Fläktreglering
-Industriella torkförsök med Alent Drying AB

Fredrik Persson
Tommy Vikberg
Jan-Erik Andersson
Anders Lycken
Roger Nordman

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Hållbar Samhällsbyggnad

SP Rapport 2016:25

Fläktreglering
-Industriella torkförsök med Alent Drying AB

Fredrik Persson
Tommy Vikberg
Jan-Erik Andersson
Anders Lycken
Roger Nordman

Korrigeringar och tillägg 2016-04-05

Följande korrigeringar, och/eller tillägg, har gjorts till denna rapportversion sedan föregående version (2016-02-29):

Torktid:

1. Ref 2 50x125 mm, från angivna 101 tim till korrekta 98 tim.
2. Alent 1 50x125 mm, från angivna 99 tim till korrekta 95 tim.
3. Ref1 75x150 mm, från angivna 142 tim till korrekta 148 tim.

På grund av dessa korrigeringar påverkas även de summerade resultaten, samt den procentuella skillnaden i torktid mellan referensmätningarna och leverantörsförsöken. Detta innebär dock inga betydande skillnader då korrigeringarna i sammanhanget är små.

Tid i tork efter avslutad torkning:
Detta är ett helt nya tillägg i resultaten för varje enskilt försök, samt under rubriken ”Diskussion”.

Tillägg i försöksupplägg:
Försöksupplägget i slutet på föregående rapportversion var inte helt uppdaterat. I projektplanen från 2013-07-04 innehåller försöksupplägget följande stycken under avsnittet ”Rapport” där det *kursiva* är nya tillägg.

”Två separata rapporter från studien författas *när inga fler försök ska genomföras*.”

”*Leverantörerna får läsa sin respektive rapport och komma med synpunkter inom fem arbetsdagar, SP förbehåller sig den slutgiltiga rätten att avgöra vad som publiceras.*”

”*Inga resultat offentliggörs från någon part, varken av SP, sågverk eller leverantörer, innan rapporterna publicerats.*”

Fläkttrender:
Ett tillägg för att förtydliga att fläktkurvorna i temperaturtrenderna i bilaga 1 till 3 inte visar varje fläktstopp, bara den procentuella hastigheten när fläktarna går.

Abstract

Fan speed control
–Industrial wood drying tests with Alent Drying AB

This work is a part of the national EESI-project financed by the Swedish Energy Agency. The goal is to test and demonstrate how the Swedish sawmill industry can save 20 % energy per produced cubic meter of sawn timber until year 2020 without decreasing the productivity and/or the quality of the final product. This demonstration has evaluated two different ways of regulating the circulation fans inside batch kilns compared with full fan speed throughout the whole drying process. The wood drying suppliers in this study has been Alent Drying AB and Valutec AB. Tests with Scots pine (*Pinus sylvestris*) of three different dimensions of sawn timber has been performed to evaluate energy use, drying time, and quality.

In this report the results from Alent's tests and reference tests, with 100 % fan speed throughout the whole drying process, is presented. For these tests Alent in average had the same drying time, reduced the electricity use with 59 % and increased the heat use by 11 % compared with the reference tests. In total when both electricity and heat is considered no considerable energy savings was detectable. Alent had larger moisture content variation and higher relative crack length compared with the reference tests.

Key words:
Wood drying, fan speed, intermittent, reduced, energy efficiency, wood quality, energy consumption, inverters, air velocity, batch kilns, sawmill.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2016:25
ISBN 978-91-88349-29-3
ISSN 0284-5172
Borås 2016

Omslagsbild: Torkfläkt i virkestork. Foto: Anders Lycken

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Innehållsförteckning

Sammanfattning **6**

1 Bakgrund **7**

2 Deltagare **9**

3 Teori **9**

4 Genomförande **10**
4.1 Produkter 10
4.2 Kammartorkar 11
4.3 Mätningar 12
4.4 Kvalitetskriterier 16
4.5 Genomförande 17
4.6 Installation 17

5 Resultat **18**
5.1 Furu 31x115 mm 12 % 18
5.2 Furu 50x125 mm 18 % 20
5.3 Furu 75x150 mm 18 % 21
5.4 Specifik energianvändning 22
5.5 Sammanställning 24

6 Diskussion **25**

7 Slutsatser **27**

8 Litteraturförteckning **28**

Bilaga 1 – Torktrender 31x115 mm 12 % **29**

Bilaga 2 – Torktrender 50x125 mm 18 % **31**

Bilaga 3 – Torktrender 75x150 mm 18 % **33**

Bilaga 4 – Inlinefuktkvot blåsdjupet 50x125 mm 18 % **35**

Bilaga 5 – Inlinefuktkvot blåsdjupet 75x150 mm 18 % **37**

Bilaga 6 – Torrviktsgradienter 31x115 mm 12 % **39**

Bilaga 7 – Torrviktsgradienter 50x125 mm 18 % **41**

Bilaga 8 – Torrviktsgradienter 75x150 mm 18 % **43**

Bilaga 9 – Mätupplägg **45**

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Förord

Ett stort tack till Setra Malå såg, Stenvalls Trä Lövholmen sågverk och Stora Enso Ala sågverk som ställt upp som värdsågverk. Tack till all personal på sågverk och hos leverantörerna Alent Drying AB och Valutec AB som ställt upp på det extra arbete dessa försök inneburit. Vi tackar även leverantörerna för gott samarbete och för att de ställt upp med och installerat de styrsystem som krävts.

Denna rapport ingår i rapporteringen från fas 2 av projekt EESI – EnergiEffektivisering i SågverksIndustrin. Rapporten är skriven främst för sågverkens personal, både i ledning och operativa funktioner samt för leverantörerna av styrutrustning för virkestorkar.

Projektet är finansierat av Energimyndigheten och deltagande industrier. Arbetet i denna demonstration har utförts av SP, vars personal vid torkförsöken haft värdefull hjälp av personal från värdsågverken.

Målet för EESI fas 2 har varit att via demonstrationer inom sågverksindustrin visa på ny teknik, eller befintlig teknik i nya tillämpningar, som möjliggör 20 % energieffektivisering per producerad kubikmeter sågat virke fram till år 2020, utan avkall på produktivitet och kvalitet.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Sammanfattning

I projektet EESI, EnergiEffektivisering i SågverksIndustrin, har flertalet demonstrationer genomförts för att utreda och visa hur sågverksindustrin skall effektivisera sin energianvändning per producerad kubikmeter med 20 % till år 2020. Projektets har finansierats av Energimyndigheten.

Denna demonstration har undersökt olika sätt att reglera cirkulationsfläktarna i kammartorkar vid torkning av sågat virke. Deltagande leverantörer har varit Alent Drying AB och Valutec AB. Valutec använder en relativt kontinuerlig luftcirkulation som anpassas genom att reglera cirkulationsfläktarnas hastighet. Alent använder sig av vad de kallar ”pumptorkning”, en mer oscillerande/intermittent reglering av cirkulationsfläktar och värme. Som jämförelse har referensmätningar med konstant full fläkthastighet genomförts. Båda leverantörerna, samt deltagande sågverk i EESI-projektet, har varit med i arbetet då försöksplan och mätupplägg designades. Respektive leverantör har ansvarat för sina torkförsök. Dessa försök ger inget svar på respektive regleringsmetods potential för ytterligare förbättringar. Mätupplägget har fokuserat på de parametrar som ansetts som viktigast.

Tre furuprodukter från centrumutbytet med olika dimensioner har testats för att få olika torkningsbetingelser, främst med avseende på ingående fuktkvot, sprickrisk och målfuktkvot. Produkterna som testats har samtliga kommit ifrån 2 ex-log postningar, d.v.s. två plankor från varje stocks centrumutbyte. De tre furuprodukterna är:

- 31x115 mm, målfuktkvot 12 %, skogfallande
- 50x125 mm, målfuktkvot 18 %, rotstock
- 75x150 mm, målfuktkvot 18 %, toppstock (friskkvist)

Resultaten från respektive leverantör presenteras i skilda rapporter. Resultaten i denna rapport härrör från försöken med Alent.

I medeltal har Alent, jämfört med referensmätningarna, använt 59 % mindre el per torkad kubikmeter, samtidigt som använd värme per torkad kubikmeter har ökat med 11 %. Absoluta mängden energi som använts är i princip oförändrad då den större mängden värme motsvarar den minskade mängden el. Prisskillnaden mellan el- och värmeenergi kan ändå motivera reducerad elanvändning.

Alent träffade målfuktkvoterna bättre jämfört med referensmätningarna. Torktiderna blev i medeltal 1 % länge för Alent (110 tim) jämfört med referensmätningarna (109 tim), trots att slutfuktkvoten i referensmätningarna i medel blev 1,4 %-enheter lägre.

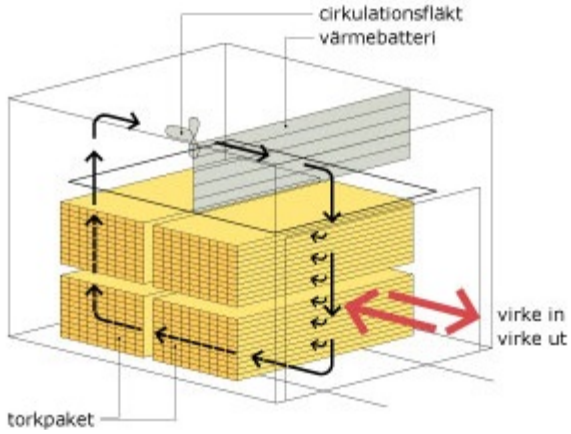
Det något högre utfallet i kvalitet sågfallande (A-C) i justerverket för Alent (91 %) anses till viss del bero på att referensmätningarna (88 %) generellt blev något mer övertorkade. Fuktkvotsspridningen för fem av de sex referensmätningarna, uppmätt med torrviktsprov, ligger inom kriterierna för den s.k. 10 %-regeln. Inget av Alents försök uppfyllde 10 %-regeln. Tre av Alents sex torkförsök var inom 0,2 %-enheter från att klara 10 %-regeln. Ett försök inom 0,5 %-enheter, samt ytterligare ett inom 0,8 %-enheter, från att klara 10 %-regeln.

Den relativa spricklängden blev dubbelt så stor vid Alents försök (4,8 %) jämfört med referensmätningarna (2,4 %). Inga betydande skillnader i fuktkvotsgradient och klyvgap har kunnat konstateras. Klyvgapets kvalitetskriterium uppfylldes för samtliga torkningar.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

1 Bakgrund

En stor del av virket som produceras vid svenska sågverk torkas i kammartorkar, även kallade satstorkar, se Figur 1. Inför en torkning fylls hela kammartorken med nysågat virke varpå själva torkningen startas. När virket är färdigtorkat töms därefter torken på virke innan en ny sats nysågat virke lastas in i torken. För att överföra värme till virket och transportera bort fukten från virkesytorna cirkuleras luft i virkestorken. Luftcirkulationen genom virkeslasten är påtvingad genom användandet av cirkulationsfläkar som drivs med hjälp av elmotorer. Dessa fläktar är vanligen den största användaren av elektrisk energi på ett sågverk då de ofta går dygnet runt. Värmen som tillförs torkprocessen härrör till största delen från värmebatterier placerade inuti torken i vilka varmvatten cirkuleras. Vanligtvis genereras denna värme i en närliggande pannanläggning där sågverkets restprodukter eldas, mestadels bark.



Figur 1. Schematisk bild över en kammartork (www.traguiden.se). Riktningen på luften som cirkulerar genom virket ändrar växelvis riktning, s.k. reversering, för att få en jämnare torkning i hela virkeslasten.

Hur stor procentuell andel fukt det finns i trä, fuktkvoten, beräknas enligt Formel 1. Ofta förkortas fuktkvoten som MC, från engelskans *moisture content*.

Formel 1. Beräkning av fuktkvot, MC.

$$MC = \frac{massa\ vatten}{massa\ torrt\ trä} \times 100\ [\%]$$

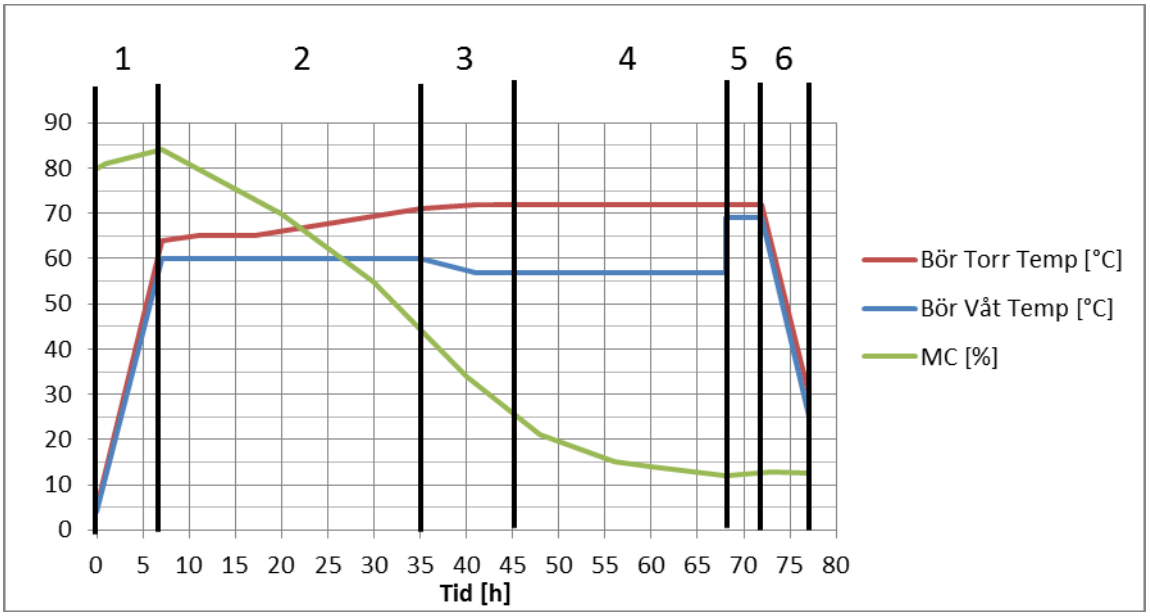
I norden använder man oftast begreppen torr- och våttemperatur samt tid när man pratar om klimatet under torkprocessen, se Figur 2. Torrtemperaturen är den ”vanliga” temperaturen medan våttemperaturen är den temperatur som mäts hos en temperaturgivare omlindand med en trasa som hålls konstant våt, den s.k. våttrasan. Våttemperaturen påverkas av vattnets förångningshastighet från våttrasan, d.v.s. av hur torrt/fuktigt klimat det är i virkestorken. Skillnaden mellan torr- och våttemperaturen kallas för psykrometerskillnad.

I kammartorkar är vanligtvis temperaturgivarna placerade på båda sidorna av virkeslasten. Det finns två dominerande styrmetoder, kant- eller medelvärdesstyrning. Kantstyrning innebär att temperaturen på den sida som luften träffar virket först (kallas för storm- eller trycksidan) regleras efter bestämda börvärden. Den andra sidan där luften kommer ut ur virkeslasten kallas för lä- eller sugsidan. Medelvärdesstyrning innebär att medeltemperaturen mellan storm- och läsidan regleras efter bestämda börvärden.

Inledningsvis under torkningen, när fuktkvoten är över fibermättnadspunkten, FSP (från engelskans *fiber saturation point*), finns det fortfarande kvar s.k. fritt vatten i virkets celler. FSP brukar anges till strax över 30 % för furu och gran. Denna inledande fas i

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

torkningen kallas för kapillärfasen, se Figur 2, och den karakteriseras av en kraftig fuktavgång och därför också ett stort behov av värme. När virkets fuktkvot närmar sig FSP övergår torkningen mer och mer till att ske genom att fukten diffunderar ut genom virkets cellväggar. Denna fas kallas därför för diffusionsfasen. Fuktavgången blir samtidigt mer och mer långsam allteftersom virket övergår till diffusionsfasen.



Figur 2. Olika torkfaser i ett exempel av industriellt torkschema, medelfuktkvoten är beräknad med hjälp av SPs torksimulator SP TORKSIM GLOBAL. 1) Uppvärmningsfasen. Ingen torkning, annars är risken för sprickor stor. 2) Torkningsfas, kapillärfasen. 3) Torkningsfas, torkningen övergår gradvis från kapillär till diffusion. 4) Torkningsfas, diffusionsfasen. I denna del av torkschemat finns ibland också den s.k. platåfasen med en konstant hög psykrometerskillnad, som i detta torkschema. 5) Konditioneringsfasen, fuktigt klimat för att bl.a. minska torkspänningar. Denna fas används vid behov. 6) Utkylningsfasen, kontrollerad nedkylning. Denna fas används vid behov.

Under diffusionsfasens relativt låga torkningshastighet finns det utrymme att spara elektrisk energi hos elmotorerna som driver cirkulationsfläktarna. Detta eftersom den låga fuktavgången hos virket innebär att behovet av cirkulationsluft för värmeöverföring och fukttransport också blir lägre. Många sågverk arbetar redan idag med denna fråga genom olika strategier för regleringen av cirkulationsfläktarna. Denna demonstration har undersökt två metoder av reglering, reducerad fläkthastighet och att man stoppar fläktarna i intervaller.

Eftersom en stor del av den tillförda elektriska energin till elmotorerna som driver cirkulationsfläktarna omvandlas till värme inuti virkestorken måste den elektriska energin som sparas kompenseras med att tillföra mer värme. Prisdifferensen mellan de två energislagen medför dock att besparingar i den elektriska energianvändningen är eftersträvansvärda.

En ökning av temperaturen och av psykrometerskillnaden ger båda en snabbare torkning och leder till att en mindre mängd luft måste ventileras och värmas. Justeringarna som görs i regleringen av cirkulationsfläktarna, torktemperaturer och torktider måste dock utformas så kvaliteten på det torkade virket och produktiviteten inte försämras mer än vad som kan accepteras. Vid felaktigt torkningsutförande riskeras t.ex. stor fuktkvotsspridning, stor fuktkvotsgradient, stora torkspänningar, sprickor m.m. Den totala torktidens påverkan på torkningskostnaden måste också beaktas för att man fullt ut skall kunna jämföra effekten av olika torkstrategier.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

2 Deltagare

I denna demonstration har Setra Group Malå sågverk, Stenvalls Trä Lövholmen sågverk och Stora Enso Ala sågverk medverkat. Resultaten från försöken på Malå och Lövholmen sågverk presenteras i denna rapport. Försöken som genomfördes på Ala sågverk blev inte fullständigt genomfört och kommer därför inte redovisas.

Leverantörer i denna demonstration har varit Alent Drying AB samt Valutec AB. I denna rapport kommer resultaten från referensmätningarna och Alents torkförsök presenteras.

3 Teori

Teorin är att justeringar av cirkulationsfläktarnas reglering, torktemperaturer och torktider i rätt skede av torkningen ger en energieffektivare torkprocess, utan att påverka produktiviteten och kvaliteten på det torkade virket mer än vad som är acceptabelt.

I vissa fall finns det en, eller flera, frekvensomvandlare inkopplade till cirkulationsfläktarna i en kammartok. Frekvensomvandlarna möjliggör reglering av varvtalet på cirkulationsfläktarna. Genom att fläktens effektbehov, enligt affinitetslagarna, förhåller sig till varvtalet i kubik ger även relativt små minskningar i varvtalet stora minskningar i effektbehovet, se Formel 2.

Formel 2. Proportionallitet mellan effektbehov (p) och varvtal (n) enligt affinitetslagarna.

$$p \propto n^3$$

För de kammartorkar som saknar frekvensomvandlare kan regleringen av cirkulationsfläktarna ske genom att dessa helt stannas med vissa intervall, s.k. intermittent drift. När luften i en kammartork ändrar riktning vid reversering av cirkulationsfläktarna, vanligtvis var 30-120 minut, stannar också fläktarna och luften en viss tid. Intermittent drift avser mer frekventa och långvariga stopp av fläktarna.

Det går även att kombinera nedvarvning och intermittentdrift i de fall det finns frekvensomvandlare.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

4 Genomförande

Se ”Bilaga 9 – Mätupplägg” för fullständig beskrivning av mätförfarande och mätupplägg för de genomförda torkförsöken. Båda leverantörerna och deltagande sågverk har aktivt medverkat vid framtagandet av mätupplägg och provplan.

I försöksupplägget fanns en begränsning som sade att det som max fick vara 82°C under torkprocessen i någon del av kammartorken. Denna begränsning infördes för att värdsågverken önskade att inte torka vid högre temperaturer än så.

Mätmetoder och kvalitetskrav som använts i detta projekt bygger till största del på följande handledning och standarder:

- *Leveranskontroll av virkestorkar – En handledning i utförande av en leveranskontroll.* Anders Rosenkilde (1996), Trätek Handledning 9601003, ISSN 1400-4615

- *Torkat virke – hur man ställer rätt krav*. Björn Esping (1998), Trätek ISBN 91-88170-26-8

- *SS-EN 13183-1, Trävaror - Fuktmätning - Del 1: Bestämning av fuktkvoten hos ett stycke sågat virke (Torrviktsmetoden - Ugnstorkning)*

- *SS- EN 13183-2, Trävaror - Fuktmätning - Del 2: Skattning av fuktkvoten hos ett stycke sågat virke (Resistansmetoden)*

- *SS-EN 14298, Sågat virke – Bedömning av torkningskvalitet*

- *SS-ENV 14464 Sågat virke - Metod för bedömning av inre spänningar (klyvprov)*

Totalt bygger de redovisade resultaten på data från referensmätningar och från båda leverantörernas torkningar, totalt 18 försök, d.v.s. 18 torksatser torkade i kammartork. Förutom försöken som redovisas genomfördes ytterligare sex torkförsök, samt fyra startade men avbrutna försök, på Ala sågverk. Problemen berodde på bristande värmeförsörjning, detta ledde till beslutet att avbryta försöken på Ala sågverk. Även de genomförda försöken hade mindre värmebortfall och kunde därför inte ses som representativa.

4.1 Produkter

De tre produkterna som ingått i studien presenteras i Tabell 1. Bakgrunden till att dessa valdes kan sammanfattas som:

1. Endast furu

I försöksupplägget var det önskvärt att genomföra torkförsöken på furuprodukter på grund av dess generellt något högre råa fuktkvot och något högre sprickrisk. Resultaten skulle riskera att bli intetsägande om det bara finns en liten mängd vatten att torka bort samtidigt som den viktiga kvalitetsparametern sprickor skulle ha saknats.

2. Furu 50x125 mm målfuktkvot 18 %

Initialt vid utformningen av försöksupplägget planerades det att genomföra torkförsöken med endast en produkt. Malå sågverk ställde upp som värdsågverk och i samråd utsågs denna produkt för att den var ofta återkommande i produktionen, har relativt hög rå fuktkvot samtidigt som den erfarenhetsmässigt ansågs som mer sprickbenägen.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

3. Furu 75x150 mm målfuktkvot 18 %

När försöksupplägget utökades till tre produkter var önskemålet från deltagande sågverk i EESI-projektet att försök med en 75 mm tjock furuprodukt skulle ingå i testerna. Malå sågverk ställde återigen upp som värdsågverk och deras mest frekventa 75 mm tjocka furuprodukt valdes.

4. Furu 31x115 mm målfuktkvot 12 %

Lövholmen sågverk som är ett furu-klentimmersågverk sågar inte 75 mm tjocka produkter, därför genomfördes torkförsöken här med en tunnare produkt. Diskussioner om huruvida en produkt från centrumutbytet eller en sidbräda skulle testas i torkförsöken förekom. Med en sidbräda skulle den råa fuktkvoten bli högre och mer utslagsgivande.
Men en centrumprodukt valdes då värdsågverket inte såg något eget intresse i att torka sidbrädor i kammartork. Detta ansågs även vara fallet för många av de andra deltagande sågverken i EESI-projektet då sidbrädor ofta torkas i kanaltorkar. Dessutom sågs det som en fördel med torkning till en lägre målfuktkvot än vad som varit fallet ifall en produkt från sidobrädor valts.

Tabell 1. Produkter och sågverk där respektive försök genomfördes.

Dimension [mm]	Träslag	Målfuktkvot [%]	Antal ex	Stocktyp	Sågverk
31x115	Furu	12	2	-	Lövholmen
50x125	Furu	18	2	Rot	Malå
75x150	Furu	18	2	Topp	Malå

Från tabellen kan man se att endast den tunnaste produkten sågades från s.k. skogfallande timmer, d.v.s. helt utan stocktypsortering. Lövholmen sågverk är ett specialiserat klentimmersågverk.

4.2 Kammartorkar

Torkhusen till kammartorkarna har på båda sågverken varit byggda i betong, se Tabell 2. Skicket på torkarna anses vara i bra bruksskick. I torken på Malå fanns det hängande takflaps på alla positioner, förutom närmast porten där flapsen var integrerade i en tryckram. Flapsen på ena väggen var fasta medan de på den andra väggen var utvikbara.

Torkhusen på Lövholmen var relativt nyligt renoverade med bl.a. nytt invändigt tätskikt och tryckramar med inbyggda flaps på samtliga positioner. Flapsen på båda väggarna var här fasta.

I Malå angränsade kammartorkarna till ett uppvärmt utrymme på ena sidan och en annan kammartork på den andra sidan. På Lövholmen angränsade kammartorken mot andra kammartorkar på båda sidorna. Baksidorna på samtliga torkar var fria, d.v.s. de angränsade inte till någon annan byggnad.

Tabell 2. Information om kammartorkarna där försöken genomfördes. Samtliga kammartorkar var utrustade med HTVVB, högtrycksvarmvattenbasning.

Sågverk	Tork ID	Byggnad	Antal Paket	Blåsdjup [m]	Fläkteffekt [kW]	Basning	Strötj. [mm]
Malå	14/15	Betong	6 staplar 4 i höjd	9,5	22 x 3st	HTVVB	25
Lövholmen	28	Betong	5 staplar 2 i höjd	9,6	11 x 3st	HTVVB	30

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Figur 3. Bild på fyra kammartorkar på Lövholmen sågverk. Kammartork 28 är den andra kammaren från höger.

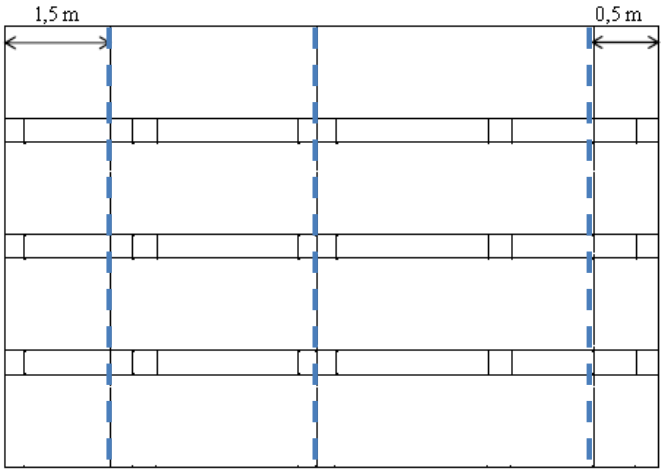
Figur 4. Bild på sex kammartorkar vid Malå såg. Kammartork 14 är den öppna kammaren till höger om gångdörren. Kammartork 15 är den stängda kammartorken till vänster om gångdörren.

4.3 Mätningar

All mätutrusning som använts vid försöken har tillhört SP och har varit kalibrerade eller kontrollerade.

Inför försöken med respektive produkt har lufthastigheten mätts i kammartorkarna enligt Figur 5. Mätningarna skedde manuellt med vinghjulgivare på läsidan med 100 % fläkt-hastighet. Mätningarna utfördes i 60 mätpunkter, 20 mätningar i strömellanrummen 1,5 m respektive 0,5 m in från kanterna samt efter mitten på paketens långsida.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB



Figur 5. Vy mot paketens långsida placerade i en kammartork. Streckade linjer på virkespakets långsidor efter vilka lufthastigheten i strömellanrummen mättes med vinghjulsgivare. Mätningen skedde på den s.k. läsidan.

Resultaten från lufthastighetsmätningarna presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. Uppmätta lufthastigheter i strömellanrummen i samtliga kammartorkar för respektive produkt med 100 % fläkthastighet.

Dimension [mm]	Kammartork	Lufthastighet medel [m/s]	Lufthastighet Std.av. [m/s]
31x115	28	3,3	0,7
50x125	14	3,8	0,5
75x150	15	4,9	1,0

Mätning av tillförd elektrisk energi gjordes med en Fluke 1735 trefas-effektlogger och mätningen av tillförd värme med en General Electric PT878 flödesmätare, se Figur 6. Denna liksom all övrig mätutrustning såsom t.ex. skjutmått, resistiva fuktkvotsmätare, måttband och vågar har tillhört SP och har varit kalibrerade eller kontrollerade.

Elmätarna har varit placerade på inkommande ledning till frekvensomriktarna, detta innebär att även förlusterna i frekvensomriktarna ingår i angiven elanvändning. Flödesmätarna har placerats på kammartorkarnas värmesystem mellan shuntgruppen och värmebatteriet. Flödesmätaren har två utanpåliggande temperaturgivare som placerats på fram- och returvärmeledningen. Tillhörande ultraljudsflödesgivare, som också är utanpåliggande, placerades på en av värmeledningarna. Flödet på värmebäraren samt temperaturskillnaden mellan fram- och returledning ger en värmeeffekt.

Vid varje försöksled har värmemätaren monterats på rören för värmebäraren inför referenskörningen och sedan suttit kvar på samma ställe, utan nedmontering, under körning av leverantörsförsök. Detta har gjorts för att minimera risken för skillnader i mätresultat mellan referens och leverantörsförsök beroende på installationsförhållanden.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

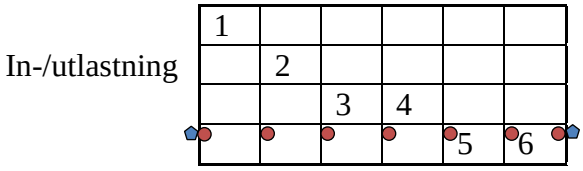
Figur 6. En del av mätutrustningen från SP som använts vid försöken. (1) Delmhorst RDM3, resistiv fuktkvotsmätare. (2) Fluke 1735, trefas-effektlogger. (3) GE PT878, flödesmätare med utanpåliggande ultraljuds- och temperaturgivare för värmemängdsmätning. (4) Gemini data loggers Tinytag, data-logger som används tillsammans med en extern temperaturtermistor (ej med i bild).

Vid varje torkförsök placerades temperaturloggrar (Tinytag) i kammartorkarna enligt Figur 8 och Figur 9. Temperaturgivare utrustade med våttrasa och vattenbalja placerades därefter på sidan om virkeslasten enligt Figur 7.

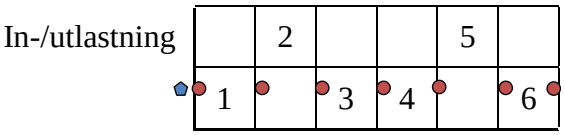
Figur 7. Bild på utsidan av ena kantstapeln vid ett av försöken. I bilden är de externa temperatur-givarna för torr- och våttemperatur markerade. I den rostfria behållaren finns vatten för att hålla ”våttrasan” fuktig under hela torkprocessen.

Provtagning och mätningar efter tork gjordes på paket, s.k. provpaket, som stått på vissa förutbestämda platser i kammartorkarna. Vilka paket som hamnade på dessa positioner kan anses som slumpmässigt.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB



Figur 8. ***Malå: Figur över provpaketens placering (de numrerade paketen) sett ifrån kammartorkens sida, samt placering av temperaturloggrar (torrtemperatur (●) och våttemperatur med "våttrasa" (⬟)). Alla loggrar placeras i mitten av paketens längdled.***



Figur 9. ***Lövholmen: Figur över provpaketens placering (de numrerade paketen) sett ifrån kammartorkens sida, samt placering av temperaturloggrar (torrtemperatur (●) och våttemperatur med "våttrasa" (⬟)). Alla loggrar placeras i mitten av paketens längdled.***

Förutom energimätningarna och temperaturloggningarna gjordes ett antal andra mätningar, och prover togs, före och efter varje torkförsök enligt Tabell 4. För beskrivning av mätförfarande se "Bilaga 10 - Mätupplägg".

Tabell 4. Mätningar som gjordes före och efter varje torkförsök. Antal prover berodde i vissa fall på antalet virkesstaplar i kammartorkarna. Antal plank som ingick i sprickmätningen berodde på antalet plank per virkeslag.

Före torkstart	**Antal [st]**
Torrvikt, MC och densitet, $\rho_{0,rå}$	30
Efter avslutad torkning	**Antal [st] (31x115 / 50x125 / 75x150)**
Torrvikt, MC	48
Fuktkvotsgradient torrvikt	18
Fuktkvotsgradient resistiv	60
Klyvprov	36
Plank Sprickmätning	216 / 216 / 180
Justerverksutfall	Samtliga
Justerverk Kapacitiv fuktkvot (inline-MC)	- / Samtliga / Samtliga

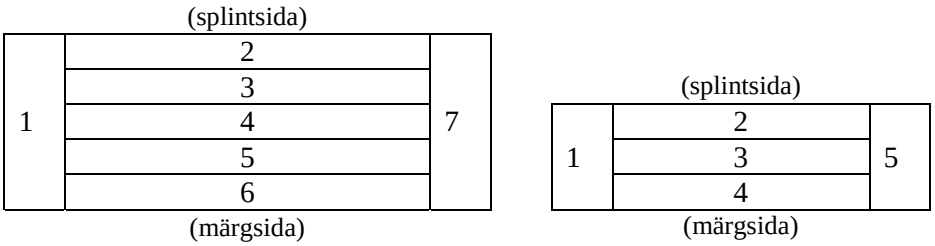
Spricklängden mättes manuellt på samtliga sprickor som syntes på splintvedssidan då man stod på virket. Samma person utförde samtliga sprickmätningar. Sprickor i kortändarna (s.k. "ändsprickor") eller sprickor i eller omkring kvistar mättes ej. Sprickor i samband med diagonal märg genom virkestycket eller när märgens periferi var mer än tre mm in i virkestycket från märg-flatsidan mättes inte. De fyra plankorna med längst sammanlagd spricklängd i varje försök sorterades bort och togs inte med i uträkningarna eller resultatet. Detta för att exkludera individer som spricker även vid mycket mild torkning. Den relativa spricklängden räknas ut enligt Formel 3.

Formel 3. Beräkning av relativspricklängd. De 2 % av virkesstyckena med längst spricklängd exkluderas och tas inte med i beräkningarna, detta för att exkludera virkesstycken som spricker även vid mycket mild torkning.

$$Relativsprickläng d = \frac{\sum sprickläng d}{\sum inspekterad\ plankläng d} \times 100\ [\%]$$

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

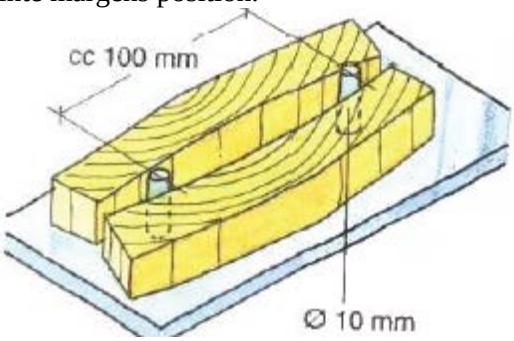
Klyvning av lameller för fuktkvotsgradientsbestämning genom torrviktsprover skedde enligt Figur 10, lamellerna i mitten klyvs till samma tjocklek. Fuktkvotsgradienten som anges i denna rapport är differensen i fuktkvot mellan lamellen på splintsidan (nr. 2) och lamellen i mitten. Då den tunnaste produkten bara klövs till tre lameller har mittenlamellen nummer 3 för denna produkt och nummer 4 för de tjockare produkterna.



Figur 10. Fuktkvotsgradient med torrviktsmetoden. Den tunnaste produkten (31 mm) klövs i tre lika tjocka mittlameller, de två tjockare produkterna (50 och 75 mm) klövs i fem lika tjocka mittlameller. Fuktkvotsgradienten som anges är differensen mellan lamellen närmast splintsidan och den i mitten.

I Malå erhölls fuktkvotsdata från en Brookhuis inline-fuktkvotsmätare, (en kapacitiv beröringsfri automatisk fuktkvotsmätare) i justerverket för nästan varje enskilt virkesstycke. Vid varje justerverksomgång för respektive torkförsök noterades i vilken ordning virkespaketen kom. Mellanrum hölls mellan varje paket i justerverket för att förhindra att virkesstycken från olika paket skulle blandas ihop innan fuktkvotsmätaren. Då paketen i princip alltid var ”helpaket” användes det genomsnittliga antalet virkesstycken per paket för att kunna beräkna medelvärde och standardavvikelse för varje stapel i kammartorken.

Klyvproven har kluvits och mätts enligt Figur 11. Vid klyvprovsmätningen exkluderades klyvprov med felaktigt placerad märg. Endast klyvprov utan märg, eller där märgen tangerade virkesytan, inkluderades i utvärderingen. Detta orsakar att antalet klyvprov kan variera mellan försöken. I efterhand har det konstaterats att det inte påverkade resultaten i någon betydande omfattning om klyvprov med märgen inuti tvärsnittet exkluderades eller inte. Utifrån detta finns ingen anledning till avsteg från standard, enligt standard beaktas inte märgens position.



Figur 11. Illustration av klyvprovmätning för att mäta klyvgapet som uppstår efter 24 timmars konditionering i t.ex. en plastpåse. Klyvgapet är ett resultat av inrespänningar.

Torktid, el- och värmeanvändning har räknats den tiden på processen varit igång. Processen anses ha varit igång när cirkulationsfläktarna gått samt styrsystemet aktiv reglerat klimatet.

4.4 Kvalitetskriterier

Kvalitetskriterier infördes för ett antal mätetal, se Tabell 5, dessa kriterier kunde leverantörerna frivilligt välja att använda som riktmedel på vad som kan anses som en acceptabel kvalitetsnivå.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Tabell 5. Frivilliga kvalitetskriterier. Se ”Bilaga 9 – Mätupplägg” för mer detaljerad beskrivning.

Mätetal	Bedömningsgrund	Kriteriet (max)
Medelfuktkvot (torrvikt)	10 %-regeln	± *målfuktkvot* x 0,1
Std.av. fuktkvot	10 %-regeln	*medelfuktkvot* x 0,1
Klyvprov	80 %-percentilen	2 mm
Relativ sprickl ängd	sprickl ängd/planklängd	31x115 mm: 3 %
		50x125 mm: 3 %
		75x150 mm: 7 %
Relativ sprickl ängd övre 95 % konf.	Relativ sprickl ängd + 2 %-enheter	5, 5 respektive 9 %

Notera att kriterierna för relativsprickl ängd i Tabell 5 normalt tillämpas vid torkning av virke som sågats av skogfallande timmer. Vid dessa försök har virke från försorterat timmer ibland använts, t.ex. efter stocktypen rotstock. För respektive produkt har dock förutsättningarna alltid varit desamma.

4.5 Genomförande

Referensmätningar

Referensmätningarna med 100 % fläkthastighet har SP och respektive värdsågverk ansvarat för. Samtliga torkscheman som använts vid referensmätningarna har utgått ifrån ett befintligt torkschema. SPs torksimulator SP TORKSIM har sedan använts för att utvärdera och eventuellt justera torkschemat så att torktid, fuktkvotsspridning och sprickrisk ligger på lämpliga nivåer.

Innan leverantörsförsök

Leverantören har i god tid innan sitt försök fått alla resultat från lufthastighetsmätningarna och referensmätningarna. Med resultaten från referensmätningarna har leverantören bl.a. fått information om förväntad densitet, rå fuktkvot, relativ sprickl ängd, el- och värmeanvändning för att kunna optimera sitt torkförsök. Dessa resultat har skickats ut till samtliga parter i detta projekt.

Efter startat torkförsök

Resultaten från torrviktsproven (rå fuktkvot och densitet) som togs i samband med att torkningen startades skickades ut följande förmiddag. Detta för att ge leverantören en chans att korrigera torkprocessen för eventuell skillnad i ingående fuktkvot och densitet mellan referensmätningen och det faktiska torkförsöket. Denna information skickades ut till samtliga parter i detta projekt vid varje startat torkförsök för att ge en kontinuerlig uppdatering om eventuella förändringar.

Efter avslutat torkförsök

Efter att torkningen avslutats, att manuella mätningar efter tork genomförts och att virket passerat justerverket sammanställdes resultaten och skickades ut till den berörda leverantören (endast).

4.6 Installation

För denna demonstration har styrsystem och PLC bytts av respektive leverantör. I vissa fall har även byte mellan analog och digital shuntventil skett för värmebärarflödet.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

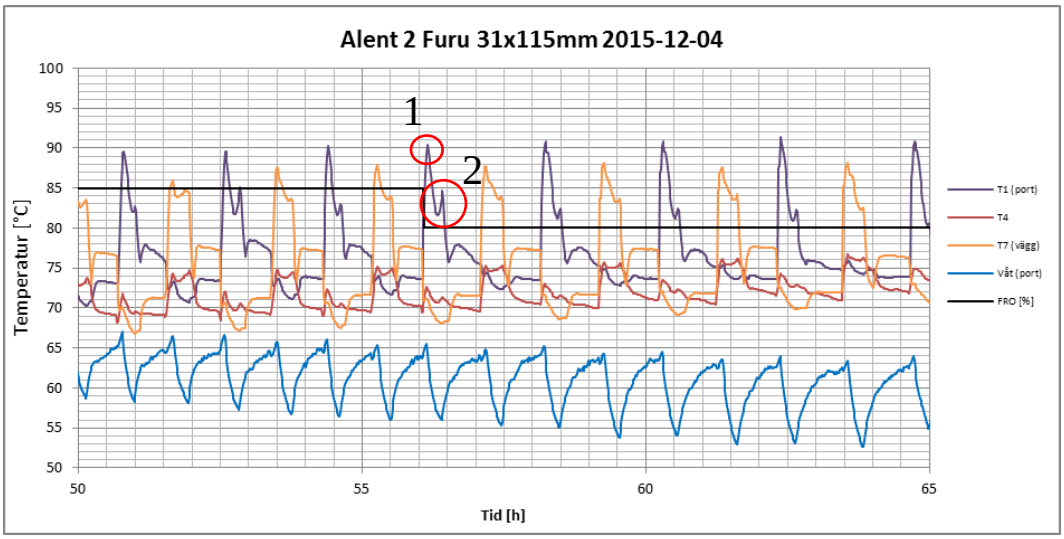
5 Resultat

I bilaga 1 till 3 visas uppmätta temperaturer för samtliga torkförsök tillsammans med cirkulationsfläktarnas utstyrning.

Här nedan presenteras först resultaten uppdelat per dimension, följt av en mer kortfattad resultatsammanställning.

I försöksupplägget fanns en begränsning som sade att det som max fick vara 82°C under torkprocessen. Denna begränsning infördes för att värdsågverken önskade att inte torka vid högre temperaturer än så. Alent har efter deras första försök med 31x115mm och 50x125mm påmints om detta eftersom temperaturen periodvis varit högre.

Tre saker att beakta är Alents hastiga temperaturvariationer, skillnader i kalibrering/justering av temperaturgivare mellan styrsystem och temperaturloggrar samt att Alent använder medelvärdesstyrning. I och med medelvärdesstyrningen blir det svårare att förutse temperaturen på ”stormsidan”, d.v.s. den sida som den uppvärmda luften blåser ner mot virket. De snabba temperaturfluktuationerna i Alents torkprocess skapar höga temperaturer under relativ kort tid, se Figur 12. De högsta temperaturerna (1) följs av en period med något lägre temperatur (2).



Figur 12. Temperaturtrender från Alents andra försök med 31x115 mm. I samband med de oscillerande/intermittenta temperaturfluktuationerna i Alents processtyrning förkommer höga temperaturer kortvarigt (1) följt av en period med något lägre temperatur (2).

Även de något lägre temperaturerna (2) har överstigit den tillåtna temperaturen vid följande Alent-försök: 31x115 mm nr 1 och 2, 50x125 mm nr 1 och 75x150 mm nr 2.

5.1 Furu 31x115 mm 12 %

Försöken som genomfördes under andra halvåret av 2015 med furu 31x115 mm målfuktkvot 12 % presenteras i Tabell 6. De procentuella skillnaderna i använd energi för Alent är jämförda med referensmätningarnas medelenergianvändning.

På grund av praktiska orsaker på sågverket skiljer det hur lång tid virket stått kvar i kammartorken innan den tömts. Framför allt vid referensmätningen blev virket stående kvar länge i den varma kammatorken, detta är en bidragande orsak till att slutfuktkvoten blev lägre än målfuktkvoten.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Under Alents första försök uppstod ett par mindre värmebortfall, detta föranledde en omstart av torksatsen för att förlänga torktiden.

Torktid, el- och värmeanvändning räknas bara när torkprocessen är igång.

Tabell 6. Sammanställning av resultaten från torkförsöken med furu 31x115 mm målfuktkvot 12 % i kammartork 28 på Lövholmen sågverk. Färgmarkerade rutor är de frivilliga kvalitetskriterierna.

	Referens	Alent 1	Alent 2
Datum torkstart	2015-10-01	2015-11-16	2015-12-04
Styrsystem	Alent DryTec	Alent DryTec	Alent DryTec
Nom. Virkesvolym [m^3]	89,6	88,0	93,6
Rå fuktkvot, medel [%]	70	90	76
Rå fuktkvot, 95%-konf. [%]	62-78	78-102	66-85
Rå fuktkvot, std.av. [%]	21	33	27
Densitet ($\rho_{0,rå}$), medel [kg/m^3]	400	406	396
Densitet ($\rho_{0,rå}$), 95%-konf. [kg/m^3]	386-414	385-427	380-413
Densitet ($\rho_{0,rå}$), std.av. [kg/m^3]	40	59	46
Fuktkvot, torrvikt medel [%]	8,2	12,3	12,7
Fuktkvot, torrvikt std.av. [%]	1,2 [B]	1,4	1,8
Fuktkvot, elstift differens Mittstaplar-Kantstaplar [%-enh.]	-0,6	2,5	1,7
Fuktkvotsgradient, torrvikt medel [%-enh.]	2,0	1,1	1,6
Fuktkvotsgradient, torrvikt std.av. [%-enh.]	0,4	0,6	0,8
Fuktkvotsgradient, resistiv medel [%-enh.]	- [C]	0,7	1,4
Fuktkvotsgradient, resistiv std.av. [%-enh.]	- [C]	1,5	0,8
Antal klyvprov [st]	30	28	28
Klyvprov, medel [mm]	1,5	1,4	1,2
Klyvprov, std.av. [mm]	0,5	0,5	0,5
Klyvprov, 80%-percentil [mm]	2	1,6	1,6
Andel plank med sprickor [%] [A]	0	0	0
Utfall justerverk Sågfallande I-V [%]	78,1	95,6	93,1
Temperatur ute, medel [°C][E]	7,2	1,2	1,4
Tot. Torktid (uppv.+torkning+kond) [h]	89 [D]	88 [D]	78
Tid i tork efter avslutad torkprocess [h]	28	3	2
El cirkulationsfläktar [kWh] [kWh/m^3] (%-förändring)	2 300 26	1 112 13 (-51 %)	1094 12 (-54 %)
Värme värmebatteri [kWh] [kWh/m^3] (%-förändring/m^3)	24 213 270	27 884 317 (+17 %)	29558 316 (+17 %)
Total energianvändning [kWh] [kWh/m^3] (%-förändring/m^3)	26 513 296	28 996 330 (+11 %)	30652 327 (+11 %)

[A] Exklusive de 2 % av plankorna med längst relativ spricklängd.
[B] Klarar 10 %-regeln för målfuktkvoten (max std.av. 1,2 %), men inte spridningen för uppmätt medelfuktkvot (max std.av. 0,8 %).
[C] Resistiv fuktkvotsgradient var ej möjligt att mäta upp pga. för torra virkesytor.
[D] Den tid då cirkulationsfläktarna gick räknas som torktid.
[E] Medeltemperatur ute under torkförsöket (SMHI öppna data).

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

5.2 Furu 50x125 mm 18 %

I Tabell 7 presenteras resultaten från referensmätningar och Alents försök med furu 50x125 mm rotstock med målfuktkvot 18 %.

Tabell 7. Sammanställning av resultaten från torkförsöken med furu 50x125 mm, rotstock, målfuktkvot 18 %. Färgmarkerade rutor är de frivilliga kvalitetskriterierna.

	Referens 1	Alent 1	Referens 2	Alent 2
Datum torkstart	2013-04-25	2013-05-23	2013-08-29	2013-10-15
Styrsystem	Alent DryTec	Alent DryTec	Valmatics	Alent DryTec
Nom. Virkesvolym [m^3]	165	164,7	161,8	164,3
Rå fuktkvot, medel [%]	70	58	63	75
Rå fuktkvot, 95%-konf. [%]	61-79	51-64	55-71	66-85
Rå fuktkvot, std.av. [%]	26	19	23	26
Densitet ($\rho_{0,rå}$), medel [kg/m^3]	412	429	418	432
Densitet ($\rho_{0,rå}$), 95%-konf. [kg/m^3]	391-433	412-445	402-433	412-453
Densitet ($\rho_{0,rå}$), std.av. [kg/m^3]	58	46	43	58
Fuktkvot, torrvikt medel [%]	15,7	14,7	16,8	17,4
Fuktkvot, torrvikt std.av. [%]	1,1	1,7 [B]	1,6	2,5
Fuktkvot, inline medel [%]	15,3	13,3	18,5	17,9
Fuktkvot, inline std.av. [%]	2,0	1,6	2,2	2,8
Fuktkvot, inline differens Mittstaplar-Kantstaplar [%-enh.]	0,6	1,3	0,5	2,7
Fuktkvotsgradient, torrvikt medel [%-enh.]	6,3	6,9	4,1	7,3
Fuktkvotsgradient, torrvikt std.av. [%-enh.]	1,1	1,2	1,5	1,2
Fuktkvotsgradient, resistiv medel [%-enh.]	6,7	7,1	6,3	9,6
Fuktkvotsgradient, resistiv std.av. [%-enh.]	1,9	2,3	1,8	3,4
Antal klyvprov [st]	32	18	31	27
Klyvprov, medel [mm]	1,3	1,6	1,1	1,2
Klyvprov, std.av. [mm]	0,3	0,3	0,4	0,5
Klyvprov, 80%-percentil [mm]	1,6	1,8	1,4	1,7
Andel plank med sprickor [%] [A]	20	46	18	43
Relativspricklängd, medel [%] [A]	2,8	5	2,0	5,2
Relativspricklängd, övre 95%-konf.[%] [A]	3,8	6,1	2,7	6,4
Utfall justerverk Sågfallande I-V [%]	92,7	88,4	83,7	73,5
Temperatur ute, medel [°C][C]	2,4	13,0	10,5	-3,3
Tot. Torktid (uppv.+torkning+kond) [h]	98	95	98	95
Tid i tork efter avslutad torkprocess [h]	2	3	0	0
El cirkulationsfläktar [kWh] [kWh/m^3] (%-förändring/m^3)	6 604 40	3 462 21 (-47 %)	6 455 40	2 868 18 (-56 %)
Värme värmebatteri [kWh] [kWh/m^3] (%-förändring/m^3)	32 771 199	29 493 179 (-2 %)	26 879 166	32 092 195 (+7 %)
Total energianvändning [kWh] [kWh/m^3] (%-förändring/m^3)	39 375 239	32 955 200 (-10 %)	33 334 206	34 960 213 (-4 %)

[A] Exklusive de 2 % av plankorna med längst relativ spricklängd.
[B] Klarar 10 %-regeln för målfuktkvoten (max std.av. 1,8 %), men inte spridningen för uppmätt medelfuktkvot (max std.av. 1,47 %).
[C] Medeltemperatur ute under torkförsöket (SMHI öppna data).

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

5.3 Furu 75x150 mm 18 %

Under vintern 2014-2015 genomfördes försöken med furu 75x150 mm till målfuktkvot, resultaten visas i Tabell 8.

Tabell 8. Sammanställning av resultaten från torkförsöken med furu 75x150 mm, toppstock, mål-fuktkvot 18 %. Färgmarkerade rutor är de frivilliga kvalitetskriterierna.

	Referens 1	Alent 1	Referens 2	Alent 2
Datum torkstart	2014-12-11	2015-01-14	2015-02-10	2015-03-24
Styrsystem	Alent DryTec	Alent DryTec	Valmatics	Alent DryTec
Nom. Virkesvolym [m^3]	170,9	170,6	170,5	170,5
Rå fuktkvot, medel [%]	57	47	51	52
Rå fuktkvot, 95%-konf. [%]	49-65	41-53	45-57	43-60
Rå fuktkvot, std.av. [%]	23	16	17	24
Densitet ($\rho_{0,rå}$), medel [kg/m^3]	374	383	380	373
Densitet ($\rho_{0,rå}$), 95%-konf. [kg/m^3]	362-385	373-392	372-388	366-380
Densitet ($\rho_{0,rå}$), std.av. [kg/m^3]	32	27	23	19
Fuktkvot, torrvikt medel [%]	15,7	17,1	16,5	16,6
Fuktkvot, torrvikt std.av. [%]	1,4	1,9	1,3	2,2
Fuktkvot, inline medel [%]	15,4	15,6	15,6	16,9
Fuktkvot, inline std.av. [%]	2,0	1,9	1,9	2,4
Fuktkvot, inline differens Mittstaplar-Kantstaplar [%-enh.]	0,6	0,9	0,2	1,4
Fuktkvotsgradient, torrvikt medel [%-enh.]	8,5	8,0	7,7	7,7
Fuktkvotsgradient, torrvikt std.av. [%-enh.]	1,4	1,8	1,6	1,5
Fuktkvotsgradient, resistiv medel [%-enh.]	9,6	8,3	8,8	9,4
Fuktkvotsgradient, resistiv std.av. [%-enh.]	2,3	2,1	1,7	2,3
Antal klyvprov [st]	23	28	21	26
Klyvprov, medel [mm]	1,0	0,7	0,7	0,9
Klyvprov, std.av. [mm]	0,3	0,2	0,2	0,2
Klyvprov, 80%-percentil [mm]	1,1	0,9	0,9	1,1
Andel plank med sprickor [%] [A]	30	38	5	17
Relativspricklängd, medel [%] [A]	4,4	7,5	0,4	1,3
Relativspricklängd, övre 95%-konf. [%] [A]	5,7	10,1	0,6	1,8
Utfall justerverk I-VI [%]	97,7	98,4	98,8	98,9
Temperatur ute, medel [°C][B]	-4,2	-12,1	-3,7	-4,8
Torktid (uppv.+torkning+kond) [h]	148	165	131	140
Tid i tork efter avslutad torkprocess [h]	0	2	15	0
El cirkulationsfläktar [kWh] [kWh/m^3] (%-förändring/m^3) [C]	9 838 58	3 512 21 (-64 %)	8 372 49	2 364 14 (-72 %)
Värme värmebatteri [kWh] [kWh/m^3] (%-förändring/m^3) [C]	26 928 158	34 613 203 (+22 %)	19 169 112	18 838 110 (-2 %)
Total energianvändning [kWh] [kWh/m3] (%-förändring/m^3) [C]	36 766 216	38 125 224 (+3 %)	27 541 161	21 202 124 (-23 %)

[A] Exklusive de 2 % av plankorna med längst relativ spricklängd.
[B] Medeltemperatur ute under torkförsöket (SMHI öppna data).
[C] Försök 1 jämförs med referens1 och försök 2 med referens 2 på grund av lägre uppmätt flöde vid de senare mätningarna.

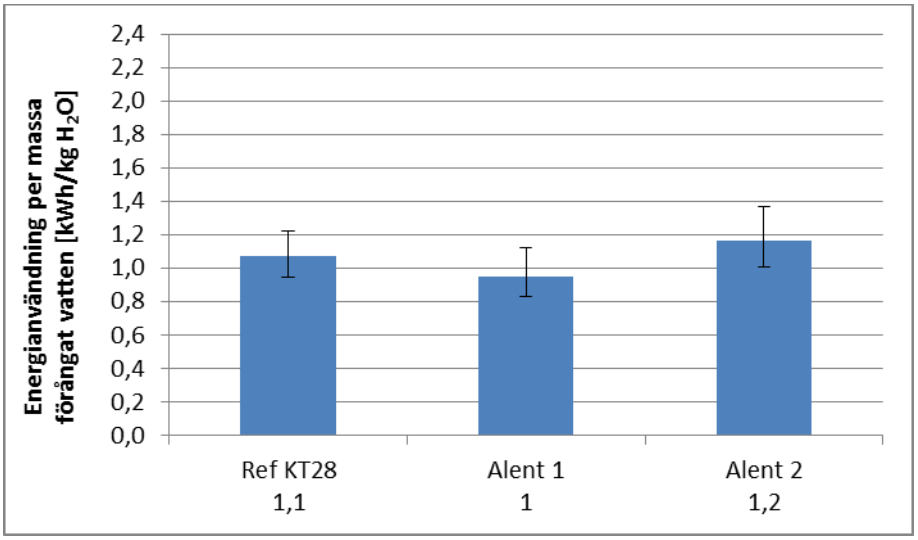
© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

5.4 Specifik energianvändning

I Figur 13 till Figur 15 visas energianvändning per mängd förångat vatten. Detta baseras på den totala energianvändningen av uppmätt el- och värmeanvändning. I den energianvändningen ingår t.ex. energi för att värma och eventuellt tina fruset virke, värma torkbyggnaden, transmissionsförluster genom torkbyggnadens skal, förångning av vatten och ventilationsförluster.

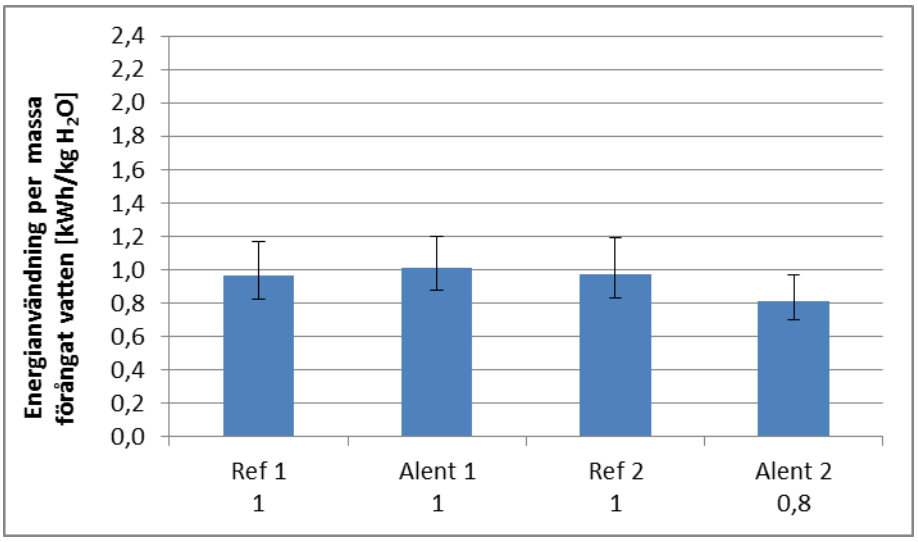
Torksatsens virkesvolym är korrigerad med uppmätta råmått för att få en mer korrekt virkesvolym vid beräkning av mängden vatten i virket innan torkning. För densiteten som i medeltal har varierat mindre mellan försöken för respektive dimension/produkt har ett totalt medelvärde för samtliga mätningar använts vid beräkningarna.

Osäkerheten i uppmätt fuktkvot innan tork och hur denna påverkar energianvändningen per massa förångad mängd vatten visas med felstaplarna i figurerna. Felstaplarna baseras på 95 %-konfidensintervallet enbart för den uppmätta fuktkvoten innan torkning. Osäkerheten i uppmätt medel slutfuktkvot är mycket mindre och påverkar felstaplarna generellt med en ökad spridning/osäkerhet på 0,02 till 0,04 kWh/m^3.

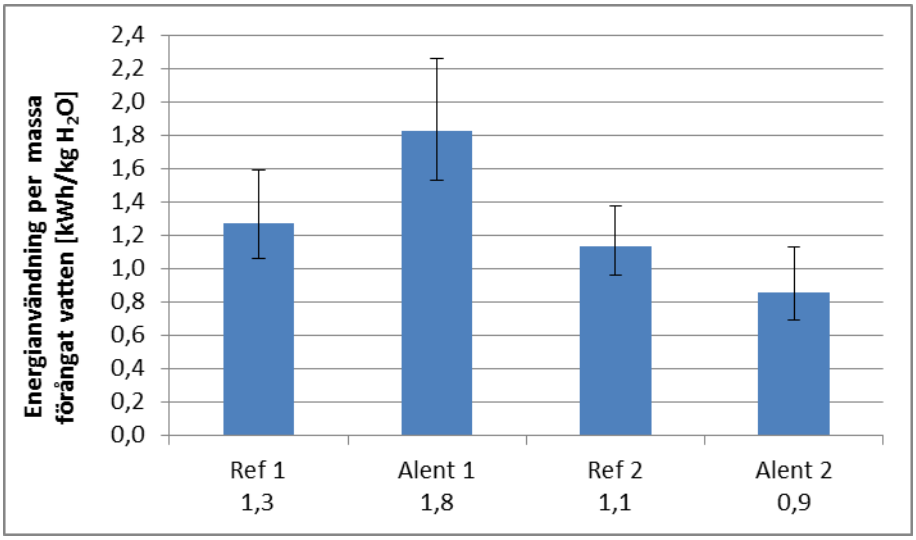


Figur 13. (31x115 mm, 12 %) Total energianvändning (inkl. t.ex. upptining av virke, uppvärmning av virke och torkbyggnad, konditionerings-/utjämningsfas och transmissionsförluster) per kg förångat vatten. Volymen virke är korrigerad med uppmätta råmått för att erhålla den råa volymen virke i torksatsen. Felstaplarna visar beräknad energianvändning utifrån 95 % -konfidensintervallet för den uppmätta fuktkvoten innan tork.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB



Figur 14. (50x125 mm, 18 %) Total energianvändning (inkl. t.ex. upptining av virke, uppvärmning av virke och torkbyggnad, konditionerings-/utjämningsfas och transmissionsförluster) per kg förångat vatten. Volymen virke är korrigerad med uppmätta råmått för att erhålla den råa volymen virke i torksatsen. Felstaplarna visar beräknad energianvändning utifrån 95 % -konfidensintervallet för den uppmätta fuktkvoten innan tork.



Figur 15. (75x150 mm, 18 %) Total energianvändning (inkl. t.ex. upptining av virke, uppvärmning av virke och torkbyggnad, konditionerings-/utjämningsfas och transmissionsförluster) per kg förångat vatten. Volymen virke är korrigerad med uppmätta råmått för att erhålla den råa volymen virke i torksatsen. Felstaplarna visar beräknad energianvändning utifrån 95 % -konfidensintervallet för den uppmätta fuktkvoten innan tork.

Energianvändningen per förångad vattenmängd varierar inom ± 0,2 kWh/kg H_2O för mätningarna med 31x155 mm och 50x150 mm. För 75x150 mm är variationen större. För försöket med högst energianvändning per mängd förångat vatten är även osäkerheten störst.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

5.5 Sammanställning

I Tabell 9 visas medelvärden för alla referensmätningar och Alents försök med samtliga produkter.

Tabell 9. Sammanställning av alla referensmätningar och Alent-försök med alla tre dimensioner.

	Referensmätningar	Alent
Nom. Virkesvolym [m^3]	142	142
Rå fuktkvot, medel [%]	65	66
Densitet ($\rho_{0,rå}$), medel [kg/m^3]	398	403
Fuktkvot, torrvikt medel [%]	13,7	15,1
Fuktkvot, torrvikt medel std.av. [%]	1,3	1,9
Fuktkvotsgradient, torrvikt medel [%-enh.]	5,1	5,5
Klyvprov, medel [mm]	1,2	1,2
Relativspricklängd, medel [%] [A]	2,4	4,8
Utfall justerverk I-VI [%]	87,6	91,3
Temperatur ute, medel [°C]	3,3	-0,8
Torktid (uppv.+torkning+kond) [h]	109	110
Tid i tork efter avslutad torkprocess [h]	11	2
El cirkulationsfläktar [kWh/m^3] (%-förändring/m^3)	40	16 (-59%)
Värme värmebatteri [kWh/m^3] (%-förändring/m^3)	199	220 (+11%)
Total energianvändning [kWh/m^3] (%-förändring/m^3)	238	236 (-1%)

[A] Exklusive de 2 % av plankorna med längst relativ spricklängd.

- Slutfuktkvoten blev något lägre för referensmätningarna, Alent var bättre på att träffa målfuktkvoten.
- Alents genomsnittliga fuktkvotsspridning (1,9 %) klarar inte 10 %-regeln utifrån den i medeltal uppmätta slutfuktkvoten (15,1 %) . Referensförsöken klarar 10 %-regeln för uppmätta slutfuktkvoter och spridningar i medeltal.
- Torktiden var i medeltal 1 % längre för Alent jämfört med referensmätningarna. Om torktiden i Alents första försök med 75x150 mm reduceras till samma tid som deras andra försök blir Alents torktid i medeltal 3 % kortare jämfört med referensmätningarna.
- Elanvändning per torkad kubikmeter minskade för Alent med 59 %.
- Värmeåtgången ökade med 11 % för Alent.
- Totalt sett minskade energianvändningen med 1 % för Alent när både el och värme inkluderas.
- Medelfuktkvoten (inline) skiljde i medel 0,5 %-enheter mellan kant- och mittstaplarna för 50x125 mm och 75x150 mm vid referensmätningarna. Motsvarande siffra för Alent blev 1,6 %-enheter.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

6 Diskussion

Försöken har genomförts i kammartorkar som liknar en stor del av den existerande torkparken på svenska sågverk, relativt välunderhållna betongtorkar med 3-5 m/s i medel lufthastighet. Referensmätningarna har genomförts med så kort torkprogram som möjligt med uppfyllda kvalitetskriterier. Torktiderna har i varierande utsträckning kortats jämfört med ordinarie torktider. Även jämförelser med andra sågverk har skett för att säkerställa att torktiderna för referensmätningarna varit representativa och inte för långsamma.

Dessa försök får ses var för sig som ögonblicksbilder över hur bra det lyckades just då. Alla mätningar tillsammans ger en mer tillförlitlig helhetsbild. Hur stor förbättringspotential respektive regleringsmetod av cirkulationsfläktarna har går inte att utröna utifrån dessa försök, vilket inte heller har varit målet. Även varje enskild aktör som torkar virke måste avgöra vilken fuktkvotsspridning, relativ sprickl ängd m.m. som är acceptabel för att därefter börja optimera torktider och energianvändning.

De bättre målfuktkvotsträffarna för Alent har inte lett till någon minskad total energianvändning enligt resultaten i detta projekt. De högre temperaturerna de hade under flertalet försök har inte heller uppenbart minskat energianvändning eller reducerat sprickor. Osäkerheten i mängden vatten som torkats bort verkar ha haft en större inverkan på energianvändningen; framförallt är fuktkvotsmätningarna på det nysågade virket osäkra.

Utomhustemperaturens påverkan på energianvändningen anses vara mindre än variationerna från mängden förångat vatten. Även om virket måste tinas vilket innebär en relativt energikrävande fasomvandling för vattnet, kompenseras detta delvis av ett minskat ventilationsbehov. Det minskade ventilationsbehovet beror på att utomhusluften vid minusgrader innehåller betydligt mindre fukt och detta ger ett minskat ventileringsbehov, d.v.s. mindre luftvolym att värma och ventilera ut.

Dessa mätningar har visat att det går minska elanvändningen i kammartorkar som inte har allt för stora lufthastigheter och installerad effekt till cirkulationsfläktarna. I kammartorkar med mer installerad effekt, eller högre andel virke nedtorkat till lägre slutfuktkvoter, är utrymmet för minskningar än större. Men det är viktigt att säkerställa en tillräcklig lufthastighet så att inte produktiviteten (torktiderna) eller kvaliteten påverkas mer än acceptabelt.

I medeltal minskade elanvändningen med 59 %, medan värmeanvändningen ökade med 11 %. Förändringen i total energianvändning anses inte vara betydande då den uppmätta skillnaden endast är 1 %. I rena energital (kWh) minskade alltså inte energianvändningen, men beroende på hur man värderar värme respektive el inom sågverket kan metoden ändå innebära besparingar, framförallt ur ett ekonomiskt perspektiv. El handlas in, och värme produceras i de flesta fall internt genom eldning av fallande bark och spån. Därför får man i varje fall värdera alternativintäkten av försåld bark och spån.

Den mindre spridningen hos slutfuktkvoten för referensmätningarna kan delvis bero på referensmätningarnas generellt lägre slutfuktkvot.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Furu 75x150 mm som förväntades ha mest sprickor, var inte lika sprickbenägen som furu 50x125 mm. Detta berodde troligtvis på torkschemats utformning och typstocksortering-en. 75x150 mm var sågat ifrån toppstockar och 50x125 mm från rotstockar. Att dessa produkter med typstockssortering valdes berodde på att de förekom i stora volymer och var ofta återkommande.

Med fler kvalitetsklasser vid justeringen av virket skulle mer information om virkets kvalitet kunnat erhållas. På grund av den manuella justeringen på Malå såg skulle det ha varit orimligt mycket jobb för att få nedklassnings- och kaporsaker till varje försök. Utan den informationen ansågs det inte heller motiverat att ändra ordinarie justering till en med fler kvalitetsklasser.

Tiden som virket stått kvar i torken efter avslutad torkprocess har varierat. Bemanning och tillgången till truck vid tidpunkten då torkningsprocessen avslutats har orsakat dessa tidsvariationer. Effekten av att låta virket stå kvar i torken kan både vara av godo samt av ondo och därför svår att bestämma. Vid referensmätningen med 31x115 mm blev virket kvar i den varma kammartorken en längre tid. Denna okontrollerade torkning anses ha bidragit till den utförda övertorkningen.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

7 Slutsatser

- Alent har minskat elanvändningen per torkad kubikmeter med i genomsnitt 59 % jämfört med referensmätningarna.

- Värmeåtgången ökade i genomsnitt med 11 % för Alent i förhållande till referensmätningarna.

- Totalt sett har ingen betydande skillnad i energianvändning kunnat konstateras. Energianvändningen är 1 % mindre jämfört med referensmätningarna. Den större värmemängden per kubikmeter motsvarar minskad mängd el. Omfördelning mellan de använda energislagen kan dock innebära kostnadsbesparingar i torkprocessen.

- Inga betydande skillnader i torktid mellan referensmätningarna och Alents försök.

- I samtliga försök, förutom Alent-försök 1 med 50x125 mm, har Alent träffat mål-fuktkvoten inom toleranserna för 10 %-regeln.

- Inget av Alents försök har klarat, den med torrviktsprov uppmätta, fuktkvots-spridningen inom toleranserna för 10 %- regeln. Tre av Alents försök var inom 0,2 %-enheter från att klara 10 %-regeln. Två andra Alent försök var inom 0,5 %-enheter, samt ytterligare ett inom 0,8 %-enheter, från att klara 10 %-regeln.

- Delvis beror Alents större fuktkvotsspridning på den i medeltal 1,1 %-enheter större fuktkvotsskillnaden (inline) mellan kant- och mittstaplar jämfört med referensmätningarna för 50x125 mm och 75x150 mm.

  Trasig inline-fuktkvotsmätare vid försöken med 32x115 mm förhindrade liknande mätningar med denna produkt. Vid jämförelse av resultaten från den resistiva fuktkvotsmätningen (elstift) mellan kant- och mittstaplar var skillnaden i medeltal 0,2 %-enheter för 32x115 mm referensmätningarna. Motsvarande fuktkvotsskillnad mellan kant- och mittstaplar för Alents försök med 32x115 mm var 2,1 %-enheter.

- Den relativa spricklängden ökade med 2,4 %-enheter för Alent jämfört med referensmätningarna, detta motsvarar en ökning med 100 %.

- De kortvariga temperaturerna över de tillåtna 82 °C vid flertalet av Alents försök har inte bidragit till någon energieffektivisering.

- Fuktkvotsgradient och klyvprov uppvisar inga betydande skillnader mellan referensmätningarna och Alents försök.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

8 Litteraturförteckning

- Anders Rosenkilde (1996) *Leveranskontroll av virkestorkar – En handledning i utförande av en leveranskontroll.* Trätek Handledning 9601003, ISSN 1400-4615

- Björn Esping (1998) *Torkat virke – hur man ställer rätt krav*. Trätek ISBN 91-88170-26-8

- *SS-EN 13183-1, Trävaror - Fuktmätning - Del 1: Bestämning av fuktkvoten hos ett stycke sågat virke (Torrviktsmetoden - Ugnstorkning)*

- *SS- EN 13183-2, Trävaror - Fuktmätning - Del 2: Skattning av fuktkvoten hos ett stycke sågat virke (Resistansmetoden)*

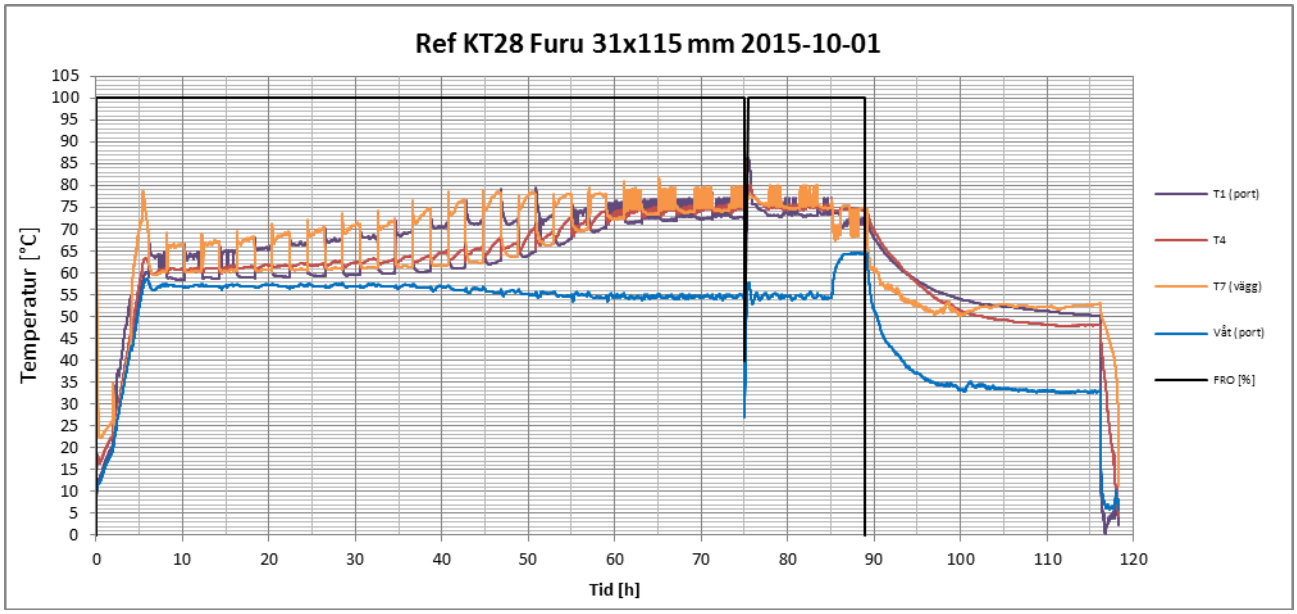
- *SS-EN 14298, Sågat virke – Bedömning av torkningskvalitet*

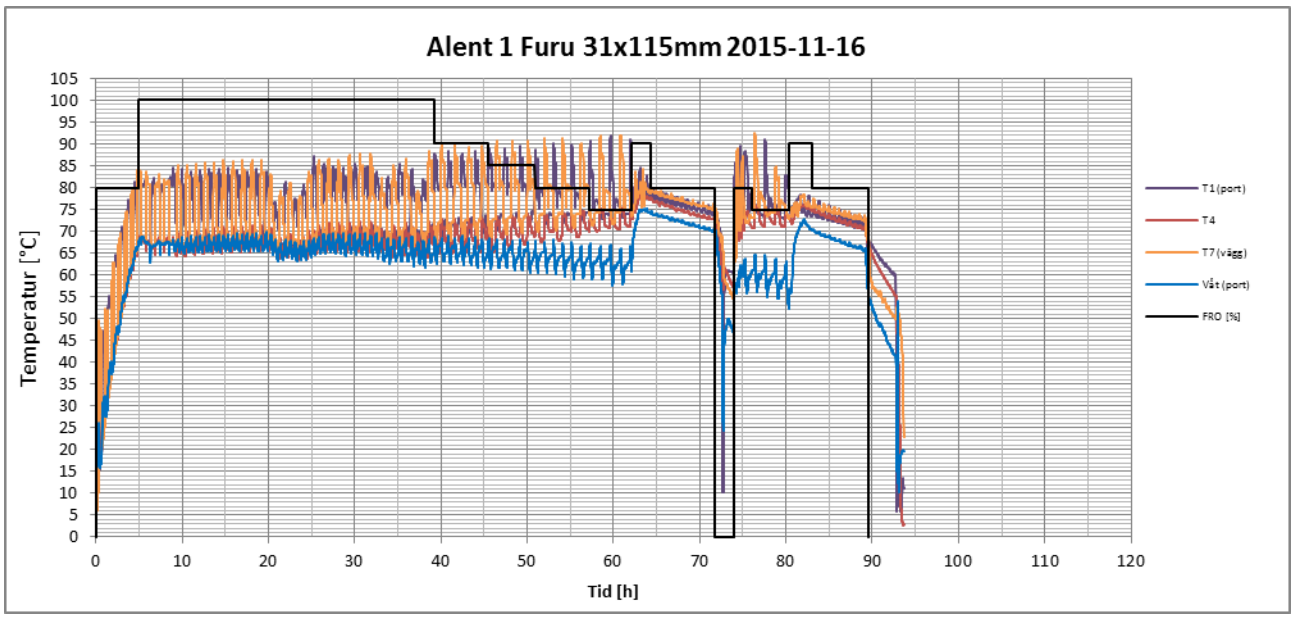
- *SS-ENV 14464 Sågat virke - Metod för bedömning av inre spänningar (klyvprov)*

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Bilaga 1 – Torktrender 31x115 mm 12 %

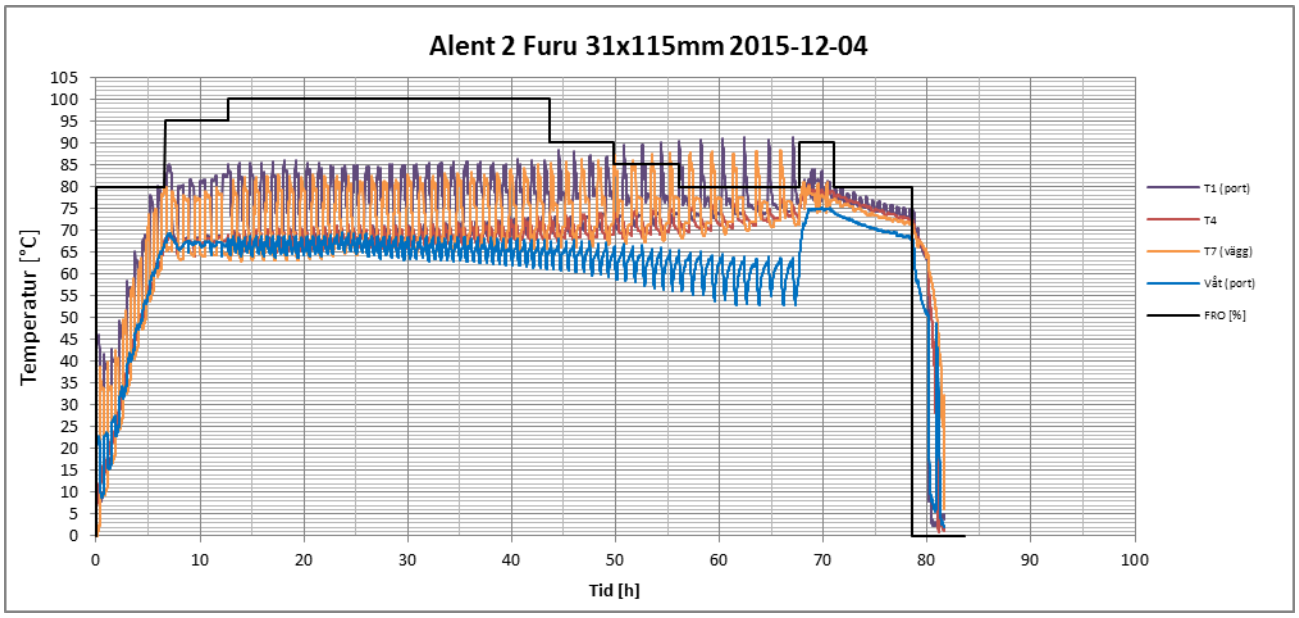
”T1” och ”T7” är torrtemperaturen uppmätt med temperaturgivare kopplade till TinyTag-data-loggrar placerade vid virket i kantstaplarna. ”Våt” är våttemperaturen uppmätt med samma typ av givare och dataloggrar vid samma position.
”T4” är placerad så nära mitten av blåsdjupet på kammartorken som möjligt.
Data angående fläkthastigheten, ”FRO [%]”, kommer från torkens styrsystem.
Fläktstopp vid reversering m.m. har inte ritats ut i torktrenderna, bara den procentuella hastigheten när fläktarna går.





Värmebortfall bidrog till att torktiden behövde förlängas, detta skedde genom en omstart av kammartorken.

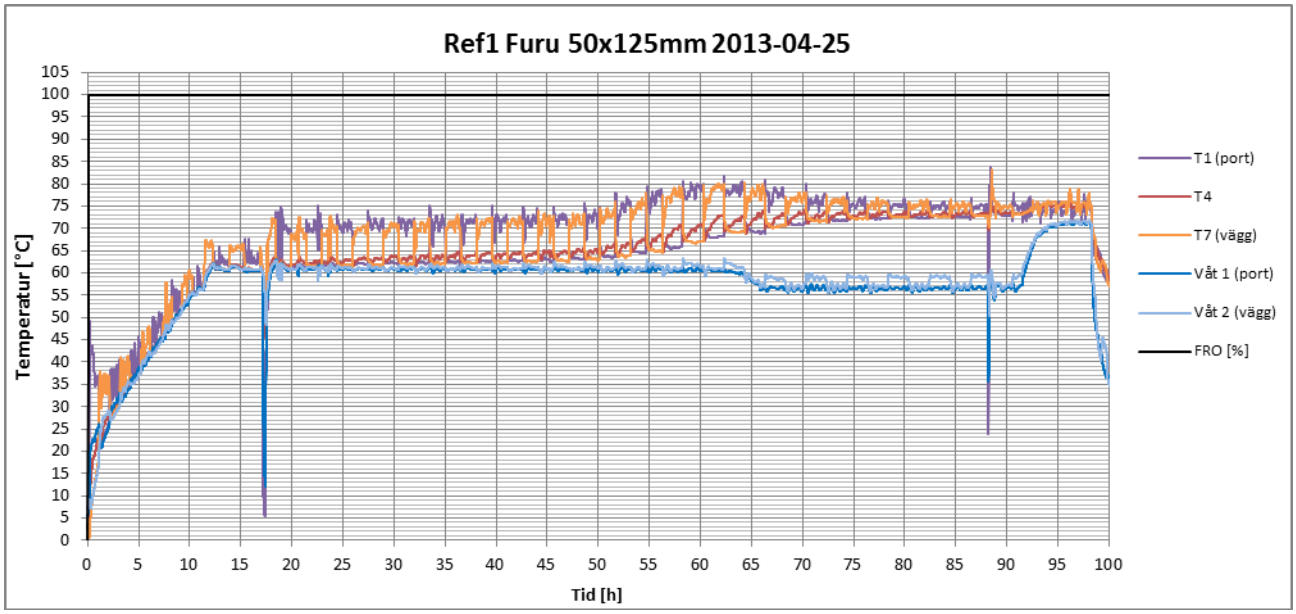
© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB



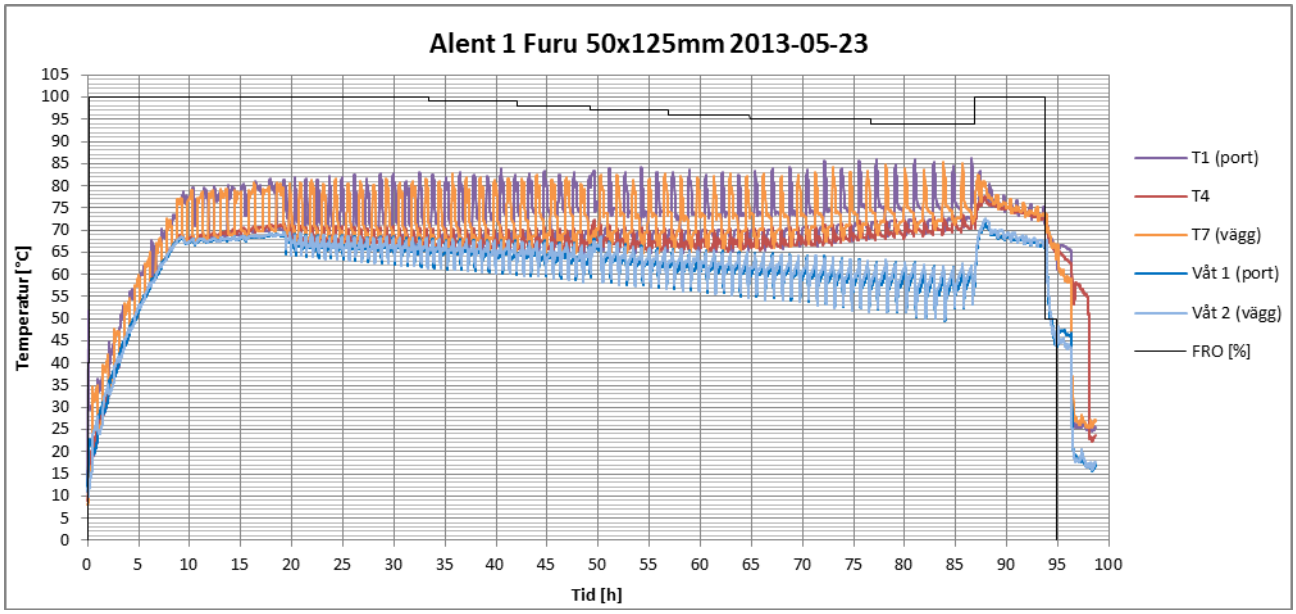
© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Bilaga 2 – Torktrender 50x125 mm 18 %

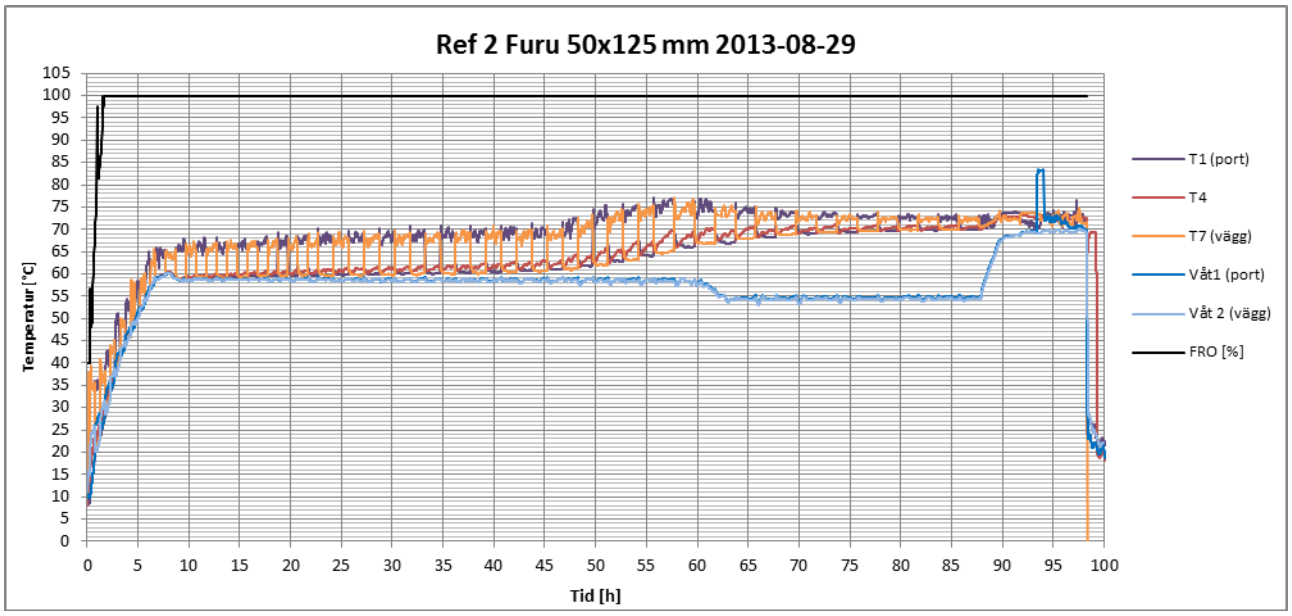
”T1” och ”T7” är torrtemperaturen uppmätt med temperaturgivare kopplade till TinyTag-data-loggrar placerade vid virket i kantstaplarna. ”Våt 1” och ”Våt 2” är våttemperatur uppmätt med samma typ av givare och dataloggrar vid samma positioner.
”T4” är placerad så nära mitten av blåsdjupet på kammartorken som möjligt.
Data angående fläkthastigheten, ”FRO [%]”, kommer från torkens styrsystem.
Fläktstopp vid reversering m.m. har inte ritats ut i torktrenderna, bara den procentuella hastigheten när fläktarna går.

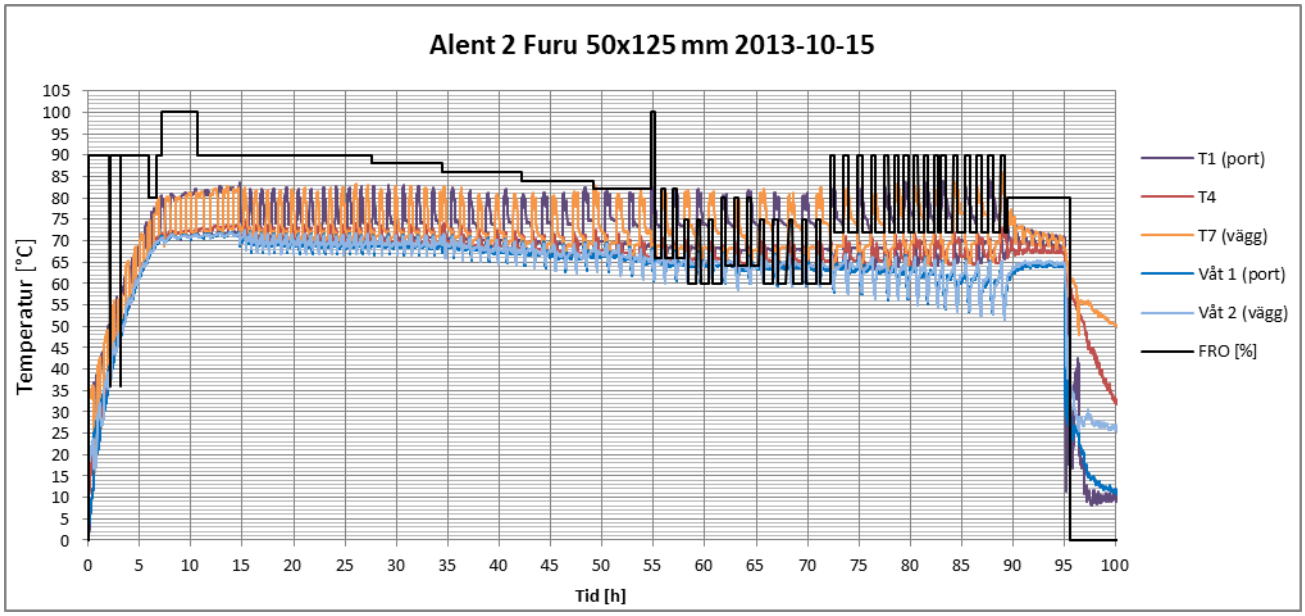


Trasig torrgivare, var tvungen att bytas efter ca 17 timmar.



© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

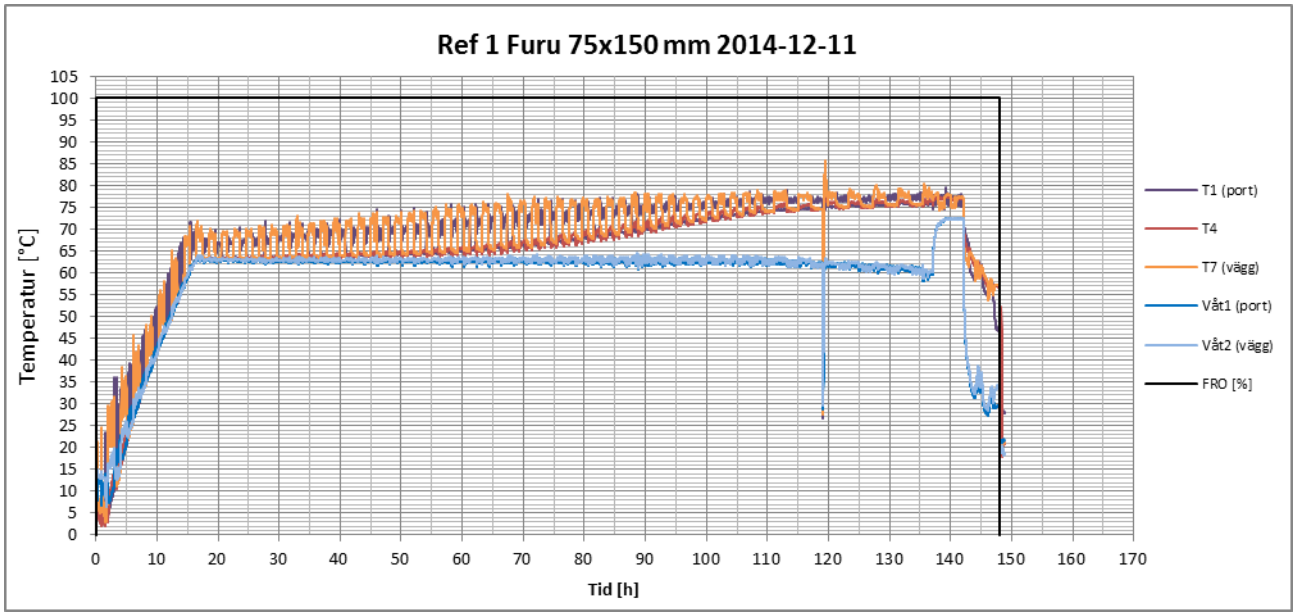


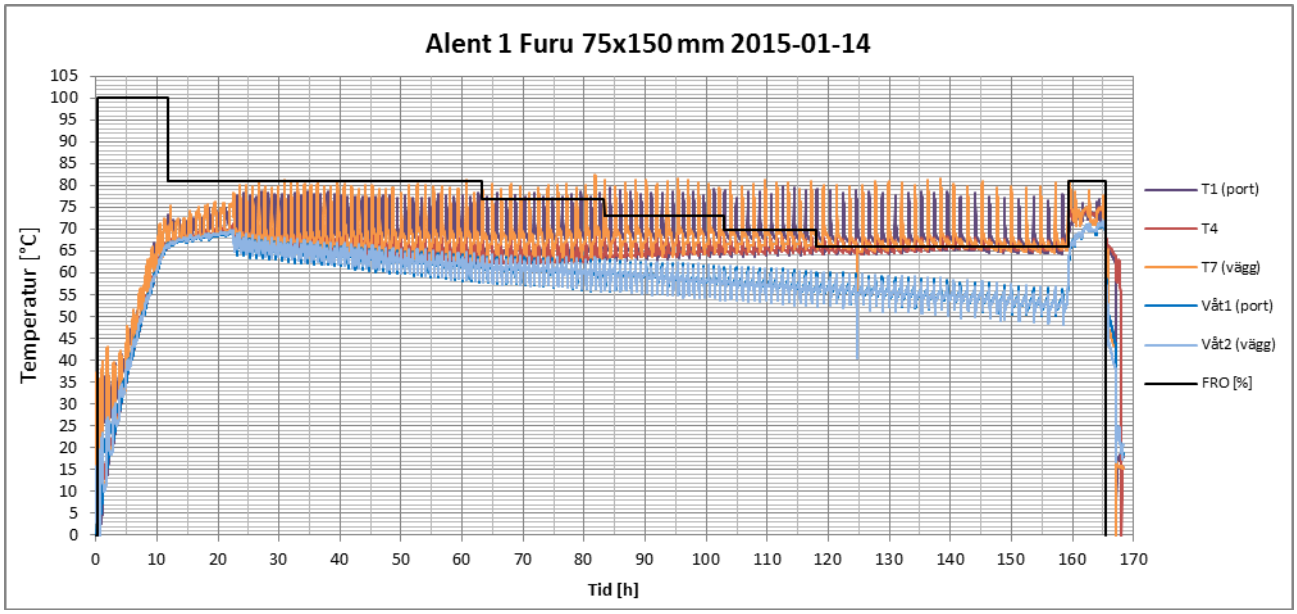


© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

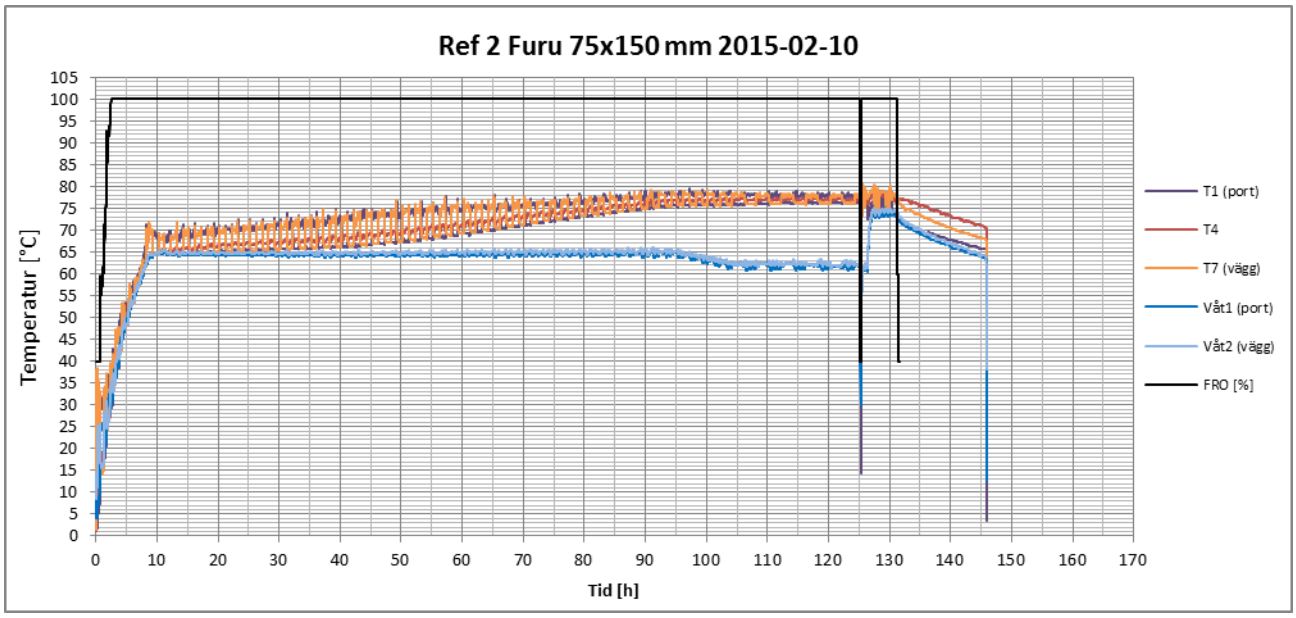
Bilaga 3 – Torktrender 75x150 mm 18 %

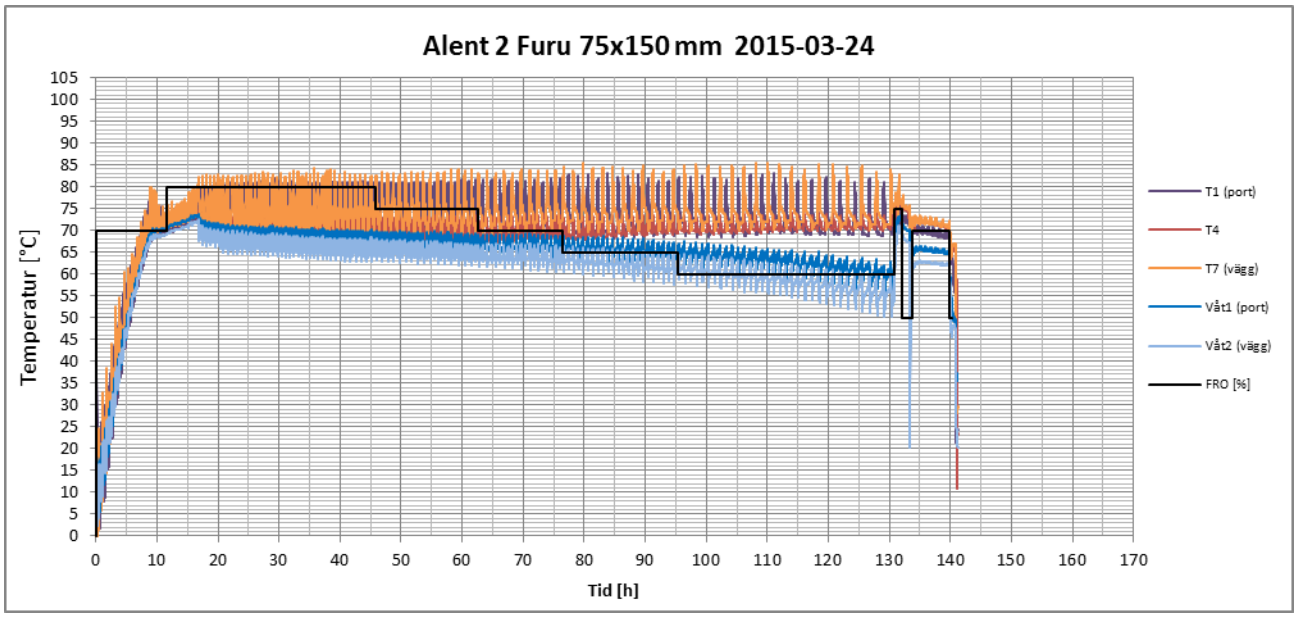
”T1” och ”T7” är torrtemperaturen uppmätt med temperaturgivare kopplade till TinyTag-dataloggrar placerade vid virket i kantstaplarna. ”Våt 1” och ”Våt 2” är våttemperaturen uppmätt med samma typ av givare och dataloggrar vid samma positioner.
”T4” är placerad så nära mitten av blåsdjupet på kammartorken som möjligt.
Data angående fläkthastigheten, ”FRO [%]”, kommer från torkens styrsystem.
Fläktstopp vid reversering m.m. har inte ritats ut i torktrenderna, bara den procentuella hastigheten när fläktarna går.





© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

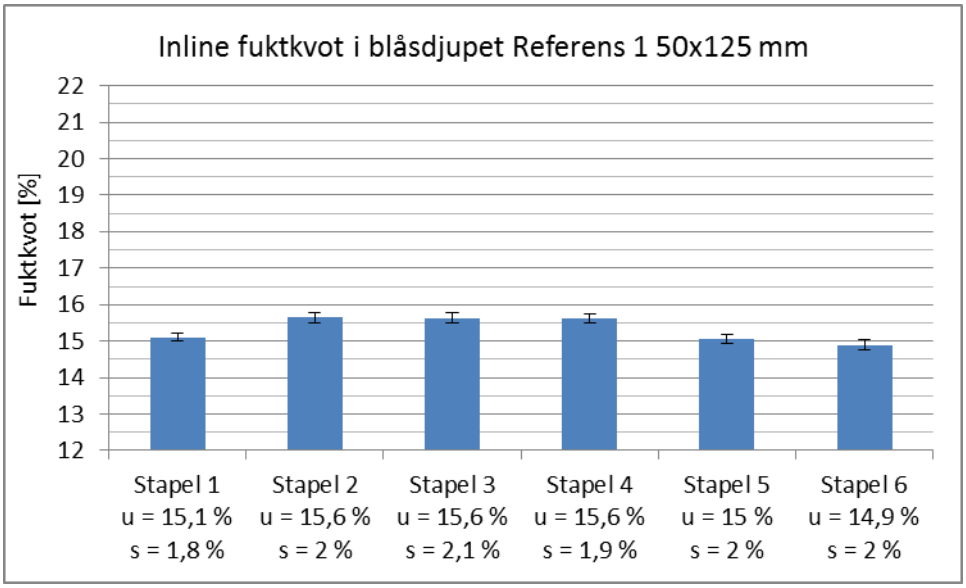


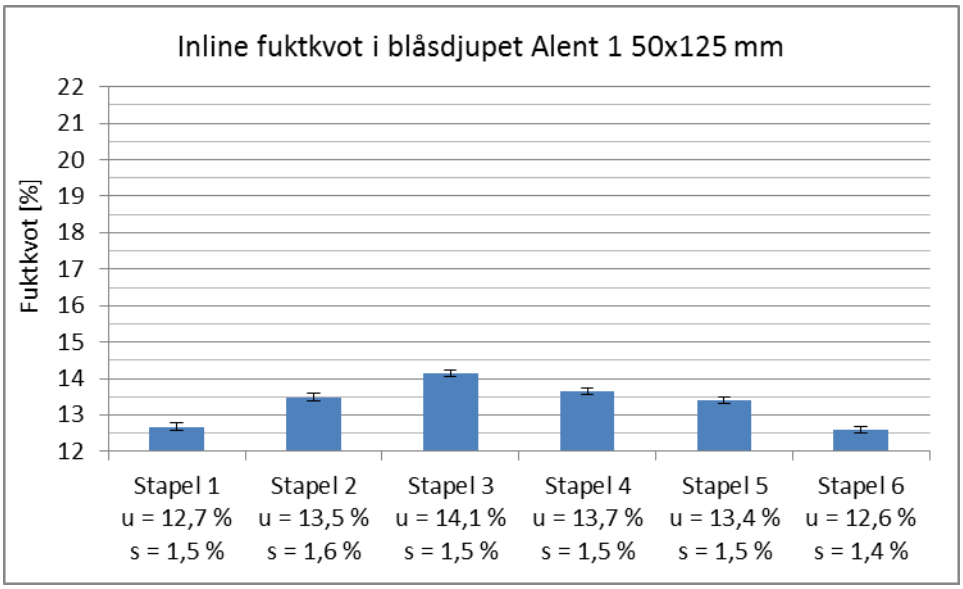


© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

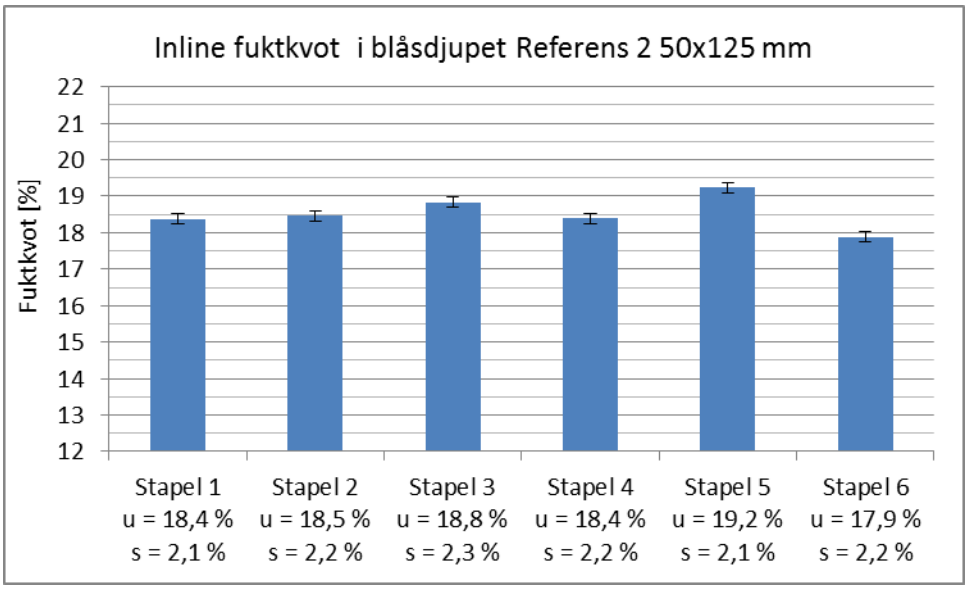
Bilaga 4 – Inlinefuktkvot blåsdjupet 50x125 mm 18 %

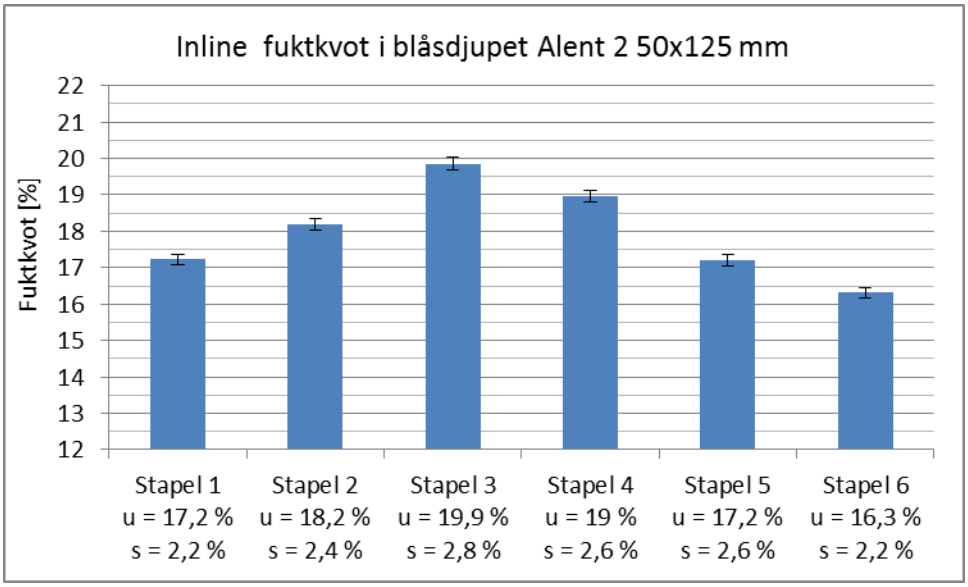
Med automatiskt och beröringsfritt uppmätt medelfuktkvot ”u”, standardavvikelse ”s” och 95 %-konfidensintervall.





© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

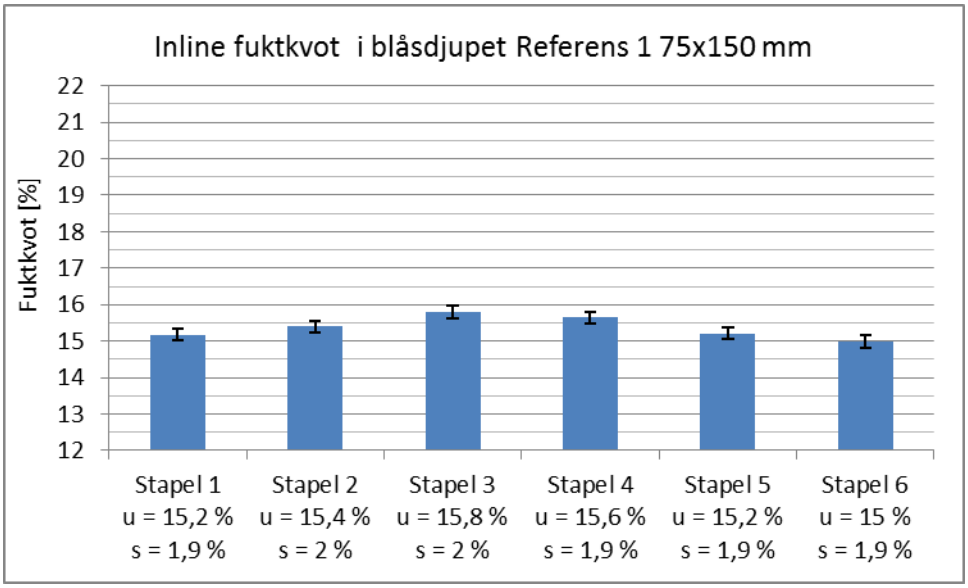


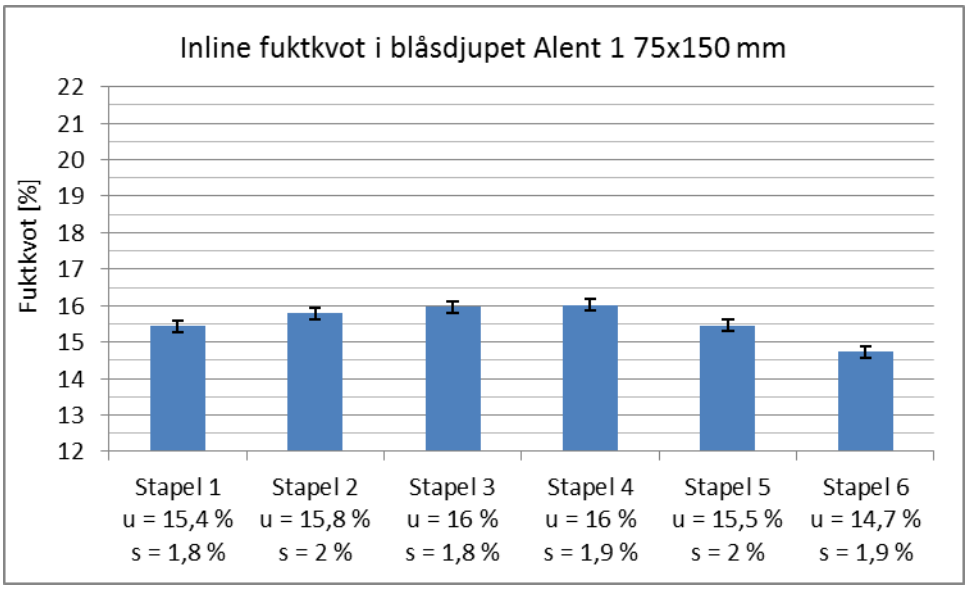


© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

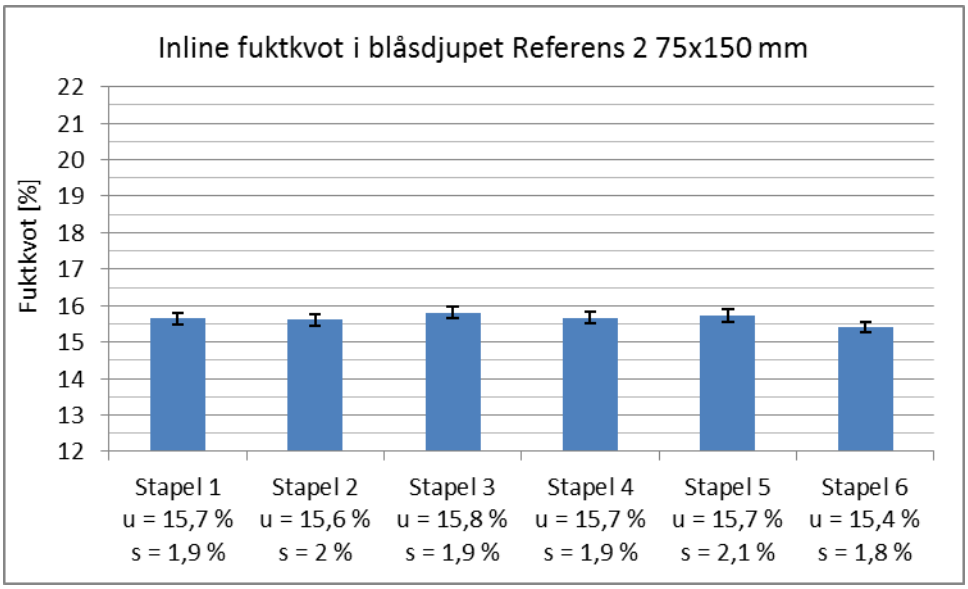
Bilaga 5 – Inlinefuktkvot blåsdjupet 75x150 mm 18 %

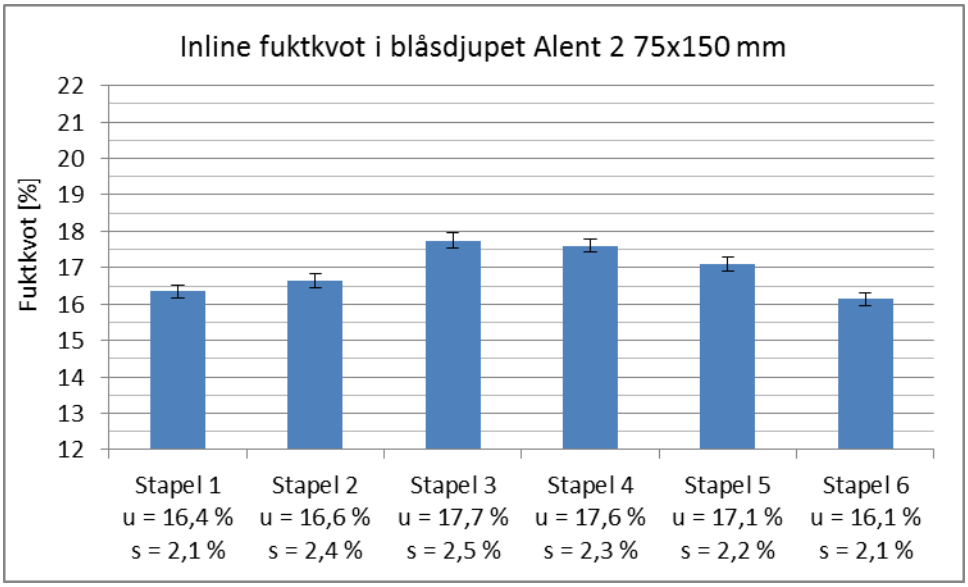
Med automatisk och beröringsfri uppmätt medelfuktkvot ”u”, standardavvikelse ”s” och 95 % -konfidensintervall.





© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

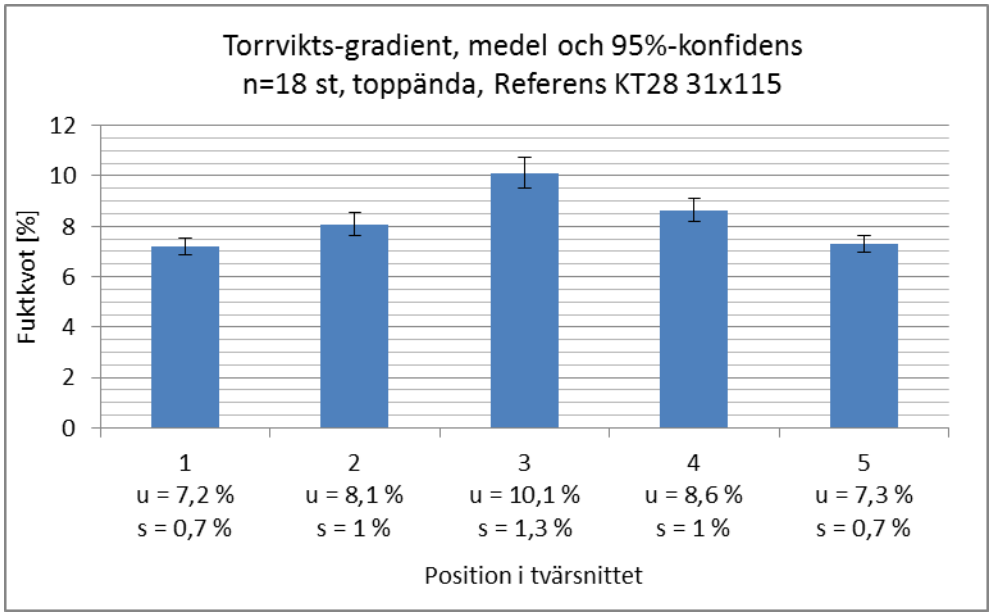


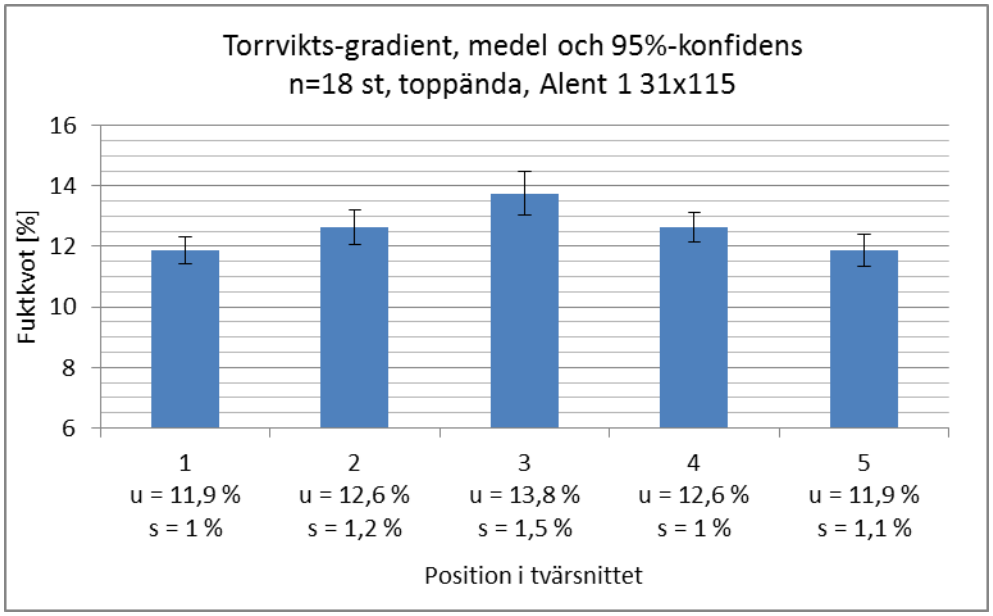


© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

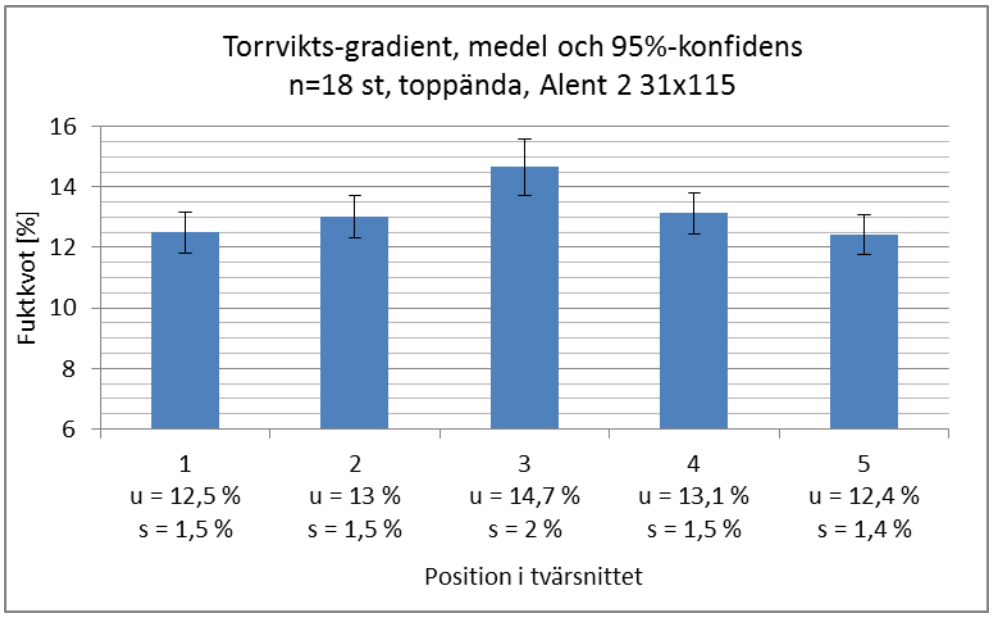
Bilaga 6 – Torrviktsgradienter 31x115 mm 12 %

Med torrviktsmetoden uppmätt fuktkvot ”u”, standardavvikelse ”s” och 95 % - konfidensintervall.





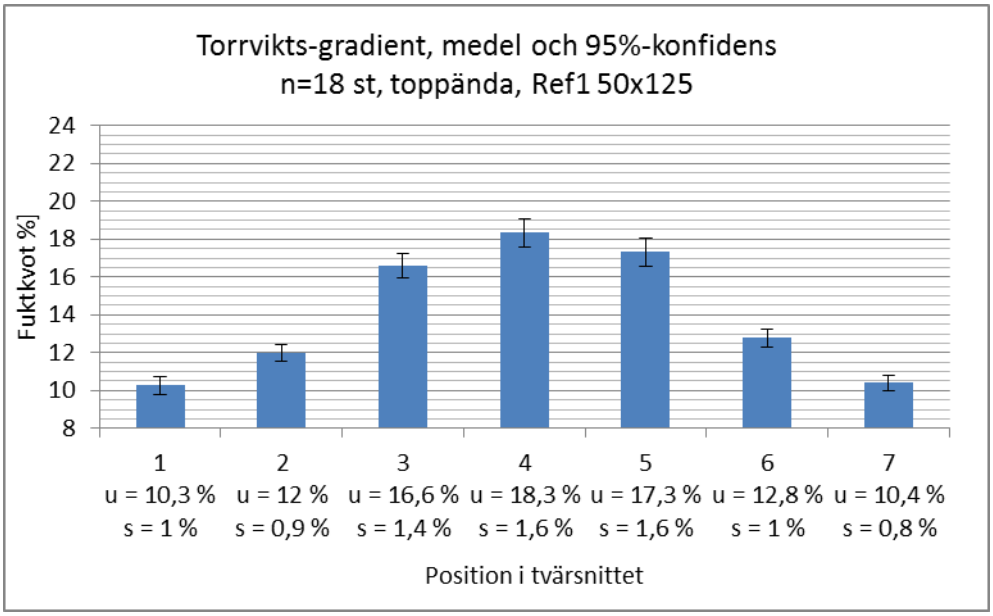
© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

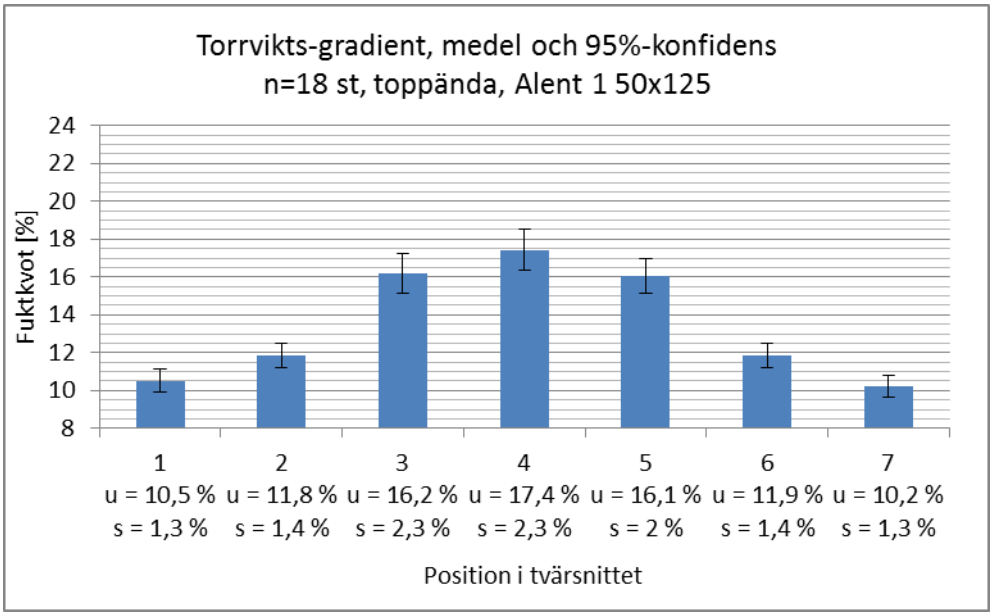


© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

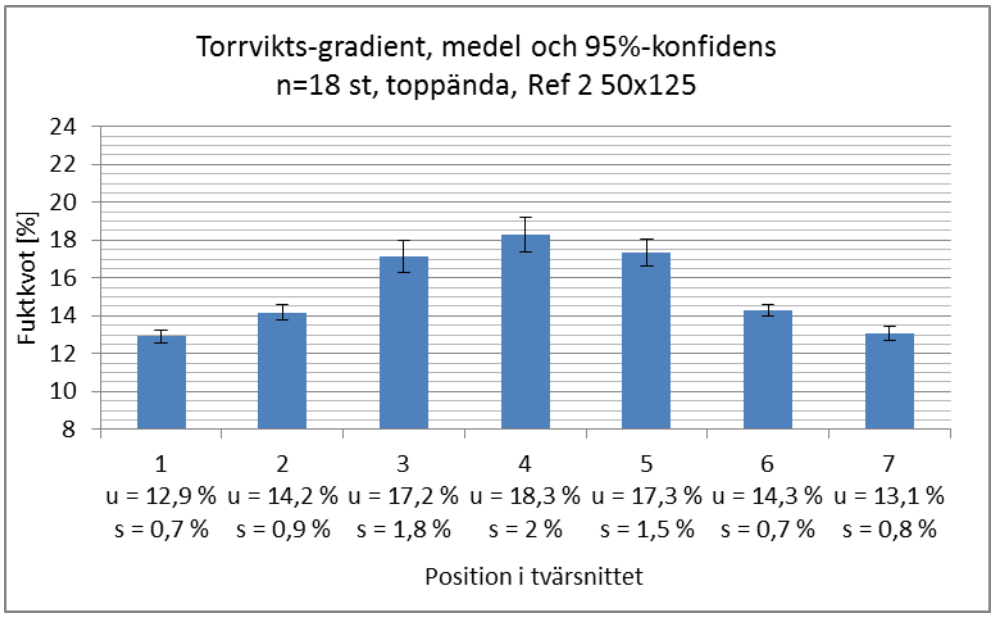
Bilaga 7 – Torrviktsgradienter 50x125 mm 18 %

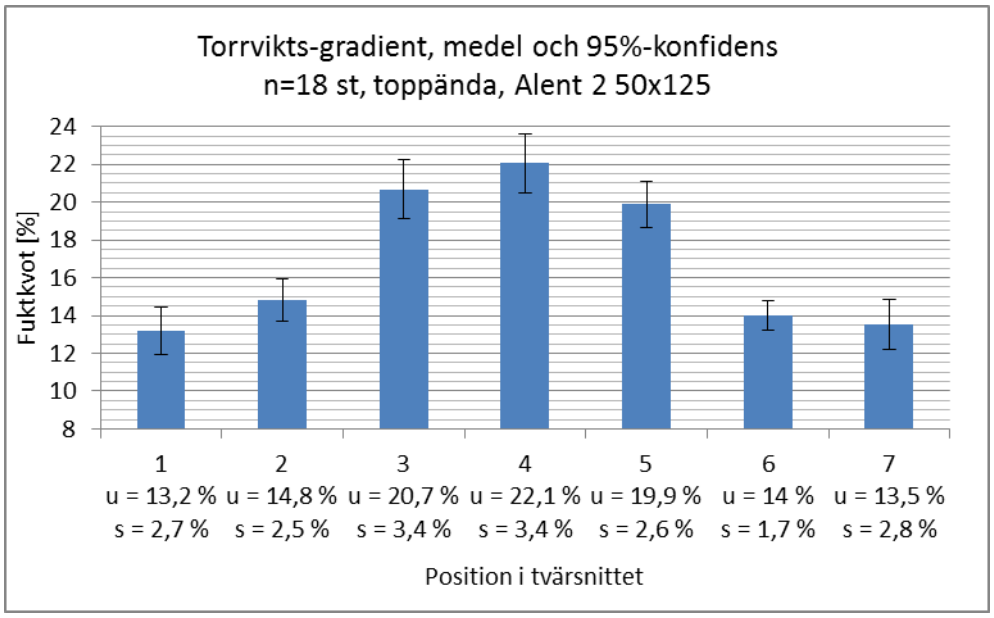
Med torrviktsmetoden uppmätt fuktkvot ”u”, standardavvikelse ”s” och 95 % - konfidensintervall.





© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

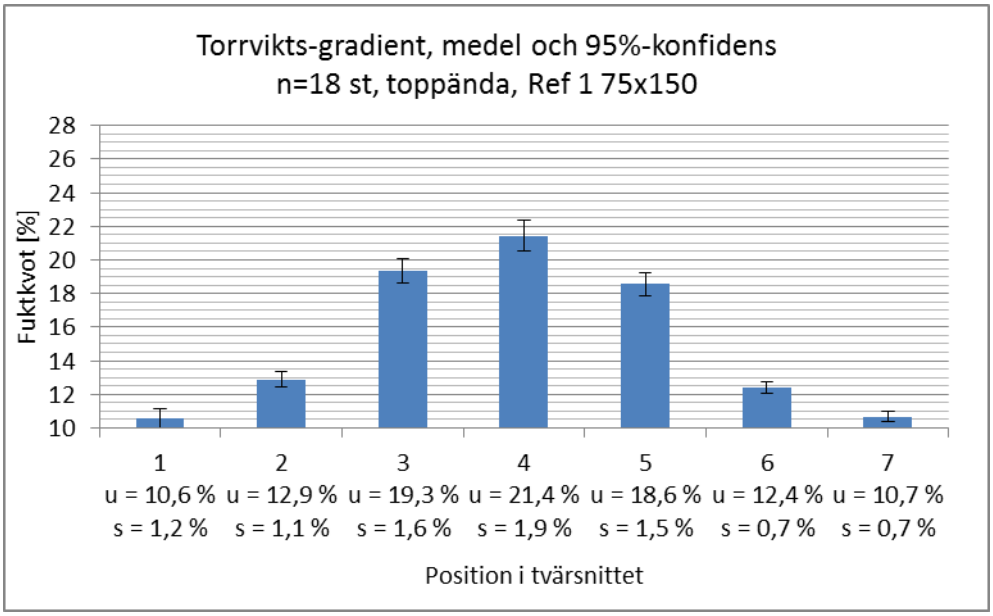


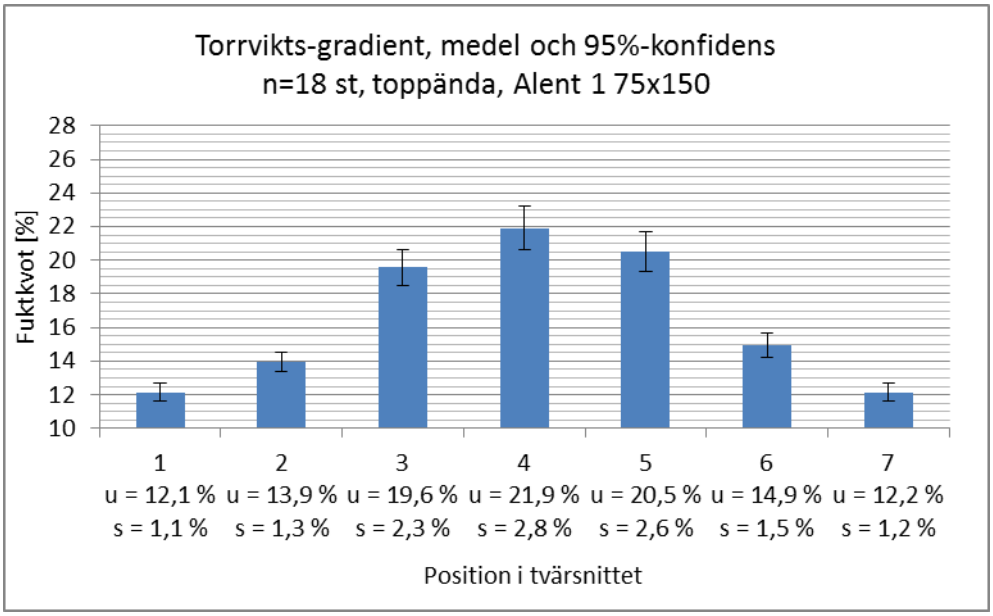


© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

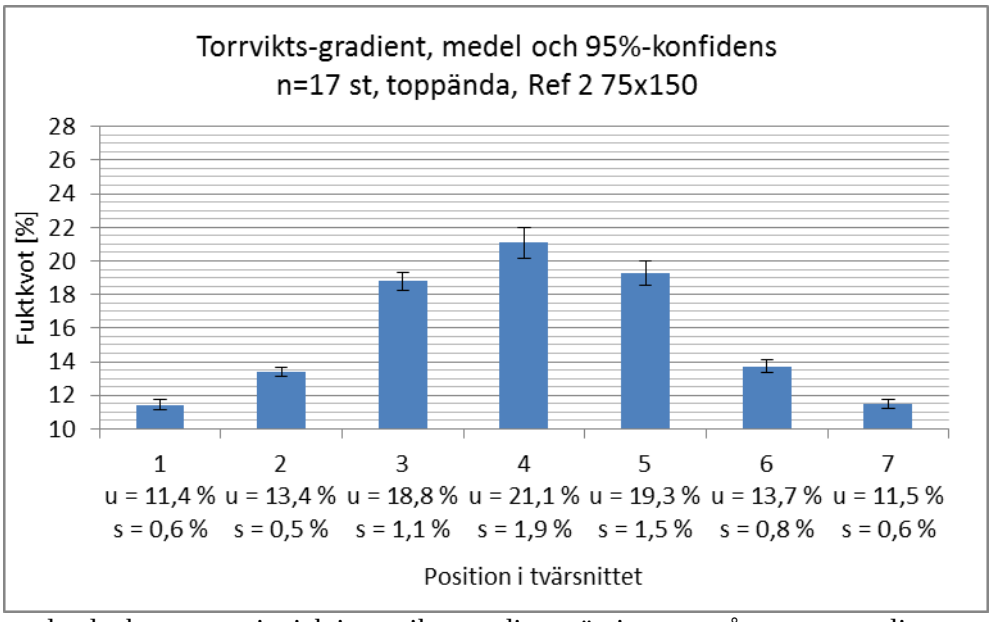
Bilaga 8 – Torrviktsgradienter 75x150 mm 18 %

Med torrviktsmetoden uppmätt fuktkvot ”u”, standardavvikelse ”s” och 95 % - konfidensintervall.

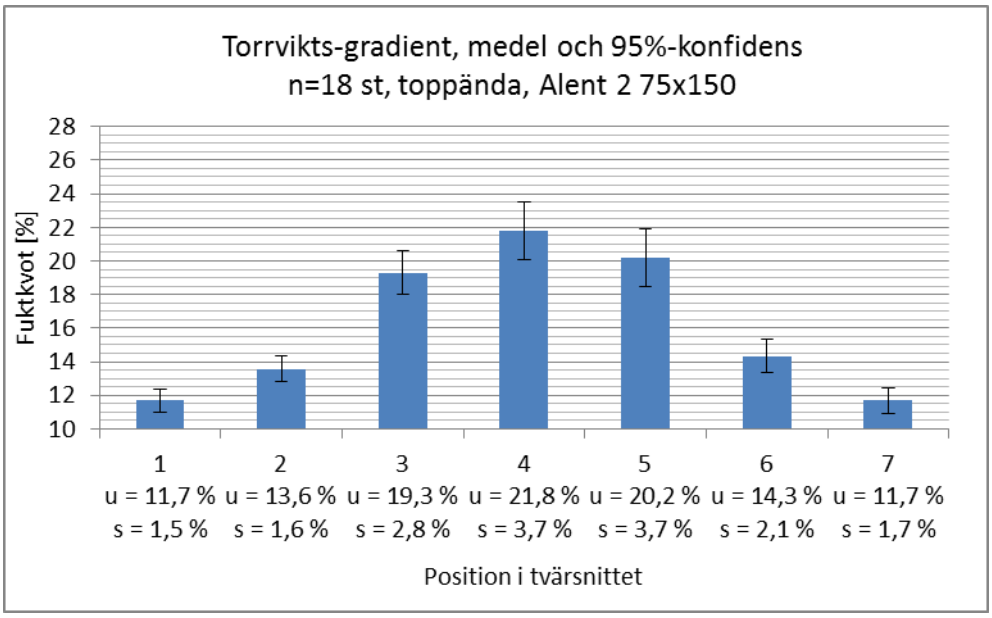




© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB



En av de plankorna som ingick i torrvikts-gradientmätningen ansågs vara en utliggare och exkluderades, i position fyra för den exkluderade plankan var det uppmätta värdet 44,7%.



© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Bilaga 9 – Mätupplägg

Försöken genomförs med 3 olika produkter för att få svar på hur metoderna påverkar kvalitet, torktid såväl som el- och värmeanvändning. Försöken utförs på två sågverk, Lövholmen respektive Malå såg.

Försöksplan (och ansvarig).

Tabell med förslag till produkter och utförande sågverk

Dimension [mm]	**Träslag**	**Målfuktkvot [%]**	**Antal ex**	**Stocktyp**	**Sågverk**
31x115	Furu	12	2	-	Lövholmen
50x125	Furu	18	2	Rot	Malå
75x150	Furu	18	2	Topp	Malå

Tabell med information om aktuella kammartorkar

Sågverk	**Tork ID**	**Byggnad Typ**	**Antal Paket**	**Blåsdjup** (m)	**Fläkteffekt** (kW)	**Basning**
Malå	14/15	Betong	6 staplar 4 i höjd	9,5	22x3st	HTVVB
Lövholmen	28/29	Betong	6 staplar 2 i höjd	9,6	11x3st	HTVVB

Inledande krav

- Färskt virke utan störningar, varken från timret eller mellan såg och tork. (Malå, Lövholmen)

- Torkarna utrustas med värme- och elenergimätare med loggningsfunktion för mätning av tillförd energimängd till cirkulationsfläktar och värmebatteri. (SP)

- Referensmätningarna skall göras med full fläkthastighet och medelstyrning (eftersom båda sågverken använder medelstyrning) som SP, Malå/-Lövholmen och leverantörerna anser som representativt.

- Två försök skall göras med respektive leverantör. Ändringar i torkschemat mellan respektive leverantörs två försök får ske. Detta för att kunna optimera torkningen utifrån kvalitet och energianvändning. (SP, Malå, Lövholmen, Alent, Valutec)

- Max 1 tim. elavbrott och max 2 tim. värmebortfall för att ett försök ska gälla, annars görs försöket om.
  Definitionen för värmebortfall är att temperaturen är mindre än 90 % av de nominella värdena.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Begränsningar processparametrar

För att försöken ska efterlikna vad som kan anses som normala driftsförhållanden införs tre begränsningar som leverantörerna måste rätta sig efter. Detta ska reflektera eventuella tekniska begränsningar i utrustning och kvalitetsaspekter, såsom färgförändringar och kådflytning.

1. 82°C torrtemperatur är högsta tillåtna är-värde, d.v.s. högst tillåtna temperaturen i hela kammartorken. Motsvarar ca 75 °C bör-torrtemperatur med medelstyrning.
2. Konditionering efter avslutad torkning är valfritt, dock får konditioneringsfasen vara max 5 timmar.
3. Vid behov avsvalning enligt Malås och Lövholmens önskemål, företrädelsevis i tre timmar till ca 30 °C.

Närvarande personal och leverantörsansvar

Under alla försök närvarar personal från SP vid de manuella provtagningarna, före och efter tork.
SP närvarar även under den första justerverksskörningen på respektive sågverk, sedan sköter sågverken denna del självständigt.

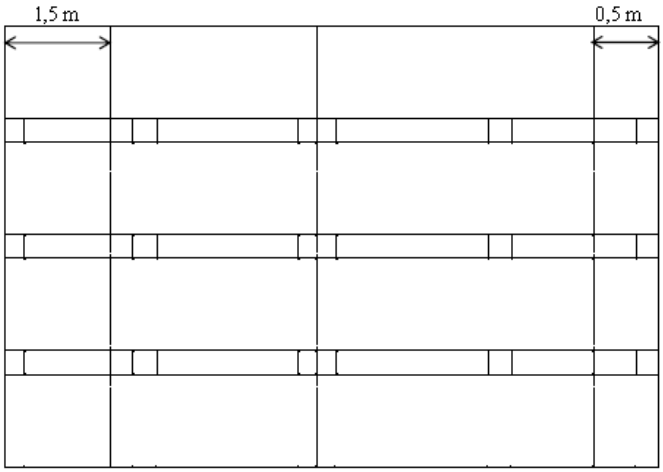
Leverantörerna ansvarar för sina respektive torkförsök. Leverantörerna ansvarar för att ha representanter närvarande vid provtagningen inför och efter sina respektive försök. Leverantörerna kan överlåta ansvaret till personal på Lövholmen såg, Malå såg resp. SP. Om leverantörerna önskar ha representanter närvarande vid samtliga försök är detta tillåtet.
Detta för att samtliga deltagare skall kunna säkerställa att försöken utförs på korrekt sätt.

Inledande referensmätning

I samband med första referensmätningen, eller vid ett tidigare tillfälle, installeras värme- och elmätarna. Samtidigt mäts även lufthastigheten.
Lufthastighetsmätningarna sker på en läsida vid två fläkthastigheter: vid 100 % samt en låg fläkthastighet.

Mätningarna görs i strömellanrummen efter tre vertikala linjer: en linje i mitten och två på sidorna, 0,5 m respektive 1,5 m in från kanten på paketen. Mätningarna görs i 20 mätpunkter i strömellanrummen, jämnt fördelade i höjdled efter varje tänkt linje, samt 3 mätningar i truckströmellanrummen för varje linje. (SP)

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB



Figur över lufthastighetsmätpunkters placering efter tre tänkta vertikala linjer. 20 + 3 mätpunkter för varje linje jämnt fördelade i höjdled.

Mätningar före torkning

- Fuktkvots- och densitetsmätningar görs på det råa virket som ska torkas, 30 torrviktsprov per torksats. Torrviktsproven tas från 3 paket från olika staplar i torksatsen. Från varje av de tre paketen tas 5 torrviktsprov från toppändan, och 5 från rotändan. Mät volymen på de råa torrviktsproven med skjutmått: 2 tjockleksmått, 1 längdmått och 1 breddmått.

  Totalt tas 30*18=540 prover. (SP, Lövholmen, Malå).

- Volymen på virket i torken ska bestämmas och antecknas så inlastad vattenmängd kan beräknas. (Malå, Lövholmen)

Mätningar under torkning

- Temperaturmätare (klimatloggrar) från SP placeras i varje stapel, se figur nedan (SP, Lövholmen, Malå)

- Trenddata, dvs. data angående fläkthastigheter, värme, basning, klimat (är-värden) och klimat som torken styr mot (bör-värden) sparas automatiskt genom hela torkningen i befintligt styrsystem. Efter varje försök exporteras dessa data och skickas till SP i Excelformat. (Lövholmen, Malå, SP)

Mätningar efter torkning

Tid mellan torkning och utvärdering

Tiden mellan att torksatsen/-försöket blir klart till att de manuella mätningarna (torrvikt, klyvprov, fuktkvotsgradient och den relativa spricklängden) sker bestäms enligt följande metod:

1. Torksatsen blir klar mellan 00:00 och 15:00, då utförs mätningarna följande arbetsdag (07:00-16:00).
2. Torksatsen blir klar mellan 15:00 och 24:00, då utförs mätningarna under den andra följande arbetsdagen. D.v.s. virket står drygt ett dygn innan mätningarna börjar.

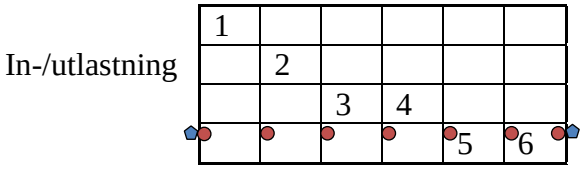
Justerverkskörningen (In-line fuktkvot och justerverksutfall) sker med en dags mellanrum efter att den manuella provtagningen skett. Inträffar detta en helg(dag), eller att justerverket står stilla pga. annan orsak, sker denna mätning första

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

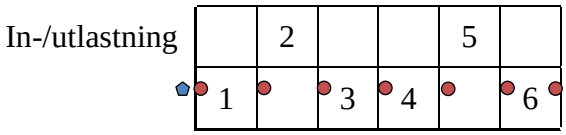
följande arbetsdag. Vid försök som körts parallellt i torken så körs virket från dessa försök direkt efter varandra i justerverket.

Denna metod utgår från att torkoperatören på Lövholmen respektive Malå såg ska kunna kontrollera att torksatsen är klar och meddela detta till SP och leverantörer.

Provpaket
Från varje torksats utses ett antal provpaket, ett provpaket per virkesstapel i den aktuella kammartorken. Figuren nedan (sedd från sidan på en kammartork) bestämmer vilka paket som blir provpaket.



Malå: *Figur över provpaketens (de numrerade paketen) placering sett ifrån kammartorkens sida, samt placering av temperaturloggrar (torrtemperatur (●) och våttemperatur med "våttrasa" (⬟)). Alla loggrar placeras i mitten av paketens längdled.*



Lövholmen: *Figur över provpaketens (de numrerade paketen) placering sett ifrån kammartorkens sida, samt placering av temperaturloggrar (torrtemperatur (●) och våttemperatur med "våttrasa" (⬟)). Alla loggrar placeras i mitten av paketens längdled.*

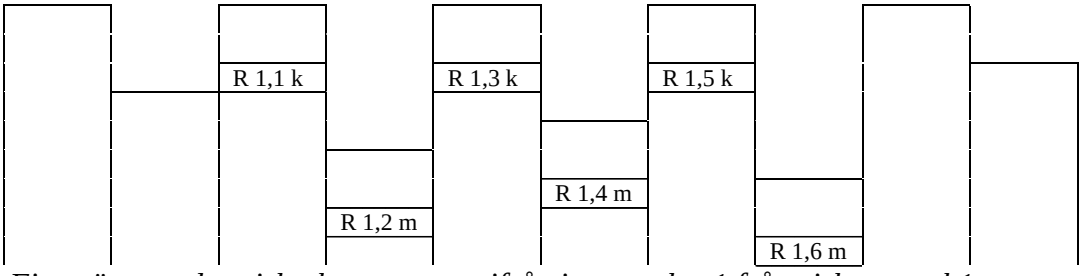
Fuktkvotsmätning – Torrviktsprov
8 torrviktsprov från vardera av de sex provpaketen. Kapa torrviktsprov från 4 plankors rotändor i virkeslag 2, i virkeslag 3 tas torrviktsproven i toppändan på 4 plankor. Utgå från mitten av provpaketet för att utse provplankor. Detta blir totalt 8*6 = 48 torrviktsprov per försök.

Notera om toppändan av plankan varit jämndragen med provpaketets kortsida eller inte, för att se eventuella skillnader mellan mitt och kant på virkespaketen.

Totalt tas (48+48+48)*6=864 prover. (SP, Lövholmen, Malå)

Metod för markering av torrviktsprov: **T 2,1 k** – toppända **T** (alt. **R**otända), provpaket/stapel **2**, torrviktsprov **1** (från vänster sett uppifrån), **k**ant (alt. **m**itt))

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB



Figur över andra virkeslaget sett uppifrån i provpaket 1 från virkesstapel 1, torrviktsproven i löpande nummerordning från vänster till höger. Torrviktsprov tas från 4 plankor i 2:a virkeslaget rotända och från ytterligare 4 plankors toppända i virkeslag 3

Klyvprov
I toppändan av virkeslag tre tas 6 klyvprov per provpaket, utgå från mitten av paketet för att utse vilka plankor proven tas ifrån. Det blir 36 klyvprov per försök. Märgens periferi måste tangensera märgsidan, alternativt att klyvprovet är märgfritt. Undvik felaktig placering av märg, kvistar, fiberstörningar eller andra typer av defekter, exkludera de prov som innehåller något av de ovan nämnda defekterna vid utvärderingen. De kluvna klyvproven konditioneras insvepta i plast under 24 timmar i inomhusklimat.

Totalt tas (36+36+36)*6=648 klyvprov. (SP, Lövholmen, Malå)

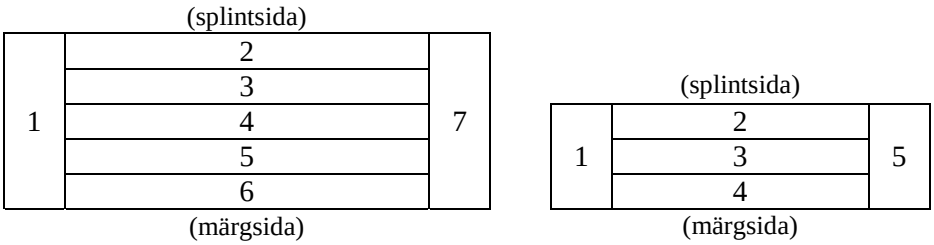
Fuktkvotsgradient - Resistivt och torrviktsmetoden
Fuktkvotsgradienten mäts med en el-stiftsmätare, på 10 plankors splintsida i virkeslag 3 i provpaketen, för att jämföra fuktkvoten mellan centrum och ytan på plankorna. Totalt 60 plankor mäts resistivt per försök. Mätningarna tas på paketens mitt i längdled. Avståndet från plankornas kant till mätpunkten skall vara en 1/3 av bredden. Först slås stiften in ca 3-5 mm, så att de oisolerade spetsarna helt döljs. Sedan slås stiften in till djupet av en 1/3 av plankan tjocklek och en ny mätning sker. Undvik kvist, kådrika områden, sprickor och andra avvikelser.

Totalt tas (60+60+60)*2 djup*6 försök = 2160 mätvärden. (SP, Lövholmen, Malå)

Som komplement till de resistiva gradientmätningarna kapas tre stycken gradientprov i toppändan av virkeslag tre från samtliga provpaket, d.v.s. totalt 18 per försök. Utgå från mitten av paketen vid provtagningen för att utse provplankor. Gradientproven tas minst 30 cm in från kortändan av plankorna, undvik kvist, kådrika områden och andra defekter. Dessa provbitar klyvs sedan enligt figuren nedan och fuktkvoten mäts med torrviktsmetoden.

Totalt tas (18+18+18)*6 = 324 prover. (SP, Lövholmen, Malå)

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB



Figur över gradientproverna som kommer mätas med torrviktsmetoden.

Den relativa spricklängden
Plocka av översta virkeslaget och mät sprickorna på samtliga plankor i de följande 3-4 virkeslagen beroende på produkt, se tabell nedan.
Mät spricklängden för samtliga sprickor som syns på splintsidan då man står på virket. Summera spricklängden för varje planka, mät längden på alla plankor oavsett förekomst av sprickor.

Tabell som visar virkeslag från toppen där sprickmätning ska ske, samt resulterande antal plankor.

	31x115	**50x125**	**75x150**
Virkeslag från toppen av paketet som sprickmäts	2,3,4	2,3,4	2,3,4,5
Antal plankor som sprickmäts per försök	216	216	180

Ändsprickor eller sprickor i, eller omkring, kvistar mäts ej. Avståndet mellan märgens periferi och märg-flatsidan får max vara 3 mm, gäller båda ändytorna. Diagonal märg får inte heller förekomma i de plankor som mäts. De fyra plankorna med längst sammanlagd spricklängd i varje försök sorteras ut och tas inte med i uträkningarna eller resultatet, detta för att exkludera individer som spricker även vid mycket mild torkning. (SP, Lövholmen, Malå)

Justerverk
SP närvarar under den första körningen i justerverket, sedan sköter respektive sågverk detta självständigt.

Data/justerverksrapport sparas från respektive torksats. Kör samtliga paket från en torksats, ta sedan ut justerverksrapport med utfall och resultat från In-line fuktkvotsmätare. (Lövholmen, Malå)

- Fuktkvotsmedel och -spridning.
- Sorterad volym, avkapad längd och andelen nedklassat virke.
- Samt eventuellt annat resultat som ingår i justerverksrapporterna.

Gärna samtliga mätvärden från In-line fuktkvotsmätaren för respektive torksats. Om möjligt lastas paketen in stapelvis i en kontrollerad/noterad ordning. Detta gör det möjligt att analysera fuktkvotens spridning i både blåsdjupet och på höjden.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Specifikationer för torrviktsprov

- Tas minst 0,3 m in från kortändan på virkesstycket.
- Bör minst väga 100 g vid kaptillfället.
- Rent från kvist, undvik kådrika områden och andra avvikelser/defekter.
- Upplösning på vågen, och vikten som antecknas, ska vara 0,1 g eller bättre.
- Torkas vid 103 ± 2 °C tills viktminskningen är 0,1 % per 2 timmar (vanligen 10-15 tim).

Kvalitetskriterier

Dessa kriterier kan användas som riktlinjer av leverantörerna i deras arbete med att ta fram ett anpassat torkschema. Alla mätresultat kommer att presenteras i rapporten och dessa kriterier ska ses som ett komplement. Kriterierna gör det enkelt att redogöra hur mycket energi som använts/sparats och om kvalitetskriterierna uppfylldes.

- Uppmätt medelfuktkvot och standardavvikelse med torrviktproverna kommer att bedömas enligt 10 %-regeln.

  T.ex. vid 18 % målfuktkvot skall den uppmätta medelfuktkvoten ligga inom intervallet 18 ± 1,8 %-enheter, d.v.s. mellan 16,2-19,8 %.
  För samma målfuktkvot, 18 %, skall fuktkvotens uppmätta standardavvikelse vara mindre eller lika med 1,8 %.

- Klyvprov, 80 % av klyvproven får maximalt ha ett klyvgap på 2 mm.

- Den relativa medelspricklängden kommer beräknas med både planklängderna för de plankor som spruckit, samt med total planklängd för alla inspekterade plankor oavsett eventull förekomst av sprickor.

  - De beräknade relativa medelspricklängderna kommer sedan bedömas enligt tabellen nedan som anger max tillåten relativ medelspricklängd för respektive produkt för att kvalitetskriterierna ska vara uppfyllda.

  - Samt om övre 95 % konfidensintervallet är mindre än ”Max relativ medelspricklängd” + 2 %-enheter, enligt metoden i handledningen ”Leveranskontroll av virkestorkar”.

Tabell med max relativ medelspricklängd per produkt.

Dimension [mm]	Målfuktkvot [%]	Max relativ medel-spricklängd [%]
31x115	12	3
50x125	18	3
75x150	18	7

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

Analys av mätdata

- Jämförelse mellan torkningarna av medelfuktkvoten för torrviktsproverna, in-line mätningarna och elfuktkvotsmätaren samt uppkommen sprickläng dsnivå. (SP)
- Jämförelse av energidata. (SP)
- Fuktkvotsskillnader kopplat till paket- och stapelposition. (SP)
- Uppföljning av sorteringsutfall från justerverket. (SP)

Rapport

- Två separata rapporter från studien författas. (SP)
    - En rapport för respektive leverantör.
    - Referensförsöken är gemensamma för båda rapporterna.
    - Leverantörerna får läsa sin respektive rapport och komma med synpunkter inom fem arbetsdagar, SP förbehåller sig den slutgiltiga rätten att avgöra vad som publiceras.

- Rapporterna blir offentliga och presenteras genom EESI-projektets rapportserie. (SP)
    - Inga resultat offentliggörs från någon part, varken av SP, sågverk eller leverantörer, innan rapporterna publicerats.

© SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

SP-koncernens vision är att vara en internationellt ledande innovationspartner. Våra 1 400 medarbetare, varav över hälften akademiker och cirka 380 med forskarutbildning, utgör en betydande kunskapsresurs. Vi utför årligen uppdrag åt fler än 10 000 kunder för att öka deras konkurrenskraft och bidra till hållbar utveckling. Uppdragen omfattar såväl tvärtekniska forsknings- och innovationsprojekt som marknadsnära insatser inom provning och certifiering. Våra sex affärsområden (IKT, Risk och Säkerhet, Energi, Transport, Samhällsbyggnad och Life Science) svarar mot samhällets och näringslivets behov och knyter samman koncernens tekniska enheter och dotterbolag. SP-koncernen omsätter ca 1,5 miljarder kronor och ägs av svenska staten via RISE Research Institutes of Sweden AB.

SP Technical Research Institute of Sweden

Our work is concentrated on innovation and the development of value-adding technology. Using Sweden's most extensive and advanced resources for technical evaluation, measurement technology, research and development, we make an important contribution to the competitiveness and sustainable development of industry. Research is carried out in close conjunction with universities and institutes of technology, to the benefit of a customer base of about 10000 organisations, ranging from start-up companies developing new technologies or new ideas to international groups.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02
E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se
www.sp.se

Mer information om SP:s publikationer: **www.sp.se/publ**

Hållbar Samhällsbyggnad
SP Rapport 2016:25
ISBN 978-91-88349-29-3
ISSN 0284-5172

PART OF RI.SE