



Utveckling av industriell virkestorkning

Slutrapport



Margot Sehlstedt-Persson
Luleå tekniska universitet

Tommy Vikberg
RISE

Förord

Studierna som avrapporteras i denna rapport har utförts inom delprojekt 3 inom ramen för projektet "TiiN, TräInnovation i Norr" och vi vill rikta ett varmt tack till projektets finansiärer. Vi vill också rikta ett stort tack till de industrier som funnits representerade i delprojektets arbetsgrupp: SCA Timber, Norra Timber, Martinsons, Stenvalls Trä, Setra och Valutec.

Skellefteå, Januari 2019.

Margot Sehlstedt-Persson LTU och Tommy Vikberg RISE

Projektledare

Sammanfattning

Projektet har behandlat ett antal delstudier kopplat till virkestorkning inom följande områden : ADAPTIVITET, FUKTDYNAMIK och TORKNINGSKVALITET. Projektet har bidragit till att steg har tagits mot målet att uppnå en mer självstyrande och automatiserad torkningsprocess, en mer optimerad och energieffektiv torkningsprocess samt bättre och jämnare torkningskvalitet som sammantaget minskar torkkostnader genom att:

ADAPTIVITET

identifiera olika mättekniska- och återkopplade signaler som kan användas i simulatorer och styrsystem: "ΔT" principens möjlighet att adaptivt förlänga dragtider i en FB-kanal, termograferingens diagnostiska möjlighet att få en momentan överblick över rumslig fukt-kvotsspridning i en torkande virkeslast samt difftrycksmätningens potential att signalera rengöringsbehov för att undvika försämrad lufthastighet och värmeöverföring i en kanal.

FUKTDYNAMIK

öka förståelsen för virkets fuktdynamik genom att i tomografstudier visa på möjligheten att optimera diffusionsdriven jämviktskonditionering vid olika fuktkvotnivåer och på så sätt effektivisera tid och energianvändning i torkar. *Fuktförändringar under pågående konditionering har aldrig tidigare studerats i tomograf.*

i tomografstudier visa hur övergången mellan kapillär och diffusionsfas genom ΔT tydligt kan identifieras

genom CT-studier ge ökad förståelse och förbättrat underlag för fuktdynamisk modellering i kapillär och diffusionsfas.

TORKNINGSKVALITET

förbättra torkningskvalitet genom bättre målfuktkvotsträff och mindre fuktkvotsspridning genom de ovan nämnda adaptiva metodernas potential.

visa att en kombination av torkning med efterföljande hyvling och behandling med mögelhämmare kan åstadkomma en produktgrupp av splintvedsbrädor av furu, contorta och gran med god och likvärdig mögelbeständighet



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Sehlstedt-Persson, M., Vikberg, T.	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport Torkning	Filnamn: Utveckling av industriell virkestorkning	Datum 2019-01-21	Sida: 4(13)

Innehållsförteckning

<i>Förord</i>	- 2 -
<i>Sammanfattning</i>	- 3 -
1 Inledning	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte och mål	5
2 Metoder och genomförande	5
3 Resultat, slutsatser	8
3.1 Uppnådda resultat i förhållande till syfte och mål	10
3.2 Övriga resultat	11
<i>Avrapporterade delstudier</i>	12



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Sehlstedt-Persson, M., Vikberg, T.	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport Torkning	Filnamn: Utveckling av industriell virkestorkning	Datum 2019-01-21	Sida: 5(13)

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Utveckling inom sågverksnäringen har lett till färre och större enheter med allt snabbare flöden i produktionslinjen där torkningsprocessen är en ur kvalitetsperspektiv sett mycket viktig process. Forskning och utveckling av torksstyrning har gjort stora framsteg vad gäller kunskap och förståelse för samspel mellan process och trämaterial för att komma till rätta med tidigare klassiska kvalitetsproblem som sprickbildning, mögel, torkspänningar och deformationer.

Kanaltorkar med stor kapacitet är en förutsättning för stora bulkflöden av torkat virke. Kunskapen om att styra dessa torkar och att få löpande jämn torkningskvalitet med rätt målfuktkvot och liten fuktkvotsspridning i dessa "evigt hungriga" torkar prioriteras högt. Simuleringsverktyg som finns är till stor hjälp under ideala förhållanden med jämnt och stadigt flöde av virke från sågen vilket sällan gäller i verkligheten där istället torkansvariga måste bemästra "slut på virke", blandade dimensioner, "skvätt-paket", stänga ner/ starta om kanal vilket är utmaningar för dessa trögstyrda processer.

Sågverkens behov är mer automatiserade torkprocesser som utifrån kontinuerligt uppmätta indata och definierade produkttegenskaper styr processen mot definierade krav. Adaptiva mättekniska- och återkopplade signaler som kan användas i såväl simulatorer och styrsystem under pågående process är en förutsättning för målet "smartare styrsystem" och "mer självstyrande processer".

1.2 Syfte och mål

Syftet har varit att vidareutveckla existerande torkningsprocesser för att nå bättre och jämnare torkningskvalitet samt en optimerad tid och energieffektiv torkningsprocess.

Projektets övergripande målsättning har varit att ta steg mot att utveckla torktekniken för att närma sig målet att uppnå en mer självstyrande och automatiserad torkningsprocess.

Sammanfattningsvis har projektet behandlat ett antal delstudier inom följande områden

- ADAPTIVITET
- FUKTDYNAMIK I KAPILLÄR OCH DIFFUSIONSFAS (CT-studier)
- TORKNINGSKVALITET

Delstudierna har utförts på såväl labbnivå som i industrimiljö. Varje delstudie avrapporteras i separata TCN-rapporter.

2 Metoder och genomförande

Efter sammansättning av en arbetsgrupp bestående av - förutom utförare från LTU och RISE - industrirepresentanter från Valutec, Norra Timber, Martinsons, Stenvalls Trä, Setra och SCA



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Sehlstedt-Persson, M., Vikberg, T.	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport Torkning	Filnamn: Utveckling av industriell virkestorkning	Datum 2019-01-21	Sida: 6(13)

Timber hölls i juni 2016 ett inledande arbetsmöte där arbetsgruppen gemensamt prioriterade följande delstudier att ingå i projektet:

- A. Temperaturdifferens ΔT mellan virkesyta och luft under pågående torkning som möjlig styrparameter i virkestorkning
- B. Förstudie - värmekameramätningar i virkestorkar
- C. Mögeltest av torkade furu, gran och contortabräder
- D. Konditionering av virke vid olika fuktkvoter – studier i tomograf
- E. Difftrycksmätningar över batteri i kanal- lufthastighetsmätningar

A. Temperaturdifferens " ΔT " mellan virkesyta och luft under pågående torkning som möjlig styrparameter i virkestorkning

Studien bygger på idén att undersöka om temperaturdifferensen ΔT mellan torkluft och torkande splintvedsyta kan utgöra en adaptiv signal om att virkets fuktkvot närmar sig fibermättnad. Kan en nivå på ett fallande ΔT identifieras som bör nås innan dragning från zon 1 till zon 2 ska göras?

Bakgrund: I en FB-kanaltork med två torkzoner strävar man efter att det mesta av det fria kapillära vattnet ska avgå i första zon. Om detta inte görs kommer för mycket vatten att gå in i zon 2 och virket riskerar att inte hinna torka klart till målfuktkvoten. Baserat på tidigare studier under torkning av splintved vid konstant klimat bedöms ΔT vara en intressant och möjlig adaptiv signal på när det kapillära vattnet börjar ta slut då virkets yttemperatur ökar när fuktavgången från ytan väsentligt börjar avta.

Genomförande: Inledningsvis gjordes ett antal grundläggande försök i labbtork med tomografering av torkande gran och furuvirke av olika dimension med kontinuerlig mätning av ΔT och fuktkvot från rått till under fibermättnad. Temperaturmätningar på splintvedsytor gjordes med Pyrometer (beröringsfri IR-sensor) samt med inborrade termoelement på flatsidor och kantsidor.

Eftersom ΔT signalen vid utvärdering av labbförsöken visade lovande resultat gjordes därefter en mer omfattande mätning i industriskala av ΔT och lufthastighet i en FB-kanal vid JG Andersson i Linneryd. Samtidigt gjordes även termografering av torkande virke i kanalen i ett antal positioner.

Utvärdering av en fast pyrometer i industriell miljö vid nedblåsningsschakt i en FB-kanal mellan zon1 och zon 2 i Norra Timber, Kåge har även utvärderats mot förbipasserande virkesdimensioner och stiftade utfuktkvoter under ca 4 månader i kontinuerlig drift.

TCN-rapport: Temperaturdifferens " ΔT " mellan virkesyta och luft under pågående torkning som möjlig styrparameter i virkestorkning. Mätningar i labb och industriskala. Margot Sehlstedt-Persson, LTU, Tommy Vikberg, RISE, Gerhard Scheepers, RISE.



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Sehlstedt-Persson, M., Vikberg, T.	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport Torkning	Filnamn: Utveckling av industriell virkestorkning	Datum 2019-01-21	Sida: 7(13)

B. Förstudie - värmekameramätningar i virkestorkar

Bakgrund: Virkets yttemperatur under torkningsprocessen ger en indikation av medelfuktkvot eller virkesstyckens medelfuktkvot relativt varandra. Därför förväntas mätningar med en värmekamera potentiellt kunna avslöja mer om fuktkvotsutvecklingen i en virkestapel i olika positioner. För att undersöka om det är möjligt att ta tillräckligt bra termografibilder i en virkestork för att generera användbara data gjordes en förstudie.

Genomförande: En specialbyggd värme- och fuktisolerad box med fönster av dubbelglas av kalciumfluorid och germanium till en värmekamera användes vid mätningar i kammare och i kanal. Förstudien visade att det var möjligt att ta tillräckligt bra bilder i en virkestork förutsatt att glaset värmdes till över klimatets daggpunktstemperatur för att undvika kondens. Därför beslöts att använda termografering vid Linnerydsförsöket.

TCN-rapport: Värmekameramätningar i virkestorkar. Gerhard Scheepers, RISE.

C. Mögeltest av torkade furu, gran och contortabräder

Bakgrund: Mögelpåväxt på träprodukter i bygganvändning är ett uttalat problem såväl estetiskt som ur hälsoperspektiv. I en rad tidigare TCN-projekt från 2008 och framåt, har den industriella virkestorkningens betydelse för mögelpåväxt på bräder av furu och gran studerats. En forcerad mögeltest har även utvecklats. Dessa studier ligger till grund för denna studie där ett nytt träslag *Pinus contorta* eller contortatall har inkluderats. Anledningen till detta är att contorta från de stora planteringsinsatser som gjordes under främst 70-talet nu har börjat nå sågverken som klen gallringsvirke. Även om huvuddelen av contortan går till massaindustrin finns möjligheten att använda contorta även till sågade träprodukter. Syftet med denna studie har varit att

- Jämföra mögelbenägenhet hos torkade splintvedsrika bräder av furu, gran och contorta
- Utvärdera effekten av den mögelhämmande produkten "Grön-Fri" som används industriellt vid bl.a. produktion av takluckor

Genomförande: Huvuddelen av arbetet har gjorts av en student i mastersprogrammet Wood Technology som projektkurs i kursen W7003T Wood Technology med Margot Sehlstedt-P som handledare.

TCN-rapport: Mögeltest av torkade furu, gran och contorta bräder: Sammanfattning av "Mould susceptibility of dried boards of Contorta pine, Scots pine and Norway spruce A comparative study" Faksawat Poohphajai, februari 2018. Margot Sehlstedt-Persson, LTU.

D. Konditionering av virke vid olika fuktkvoter – studier i tomograf

Bakgrund: Konditionering av virke förlänger den totala torktiden och önskvärt är att den kan utföras så snabbt och effektivt som möjligt. Erfarenheter säger att konditionering "tar bättre" på nedtorkat virke än om fuktkvoterna är högre. Studien avser att undersöka hur



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Sehlstedt-Persson, M., Vikberg, T.	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport Torkning	Filnamn: Utveckling av industriell virkestorkning	Datum 2019-01-21	Sida: 8(13)

olika typer av konditionering kan göras så effektiv som möjligt vid olika fuktkvotnivåer vad avser att utjämna fuktgradienter i virke.

Genomförande: Grundläggande labstudier i CT med klimatanläggning av hur jämvikts-konditionering påverkas av virkets fuktkvotnivå, dimension, vedtyp (splint/kärna) hos furu och gran. Medelfuktkvot och fuktgradienters utveckling nära virkesytorna i splint och kärnved under konditioneringsfas har utvärderats med hjälp av algoritmer som matematiskt kompenserar för virkets geometriska formförändring under torkningsprocessen genom s.k. "Image registration"

TCN-rapport: Konditionering av virke vid olika fuktkvoter – studier i tomograf. Margot Sehlstedt-Persson, Lars Hansson, José Couceiro samtliga LTU, Tommy Vikberg RISE.

E. Tryckfallsmätningar över värmebatteri i kanal - lufthastighetsmätningar

Bakgrund: Igensättning av batterier genom spånpålimning under vinterhalvåret när fruset virke sågas kan bli avsevärd och påverkar värmeöverföring, lufthastighet och därmed torkningskvalitet. Kan en kontinuerlig mätning av tryckskillnad över batteri över året ge information som talar om att det är dags att rengöra batterier mer frekvent än det traditionella årliga rengöringsintervallet?

Genomförande: Fortsatta mätningar av cirkulationsluftens difftryck över värmebatteri med den utrustning som installerades i zon 1 i en FB-kanaltork i Östavall i TCN-förstudien *Robust processtyrning av vandringsstorkar för jämnare torkningskvalitet*. Lufthastighetsmätningar i kanalen har utförts i olika x-y positioner i virkesstapel genom kanalen före och efter rengöring av batterier.

TCN-rapport: Tryckfall över värmebatteri i virkestork - resultat av tre års mätningar. Tommy Vikberg, RISE och Margot Sehlstedt-Persson, LTU.

3 Resultat, slutsatser

En kortfattad presentation av de olika delstudiernas resultat och slutsatser presenteras i det följande:

A. Temperaturdifferens " ΔT " mellan virkesyta och luft under pågående torkning som möjlig styrparameter i virkestorkning och

B. Förstudie - värmekameramätningar i virkestorkar

Resultat och slutsatser: Det uppmätta raset i ΔT på virkesindividnivå (labbförsök) ger en mycket tydlig signal när fuktkvoten når fibermättnad och torkningen går över till diffusionsfas oavsett om mätning gjordes på flatsida eller kantsida. I en kammartork kan övergången från kapillär till diffusionsfas relativt enkelt påvisas när efterfrågan på effekt drastiskt minskar (effektras) vilket kan nyttjas adaptivt. I en kanaltork finns dock inte den möjligheten och därför kan en installation av beröringsfri ytemperaturmätning i mittzon signalera om att mycket kapillärt vatten fortfarande finns kvar i zon 1. Detta framgick även av den installerade Pyrometern i Kåge där sambandet mellan ΔT i mittzon och utfuktkvot visade intressanta samband som t ex kopplingen: förtorkat virke - lågt ΔT – lågt utfuktkvot.

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Sehlfstedt-Persson, M., Vikberg, T.	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport Torkning	Filnamn: Utveckling av industriell virkestorkning	Datum 2019-01-21	Sida: 9(13)

Termografmätningarna i mittzon visade tydligt fuktvariationer i virkesstaplarnas höjd och sidled och bör kunna användas ”diagnostiskt” när man vill få en bild över momentan fukt-kvotsspridning i en virkeslast- dock inte kontinuerligt då dagens värmekameror inte klarar av klimatet i torken.

C. Mögeltest av torkade furu, gran och contortabräder

Resultat och slutsatser: av denna jämförande studie av mögelbenägenhet hos torkade splintvedsrika bräder av furu, gran och contorta :

- Med en kombination av hyvling och behandling med mögelhämmande medel Grön-Fri kan risken för mögelpåväxt avsevärt minskas för samtliga träslag jämfört med ohyvlat/ obehandlat virke.
- Även enbart hyvling eller enbart behandling med Grön-Fri minskar mögelpåväxten jämfört med ohyvlat/obehandlat virke. Det går dock inte i denna studie avgöra om någon av dessa två kombinationer är effektivare än den andra.
- För obehandlat/ohyvlat virke uppvisar furu signifikant högre mögelgrad jämfört med gran och contorta.
- Tendensen finns att contortan visar lägst mögelbenägenhet men detta bör betraktas med försiktighet då contortavirket innehöll kärnved. Anledningen till detta var att kärnvedsfria contortabräder ej fanns tillgängliga när studien inleddes.

D. Konditionering av virke vid olika fuktkvoter – studier i tomograf

Resultat och slutsatser: Fuktförändringar i virke under pågående konditionering har aldrig tidigare studerats i tomograf. Resultat av denna labbstudie av diffusionsbaserad, icke-kondenserande jämviktskonditionering vid olika fuktkvotnivåer sammanfattas enligt följande:

- Studien styrker industriella erfarenheter att konditionering ”tar bättre” på virke nedtorkat till lägre fuktkvot jämfört med om fuktkvoterna är högre.
- Försöken ger en god fingervisning om hur länge konditionering bör pågå för en viss önskad medelfuktkvotshöjning i ett industriellt vanligt förekommande klimat 70 °C och psykrometerskillnad 2° vilket motsvarar en jämviktsfuktkvot på 16,8%. Vill man ex höja medelfuktkvoten från 10 – 12% visar resultaten att 4 timmars konditionering är tillräckligt för furuvirket. Att i samma klimat höja medelfuktkvoten 2% vid högre startfuktkvoter (mellan 14-23%) har inte i något fall varit möjligt för vare sig gran eller furu under de 8 timmar som konditionering pågick. Det är dock viktigt att påpeka att konditioneringsklimatet i dessa labbförsök har uppnått börvärden mycket snabbt vilket inte är fallet vid stora virkeslastar i industriskala där basningskapacitet och blåsdjup påverkar tid till uppnådda börvärden.
- Vad gäller fuktkvotsskillnad nära ytorna ses generellt en utplaning av fuktförändringar i samtliga försök efter 3-4 timmar.
- Fuktkvotnivån spelar roll för den inledande fuktkvotsförändringen inom tvärsnittet : ju torrare virke desto snabbare förändring.

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Sehlstedt-Persson, M., Vikberg, T.	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport Torkning	Filnamn: Utveckling av industriell virkestorkning	Datum 2019-01-21	Sida: 10(13)

- När konditioneringen startar är fuktvandringen i splintved effektivare än i kärnved vilket sannolikt förklaras av splintvedens högre diffusivitet. Vad gäller eventuella skillnader mellan träslag är det inte möjligt att dra några slutsatser.
- Metodstudien visar att upplösningen i tomografen är tillräcklig för att kunna utvärdera fuktkvotsförändringar nära virkesytorna i ca 3 mm tjocka skal.

E. Tryckfallsmätningar över värmebatteri i kanal - lufthastighetsmätningar

Resultat och slutsatser:

- Det är möjligt att mäta graden av spånpålimning på värmebatterierna genom att mäta tryckfallet över värmebatteriet.
- Tryckfallsmätning kan tjäna som indikator för när det är lämpligt att rengöra värmebatteriet.
- Luften har högre medelhastighet i 1a-zon med rena batterier (ca 1 m/s).
- Jämnare lufthastighet med smutsiga batterier uttryckt i m/s men större procentuell skillnad mellan positioner med hög respektive låg lufthastighet.
- Lufthastigheten i 2:a-zon tämligen oberoende av smutsgraden på värmebatterierna i 1:a-zon.

3.1 Uppnådda resultat i förhållande till syfte och mål

Projektet har bidragit till att steg har tagits mot att uppnå en mer självstyrande och automatiserad torkningsprocess, en mer optimerad och energieffektiv torkningsprocess samt bättre och jämnare torkningskvalitet som sammantaget minskar torkkostnader (energi, kapacitet, kvalitetsbristkostnader) genom att:

ADAPTIVITET

identifiera olika mättekniska- och återkopplade signaler som kan användas i simulatorer och styrsystem: ΔT principens möjlighet att adaptivt förlänga dragtider i en FB-kanal, termograferingens diagnostiska möjlighet att få en momentan överblick över rumslig fuktkvots-spridning i en torkande virkeslast samt tryckfallsmätningens potential att signalera rengöringsbehov för att undvika försämrade lufthastighet och värmeöverföring i en kanal.

FUKTDYNAMIK

öka förståelsen för virkets fuktdynamik genom att i tomografstudier visa på möjligheten att optimera diffusionsdriven jämviktskonditionering vid olika fuktkvotnivåer och på så sätt effektivisera tid och energianvändning i torkar.

i tomografstudier visa hur övergången mellan kapillär och diffusionsfas genom ΔT tydligt kan identifieras

genom CT-studier ge ökad förståelse och förbättrat underlag för fuktdynamisk modellering i kapillär och diffusionsfas.



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Sehlstedt-Persson, M., Vikberg, T.	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport Torkning	Filnamn: Utveckling av industriell virkestorkning	Datum 2019-01-21	Sida: 11 (13)

TORKNINGSKVALITET

förbättra torkningskvalitet genom bättre målfuktkvotsträff och mindre fuktkvotsspridning genom de ovan nämnda adaptiva metodernas potential.

visa att en kombination av torkning med efterföljande hyvling och behandling med mögelhämmare kan åstadkomma en produktgrupp av splintvedsbrädor av furu, contorta och gran med god och likvärdig mögelbeständighet

3.2 Övriga resultat

Av de delstudier som ingått kommer konditioneringsstudier att fortsätta i det pågående IPOS-projektet om torkning.



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Sehlstedt-Persson, M., Vikberg, T.	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport Torkning	Filnamn: Utveckling av industriell virkestorkning	Datum 2019-01-21	Sida: 12(13)

Avrapporterade delstudier

Samtliga delstudier avrapporteras separat i följande TCN- rapporter.

- A. TCN-rapport: Temperaturdifferens " ΔT " mellan virkesyta och luft under pågående torkning som möjlig styrparameter i virkestorkning. Mätningar i labb och industriskala. Margot Sehlstedt-Persson, LTU, Tommy Vikberg, RISE, Gerhard Scheepers, RISE.
- B. TCN-rapport: Värmekameramätningar i virkestorkar. Gerhard Scheepers, RISE.
- C. TCN-rapport: Mögeltest av torkade furu, gran och contorta bräder: Sammanfattning av "*Mould susceptibility of dried boards of Contorta pine, Scots pine and Norway spruce A comparative study*" Faksawat Poohphajai, februari 2018. Margot Sehlstedt-Persson, LTU.
- D. TCN-rapport: Konditionering av virke vid olika fuktkvoter – studier i tomograf. Margot Sehlstedt-Persson, Lars Hansson, José Couceiro samtliga LTU, Tommy Vikberg RISE.
- E. TCN-rapport: Tryckfall över värmebatteri i virkestork - resultat av tre års mätningar. Tommy Vikberg, RISE och Margot Sehlstedt-Persson, LTU.

Om TräCentrum Norr

TräCentrum Norr finansieras av de deltagande parterna tillsammans med medel från Europeiska Regionala Utvecklingsfonden och Region Västerbotten.



En investering för framtiden

