



Rekommendationer för reducerad fläkthastighet vid virkestorkning

Slutrapport

Thomas Wamming
Fredrik Persson
SP Träteknik

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Thomas Wamming, Fredrik Persson	Utgåva: 1
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: TCN rapport - Rek för reducereing av fläkthastighet vid virkestorkning 2010 101222.docx	Datum 2010-12-22
		Sida: 2 (25)

Sammanfattning

I TCN projektet Rekommendationer för reducereing av fläkthastighet, har virkeskvalitetsmätningar utförts på torksatser med successiv nedvarvning av fläkthastigheten. Projektet har kunnat visa på att det är möjligt att reducera fläkthastigheten i en modern kammartork på 50 mm furu för att få en mer kostnadseffektiv torkprocess.

Projektets resultat visar på att en reduktion av elenergiförbrukningen med 50 % är möjlig på 50x125 mm² furu i en kammartork med ett blåsdjup på 10,5 m. På en nivå av 16 kWh/ m³ har avvikelser i förhöjd medelfuktkvot påvisats mitt i blåsdjupet, men vid 18 kWh/m³ kan inte samma negativa effekt uppmätas.

Projektets mål var att ge rekommendationer för hur fläkthastigheten ska reduceras utan att kostnaderna för kvalitetsbrister ökar. Reducering av lufthastighet ska göras med försiktighet eftersom att flöden och nivåer av jämn luftfördelning är kammarspecifika. Den största besparingen görs i starten på torkfasen när fläktmotorerna normalt går på full effekt. Den rätta nivån på reducereing blir känslig mot inlastad vattenmängd och kan därför variera under året.

Säkraste sättet att spara elenergi är att varva ner efter fibermättnadspunkten och vid torkning till fuktkvoter under 16 %. Intresset är stort att spara energi i torkningsprocessen men det är viktigt att inte skapa kvalitet och flödesproblem med en generell nivå av för hög andel nedvarvning. Framtida arbete bör inriktas på att ta fram styrmetoder som kan övervaka processen med en mer optimal lufthastighet genom hela torkförloppet, men med ett larmsystem som talar om när processen är på väg att bli instabil.

- Fläkthastighetsreducereing förutsätter att lufthastigheten är överdimensionerad från leverantören för aktuell virkesdimension och ingående fuktkvot.
- Anpassa nivån av fläkthastighetsreducereing efter mängden läckageluft.
- För att säkerställa en korrekt uppvärmning och konditionering bör inte fläkthastigheten reduceras under dessa faser.
- Säkraste sättet att fläkthastighetsreducera är i platåfasen vid nedtorkning under 16 %.

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Thomas Wamming, Fredrik Persson	Utgåva: 1
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: TCN rapport - Rek för reducereing av fläkthastighet vid virkestorkning 2010_101222.docx	Datum 2010-12-22
		Sida: 3 (25)

Inledning

Historiskutveckling

Fram till mitten på 1980-talet hade man problem med att virket kunde börja mögla i virkestorken, detta löste man genom att höja temperaturerna. En annan positiv effekt av detta var att man kunde börja förkorta torktiderna eftersom virket blev mer plastiskt vid de nya högre temperaturerna, dvs. att virket tål större spänningar som uppstår under torkningen utan att spricka. När problemen med sprickor blev färre gick utvecklingen mot att öka torkkapaciteten allt mer. För att kunna tillföra mer värme och transportera bort fukten på kortare tid så var man i behov av högre luftflöden, vilket kräver större cirkulationsfläktar. Därför fick motorerna till cirkulationsfläktarna högre effekt för att kunna klara de nya kraven på högre kapacitet med bra torkningskvalitet.

Under 2000-talet har ett av nyckelorden, både i och utanför torkvärlden, varit flexibilitet. I detta sammanhang är flexibilitet att kunna hantera stora skillnader i ingående fuktkvot, att torka både centrum- och sidoutbyten i samma typ av kammartork. Cirkulationsfläktarna har därför blivit dimensionerade för att klara av de luftflöden som krävs vid torkning av sidoutbyten. Dimensioneringen av torkens luft- och värmekapacitet styrs då av de tunna dimensionerna med mycket vatten och att det blir mer strömmellanrum i torkpaketen än vid torkning av plank.

Bakgrund

Fläktmotorerna till cirkulationsfläktarna är de enskilt största elförbrukarna på ett sågverk, i en stor kammartork kan den totala effekten uppgå till strax över 90 kW. Detta tillsammans med det faktum att ca 70 % av energin som går åt till att ta fram en färdig träprodukt förbrukas vid torkningen, så inser man att det finns en stor potential att spara energi just vid torkningen.

De största luftflödena behövs i början av torkningen när det fria vattnet i virket ska bort. Bräddor och centrumplank med stor andel splintved innehåller mest vatten och kräver därför högst luftflöden. När man torkat bort det fria vattnet och fuktkvoten är under fibermättnadspunkten, FMP, så behövs inte samma höga luftflöde. Det är i detta läge det finns utrymme för att köra fläktmotorerna på en lägre hastighet och därigenom spara elenergi. Har man virke med tillräckligt låg ingående fuktkvot finns det redan från torkstart möjlighet att köra cirkulationsfläktarna med reducerad hastighet. Det viktiga är att inte temperaturfallet i blåsdjupet på kammartorken blir för stort, med för lågt luftflöde är det risk att virkesstaplarna i mitten inte får tillräckligt med torkkraft med stor fuktkvotsspridning som följd.

Eftersom även värmeöverföringen minskar med sänkt luftflöde så kommer torktiden att bli längre. Energin man sparar in på fläktmotorerna kommer även att behöva ersättas med värmeenergi, men den energin är oftast bara hälften så dyr jämfört med elenergin då många sågverk har egna värme pannor och god tillgång på biobränsle. Har man överkapacitet på torkarna, så att de längre torktiderna inte spelar någon roll, och tillgång till relativt billig bioenergi så finns det pengar att spara.

En annan sak man måste beakta innan man börjar sänka fläkthastigheten är vilka kvalitetskrav som ställs på de aktuella produkterna. En felaktig gjord fläkthastighetsreduktion kan orsaka kostnader som vida överstiger besparingarna.

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Thomas Wamming, Fredrik Persson	Utgåva: 1
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: TCN rapport - Rek för reduktion av fläkthastighet vid virkestorkning 2010 101222.docx	Datum 2010-12-22
		Sida: 4 (25)

Syfte

Utveckla kunskapen om fläkthastighetsreduceringens för- och nackdelar, samt undersöka potentialen för energibesparing och risker för kvalitetsbristkostnader. Exempel på vilka kvalitetsbrister en felaktig reduktion av lufthastigheten kan ge är:

- Ökad skillnad i sprickförekomst mellan kant- och mittstapel i blåsdjupet.
- Ökad sprickbildning på enskild individ pga. förändring av temperaturfall.
- Högre fuktkvotsspridning på hela torklasten i stora kammartorkar.
- Ökad andel reklamationer.

Om virket inte nått målfuktkvoten på utsatt torktid riskerar man att behöva starta om torken eller behöva torka om virke som redan gått genom justerverket, vilket är kostsamt ur planerings-, hanterings-, kapacitets- och energisynpunkt.

Mål

Ge rekommendationer för hur fläkthastigheten ska reduceras på bästa sätt utan att kostnaderna för kvalitetsbrister ökar.

Begränsningar

Projektet är begränsat till följande parametrar:

- Kammartorkar
- Elenergi (ej värmeenergi)
- Furu
- 50×125 mm²
- Målfuktkvot: 18 %
- Konditionering: Ja
- Reverseringsintervall:
 - Uppvärmning: 1h
 - Torkning: 2h
 - Konditionering: 1h

Inlastad mängd vatten i kammaren är den viktigaste parametern för att kunna se några skillnader mellan olika luftflöden, därför föll valet på furu 50×125 mm². Furu innehåller i regel mer vatten än gran och dimensionen har en för projektet lämplig fördelning mellan splint- och kärnved. Nog med splintved för att säkerställa att vi har mycket fritt vatten i det råa virket men ändå tillräckligt med kärnved för att kunna bedöma risk för torksprickor vid förändrat temperaturfall tidigt i processen. Målfuktkvoten valdes till 18 % eftersom spridningen av slutfuktkvoten var den mest betydande parametern vid utvärderingen. Lägre målfuktkvoter får en naturligt lägre spridning så utmaningen är att få låga spridningar vid höga fuktkvoter. Hade vi t.ex. valt 12 % som målfuktkvot hade vi dessutom enklare kunnat spara större mängd elenergi, eftersom det då är längre tid där virket befinner sig under FMP och fläkthastigheten kan vara låg. En konditioneringsfas kan användas för att få mindre skillnad i fuktkvot mellan de torrare ytterstaplarna och de blötare mittenstaplarna vid en viss nivå av fläktreduktion, genom att fukta upp kantstaplarna något.

Tidplan

Projektet startade i maj 2010 när de nya Valutec-torkarna på Martinsons var driftsatta och avrapporterades i december 2010.

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Thomas Wamming, Fredrik Persson	Utgåva: 1
Dokumenttyp: Rapport	Titel: TCN rapport - Rek för reducering av fläkthastighet vid virkestorkning 2010 101222.docx	Datum 2010-12-22
		Sida: 5 (25)

Material, metod och genomförande

Organisation

Thomas Wamming och Fredrik Persson SP Träteck
Robert Larsson, Valutec AB
Patrik Nilsson, Martinsons

Alla försök har genomförts i Bygdsiljum på Martinsons sågverk. Valutec har använt sin torksimulator för att skapa torkscheman anpassade för fläkthastighetsreducering. De har även hjälp till med att få fram data ur styrsystemet på de aktuella torkarna, samt monterat elmätare på en av kammartorkarna.

Försöksuppställning

Fyra torkförsök var beräknat att genomföras varav ett skulle avspegla nuläget på torkningskvalitet med befintligt schema och 100 % utstyrning på fläktarna. Huvudparametern var medelfuktkvot och fuktkvotsspridning på varje stapel i blåsdjupet. Ett referensförsök och tre fläktreduceringsförsök genomfördes för att finna vilket utrymme som fanns utan ökad fuktkvotsspridning eller annan negativ påverkan på kvalitén.

Beskrivning av kammartorkarna

I tre av de fyra genomförda torkförsöken har kammartork nummer 14 i Bygdsiljum används, se figur 1. På denna tork installerades elmätare. När det första försöket med reducerad fläkthastighet skulle köras var tyvärr kammare 14 upptagen, så kammartork nummer 13 fick användas istället. Men båda torkarna är likvärdiga, bortsett från elmätarna.

- Tillverkare: Valutec
- Styrsystem: Valmatics
- Klimatstyrning: Kantstyrning
- Byggår: 2010
- Blåsdjup: 10,5 m (sju staplar)
- Virkesvolym: ca 170 m³ (med 50×125 mm²)
- Cirkulationsfläktar: 3×22 kW



Figur 1. Bild på "skeppet" med kammartork som användes i försöken.

Några av anledningarna till att försöken förlades till dessa nya torkar är att man då undviker att kammartorkens läckageluftmängder påverkar resultaten. Vi minskar med detta risken att cirkulationsluften smiter förbi virket och påverkar vilken grad av fläkthastighet som är lämpligt att varva ner till. Det är viktigt att poängtera att fläkthastighetsreduktion endast är lämpligt när det finns ett utrymme för detta, dvs. att lufthastigheten är mer än tillräckligt hög.

Har man redan i utgångsläget låg lufthastighet är det inte att rekommendera någon reduktion av fläkthastigheten. En riktlinje är att inte ha lägre lufthastighet än 2 m/s, lägre lufthastigheter kommer bland annat att påverka temperaturgivarnas precision negativt. För dessa kammartorkar, denna virkesdimension och de aktuella fläkthastigheterna resulterar i att medellufthastigheten blir:

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Thomas Wamming, Fredrik Persson	Utgåva: 1
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: TCN rapport - Rek för reducering av fläkthastighet vid virkestorkning 2010 101222.docx	Datum 2010-12-22
		Sida: 6 (25)

- 100 % fläkthastighet → 5,1 m/s
- 78 % fläkthastighet → 4,0 m/s
- 40 % fläkthastighet → 2,0 m/s

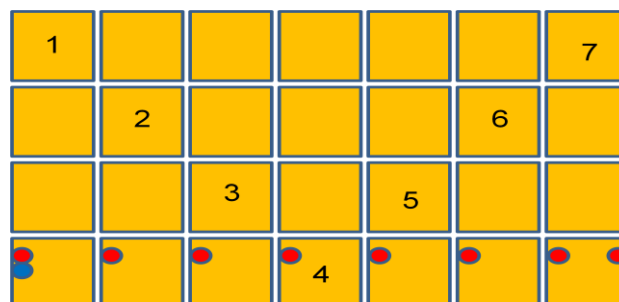
Dessa lufthastigheter är medlet i kammartorken och spridning blir större vid lägre lufthastigheter pga. att tryckuppsättningen blir lägre på stormsidan. Det gör att luften tar lättaste vägen och vissa positioner kan få för låg lufthastighet. Martinsons operatörer använder simuleringsprogrammet ValuSim för att ta fram torkscheman. Fördelen med det programmet är att det redan finns en funktion för att ta fram torkscheman med reducerat luftflöde. Vid val av torkscheman användes grundinställningar som de hade i Bygdsiljum vid vanlig produktion. Projektet förändrade bara vid vilken tid i processen lufthastigheten skulle ändras och till vilken nivå.

Inför torkförsök

Före varje torkstart har 30-40 provbitar tagits från det aktuella virkespartiet. Med dessa provbitar har den ingående fuktkvoten och densiteten uppmätts.

Under torkning

Under varje torkning har en temperaturlogger placerats på varje virkesstapel för att kunna mäta temperaturfallet över virkeslasten, se figur 2. Den våta temperaturen har också mätts, fast bara på en position då den i princip är konstant i hela kammartorken. Dessa mätare har loggat temperaturen var femte minut under hela torkförsöken.



Figur 2. Schematisk bild över placeringen av temperaturloggers och provpaketens placering. I och urlastning sker vid stapel ett. De röda prickarna som sitter på varje stapel motsvarar varje logger som mätt den torra temperaturen, den blå prickens visar placering av loggern för våttemperaturen, stapel ett vid port .

Utvärdering av torkförsök

Efter varje torkförsök har provpaketen, se de numrerade paketen i figur 2, undersökts mer noggrant. Från det näst översta lagret har det sågats åtta torrviktsprover och åtta klyvprov. Medelfuktkvot på varje stapel bestämdes med åtta st. torrviktsprover från toppänden genom blåsdjupet.

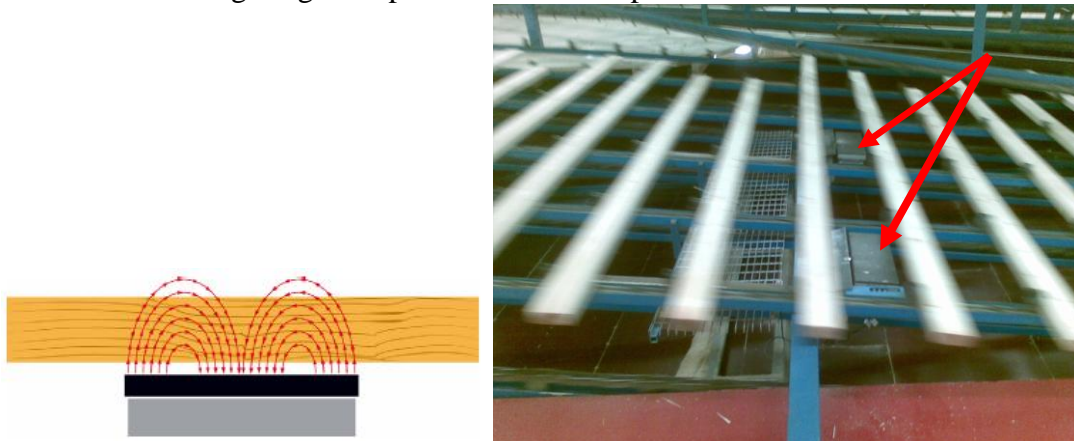
En idé var att man skulle kunna se skillnad på plankor som legat jämndragna med kanten på virkespaketet, och de som legat förskjutna mot mitten i paketet. Varje provbit märktes för att skilja på prover från kant och mitt. Bakgrunden till denna idé är att när man reducerar luftflödet i hela kammartorken så kommer luftflödet på vissa positioner minska mycket mer än på andra positioner. Eftersom mest vatten finns i mitten på paketet borde den delen få ökande fuktkvoter tidigast vid för låga lufthastighet.

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Thomas Wamming, Fredrik Persson	Utgåva: 1
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: TCN rapport - Rek för reduktion av fläkthastighet vid virkestorkning 2010_101222.docx	Datum: 2010-12-22
		Sida: 7 (25)

Sprickorna har också mätts på alla elva plankor i det näst översta lagret, antalet sprickor i det översta lagret har noterats. Normalt kollar man inte på sprickorna i det översta lagret eftersom de plankorna har fått utstå de höga luftflödena som uppstår i truckströmlanrummet, vilket resulterar i ett högre antal sprickor som inte är representativt för resten av virkeslasten. Men i detta projekt ger sprickorna i översta lagret en indikation på när det börjar uppstå torksprickor, har vi inga sprickor i truckströmlanrummet kommer vi troligen inte heller hitta några sprickor i andra delar av paketet.

Inline-fuktkvotsmätning

Som komplement till torrviktsproverna från provpaketen har varje stapel var för sig körts genom inline-fuktkvotmätaren som sitter på det nya justerverket. Från dessa mätningar får man medelfuktkvoten och dess standardavvikelse för varje virkesstapel. Inline-fuktmätaren är en Wagner Apex och den mäter fuktkvoten med kapacitiv mätning, se figur 3. Största fördelen med en inline-fuktkvotmätare är att den mäter fuktkvoten på alla plankor, dvs. hela populationen. En noggrann inline-fuktkvotsmätning är viktigt för att kunna övervaka att nivån av fläktreduktion fungerar i produktionen utan problem

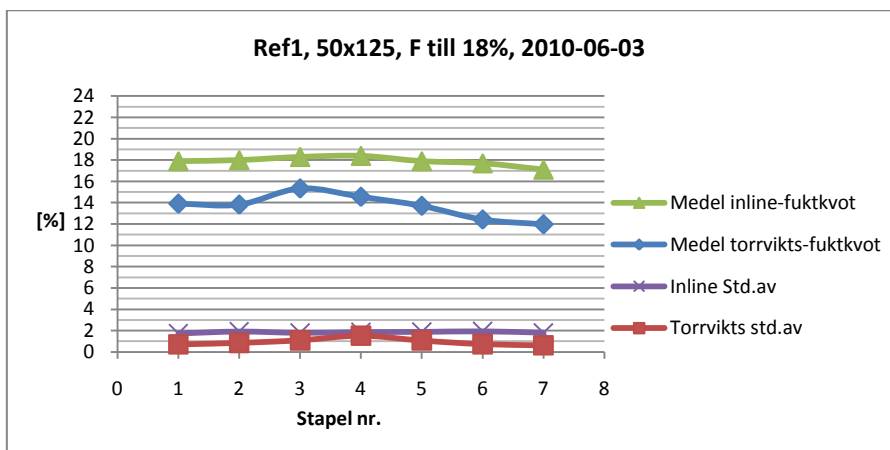


Figur 3. (Vänster) Mätplatta på en inline-fuktkvotmätare som avger elektromagnetiska vågor (Figur från http://woodcontrol.se/pdf-files/Presentation_APEX.pdf) (Höger) Bild från tvärmatning i justerverket, de två mätplattorna till inline-fuktkvotmätaren är utmärkta med pilar.

Inline-fuktkvotmätaren i Bygdsiljum har två mätplattor, en ca fyra decimeter in från rotändan och den andra ca 2,5 meter in. Se den högra bilden i figur 3. Den sist nämnda plattan mäter ungefär på mitten av varje plank, förutsatt att inte plankorna är väldigt korta.

För att få medelfuktkvoten för hela torksatsen från inline-fuktkvotsmätningen har en systemrapport för alla aktuella mätningar tagits fram, en s.k. ”Remarapport”. Ett frågetecken har varit hur medelfuktkvoten för hela torksatsen kan vara lägre än medelfuktkvoten för varje enskild stapel. Exempel, i figur 4 över referensförsök 1 ser man att medelfuktkvoten enligt inline-fuktkvotsmätningen för varje enskild stapel är ungefär 18 %. Men Remarapporten säger att medelfuktkvoten för hela torksatsen, dvs. alla staplar, är 16,2 %. Ingen förklaring till detta fenomen har kunnat säkerställas under projektet.

I analysen användes informationen från in-line-mätaren till att analysera skillnader mellan staplarna, medan absolutnivån bestämdes med torrviktsmetoden.



Figur 4. Medelfuktkvot och standardavvikelse för varje stapel från referensförsök 1, både för torrviktsprover och inline-fuktkvotsmätning. Det anmärkningsvärda är att medelfuktkvoten för hela torksatsen enligt inline-fuktkvotsmätningen endast är 16,2 % när ingen enskild stapel har lägre medelfuktkvot än 17,1 %.

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Thomas Wamming, Fredrik Persson	Utgåva: 1
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: TCN rapport - Rek för reducering av fläkthastighet vid virkestorkning 2010 101222.docx	Datum 2010-12-22
		Sida: 9 (25)

Resultat

I detta kapitel redovisas resultaten och är uppdelat på följande sätt:

- Resultat och delanalys från varje försök inför nästa.
- Jämförelsen mellan torrviktsproverna som tagit från kanten respektive mitten av virkespaketen.
- Resultaten från klyvproven.
- Sammanställning av resultaten i tabell.

Referensförsök 1, 2010-06-03

Det första referensförsöket genomfördes i början av juni. Virket hade sågats två dagar innan torkstart men hade redan fått mellanlagringsskador. De yttersta plankorna i virkespaketen som varit mest exponerad för solen hade blivit missfärgade. Detta skulle även märkas senare i sprickmätningen efter torkningen. De 30 torrviktsproverna som togs innan torkstart visade att både densiteten och fuktkvoten var låg.

- Virkesvolym: 162 m³
- Ingående medelfuktkvot: 48,9 %
- Medeldensitet: 400 kg/m³
- Mellanlagringstid (såg-tork): 2 dygn
- Ledtid (såg - justering): 17 dygn

Den låga ingående fuktkvoten och densiteten gjorde att torkschemat som ValuSim skapade blev alldeles för långt, totalt 100 timmar. Sedan gjorde problem med basningen i torken att uppvärmningen tog fem timmar extra, den totala torktiden blev därför 105 timmar. Den långa torktiden resulterade att virket blev övertorkat, medelslutfuktkvoten blev endast 13,7 %. Detta är 4,3 % under målfuktkvoten på 18 %. Mellanlagringsskadorna innan torkning resulterade i mycket sprickor och ganska hög relativspricklängd, 4,5 %.

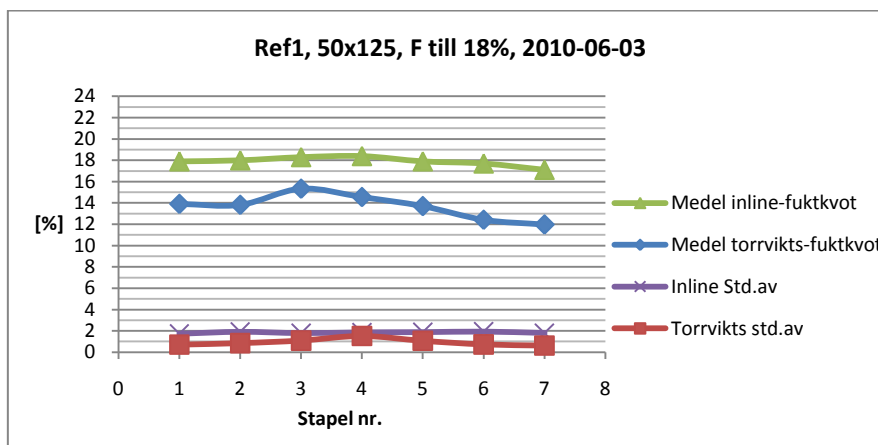
- Torrvikts medelslutfuktkvot: 13,7 %
- Torrvikts std.av: 1,4 %
- Rema medelfuktkvot: 16,2 %
- Total torktid: 101 timmar
- Torktid: 82 timmar
- Relativspricklängd: 4,5 %
- Sprickandel: 0,23

Även mängden förbrukad elenergi påverkades av den långa torktiden och att virket blev övertorkat. Energiförbrukningen per kubikmeter blev 40,6 kWh/m³ när cirkulationsfläktarna kördes på 100 % under 105 timmar.

- Elenergi: 40,6 kWh/m³
- Total elenergiförbrukning: 6600 kWh

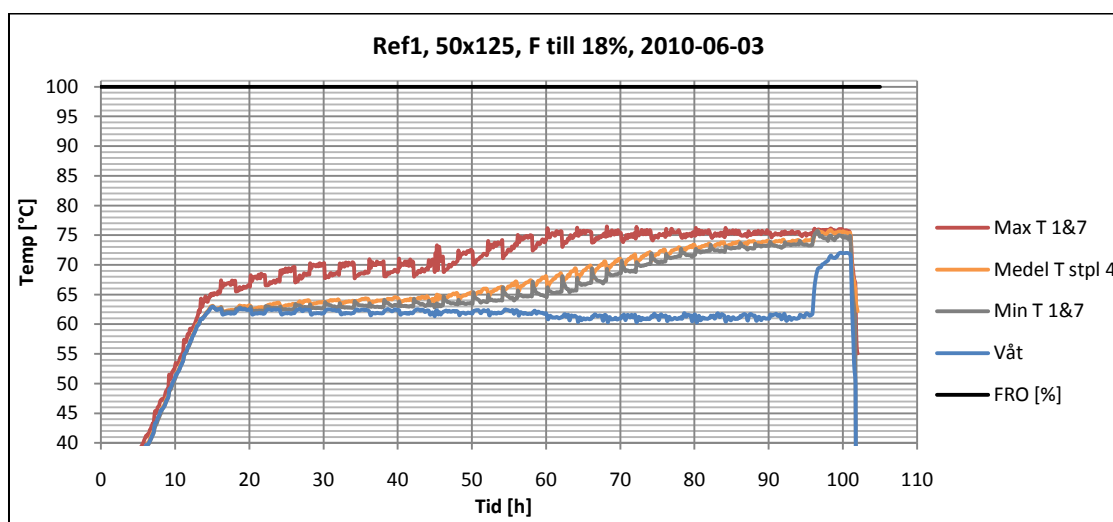
Fuktkvotsprofilerna över blåsdjupet från torrviktsproverna och inline-fuktkvotsmätningarna sammanställdes tillsammans med respektive standardavvikelse, se figur 5. Kurvan för inline-fuktkvotsmätningarna låg dock mycket högre än torrviktsproven. Sedan finns det en liten tendens till sjunkande fuktkvot längst in i torken, enligt torrviktsproven är stapel sex och sju

ungefär 1,5 % torrare än motsvarande staplar i andra ändan av torken. Standardavvikelserna för de olika fuktkvotmätningarna är väldigt jämna och ligger på en låg nivå, vilket var väntat med en så pass ny kammartork och låg slutfuktkvot.



Figur 5. Fuktkvotprofil genom kammaren för det första referensförsöket. Enligt inline-fuktkvotmätaren så skiljer fuktkvoten endast 1,2 procent mellan mittenstapeln och stapel sju. Standardavvikelsen är väldigt jämn förutom torrviktsstandardavvikelsen för mittenstapeln.

Inför detta torkförsök hade vi bara tillgång till åtta temperaturloggers, en temperaturlogger satt på våtbaljan och de sju övriga satt på "framsidan" av varje virkesstapel när de stod i kammartorken. Detta resulterade i att det inte fanns någon logger på baksidan av den innersta stapeln, dvs. stapel sju. Max och Min-trenderna i figur 6 har pga. detta fått ett sågtandat utseende. Förutom den långa uppvärmningen kan man även se på konditioneringen att det var problem med basningen under detta försök. Den våta temperaturen tar lång tid på sig att komma upp i rätt temperatur då den efter 94 timmar påbörjar stigningen mot 72 °C.



Figur 6. Temperaturloggningen för referensförsök ett visar att basningen inte fungerade som den skulle, uppvärmningen tog fem timmar längre tid än planerat och den våta temperaturen steg långsammare än normalt under upp starten av konditioneringen.

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Thomas Wamming, Fredrik Persson	Utgåva: 1
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: TCN rapport - Rek för reducereing av fläkthastighet vid virkestorkning 2010_101222.docx	Datum 2010-12-22
		Sida: 11 (25)

I figur 6 ser man hur tidigt och kraftigt som temperaturen på läsidan stiger (Min), detta beror på att virket i ett tidigt skede under torkningen kommit under fibermättnadspunkten. Med låg fuktkvot kommer temperaturfallet över virkeslasten minska allt eftersom tiden går. Efter att sammanfattat referensförsök ett så var alla eniga om att resultatet i detta försök varken var representativt eller lämpligt för vidare jämförelser, ytterligare ett referensförsök var nödvändigt.

Referensförsök 2, 2010-08-24

Efter semesterstoppet gjorde en ny referenstorkning med färskare timmer. Medelfuktkvoten var enligt torrviktsproven 69,9 %. En dags mellanlagring mellan sågen och kammartorkarna, samt att vädret var mulet med lite regn. Medeldensiteten var lägre jämfört med första referensförsöket och den totala virkesvolymen var 172 m³. Den kortaste ledtiden för virket från sågning till justering i justerverket var under detta försök 11 dagar.

- Virkesvolym: 172 m³
- Ingående medelfuktkvot: 69,9 %
- Medeldensitet: 388 kg/m³
- Mellanlagringstid (såg - tork): 1 dygn
- Ledtid (såg - justering): 11 dygn

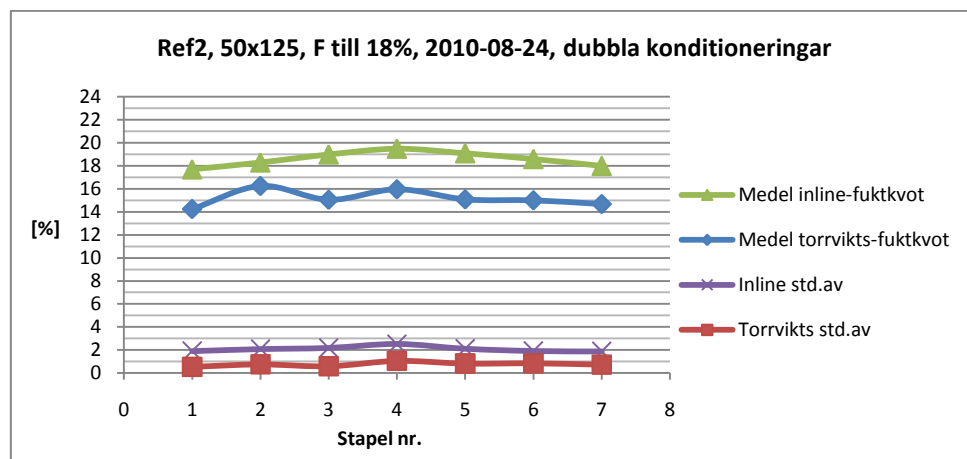
Både torrviktsproverna och Rema-rapporten från inline-fuktkvotsmätningen visade att medel slutfuktkvoten även detta referensförsök blivit lägre än målfuktkvoten, medelfuktkvoterna var 15,2 respektive 16,7 %. Den totala tiden för detta torkförsök blev 85 timmar, om man inte räknar med omstarten av torken. På helgen när torken skulle kontrolleras innan urlastning bedömdes det att virket fortfarande var för fuktigt, torkschemat backades 10 timmar och startades om. Detta gör att tiden förlängs med 10 timmar, men även att virket blir konditionerat en gång till eftersom de sista 10 timmarna består av fem timmar torkning och fem timmar konditionering. Detta syns i figur 8, vid 85 timmar stoppas torken och efter 10 timmar startas den om. Omstarten antas inte ha bidragit till någon ytterligare torkning pga. den dubbla konditioneringen. Den totala torktiden anses därför vara 85 timmar, detta också för att kunna göra jämförelser med följande torkförsök.

- Torrvikts medelslutfuktkvot: 15,2 %
- Torrvikts std.av: 1,0 %
- Rema medelfuktkvot: 16,7 %
- Total torktid: 85 timmar (utan omstarten)
- Torktid: 70 timmar (utan omstarten)
- Relativspricklängd: 0,6 %
- Sprickandel: 0,04

Både den relativa spricklängden och sprickandelen blev lägre jämfört med referensförsök 1. Den tidigare nämnda omstarten av torken påverkade även energimätningen. Eftersom det på den aktuella mätaren inte går att kolla hur mycket ström som hade förbrukats efter 85 timmar, utan man får strömförbrukningen för hela torkförsöket inklusive omstarten. Den förbrukade elenergin, inklusive omstarten, blev 6274 kWh, det ger 36,5 kWh/m³. Eftersom fläktarna har haft 100 % utstyrning under hela torkningen kan man ungefärligt räkna bort den ström som förbrukades under omstarten. Dividerar man den totala strömförbrukningen på den totala torktiden (inklusive omstarten) så får man att i medel har 66 kW förbrukats per timme. Multiplicerar man det med 85 timmar så får man 5600 kWh, detta i sin tur ger 32,6 kWh/m³.

- Elenergi: 32,6 kWh/m³ (utan omstarten)
- Total elenergi: 5600 kWh/m³ (utan omstarten)

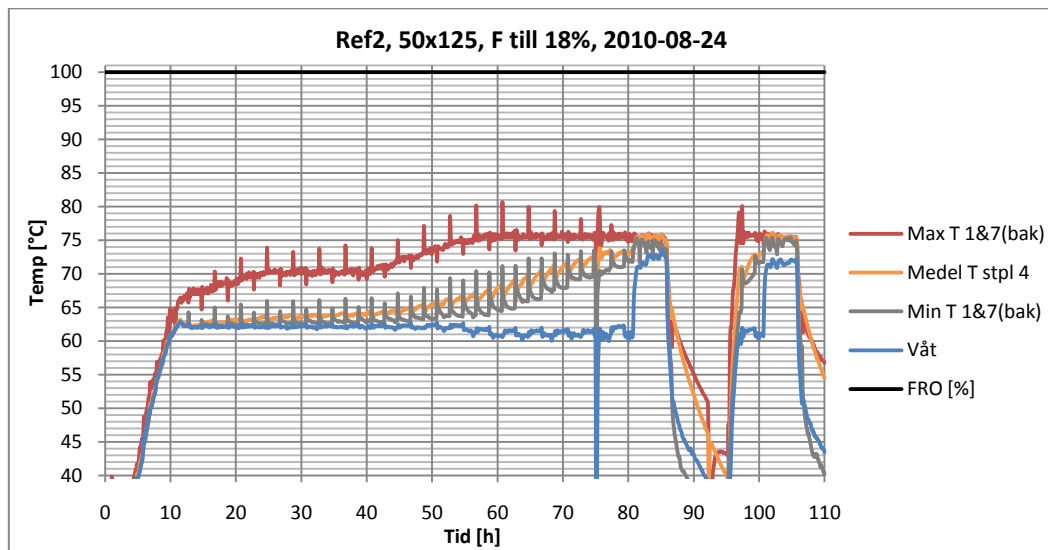
I figur 7, med fuktkvotsprofilerna och standardavvikelserna för både torrviktsproverna och inline-fuktkvotmätningen, kan man se att de uppmätta fuktkvoterna för torrviktsproverna varierar mer än för den genomförda inline-mätningen. Stapel två har enligt torrviktsproven den högsta medelfuktkvoten, när den borde ligga i nivå med stapel sex som är den motsvarande stapeln i andra sidan av torken. Standardavvikelsen för torrviktsproverna i stapel två är ändå i nivå med de övriga staplarna, fuktkvoten var överlag högre för torrviktsproverna från det aktuella provpaketet i stapel två.



Figur 7. Fuktkvotsprofilen för referensförsök 2 är väldigt plan, en bidragande orsak till detta är den dubbla konditioneringen.

Det skiljer endast två procent mellan torraste ytterstapeln och blötaste mittstapeln, enligt både torrviktsproverna och inline-fuktkvotmätaren i figur 7. Den dubbla konditioneringen bidrar till att hålla standardavvikelsen på en låg nivå.

Förutom stoppet av torken efter 85 timmar så syns det även i figur 8 att ett kortare stopp gjordes efter 75 timmar, detta var också ett stopp som gjordes för att med elstifts-fuktkvotmätare kolla om virket var färdigtorkat. En annan skillnad mellan referensförsök 1 och 2 är hur min-temperaturen stiger mot slutet av torkschemat. För referensförsök 1 som hade lägre ingående fuktkvot så steg min-temperaturen mycket tidigare, och låg på en nästan konstant nivå de 20 sista timmarna innan konditioneringen.



Figur 8. Temperaturloggning för referensförsök 2, 100 % fläkthastighet under hela torkningen. När torken stoppades efter 85 timmar ansågs virket fortfarande vara för blött, därför återstartades torken och de tio sista timmarna i schemat kördes om.

Sammanfattningsvis var detta andra referensförsök ok som referens eftersom vi hade en tillräckligt hög ingående fuktkvot och inga mellanlagringsskador innan torkning. Störningen som den sista omstarten av torken gav ansågs inte vara tillräcklig för att motivera ett ytterligare referensförsök.

Försök 1, 2010-09-13

I mitten av september genomfördes det första försöket med reducerad fläkthastighet, försök 1. Den ingående fuktkvoten var enligt torrviktsproverna något lägre denna gång jämfört med referensförsök 2. Inga mellanlagringsskador bör ha uppstått på denna torklast eftersom den sågades och lastades direkt mot tom kammare.

- Virkesvolym: 170 m³
- Ingående medelfuktkvot: 65,6 %
- Medeldensitet: 405 kg/m³
- Mellanlagringstid (såg – tork): 0 dygn
- Ledtid (såg - justering): 14 dygn

Torrviktsproverna som togs efter torkningen gav oss en medel slutfuktkvot på 18,1%, vilket nästan är exakt på målfuktkvoten, och en standardavvikelse på 1,8 %. Detta försök var det ända där den angivna fuktkvoten från Rema-rapporten var lägre än motsvarande torrviktsprov. Den totala torktiden blev 97 timmar, 12 timmar längre än referensförsök 2. Den uppmätta relativa spricklängden och sprickandelen blev också något högre jämfört med referensförsök 2, de blev 0,9 % respektive 0,09.

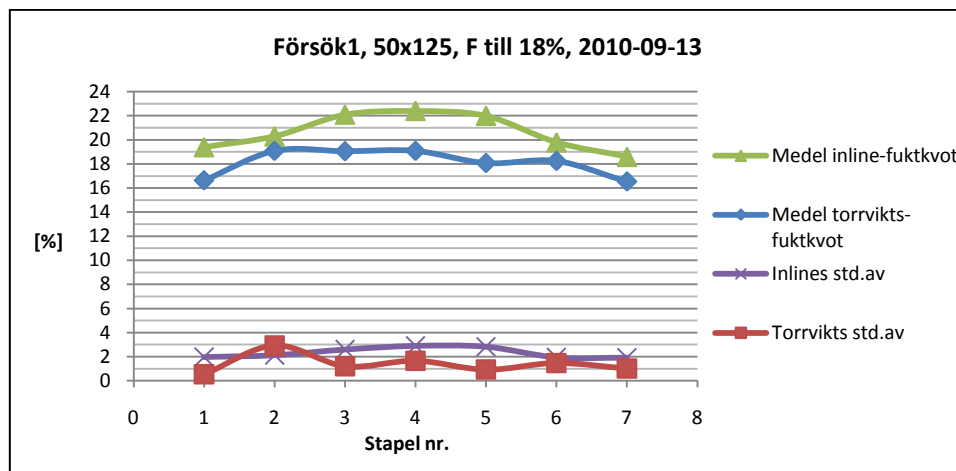
- Torrvikts medelslutfuktkvot: 18,1 %
- Torrvikts std.av: 1,8 %
- Rema medelfuktkvot: 17,7 %
- Total torktid: 97 timmar
- Torktid: 82 timmar

- Relativspricklängd: 0,9 %
- Sprickandel: 0,09

Detta försök genomfördes i en annan kammartork än de övriga försöken, kammartork 13 istället för kammartork 14. Den ordinarie torken där det monterats elmätare var upptagen när försöket skulle startas. Antalet förbrukade kilowattimmar fick därför räknas och uppskattas fram utifrån de andra försöken. Effektsiffrorna från styrsystemet är till stor hjälp för att räkna fram strömförbrukningen vid de olika fläkthastigheterna, men de tar inte med förluster i frekvensriktare osv. så värdena därifrån måste korrigeras. Uppskattningsvis så förbrukades 18 kWh/m³ elenergi, totalt 3060 kWh.

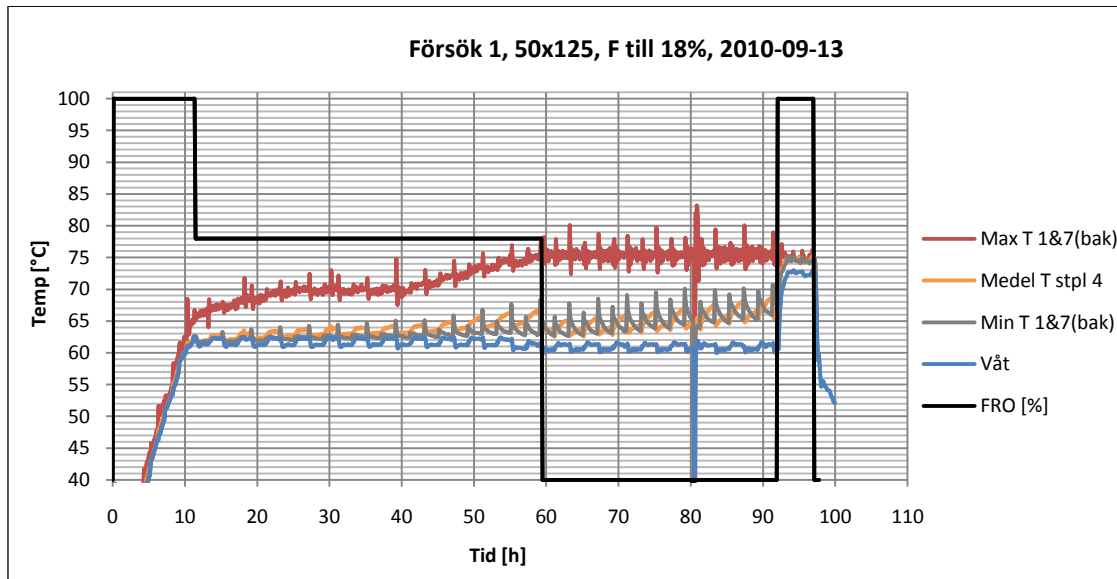
- Elenergi: ca 18 kWh/m³
- Total elenergi: ca 3060 kWh

Fuktkvotsprofilerna, för både torrviktsproverna och inline-fuktkvotmätningen, blev väldigt plana för mittenstaplarna, se figur 9. Enligt inline-fuktkvotmätningen skiljer det endast 0,4 % i fuktkvot mellan de tre mittersta virkesstaplarna, standardavvikelse har samma trend med väldigt lika värden för mittenstaplarna. Standardavvikelsen för torrviktsproverna blev högre än för referensförsök 2, den varierar också mer oregelbundet mellan varje stapel. Om man i figur 9 ser till varje stapels enskilda standardavvikelse så hade detta försök de högsta standardavvikelseerna.



Figur 9. Fuktkvotsprofilen för det första torkförsöket med reducerad fläkthastighet. Målfuktkvoten blev enligt torrviktsproven, 18,1 %.

Inför detta försök beslutade vi att ha full fläkthastighet, under uppvärmningen och konditioneringen. Under uppvärmningen vill man tillföra så mycket värme som möjligt för att fort få upp virket i rätt temperatur och att få basningen så effektivt som möjligt. I figur 10 ser man den procentuella fläkthastigheten under hela torkförsöket. När virket nått rätt temperatur och torkfasen startat har fläkthastigheten dragits ned till 78 % Den andra punkten för fläktreducering är den tänkta fibermättnadspunkten, baserat på simuleringen, vid 60 timmar till 40 % fart.



Figur 10. I grafen över det första försöket med reducerad fläkthastighet kan man se vilken procentuell hastighet som fläktmotorerna haft (FRO [%]).

Min-temperaturen som visar temperaturen på läsidan i figur 10 ligger i samma nivå som temperaturen mitt i kammartorken, medeltemperaturen för stapel fyra. Detta visar att torkkraften ungefär är den samma för mitten stapeln som för staplarna på läsidan, oberoende av reverseringsriktningen. I figuren syns också ett kortare stopp som gjordes vid 80 timmar för att kontrollera fuktkvoten.

Resultatet från detta försök var tillfredställande och mängden förbrukad elenergi hade sjunkit med cirka 45 % jämfört med referensförsök 2. Inför nästa försök var det aktuellt med en tidsreduktion för att inte tappa alltför mycket kapacitet i torkarna. Eftersom det krävs rent fysikaliskt längre torktider med reducerad fläkthastighet eftersom värmeöverföringen till virket minskar. En möjlighet var då att förändra till ett hårdare torkningsschema.

Försök 2, 2010-10-04

Den ingående fuktkvoten var 62,5 % för detta försök. Densiteten är fortsatt låg, 389 kg/m³, och inlastad virkesvolymen var 169 m³. Mellanlagringstiden innan torkning blev fem dagar och inga mellanlagringsskador kunde noteras. Ledtiden från såglinjen till justerverket blev 22 dagar.

- Virkesvolym: 169 m³
- Ingående medelfuktkvot: 62,5 %
- Medeldensitet: 389 kg/m³
- Mellanlagringstid (såg - tork): 5 dygn
- Ledtid (såg - justering): 22 dygn

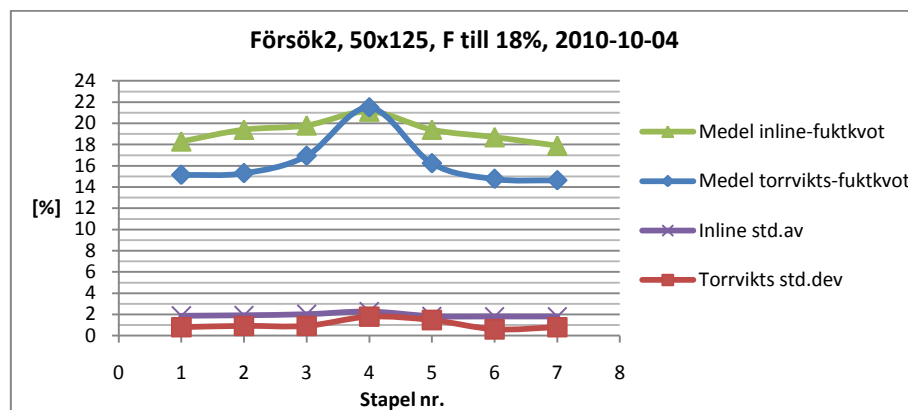
Huvudsyftet med detta försök var att korta ned torktiden som blev 76 timmar exklusive uppvärmning och konditionering, total torktid blev 92 timmar. Standardavvikelsen för fuktkvoten från torrviktsproven ökade ytterligare jämfört med tidigare försök, den blev 2,5 %. Den relativspricklängden blev 1,5 % och sprickandelen 0,10, båda värdena är högre än för försök ett.

- Torrvikts medelslutfuktkvot: 16,4 %
- Torrvikts std.av: 2,5 %
- Rema medelfuktkvot: 16,6 %
- Total torktid: 92 timmar
- Torktid: 76 timmar
- Relativspricklängd: 1,5 %
- Sprickandel: 0,10

Som en ytterligare åtgärd för att sänka elförbrukningen så var fläkthastigheten reducerad även under konditioneringen, se figur 12. Den kortare torktiden och den reducerade fläkthastigheten under konditioneringen resulterade i att förbrukad elenergi blev 2677 kWh. Utslaget på virkesvolymen blir det 15,8 kWh/m³.

- Elenergi: 15,8 kWh/m³
- Total elenergi: 2677 kWh/m³

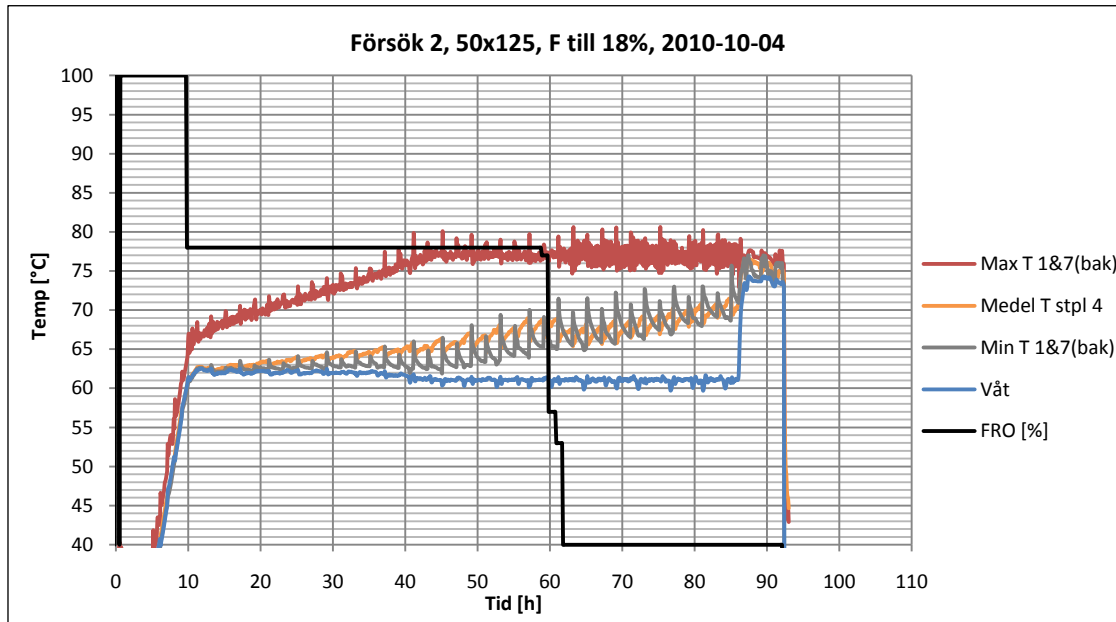
I figur 11 kan man se hur fuktkvoten för stapel fyra utmärker sig för både inline-fuktkvotsmätningen och torrviktsproverna. Mitten stapeln verkar inte ha torkat lika bra som de andra virkesstaplarna. Fuktkvotens standardavvikelse för torrviktsproverna är något högre för mitten stapeln jämfört med de andra staplarna, men jämför man standardavvikelsen för mittenstapeln mot de andra försöken är nivån inget utmärkande för detta försök. Torrviktsprovernas standardavvikelse för varje enskild stapel är som mest 1,8 %, detta på den nämnda mittenstapeln, men den totala standardavvikelsen blir 2,5% eftersom just mittenstapeln är mycket blötare än de övriga.



Figur 11. Enligt torrviktsproven blev medlet för slutfuktkvoten 16,4 % för det andra försöket med reducerad fläkthastighet. Både torrviktsproven och inline-fuktkvotsmätningen tyder på att stapel fyra blev blötare än de andra staplarna.

Resultaten från temperaturloggningen under försök 2 visas i figur 12. Som nämndes tidigare så var fläkthastigheten även reducerad under konditioneringen för detta försök, vilket syns i figur 12 och grafen "FRO [%]". Om man jämför konditioneringen för detta försök med tidigare torkförsök så ser man att temperaturerna under konditioneringen varierat mer denna gång. För att torktiden skulle kunna kortas skapades ett torkschemat där den torra temperaturen ökade successivt redan efter uppvärmningen, se "Max T 1&7(bak)" i figur 12 som visar temperaturen på stormsidan i kammartorken. Efter 60 timmar när fläkthastigheten

reduceras från 78 till 40 % så börjar den nyss nämnda temperaturen att variera kraftigare än tidigare. Kan vara en indikation på att den låga lufthastigheten påverkar klimatstyrningens noggrannhet.



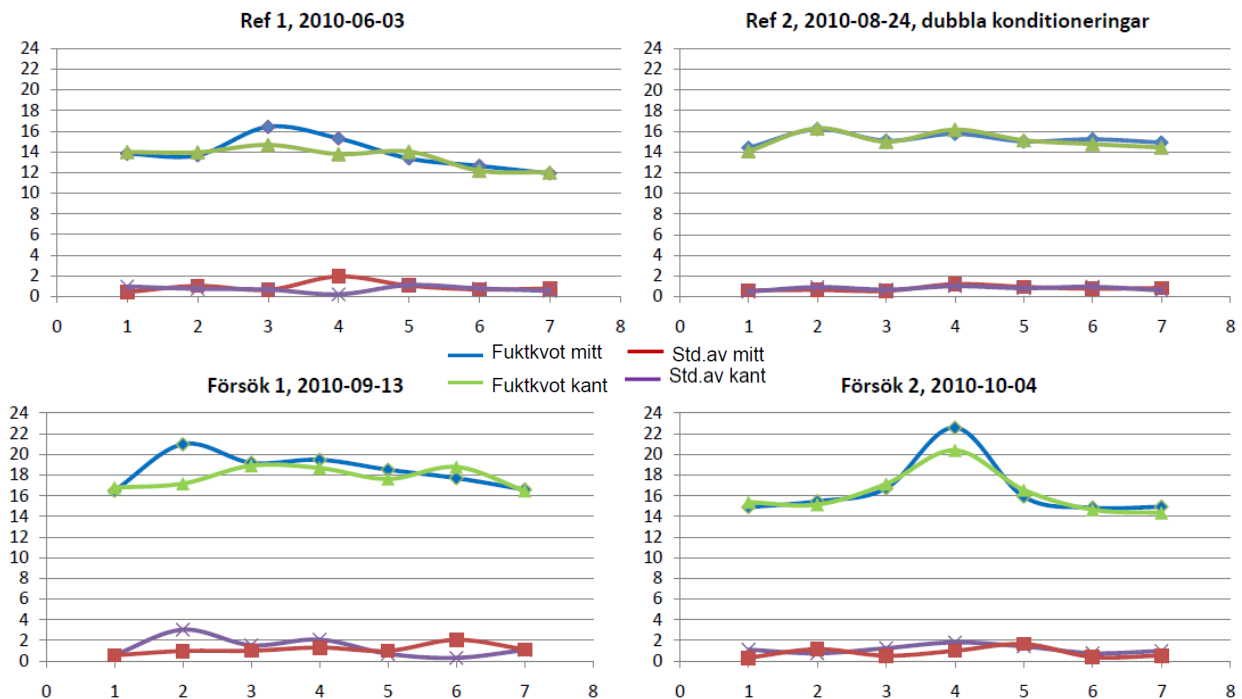
Figur 12. Temperaturloggningen för det andra försöket med reducerad fläkthastighet visar hur den torra temperaturen på stormsidan efter 60 timmar börjar variera mer, samtidigt som fläkthastigheten reduceras till 40 % av max hastigheten. Notera även att fläkthastigheten bibehålls vid 40 % under konditioneringen.

Figur 12 visar även hur temperaturen på läsidan ökade tidigare och snabbare än i försök 1, vilket hänger ihop med att temperaturen på läsidan också ökades tidigare. Men temperaturfallet har minskat successivt och även stapel fyra i mitten av kammartorken får en viss psykrometerskillnad, dvs. torkkraft. En annan sak man ser i figur 12 då fläkthastigheten reduceras till 40 % är hur den uppåtgående trenden med ökande medeltemperaturen för stapel fyra inte stiger lika snabbt.

Kant och mitt på virkespaketet

Nedan presenteras resultaten från jämförelsen mellan torrviktsprov som kommer antingen från en position närmare kanten eller från närheten till mitten av virkespaketet. Det låga antalet prov per position skapar en osäkerhet i fuktkvotskillnader. Det var totalt 8 st. prover från varje stapel fördelade på 4 st. från kant och 4 st. från mitt i paketet.

I figur 13 visas fuktkvoten och standardavvikelsen för torrviktsproven. Att profilerna på kurvorna påminner om resultaten från jämförelsen mellan torrviktsproven och inline-fuktkvotmätningarna för respektive torkförsök beror på att det är samma torrviktsprov. Nu görs det som sagt bara skillnad mellan torrviktsproven position. För referensförsök 2 kan vi i figur 13 se att både fuktkvoten och standardavvikelsen är väldigt lika för kant och mitt.

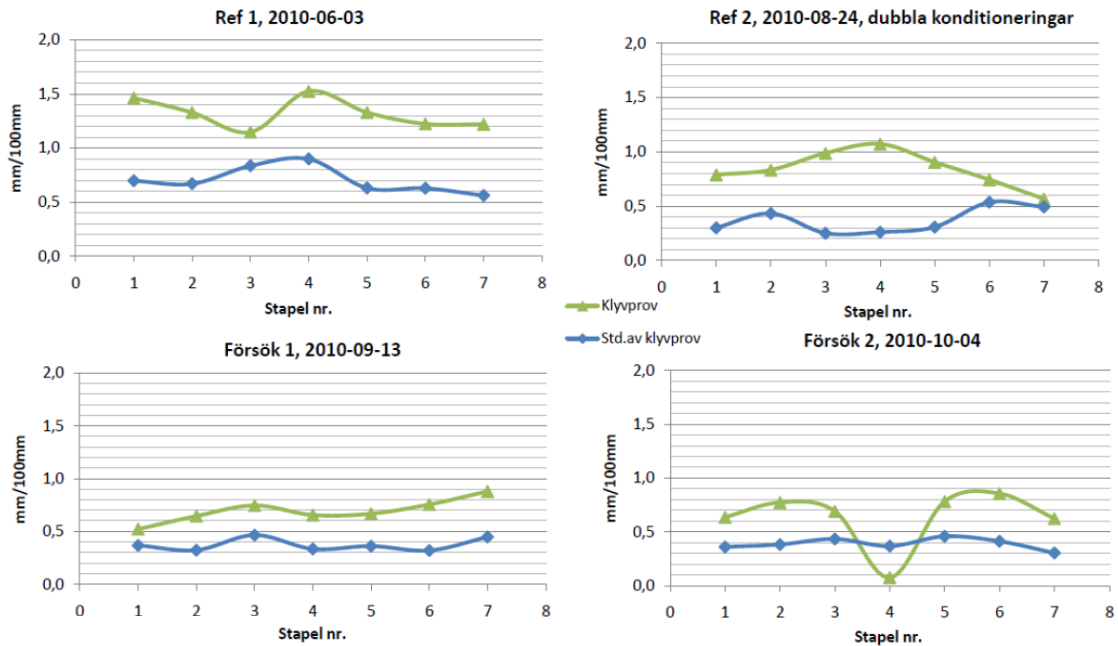


Figur 13. Skillnader i fuktkvot och standardavvikelse för torrviktsprov som tagits från toppändan av plankor som antingen varit kantdragna med virkespaketets toppända eller rotändan. I försök 2 kan man se att torrviktsproven från mitten hade högre fuktkvot än de från kanten, ändå hade de i mitten lägre standardavvikelse.

Skillnaden i fuktkvot mellan kant och mitt blev liten för försök 2, utom för stapel fyra vilket kan ses i figur 13. Den uppmätta medelfuktkvoten för mitten är 2,2 % högre än för kanten på virkespaketet som var propaket.

Klyvprov

Högst värden uppvisade klyvproven från referensförsök 1 som kan bero på förlagringsskador, se figur 14. Virket i referensförsök 2 blev konditionerat två gånger och resultaten från klyvproven visar att ytterstaplarna har lägre värden, med ytterstaplarna har även lite högre standardavvikelse. Stapel fyra från försök 2 fortsätter att utmärka sig, medelklyvprovet för denna stapel blev 0,1 mm/100mm. Två av de åtta klyvproven från denna stapel blev negativa. Trenderna för referensförsök 1 och försök 1 är mer osymmetriska över hur virkesstaplarna har varit positionerade i kammartorken.



Figur 14. Medel och standardavvikelse av klyvproven från varje virkesstapel och torkförsök. Alla torkförsök utom referensförsök 1 har låga och fina värden. Medlet för stapel fyra från försök 2 är endast 0,1 mm/100mm.

Summeringstabell

I tabell 1 är de flesta siffror som presenterats i de tidigare resultatdelarna summerade för att underlätta jämförelsen mellan de olika försöken som har genomförts. Anledningen till att det är ungefärliga resultat för elförbrukningen under försök 2 är att det inte fanns några elmätare monterade i den kammartork som detta försök genomfördes i, därför är resultaten uppskattade utifrån data i torkarnas styrsystem.

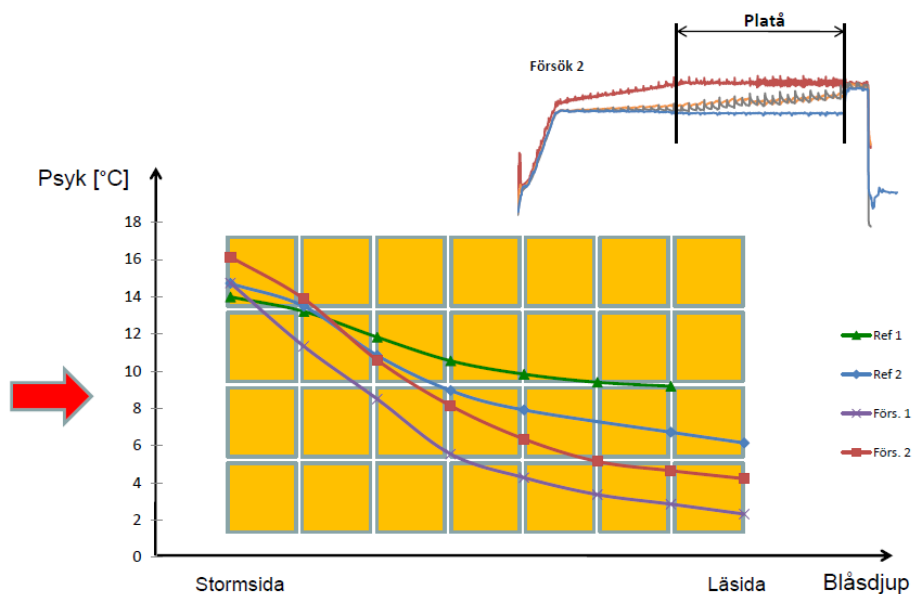
Tabell 1. Summering av alla genomförda torkförsök, referensförsök samt försök med reducerad fläkthastighet. Total torktid är inklusive uppvärmning och konditionering, torktid är enbart tiden för torkfasen i torkschemat.

	Ref 1	Ref 2	Försök 1	Försök 2
Datum torkstart	3 juni	24 aug.	13 sept.	4 okt.
Volym [m ³]	162	172	170	169
Kammartork nr:	14	14	13	14
Ingående fuktkvot [%]	48,9	69,9	65,6	62,5
Densitet (torr/våt) [kg/m ³]	399,9	388,2	404,9	388,6
Tot. medelfuktkvot torrviktsprov[%]	13,7	15,2	18,1	16,4
Std.av, torrviktsprov [%]	1,4	1,0	1,8	2,5
Tot. medelfuktkvot inline Remarapport [%]	16,2	16,7	17,7	16,6
Total torktid [h]	101	85	97	92
Torktid [h]	82	70	81	76
Klyvprov [mm/100mm]	1,3	0,8	0,7	0,6
Std.av klyvprov [mm/100mm]	0,7	0,4	0,4	0,4
Relativspricklängd [%]	4,5	0,6	0,9	1,5
Sprickandel	0,23	0,04	0,09	0,10
Elförbrukning, mätare [kWh/m³]	40,6	32,6	ca 18	15,8
Tot. Elförbrukning, mätare [kWh]	6600	5600	ca 3060	2677

Analys

Vid djupare analys av varför stapel fyra i försök 2 blev så mycket blötare än de andra staplarna undersöktes temperaturerna för respektive försök. Eftersom det är skillnaden mellan den våta och torra temperaturen som skapar torkkraften var det psykrometerskillnaden som studerades. Det fanns inga större skillnader mellan försöken under första halvan av torkschemat som kunde förklara fenomenet med stapel fyra i försök 2. Däremot under den så kallade "platåfasen" ser man tydliga skillnader mellan de olika försöken, se figur 15. I figuren ser man hur psykrometerskillnaden sjunker över blåsdjupet. För dessa trender är effekten från reverseringen borttagen, annars hade de liknat hängmattor. Trenderna för psykrometerfallet är medlet för platåfasen, hade man gjort samma graf för en tidigare tidpunkt hade det varit lägre psykrometerskillnader, och högre vid en senare tidpunkt.

En anmärkningsvärd sak är att försök 1 har lägre psykrometerskillnad än försök 2. Trots den lägre psykrometerskillnaden för försök 1 så blev ändå fuktkvotsprofilen jämnare jämfört med försök 2, se figur 10 och 12. Det går inte att förklara den blöta mittstapeln i försök 2 med att temperaturerna skulle ha varit felaktiga, det beror snarare på för låga lufthastigheter och hur den torrare läckeluftens blandas med luft från torkströmlanrum.

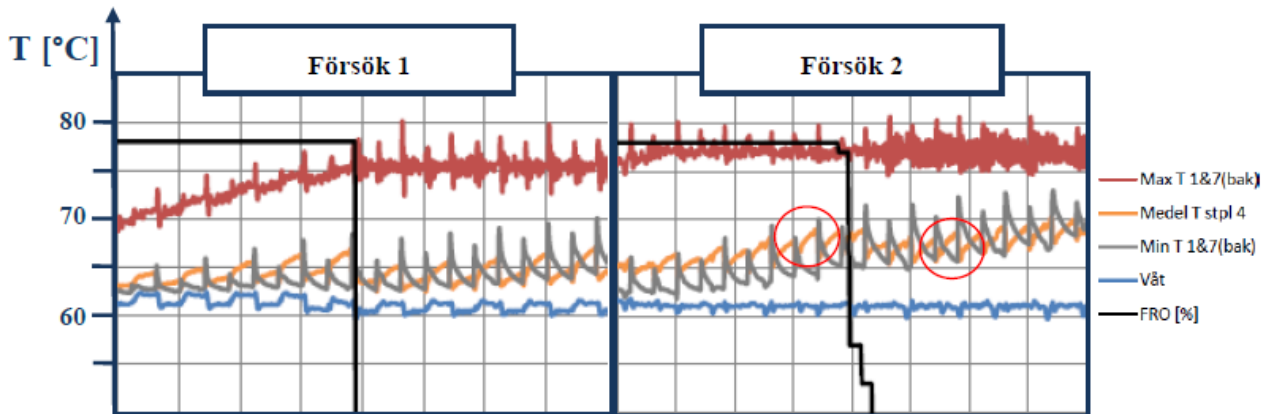


Figur 15. Medel psykrometerfallet över platåfasen för respektive torkförsök. Anmärkningsvärt är att försök 2 har högre psykrometerskillnad än försök 1, trots den blöta mittenstapeln i försök 2.

Jämför man psykrometerfallet i figur 15 för referensförsök 2 och försök 1 ser man att psykrometerskillnaden sjunker mycket fortare för försök 1. Båda försöken ligger på samma nivå före stapel ett, men efter att luften passerat igenom tre staplar så har försök 1 bara halva psykrometerskillnaden kvar jämfört med referensförsök 2. Den lägre lufthastigheten, dvs. det lägre luftflödet, gör att mindre värme transporteras in i virket och på grund av detta sjunker temperaturen kraftigare.

En detalj som upptäcktes när temperaturerna från försök 2 undersöktes var att temperaturen för stapel fyra sjönk med ca tre grader när fläkthastigheten reducerades till 40 %, se figur 16. Samma sak återfinns även i försök 1 då fläkthastigheten sänks från 78 till 40 %. Varje lodrät

linje i figur 16 motsvarar fem timmar och det går åt ca femton timmar innan temperaturerna för stapel fyra är uppe i samma nivåer som innan fläkthastighetsreduktionen. Att man skulle se en effekt av fläkthastighetsreduktionen på de uppmätta temperaturerna är inget oväntat, men att temperaturen för mittstapeln skulle bli lika låg som temperaturen på läsidan är lite oväntat.



Figur 16. (Vänster) Förstorad bild av temperaturloggningen under försök 1. (Höger) Förstorad bild av temperaturloggningen under försök 2. Båda bilderna visar på hur medel torrtemperaturen för stapel fyra minskar då fläkthastigheten reduceras från 78 till 40 %, se de inringade områdena för försök 2. Varje lodrät linje i figuren motsvarar fem timmar.

Som tidigare nämnts så började även max temperaturen variera mycket kraftigare i försök 2 när fläkthastigheten sänktes till 40 %, vilket också syns i figur 16. Tänkbara orsaker till större avvikelse från börvärdet vid lägre lufthastigheter kan vara:

1. Styrsystemet är inte optimerat för att reglera klimatet med dessa lägre lufthastigheter, spjäll, shuntar och annan reglerutrustning är inte intrimmade för detta.
2. Temperaturgivarnas mätnoggrannhet blir försämrade med lägre lufthastigheter, vilket i sin tur påverkar styrsystemet.

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Thomas Wamming, Fredrik Persson	Utgåva: 1
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: TCN rapport - Rek för reducering av fläkthastighet vid virkestorkning 2010 101222.docx	Datum 2010-12-22
		Sida: 23 (25)

Slutsatser

Projektet visade tydligt att det finns ett utrymme för reduktion av lufthastigheten vid torkning av 50 mm furu virke. Förstudien resultat tyder på att frågan är komplex och nivån på fläktreduktion påverkas kraftigt av torken allmänna skick och den råa fuktkvoten. Om en kontrollerad nivå på elenergibesparing ska göras på torkarna måste fler försök göras på fler dimensioner och slutfuktkvoter. En betydande produktions säkerhet är även att kontroller av fuktkvot kan göras på individnivå och på ett trovärdigt sätt.

Möjligt är att torkoperatören kan göra ett mer omfattande stickprov för att kontrollera avvikelser på felaktig fuktkvot/spridning genom blåsdjupet. En lägre lufthastighet vid torkning till fuktkvoter under 16 % är det säkraste sättet att spara elenergi. Den andra nivån är att varva ner vid fibermättnadspunkten men detta bör göras med en viss säkerhetsmarginal mot den verkliga fuktkvoten mitt i torken.

Om man vill utveckla det vidare ska lufthastigheten vid torkfasens start arbetas fram där det finns en stor besparingspotential att undvika att fläktmotorerna går på 100 %, men är riskfyllt med tanke på att det påverkar temperaturfallet så kraftigt vid höga fuktkvoter. Viktigt är att inte skapa problem med sprickor och stor fuktkvotsspridning som fanns under 70-talet med för låga lufthastigheter. Självklart kostar den överkapacitet på lufthastighet som vi har i dagens moderna kammartorkar men det har skapat en stabilare process som gör att utvecklingen har gått framåt som gjort att många felkällor som funnits i torkprocessen har försvunnit. Varva ned med förstånd, det finns många torkar som har för låg initial installerad lufthastighet mot dagens torksätt.



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Thomas Wamming, Fredrik Persson	Utgåva: 1
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: TCN rapport - Rek för reducereing av fläkthastighet vid virkestorkning 2010 101222.docx	Datum 2010-12-22
		Sida: 24 (25)

Fortsatt arbete

- Utveckla torkmodeller med en bättre anpassning av lufthastighetsflöden i blåsdjupet genom hela torkförloppet.
- Skapa stabil och säker torkning trots att lufthastigheten är mer optimerad mot fuktavgång med hjälp av t.ex. bättre fuktkvotsmätning i blåsdjupet och övervakning av processen i styrsystem.
- Hur påverkar för hög eller för låg lufthastighet kvalitetsutfallet på virket med tanke på inverkan på fuktkvotsgradienten och temperaturfallet i djupet på torklasten?
- Hur kan den övriga kvalitetssystemet på sågverket fånga upp avvikelser på den tänkta kvaliteten vid optimering av luftflöden och därigenom minskad säkerhetsfaktor på bra och jämn kvalitet?

Om TräCentrum Norr

TräCentrum Norr finansieras av de deltagande parterna tillsammans med medel från Europeiska Utvecklingsfonden (Mål 2) och Länsstyrelserna i Västerbottens och Norrbottens län.

Deltagande parter i TräCentrum Norr är: Holmen Skog, Lindbäcks Bygg AB, Luleå tekniska universitet, Martinsons Group AB, Norra Skogsägarna, Finndomo AB, SCA Forest Products AB, Setra Group AB, Skellefteå kommun, Sveaskog AB, SÅGAB, Sågverken Mellansverige och SP Trätek.

Mer information om TräCentrum Norr finns på:
www.ltu.se/ske/tcn

En investering för framtiden



EUROPEISKA
UNIONEN
Europeiska
regionala
utvecklingsfonden