, Björn Esping och Roland Palm utgjorde panelen. De viktigaste inläggen och synpunkterna redovisas nedan.

HANS GÖRANSSON kritiserade de kalkyler som Roland Palm presenterat och menade att kalkylerna för alternativen med virkestork bygger på ett kontinuerligt utnyttjande av torkarna under hela året. Verkligheten är annorlunda, då huvuddelen av produktionen och försäljningen sker under en begränsad del av året. Han menade också att Hager K-processen sannolikt var svår att utnyttja ekonomiskt med hänsyn till den ojämna produktionen över året.

ROLAND PALM replikerade att kalkylen givetvis är beroende av hur den enskilda anläggningen ser ut och hur den utnyttjas. Man kan antingen tänka sig att dimensionera impregneringsanläggning och tork för en förhållandevis jämn produktion under hela året så att man bygger upp ett lager till våren, då merparten av utleveranserna sker, eller dimensionera upp impregneringsanläggning och tork så att man kör i gång efter årsskiftet och tack vare torken kan leverera ut snabbare.

Dimensionerar man sin anläggning för att vara i gång under en del av året, innebär detta en kapitalkostnad, men man tjänar ränta på att man inte binder upp något lager.

LARS L-SON BACKSKOG ansåg att oavsett vilken torkningsmetod som används och hur snabbt den går så måste ett lager finnas, när kunderna vill ha sitt virke. Att endast belasta brädgårdstorkning med lagerräntor ansåg han var vilseledande och medförde att jämförelsen mellan brädgårdstorkning och de två virkestorkningsprocesserna haltade betänkligt.

HANS GÖRANSSON instämde helt i Backskogs uttalande och menade att kalkylen för torkning i virkestork borde belastas med räntekostnader på något sätt.

Den främsta fördelen med torkning i virkestork ansåg han vara att snabbt kunna torka mindre partier specialsortiment.

BERNTH HOLMLUND tyckte att kostnaderna för torkning i virkestork var för höga. Han ansåg att en kombination av brädgårdstorkning och torkning i virkestork var bäst. Han önskade en liten, billig tork för användning främst under vinterhalvåret.

ROLAND PALM underströk att hans kalkyler för torkningen avgränsade sig till att gälla från mellanlagret av klosslagt nyimpregnerat virke till färdigvarulager, som inte var inräknat. Rätteligen borde kalkylen omfatta impregnering t o m utleverans av det torkade, impregnerade virket. Resultatet är i hög grad beroende på hur den enskilda anläggningen organiseras och utnyttjas.

LARS L-SON BACKSKOG menade att en impregneringsanläggning som producerar 8 000 m^3/år försäljer ca 6 000 m^3 på tre månader och att det är omöjligt att bygga torkkapacitet, som ger möjlighet att torka så mycket förhållandevis snabbt. Han trodde inte att Hager K-processen var den rätta lösningen på problemet utan anslöt sig till Holmlund; det som behövs är en tork, där man kan torka de volymer man vill ha omedelbart.

BJÖRN HENNINGSSON poängterade de förbättringar från miljösynpunkt som torkning i virkestork innebär och höjde ett varnande finger för kommande myndighetsdirektiv.

HERBERT ANTOINE undrade om virkets egenskaper, t ex sprickbildning, efter torkningen hade undersökts för de olika diskuterade metoderna.

THOMAS BYSTEDT svarade att inga jämförande studier ännu fanns men att erfarenheterna med Hager K-processen visar att sprickbildningen blir obetydlig och dimensionsförändringarna och fiberresningen acceptabla.

BJÖRN ESPING sade sig på en fråga om kondensationstorkning inte ha någon erfarenhet av denna princip när det gällde impregnerat trä.

Han trodde dock att vissa problem med korrosion i torken kunde uppkomma, om inte materialfrågan beaktades. Dessutom trodde han att torkningen i flertalet fall blir skonsam (på bekostnad av torkningstiden), eftersom torkarna i regel är underdimensionerade, vilket medför långsam torkning.

BJÖRN HENNINGSSON ställde sig mycket tveksam till att man med enbart brädgårdstorkning kan räkna med att ha så stora kvantiteter som det rör sig om torra till försäljningstoppen på våren och försommaren.

BJÖRN ESPING höll med om detta och menade att endast för klena dimensioner som impregneras under vintern och tidig vår kan man räkna med kommer ned i en fuktkvot kring 20 % under maj månad. Detta givetvis förutsatt bästa tänkbara torkningsförhållanden! Han ansåg att en kombination av brädgårdstorkning och torkning i virkestork var att föredra.

BERNTH HOLMLUND menade att det behövs mera undersökningar när det gäller t ex sprickbildning vid olika torkningsförfaranden samt miljöfrågorna.

LARS L-SON BACKSKOG betonade att de höga kostnaderna för torkning i virkestork var ett allvarligt problem som inte kunde negligeras.

KURT BENGTSON påminde om att impregneringsindustrin snart inte längre kan låta bli att eftertorka virket. Branschen måste vara beredd på att Produktkontrollnämndens förslag om krav på eftertorkning fastställs och att produkterna därmed blir dyrare.

THOMAS LINDQVIST efterlyste undersökningar för att studera vilka risker torkskötarna utsätts för vid torkning av impregnerat trä.

BJÖRN ESPING anknöt till Herbert Antoines fråga tidigare och undrade vilka krav man egentligen skall ställa på eftertorkat impregnerat virke, t ex vad gäller förekomst av sprickor och slutfuktkvot. Fuktkvotsnivån ansåg han borde beskrivas för olika situationer, eftersom det är onödigt att torka för mycket.

KURT BENGTSON tackade avslutningsvis panelen och de närvarande och uttryckte sin förhoppning att temadagen varit givande.