

Processpåverkan vid effektstyrning - Trätorkning



Martin Andersson

Magnus Ottosson

Dept. of Industrial Electrical Engineering and Automation
Lund University

Abstract

This report aims to give a view of the possible energy that could be achieved by using power reduction in a dry kiln based at a sawmill. It also aims to give a view of why the energy savings are possible, the likely magnitude of the savings and it comment upon how the production is affected. The majority of the results are based upon simulations generated by an application that has been designed specifically for this report.

The results are mainly based upon simulations that are made by a simulation application that has been designed for this report, but also upon real measurements done on an existing sawmill. The simulation application is based upon several different parameters that are of dignity for the drying process. The simulations have produced excellent results that are comparable to the expected outcome in reality, therefore, the results can be considered reliable. It has been showed that the effects on the wood due to the power reduction are very small or neglectable when a normal amount of reduction occurs. It has also been showed that the dignity of the effects have a relation to where in the drying process the reduction has occurred.

It has been showed that the saved energy due to the power reduction at a sawmill like Hemmingsons trä in Vimmerby, with 25 wood drying kilns, adds up to between 65 to 340 MW h per year, depending on how often the power reduction technique is utilised. The significant variation in the possible savings is linked to the larger energy requirement during the winter month due to the cold climate compared to the warmer summer. The savings of 340 MW h is achieved if the same magnitude reduction is used all over the year and it has the magnitude that is normal for a winter month.

Sammanfattning

Denna rapport syftar till att ge en uppfattning av den energi som kan sparas då effektregering tillämpas vid torkanläggningar vid sågverk, utan att påverka slutresultatet nämnvärt. Arbetet har utförts genom mätningar och analyser från en befintlig torkanläggning.

Resultaten baseras till största delen utifrån simulerade torkningar som är gjorda i ett simuleringsprogram som utvecklats som en del i examensarbetet, men även utifrån mätningar som är gjorda på ett befintligt sågverk. Simuleringsprogrammet är baserat på ett flertal ingående parametrar som styr torkningen i virket. Simuleringarna har visat sig stämma väl överens med verkligheten och resultaten kan anses tillförlitliga. Det har påvisats att själva torkförloppet påverkas mycket lite då det sker en normal effektregering, dock förekommer det variationer i påverkan beroende på var i processen regleringen sker.

Det kan konstateras att energibesparingen som blir till följd av effektregeringen för ett sågverk i samma storlek som Hemmingssons trä i Vimmerby, med 25 virkestorkar, är omkring 65 till 340 MWh per år beroende på hur ofta nedstyrningar kommer ske. De stora besparingsvariationerna har kunnat härledas till att energibehovet varierar kraftigt under året, och det är således av stor betydelse efter vilket mönster man väljer att styra ned virkestorkarna. Besparingen på 340 MWh är baserad på att det sker samma antal nedstyrningar varje månad året om fast med en nedstyrningsgrad som är ”normal” för en vintermånad. Det är således ett ökat energibehov under vintern och det krävs då fler nedstyrningar för att kunna klara kraven på effektuttaget.

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
	1.1 Syfte	5
	1.2 Problem	5
	1.3 Avgränsning	6
	1.4 Företaget Powerit MIC AB	6
2	Trätorkning i praktiken	7
	2.1 Varför torkning	7
	2.2 Torkningsanläggning	7
	2.3 Mätning av träets fuktkvot	8
	2.4 Torkprocessens olika faser	9
	Uppvärmning	9
	Avdunstning av fritt vatten	10
	Avdunstning av bundet vatten	10
	Utjämning	11
	Konditionering	11
	Avsvälning	11
	2.5 Risker vid torkning	11
	Sprickor och krympning	12
	Trämögel	12
	Felaktig fuktkvot	12
	Färgfel	12
3	Torkningsförlopp	13
	3.1 Träets fuktkvot	13
	3.2 Vattnets transport i träet	13
	Transport av fritt vatten	13
	Transport av bundet vatten	14
	Kombinerad transport av bundet och fritt vatten	14
	3.3 Hastighetspåverkande faktorer vid torkning	15
	Temperatur	15
	Psykrometerskillnaden	16
	Lufthastigheten	16
4	Microflexenheten	17
	4.1 Effektstyrning	17
	4.2 Rapportering och processdata	18
	4.3 Larmhantering	18
5	Förutsättningar för mätningar	19
	5.1 Specifik situation	19

5.2	Förutsättningar vid provtagningar	20
5.3	Effektmätning	21
5.4	Mätningar till följd av nedstyrning	21
6	Simulering	22
6.1	Simuleringsverktygets utformning	22
	Torkriktning	22
	Torkförloppets olika faser	23
6.2	Ingående fysik	25
	Torkklimatet	25
	Lufthastigheten	25
	Diffusionsförloppet	25
	Virkesdimensioner	26
6.3	Kalibrering av simuleringsmodell	26
	Resultat av kalibrering	27
6.4	Simuleringsverifikation	27
7	Resultat	32
7.1	Resultat av simuleringar	32
	Förlängning vid en nedstyrning	32
	Orsaker till fördröjningskurvans utseende	34
	Simulering av verkligt förlopp	35
7.2	Resultat av mätningar	36
	Mätningar av nedstyrda torkningar	38
	Effektmätningar med och utan nedstyrningar	40
7.3	Jämförelse mellan simuleringar och mätningar	43
8	Hur lönsamt är effektstyrning?	46
9	Statistisk säkerhet	48
10	Rekommendationer	49
11	Slutsatser	50
12	Tillkännagivande	51
13	Referenser	52
Appendix		
	Bilaga 1 – Nedstyrningstabell	53
	Bilaga 2 – Torkschemata och Torkuppföljning	56
	Bilaga 3 – Kalibreringsvärden	58
	Bilaga 4 – Trendkurva	59
	Bilaga 5 – Månadsrapporter elförbrukning	60
	Bilaga 6 – Programbeskrivning, simulering	63
	Bilaga 7 – Torkuppföljningar, sammanfattning	67

1 Inledning

Många industriella processer har ett mycket stort kontinuerligt effektuttag. Många gånger är dessa processer inte så känsliga för kortvariga variationer i effekttillförseln, eftersom de ofta har en stor tröghet med mycket energi lagrad. Detta kan då leda till att energi och pengar kan sparas utan att slutresultatet påverkas.

1.1 Syfte

Företaget Powerit MIC AB har insett att man kan spara pengar åt konsumenten genom att styra effekttillförseln till processer med stort eleffektuttag. Huvudsyftet med styrningen är att begränsa effekten, vilket medför lägre effektavgifter. Företaget tror sig också kunna göra en energibesparing på vissa processer som en följd av effektstyrningen, men detta är inte bekräftat fullt ut.

Syftet med detta arbete är att mäta och analysera om man, på ett systematiskt sätt, kan spara energi med ett system som ursprungligen syftat till att begränsa den maximalt uttagna effekten. Att begränsa det totala effektuttaget innebär att man ofta måste avbryta någon delprocess under en kortare tid. Nödvändigtvis betyder inte dessa avbrott någonting för slutresultatet vad gäller kvalitet och kvantitet. Det ligger i just Powerit MIC AB intresse att påvisa dessa ytterligare förtjänster genom effektreglering. Tanken är att förtjänsterna sker genom en minskad effektförbrukning med bibehållet resultat.

1.2 Problem

Det finns många rapporter som behandlar hur man optimalt styr olika industriella processer både med avseende på tid och med energi. Då sker styrningen ofta i form av kontinuerlig reglering av flera parametrar. Detta är i många fall bra om man endast tar hänsyn till produkten, men är inte alltid ekonomiskt försvarbart. Sådan typ av reglering är kanske heller inte alltid möjlig. Utrustningen som tillhandahålls av Powerit MIC AB styr utifrån ett effekttreglerande perspektiv och den tar endast i viss mån hänsyn till hur processen beter sig eller i vilket tillstånd den befinner sig i. Effekttregleringen beror alltså på hur resten av anläggningens effektförbrukning ser ut för stunden. Regleringen kommer därför från processens synvinkel att te sig slumpartad vilket innebär att processen i förväg inte kan säga om den kommer att effekttregleras. I denna rapport utgår vi därför ifrån en effekttstyrning som inträffar vid olika tidpunkter oberoende av processen.

Problemet består av att hitta ett samband mellan en eventuell processförändring och den aktuella effekttstyrningen. Om ett samband finns kommer problemet

även omfatta huruvida det är möjligt att förbättra regleringen utifrån de förutsättningar som finns. För att detta skall kunna studeras krävs ingående kunskap om den specifika processen.

1.3 Avgränsning

Powerit MIC AB har haft goda kontakter med en stor kund inom virkesindustrin och det föll sig naturligt att titta närmare på virkestorkningsprocessen. Torkningsprocessen är en komplex process som uppvisar stor spridning i form av egenskaper i råmaterial. Trä är ett levande material och det optimala torkförloppet kan variera mycket. Mätningar kommer därför att utföras baserade på virke som är sågat på samma plats och som bör ha liknande egenskaper. Torkprocessen är en ganska långsam process som kan ta allt från tre dagar till flera veckor och därför har vi varit begränsade till att göra ett fåtal mätningar. Alla mätningar kommer att utföras på delar av anläggningen med eventuell kompletterande mätutrustning. Eftersom den riktiga processen är komplicerad och det inte går att förutse när reglering kommer att ske eller hur ofta, ger detta väldigt många kombinationer. Det finns således inte utrymme att utreda alla kombinationer och det blir nödvändigt att avgränsa till endast de kombinationer som misstänks ha störst inverkan.

För att få en bättre möjlighet att utreda olika fall kommer ett simuleringsverktyg att konstrueras och användas tillsammans med mätningarna.

1.4 Företaget Powerit MIC AB

Powerit MIC AB är ett företag med ett tiotal anställda, som ligger i företagsbyn Ideon i Lund. Dess företagsidé är att tillhandahålla effektreglerande utrustning till energikrävande industri. Behovet som finns hos konsumenten är att jämna ut sitt effektuttag över dygnet, så att inga effektuttagstoppar uppstår samt att erhålla en jämn elenergiförbrukning. Detta gynnar konsumenten, som slipper straffavgifter för överträdelse av avtalad maxförbrukning, samt minskar den fasta avgiften baserad på maximalt elenergiuttag över året. Även energiproducerande företag gynnas, då de får en jämnare och en mer förutsägbar belastning.

Företaget samarbetar bl.a. med Sydkraft, som är med och marknadsför dess produkter. Produkten Powerit ECS, Energy Control System, styr konsumentens effektuttag och håller det inom ramen för avtalet med energibolagen. Detta görs genom att man kontinuerligt mäter effektuttaget och när man kommer upp i en kritisk förbrukning kan man hindra olika processer från att starta eller stoppa en pågående tillfälligt så att det maximala effektuttaget inte överskrids. Powerit ECS finns i tre olika storlekar, beroende på dels hur många energiträga laster man vill kunna effektreglera och dels hur avancerad reglering man behöver. Den minsta modellen handhas via en vanlig webbläsare, medan de två övriga har en specialutvecklad mjukvara som kan installeras i Windows.

2 Trätorkning i praktiken

Trätorkning utgör en väsentlig del av virkesindustrin. Det är efter detta processteg som virket ökar avsevärt i förädlingsvärde. Efter avbarkning och sågning kan virket inte användas till någon form av konstruktion förrän det har en fuktkvot som överensstämmer med omgivningen där det ska användas. Virket torkar dock på egen hand om det får ligga torrt, men denna process tar så lång tid att lagerkostnaderna hade blivit skyhöga. För att kunna leverera användbart virke med hög kvalitet till konsumenterna snabbt och effektivt krävs det att virket torkas i ändamålsenliga virkestorkar.

2.1 Varför torkning

Nyavverkad skog innehåller mycket vatten och detta ger virket många oönskade egenskaper, [3], [6]. Vattnet ökar vikten för materialet, vilket ger dyra transporter. Det blir betydligt mer svårarbetat, men framförallt sker formförändringar och krympningar när virket senare torkar. Därför är det fördelaktigt att låta virket torka i ett så tidigt skede som möjligt. Det finns även ett flertal andra orsaker till varför man torkar virket:

- Risken för biologiska angrepp, såsom mögel och rötangrepp, minskar om virket har en fuktkvot lägre än 20 %.
- En fuktkvot under 15 % gör virket hårdare och starkare.
- Impregneringsbehandling eller ytbehandling underlättas vid låg fuktkvot.
- Virkets värmeisoleringsförmåga ökar.
- Virkestorkning går fortare än vanlig brädgårdstorkning, vilket reducerar lagerutrymme och leveranserna blir jämnare året runt.
- Virke som har god kvalitet är lättare att sälja och är mer lönsamt.

2.2 Torkningsanläggning

Ett vanligt tillvägagångssätt vid torkningen är att använda sig av någon form av lufttork, [3], [4]. Det finns ett antal olika modeller, bland annat kammartork och vandringsstork som är vanliga vid svenska sågverk, se Figur 2.1. Principen för hur torkningen går till är ganska enkel. Det tillförs varm torr luft som skall passera förbi det fuktiga virket vilket skall medföra att fukten transporteras bort. Värmen kan produceras på olika vis, exempelvis genom direktverkande el, värmepannor av olika slag eller liknande. Många sågverk producerar spillprodukter som kan användas som bränsle vilket kan vara fördelaktigt. Ett brukligt temperaturspann kan ligga i området 50 – 90°C beroende på kvalitetskrav och anläggningsbegränsningar m.m. För att få luften att cirkulera

används fläktar. Fläktarna har ofta ganska stora dimensioner och kan stå för en stor del av sågverkets elförbrukning [10]. Torktiden har stora variationer som är starkt beroende av temperatur, lufthastighet, virkesdimensioner, virkesmängd och önskad slutfuktkvot. Det är även av stor betydelse hur fort fukten transporteras inom virket. I Figur 2.1 ses hur ett nytorkat virkespaket är på väg ut ur en av kammartorkarna.



Figur 2.1. Ett virkespaket har just torkats färdigt och är på väg ut ur torkkammare 20 på Hemmingssons sågverk i Vimmerby.

2.3 Mätning av träets fuktkvot

När torkschemat har körts klart måste fuktkvoten i virket mätas för att se att kraven är uppfyllda och att vidare torkning ej är nödvändig. Att göra noggranna mätningar på varje plankor är i praktiken omöjligt. Därför görs ett tiotal mätningar på slumpvis utvalda plankor som ligger ytterst i paketen. Ungefär fem mätningar görs på varje sida. Att mätningarna utförs på bägge sidor beror på att fläktarna varierar vindriktningen så om man endast mäter på den sida som sist var stormsida (den sidan som träffas av den varma luften först) kommer mätningarna visa en för låg medelfuktkvot. På samma vis kommer den uppmätta medelfuktkvoten bli för hög om endast mätningar på läsidan görs. Mätningarna har en spridning på ett par procent vid normala förhållanden och det är medelvärdet av de tio mätningarna som anges som slutlig medelfuktkvot. Detta kan tyckas ge en viss osäkerhet av torkresultatet, men kraven som ställs på torkningarna är relativt förlåtande. Som exempel kan det nämnas att endast 86 % av hela virkespaketet måste uppnå en fuktkvot som ligger mellan 22 och 14 % om riktvärdet är 18 %. Desto lägre riktvärde som

eftersträvas desto snävare är intervallet. Kraven som ställs på inom vilket intervall fuktkvoten måste vara finns reglerat i den svenska standarden SS 232740.

Mätningarna sker manuellt genom att man går ut till virkespaketet och slår in en resistansfuktkvotsmätare ungefär 30 mm in i virket. Mätinstrumentet sparar då undan fuktkvoten och en ny mätning kan göras. När ett tiotal mätningar gjorts kan man ta fram ett medelvärde. I Figur 2.2 mäts fuktkvoten i ett nytorkat virkespaket av den rutinerade torkskötaren Jan Persson på Hemmingssons sågverk i Vimmerby.



Figur 2.2. Bilden till vänster visar hur fuktkvotsmätningen går till på Hemmingssons sågverk. Bilden till höger visar den typ av resistansfuktkvotsmätare som används.

2.4 Torkprocessens olika faser

Torkprocessen kan delas in i flera olika faser, [4], [11]. Under de olika faserna uppvisar virket olika egenskaper som är av vikt att beakta för att torkresultatet skall bli av god kvalitet. De olika faserna är:

1. Uppvärmning
2. Avdunstning av fritt vatten
3. Avdunstning av bundet vatten
4. Utjämning
5. Konditionering
6. Avsvalning

Uppvärmning

Den första fasen kallas för uppvärmning. Under denna fas torkas inget vatten bort utan syftet är att se till att virket får en homogen temperatur. Att inget vatten förs bort beror på att det är viktigt att ytan inte torkar. Ofta tillförs fukt i cirkulationsluften för att ge en så fuktig miljö som möjligt, vilket kallas för basning. Om ytan skulle torka bildas en torr barriär och fukten som finns inne i virket har svårt att komma ut samtidigt som värmen inte leds in lika väl som

när virket är genomfuktigt. Om det är varmt och torrt på ytan kan även vattnet transporteras på fel håll, in i virket igen. När virket torkar på ytan krymper det och detta medför spänningar som kan leda till sprickor och missfärgningar som först upptäcks senare när virket börjar bearbetas. Det är även av vikt att uppvärmningsloppet inte tar för lång tid då det finns risk för mögelskador och missfärgningar. Ett normalt uppvärmningsförlopp tar omkring 4-8 timmar men tidsåtgången beror mycket på virket och tjockleken.

Avdunstning av fritt vatten

Den andra fasen består i att få det vatten som kallas för det fria vattnet att avdunsta. Detta sker genom att ändra fuktigheten i cirkulationsluften. Fuktigheten ändras genom att släppa in torr luft i torken. Den torrare luften sänker fuktkvoten i cirkulationsluften vilket leder till att fukten i virket kan överföras till luften. Hur mycket torr luft som kan släppas på regleras av fördefinierade torkscheman. Torkschemat bygger på att klimatet i torken kontinuerligt mäts och registreras, utifrån detta regleras torkförloppet. Det är viktigt att klimatet, som är definierat i torkschemat, följs.

Eftersom vattnet endast kan avdunsta från ytan innebär det att torkförloppet och torkhastigheten inte får vara för hög, så att ytan torkar innan fukten transporteras från kärnan av virket och ut till ytan. Det är således av stor vikt att ytan hela tiden hålls fuktig så vattenvandringen från kärnan och utåt inte avbryts. Om virket torkar på ytan försvinner virkets kapillärverkan och det blir svårt att få igång vattenvandringen igen. Det är således viktigt att psykrometerskillnaden (skillnaden mellan den torra och den våta temperaturen, se vidare avsnitt 3.3) hålls liten vid denna fas av torkningen.

Ett annat problem som uppstår är att det fria vattnet vid ytan försvinner fortare än inne i virket vilket medför att ytvirket torkar till fibermättnadsgränsen fortare än kärnan. Detta kan ge allvarliga konsekvenser i form av sprickor. Det är därför viktigt att torkningen under denna fas sker försiktigt och välkontrollerat.

Avdunstning av bundet vatten

Den tredje fasen syftar till att få bort det vatten som är bundet i fibrerna. Det finns inte någon skarp gräns mellan fas två och tre utan övergången sker gradvis. Som diskuterats i föregående avsnitt torkar ytan fortare än kärnan vilket leder till att ytan kommer i fas tre tidigare än kärnan. När hela virket har torkat till fibermättnadsgränsen och torkförloppet tidigare har varit kontrollerat, samt att ytan inte är helt torr, kan en ökning av psykrometerskillnaden och temperatur ofta tillåtas och en högre torkhastighet uppnås. Detta är ett direkt resultat av att virket krymper likformigt och inga spänningar uppkommer om fuktkvoten är lägre än fibermättnadsgränsen genom hela virket.

Under den tredje fasen är det inte lika viktigt att torkschemat följs exakt utan vissa variationer kan tillåtas. I denna fas är volymen vatten som transporteras bort per tidsenhet betydligt lägre än i den föregående fasen. Detta medför att en lägre lufthastighet kan tillåtas och på så vis minska energiförbrukningen. Det är dock viktigt att bibehålla ett jämnt luftflöde genom hela torken.

Utjämning

I slutet av torkningen kan medelfuktkvoten i virket mätas. Om exempelvis medelfuktkvoten i slutet av torkningen är 8 % innebär inte detta att hela virkesstycket har en fuktkvot på 8 %. Det är mer troligt att ytan har en lägre fuktkvot samt att kärnan har en betydligt högre. Det kan exempelvis vara en fuktkvot på ytan på 5 % samtidigt som kärnan har en fuktkvot på 11 %. Ett vanligt förfarande är att låta ytan torka till en fuktkvot under den önskade för att sedan stänga av värmeförseln. Därefter tillåts kärnan torka långsamt till den önskade fuktkvoten, samtidigt som ytan återfuktas så att även den når samma fuktkvot.

Konditionering

Den femte fasen kallas för konditionering och i denna fas sker en utjämning av spänningar som har uppkommit under torkförloppet. För att jämna ut torkspänningarna måste trycket ökas på ytan. Detta görs genom att öka fukthalten så att jämviktsfuktkvoten i träet hamnar på 2 – 3 % över den önskade slutfuktkvoten. När ytan åter blir fuktig sväller den och det bildas spänningar som motverkar de spänningar som tidigare bildats inne i virket. När man genomför denna process är det viktigt att virket är plastiskt d.v.s. att det klarar av deformationer. Detta uppnås genom en hög temperatur, gärna något högre än torkningstemperaturen.

Avsvalning

Den sista fasen i torkprocessen är avsvalningsfasen. Det är viktigt att virke som har en hög slutfuktkvot eller som har blivit konditionerat får vara kvar i torkkammaren under denna sista fas så att en kontrollerad avsvalning med kontrollerad fuktighet kan ske. Fuktigheten i torken sätts till samma eller strax under den slutliga jämviktsfuktkvoten. Virke som har låg slutfuktkvot och som inte är konditionerat är inte lika känsligt för sprickor och kan avsvalnas utanför torken.

2.5 Risker vid torkning

Både virkets förvaring före och efter, men också under själva torkningen, är riskmoment som kan ge upphov till oönskade fysiska defekter, [5]. Hur dessa defekter uppkommer beror till stor del på klimatet som virket befinner sig i och trädets egenskaper. Det sistnämnda är en svåruppskattad faktor då trä är ett

levande material och för att minimera riskerna krävs erfarenhetsbaserade kunskaper, regler och metoder som torkskötarna bör följa. Nedan följer några av de defekter som kan uppkomma vid torkning.

Sprickor och krympning

Det kan finnas sprickor i virket redan innan det har torkats, men detta beror oftast på klimatet trädet växt i. Trädets avverkning och uppsågning kan också inverka. För att undvika sprickor under torkning är det viktigt att psykrometerskillnaden hålls liten bl.a. i början av torkningen. Detta för att ytan inte ska torka snabbare än fukten från träets inre hinner vandra ut mot ytan. Om ytan torkas för snabbt, krymper ytträet och bildar ett skal runt den fuktiga kärnan. Kärnan trycker då på skalet inifrån och sprickor kan uppkomma. Se avsnitt 2.3.

Trämögel

Nysågat virke bör inte lagras allt för länge innan det torkas, speciellt inte under varma somrardagar, då det ökar risken för mögelangrepp. Väl inne i torken är det viktigt att hålla både den torra och våta temperaturen hög, dels för att hindra uppkomst av och dels för att döda eventuellt uppkommen mögelsvamp. Därför bör uppvärmningsförloppet i torkarna ske så snabbt som möjligt.

Felaktig fuktkvot

Eftersom torkning är en tidskrävande process torkas virket endast till den fuktkvot som krävs för ändamålet det ska användas till. Det finns många europeiska länder vars regler säger att virket ska torkas till en fuktkvot strax under fibermättnadsgränsen för att förhindra mögeluppkomst när det transporteras och lagras. Denna fuktkvot motsvarar ca 25 % och kallas för skeppningstorrt. I Sverige är kraven 20 %, men för att minimera riskerna att virket överstiger gränsen finns en praxis att virket torkas till ca 18 % och strax därunder, eftersom det finns spridning på fuktkvoten i hela batchen.

Färgfel

Om virket utsätts för höga temperaturer finns risk för missfärgningar. Dessa missfärgningar uppkommer framförallt om den våta temperaturen är för hög. Detta klimat är däremot bra ur mögeltillväxt- och sprickbildningsperspektiv. Enligt reglerna måste virket vara lika ljusst som vid brädgårdstorkning, men eftersom missfärgningen oftast ligger i ytskiktet är detta inget större problem då det försvinner vid hyvling.

Övriga defekter som kan uppträda är bl.a. deformationsfel och kådflytning. Samtliga nämnda risker minimeras med bra torkscheman och torkskötarens erfarenheter.

3 Torkningsförlopp

Med torkningsförloppet menas virkets fysiska förmåga att avge vatten. Detta är ett komplext förfarande som är beroende på hur mycket vatten som finns i virket samt virkesdimensionerna i förhållande till fiberriktningen, [3], [12].

3.1 Träets fuktkvot

Virke med en högre fuktkvot än luften kommer avge fukt, till dess att jämvikt uppstår. Virkets fuktighet minskar hastigt i början, då skillnaden mellan luftens och virkets fuktighet är stor. När skillnaden blir mindre, minskar även fuktavgivningen och torkningen går långsamt. Vilken jämviktsfuktkvot virket antar beror på den torra och den våta temperaturen.

Träcellerna i virket har en övre gräns för hur mycket vatten de kan uppta. Denna övre gräns motsvarar en fuktkvot på ca 30 % vid rumstemperatur och kallas för fibermättnadsgränsen. Har virket en högre fuktkvot är vattnet bundet i cellhåligheterna och kallas för fritt vatten eller kapillärvatten.

3.2 Vattnets transport i träet

För att träet ska torka krävs att vattnet som finns bundet i och kring cellerna transporteras ut ur träet. Hur fort detta sker beror på temperaturen, psykrometerskillnaden, virkets fuktkvot och dess egenskaper. Det fria vattnet i virket torkas relativt snabbt i takt med att vattnet förångas medan det bundna vattnet tar betydligt längre tid att få bort.

Transport av fritt vatten

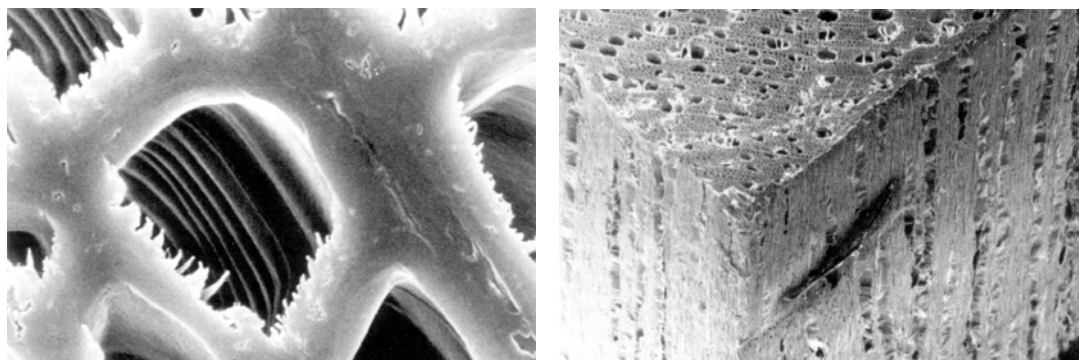
Det fria vattnet finns lagrat i virkets hålrum i cellerna, se Figur 3.1. En verklig förstoring av dessa hålrum kan ses i Figur 3.2. Eftersom virket strävar efter en jämn fuktkvot genom hela virkesstycket samtidigt som vatten avdunstar på ytan leder detta till att det sker en transport av vatten från kärnan ut mot ytan. Transporten av det fria vattnet styrs av kapillärkrafterna som ”drar vattnet ut mot ytan”. Kapillärkrafterna är relativt starka och bidrar till att torkningen sker relativt fort när det finns fritt vatten. Som redan beskrivits i avdelning 2.4 är det således viktigt att torkningen på ytan inte sker för fort så att kapillärbindningarna bryts vilket får till följd att transporten avtar. Om bindningarna bryts kommer det resterande fria vattnet torka enligt samma princip som för det bundna vattnet vilket är en betydligt långsammare process. Se även avdelning 6.1.



Figur 3.1. Träcellens utseende vid olika fuktkvoter, vatten finns fritt i hålrum samt bundet i cellväggen.

Transport av bundet vatten

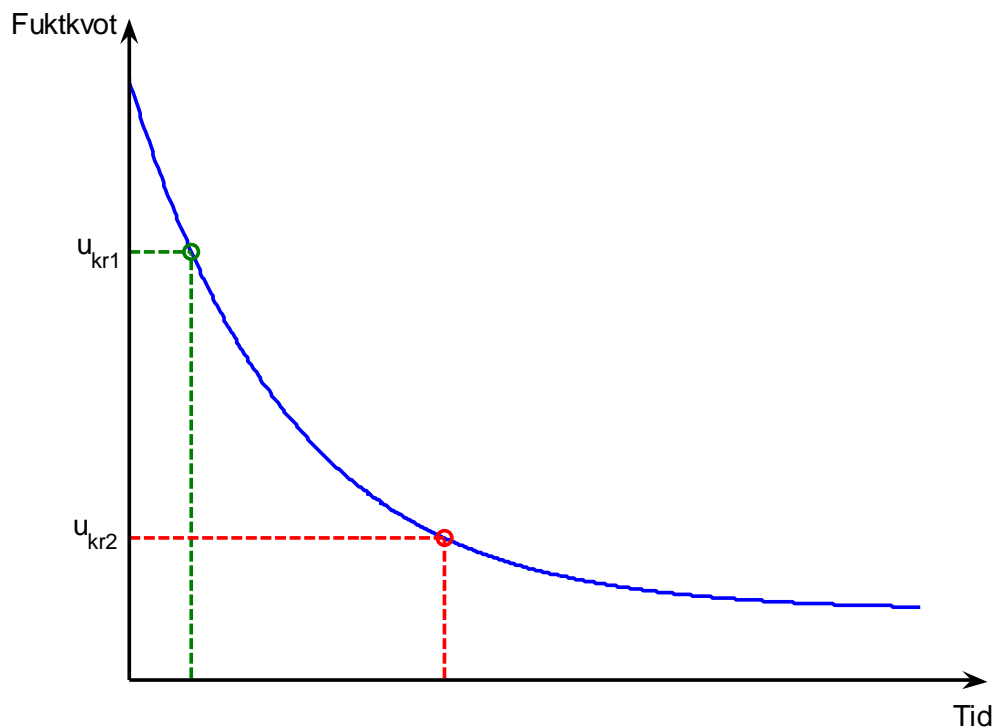
När någon del av virket har nått fiber-mättnadsgränsen sker den fortsatta torkningen genom diffusion i den delen. Detta sker genom att det bildas en fuktgradient genom virket, eftersom det sker en avdunstning från ytan. Det sker nu en fuktutjämning mellan närliggande celler vilket medför att en torkning sker. Se även avdelning 6.1.



Figur 3.2. Bilderna ovan visar träets struktur och form i hög förstoring. Hålrum där vatten kan finnas lagrat syns tydligt.

Kombinerad transport av bundet och fritt vatten

I det verkliga torkförloppet sker de olika fukttransporterna i viss utsträckning samtidigt. Detta får till följd att torkförloppet går fort i början, men avtar med tiden. Ett sådant principiellt utseende kan ses i Figur 3.3. Där kan ses att innan den kritiska fuktkvoten u_{kr1} är det endast transport av fritt vatten medan det mellan de båda kritiska fuktkvoterna u_{kr1} och u_{kr2} är det en kombinerad transport av fritt och bundet vatten. Efter u_{kr2} är det endast transport av bundet vatten som sker.



Figur 3.3. Kurvan visar det principiella torkhastighetsutseendet samt var de olika fuktransportprinciperna är aktiva beroende av fuktkvoten.

3.3 Hastighetspåverkande faktorer vid torkning

För att på ett så effektivt sätt som möjligt torka virke, utan att påverka kvalitén i negativ riktning, krävs inblick i de faktorer som påverkar torkningstiden. Detta ligger sedan till grund för hur torkschemat skall utformas. En mängd faktorer som inverkar härrör från träets och trätorkens egenskaper och utformning, och är olika från gång till gång. Torkschemat bestämmer sedan hur klimatet i torken ska vara under hela torkningsperioden. Klimatet beskrivs genom temperatur, psykrometerskillnad/relativ luftfuktighet och lufthastighet.

Temperatur

I trätorkningssammanhang anges oftast två olika temperaturer, den torra och den våta temperaturen. Den våta temperaturen är den temperatur som ett vått föremål erhåller i en luftström. Denna temperatur är alltid lika eller lägre än den torra, beroende på hur mycket fukt den omgivande luftströmmen innehåller. När vatten från det våta föremålet avdunstar går det åt värmeenergi och temperaturen sjunker. Detta pågår tills en jämvikt uppstår mellan den upptagna värmeenergin från omgivningen och energiåtgången för vattnets avdunstning. Skillnaden mellan den torra och den våta temperaturen kallas psykrometerskillnad och är ett mått på den relativa luftfuktigheten.

I början av torkförloppet erhåller virket, som är ett vått föremål, den våta temperaturen. Allt eftersom torkning sker antar virket mer och mer den torra temperaturen. Om en konstant jämviktsfuktkvot hålls under torkningsförloppet kan man se att en ökning av temperaturen även ökar torkningshastigheten, upp till en övre gräns. Ökningen beror på att diffusionen ökar med ökad temperatur. Den övre gränsen kommer sig av att hartser blockerar vattenvägarna.

Psykrometerskillnaden

Med ökad psykrometerskillnad ökar också torkningshastigheten. Detta beror på att en stor psykrometerskillnad är likvärdigt med en låg relativ luftfuktighet. Luften kan då lättare ta upp vattenånga och torkningen blir då effektivare. Dock ger en ökad psykrometerskillnad vid låga temperaturer inte så stor ökning som vid högre temperaturer. Det ska tilläggas att det inte är fördelaktigt att ha för stor psykrometerskillnad, särskilt inte i början av torkförloppet, eftersom detta bidrar till ökad sprickbildning.

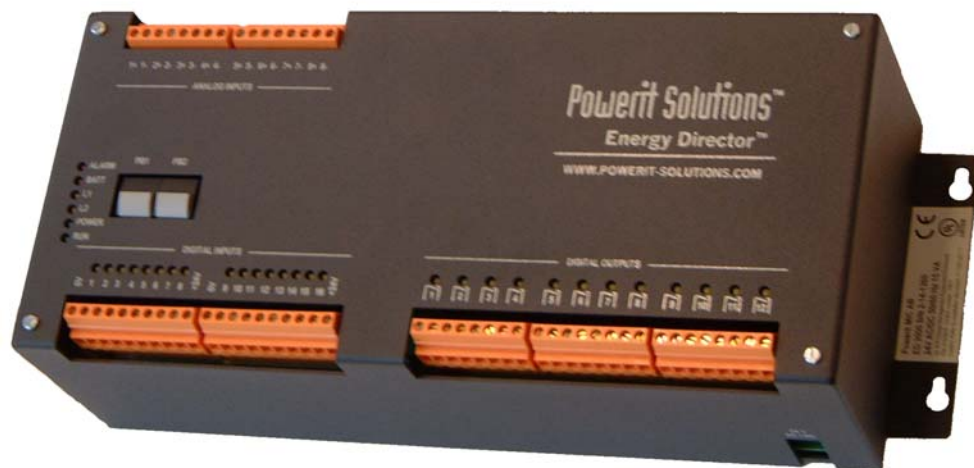
Lufthastigheten

För att vattnet i virket skall kunna förångas effektivt krävs att värmeenergi kontinuerligt tillförs från omgivningen. För att öka värmeförseln till virket kan lufthastigheten ökas. Detta bidrar då också till en effektivare bortforsling av vattenångan som kommer från virket.

En ökning av lufthastigheten bidrar alltså till en högre torkningshastighet. Hastighetsökningen avtar dock med ökad lufthastighet fram till en övre gräns. Därefter påverkas torkningshastigheten marginellt. Fläktarna som skapar luftströmmen drar åtta gånger mer effekt vid en fördubbling av lufthastigheten vilket medför att det inte är ekonomiskt lönande att ha en för hög lufthastighet. Ett kostnadsminimum för elenergi kontra kvalitet och torktid på virket erhålls i trakterna kring 2 – 5 m/s. En ökning av lufthastigheten minskar torkningstiden så länge virket har en fuktkvot högre än fibermättnadsgränsen. Vid lägre fuktkvoter kan luften, vid bibehållen hastighet, transportera mer vattenånga än vad som finns tillgängligt på virkesytan och torkningstiden blir då mer beroende av klimatet.

4 Microflexenheten

Powerit ECS (Energy Control System), eller Microflex, se Figur 4.1, som den även kallas finns i tre olika storlekar. Beroende på hur många maskiner man vill kunna effektregera och hur avancerad reglering man behöver väljs en lämplig storlek på Microflexen. Den minsta modellen handhas via en vanlig webbläsare, medan de två övriga har en specialutvecklad mjukvara som kan installeras i Windows, [9].



Figur 4.1. En Microflexenhet från Powerit.

4.1 Effektstyrning

Kundens energimätare kopplas till två av Microflexens ingångar, en för förbrukad aktiv effekt och en för den reaktiva. Energimätaren sänder ut pulser som motsvarar en viss förbrukad energi, exempelvis 1 puls/kWh. Enheten räknar antalet pulser och var femte sekund beräknas ett nytt medeleffektuttag sett över den aktuella debiteringsperioden. Microflexenheten kan då uppskatta hur stort energiuttaget kommer att bli vid debiteringsperiodens slut. Gränserna för hur stort aktivt och reaktivt energiuttag som tillåts per debiteringsperiod ligger programmerat i Microflexen.

För varje minut som går beräknas ett nytt tillåtet max effektuttag genom att man vet hur mycket som redan har förbrukats och hur mycket energi som kan förbrukas innan man passerar gränsen. Om beräkningarna visar att man har för stort energiuttag kommer microflexenheten att styra ner utrustning som inte behövs kontinuerligt.

Olika regler och restriktioner såsom temperaturgräns, tidsgränser och prioritet kan tillämpas för styrobjekten. Detta förhindrar risken att styra ner någon funktion i ett kritiskt läge eller då de inte är i drift. För att inte systemet skall bli oscillerande och onödigt slitage uppstå finns en minsta nedstyrningstid, minsta drifttid efter nedstyrning samt maximal nedstyrningstid.

4.2 Rapportering och processdata

All information som behandlas finns tillgänglig i microflexenheten och går att presentera i rapporter och i olika grafer. Det finns en fysisk gräns som sätts beroende på minneskapaciteten i enheten och om man vill spara information för längre perioder måste man spara ner data på exempelvis en dator.

Man kan välja själv vilka variabler som skall loggas, dessa kan vara mätdata som effektförbrukning, temperatur, nedstyrd effekt etc.

4.3 Larmhantering

I enheten kan man sätta olika gränser för olika variabler. Om en gräns överskrids aktiveras ett larm. Man kan välja att rapportera ett aktiverat larm genom att exempelvis skicka en signal på en analog eller digital utgång, skicka ett SMS eller ett mejl tillsammans med meddelande i klartext.

5 Förutsättningar för mätningar

För att åstadkomma mätningar som är representativa krävs att det ges en klar bild över testanläggningen samt hur mätningarna har genomförts.

5.1 Specifik situation

Företaget Powerit MIC AB har som mål att försöka sänka effekttopparna så mycket som möjligt, erfarenhet har visat att det brukar handla om omkring 1/3 av den totala nedstyrbara effekten. Detta har visat sig vara en lämplig nivå för att processen i övrigt inte skall påverkas. För det specifika fallet på Hemmingssons sågverk är den totala nedstyrbara effekten 1205 kW vilket motsvarar fläkteffekten på alla 25 torkarna. Enligt Powerit MIC AB:s beräkningar kommer nedstyrningen att ske med 380 kW vilket motsvarar en något mindre nedstyrning än vad policyn medger.

Det finns fyra typer av kammartorkar på Hemmingssons sågverk och de skiljer sig avsevärt i fläkteffekt. Fläkteffekter och antal torkar ses i Tabell 5.1.

Tabell 5.1. Total fläkteffekt per kammare och antal kammare av denna typ.

Total märkfläkteffekt (kW)	Antal kammare
55	6
30	3
22.5	6
37	7

Det är endast de kammare som har en fläkteffekt på 55 kW som har varvtalsreglering och de kommer således inte att stängas av vid en nedstyrning. När alla kammare är igång drar de en effekt på 37 kW i genomsnitt per kammare. När de är nedstyrda kommer medeleffekten vara 1,875 kW beroende på att de varvtalsreglerade då har gått ner i hastighet. Beräkningarna är gjorda utifrån att varvtalet kommer att halveras vilket medför en teoretisk minskning av effekten till 1/8. Med en förutsättning att varje nedstyrning kommer att vara i 8 minuter ger detta en minskad genomsnittlig energiförbrukning på 4,7 kWh/nedstyrning och kammare.

5.2 Förutsättningar vid provtagningar

Våra tester och mätningar utförs endast på 2 av de 22 kammartorkarna. Detta gör att de 380 kW som skall styras ned inte kommer att vara aktuella och representativt för de kammartorkarna som vi tittar på. Under testperioden har Powerit MIC AB för avsikt att låta styra ner torkarna i perioder om 8 minuter varefter de förhindras att styras ner under de efterföljande 10 minuterna. Utöver dessa restriktioner kommer nedstyrningarna att ske efter ett prioriteringsschema som löpande ändras för att nedstyrningarna skall bli jämt fördelade mellan torkarna. Detta ger att antalet nedstyrningar kommer vara beroende på vilka kammartorkar som styrs ned.

När Powerit MIC AB installerar styrutrustningen på sågverket kommer detta att ske under en längre period och för att göra våra mätningar möjliga kommer endast två torkkammare bli kopplade till systemet. För att åstadkomma en realistisk situation som kan anses vara representativ för hela sågverket har följande genomsnittsbereäkning genomförts:

Om man tittar på november månad 2003, se Tabell 5.2, så är den genomsnittliga överträdelsen av styrgränsen ca 100 kW och detta sker i genomsnitt 9 gånger per vardag under vardera 1 timme. Detta motsvarar en förbrukning på 100 kWh som måste reduceras genom nedstyrning. Av dessa 100 kWh står kammartorkarna för 88 kWh om man ser till antalet kammartorkar i förhållande till totala antalet torkar. Som tidigare nämnts motsvarar en nedstyrning 4,7 kWh besparing, således krävs det ca 19 nedstyrningar för att en reduktion med 88 kWh skall uppnås. Detta motsvarar att 86 % av torkarna kommer att styras ner en gång vid varje reduktion. När mätningarna nu endast kommer att genomföras på två torkar skapar detta ett problem och för enkelhetens skull kommer båda torkarna att styras ned vid varje reduktionstillfälle. Tabell 5.2 baseras på fakturor till Hemmingssons sågverk, se Bilaga 5.

Tabell 5.2. Effektuttaget som överstiger den tänkta styrgränsen på 2.4 MW.

Månad (år 2003)	Antal toppar över 2.4 MW	Medeleffekt över 2.4 MW per topp (kW)	Toppdagar (vardagar)	Toppar/dag (bas toppdagar)	Toppar/dag (bas dagar/mån)	Effektminskning/tork och tillfälle (kW)
Sep	60	46,75	20	3,00	2,00	2,13
Okt	136	76,08	23	5,91	4,39	3,46
Nov	180	98,62	20	9,00	6,00	4,48
Dec	101	91,15	15	6,73	3,26	4,14

Nedstyrningen under testperioden kommer att ske genom att varje vardag kommer de båda torkarna att styras ned 9 gånger per dygn, d.v.s. varannan timme mellan 06:00 och 24:00. Detta motsvarar en lite hårdare nedstyrning än vad som skulle ha skett under november 2003. Det är dock av intresse att se att torkningen inte påverkas vid en hård nedstyrning.

5.3 Effektmätning

För att ta reda på hur mycket energi som går åt vid ett torktillfälle mäts ingående spänning samt förbrukad ström. De torkkammare som används vid testtillfällena är desamma under alla mätningar och torkning sker i så stor utsträckning som möjligt av likartade virkesdimensioner under försöksperioden. Chefstorkskötaren på Hemmingssons sågverk har valt vilka kammare som skall undersökas. Det är de kammare som har minst variationer i prestanda, enligt erfarenhet och dokumentation, som legat till grund för valet. Torkkammarna som valts är kammare 8, som är en kontaktorstyrd kammartork, samt kammare 21, som är en nyare kammare med frekvensomvandlare.

Mätningarna görs med hjälp av mätutrustningen EMD 4130 bestående av mätväska CE samt mätväska EE9/3 från Abelko, se Figur 5.1. En mätväska placeras i respektive tork där de mäter den ingående strömmen samt spänningen till torken. Mätningarna sker över en fas men då lasten är helt symmetrisk är detta inte något problem för att få fram den totala effekten. Registrering av data sker kontinuerligt under 28 dagar vilket ger data för 3 – 5 hela torkförlopp. Därefter måste mätloggen tömmas för att förhindra att data går förlorad.



Figur 5.1. Bilderna visar mätväska EE9/3 inkopplad på kammartork 21.

5.4 Mätningar till följd av nedstyrning

De risker som nedstyrningarna kan tänkas bidra med under själva torkningen är för hög slutlig fuktkvot det mest troliga. Sprickor, krympning och färgfel är alla felaktigheter som uppkommer till följd av för hårt klimat, vilket en nedstyrning inte kommer leda till. Risken för uppkomst av mögel ökar endast om ett relativt mildt och fuktigt klimat bibehålls under en längre tid, men nedstyrningarna som kan tänkas inträffa under den begränsade tid då detta klimat råder är inte många till antalet eller speciellt varaktiga. Därför är det endast slutlig fuktkvot och eventuell förlängd körtid som mäts efter varje torkprocess.

6 Simulering

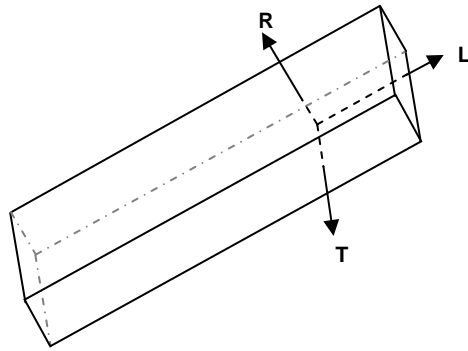
För att få en djupare förståelse över hur torkningen sker och hur fuktkvotsprofilen i virket varierar med tiden kan ett simuleringsverktyg vara ett bra hjälpmedel. Simuleringsverktyget är endast vägledande och resultaten skall endast tolkas som trender som kan vara representativa för torkprocessen och absoluta värden bör ej användas som fakta.

6.1 Simuleringsverktygets utformning

Torkriktning

Torkningen sker i själva verket i tre dimensioner, men i huvudsak i en, [3], [12]. De tre dimensionerna definieras i förhållande till ådringen i virket, illustrerat i Figur 6.1. Longitudinell, L-riktningen, är längs med ådringen, radiell, R-riktningen, är vinkelrät mot ådringen samt tangentiell, T-riktningen, som går längs tangenten till ådringen. Riktningarnas orientering varierar och är ofta olika i ett och samma virkesstycke. Orsaker som är styrande är hur grenar växt och vart de är placerade. I och med att grenar växer ut på stammen ändras fiberriktningen inne i trädet och därmed även torkriktningarna. Diffusionshastigheten i R- och T-riktningen är av samma storlek medan diffusionshastigheten i L-riktningen är i storleksordningen fem gånger så stor. Detta är dock ej avgörande för i vilken riktning som torkförloppet huvudsakligen sker. Eftersom diffusionsförloppet är ett långsamt förlopp är tjockleken på virket i den aktuella riktningen av stor betydelse. Med hänsyn till detta kan det konstateras att torkningen i huvudsak kommer att ske i R-riktningen.

Med hänsyn till att simuleringsmodellen endast skall vara ett enkelt hjälpmedel för att förstå torkprocessen tar den endast hänsyn till torkningen i den radiella riktningen.



Figur 6.1. Virket torkar i tre riktningar (L longitudinell, R radiell, T tangentiell). Torkning sker i huvudsak längs R riktningen.

Torkförloppets olika faser

Modellen är byggd kring två olika faser. Den första modellen är aktiv när någon del av virket har en fuktkvot som är över fibermättnadsgränsen, vidare kallad fas 1. Under denna period sker torkningen av det fria vattnet enligt [1], [3]:

$$q_v = \frac{\alpha \cdot (t_t - t_v)}{r_v} \quad (6.1)$$

$$\alpha = 8 \cdot v^{0.67} \quad (6.2)$$

där

q_v = avdunstat vatten [kg/m²h]

t_t = luftens torra temperatur [°C]

t_v = luftens våta temperatur d.v.s. virkesaytans temperatur [°C]

r_v = vattnets ångbildningsentalpi [J/kg] (värde hämtat ur [2])

α = värmeövergångstalet [W/m² · °C]

v = vindhastighet [m/s]

Värmeövergångstalet är en funktion som är beroende av vindhastigheten. Detta medför att avdunstningshastigheten kommer att bero endast av vindhastigheten, psykrometerskillnaden samt vattnets ångbildningsentalpi som är en funktion av den våta temperaturen. Denna modell tar ej hänsyn till hur mycket vatten som finns i virket så länge hela virket har en fuktkvot över 30 %. Detta innebär att avdunstningen kommer att ske lika fort oavsett hur mycket fritt vatten som finns i virket.

Virket delas in i segment och det har antagits att torkningen sker olika i de olika segmenten. En linjär fördelning har antagits så att det segment som är närmast ytan och som har en fuktkvot över fibermättnadsgränsen torkar med

150 %, medan det innersta segmentet endast torkar med 50 % av den genomsnittliga fuktkvotssänkningen. Då vindhastigheten är noll kommer inget vatten att avdunsta.

Om vindhastigheten är noll, fläktarna är avstängda, ger detta enligt (6.1) och (6.2) att ingen torkning sker. Det förekommer nu två fall som kan vara aktuella. Dessa är att antingen fortlöper torkschemat utan vetskap om att ingen torkning sker vilket medför att torkschemat kommer att ligga ur fas under resterande torkning, eller så stoppas schemat fram till dess att torkningen återupptas. Förloppet som sker vid en eventuell nedstyrning i verkligheten är att schemat kommer gå löpande oberoende av torkningen. Detta kommer få till följd att det normala torkförloppet rubbas och virket utsätts för en hårdare torkning under resterande torktid. Detta eftersom torkscheman är utformade att ge ett hårdare klimat desto längre schemat har avancerat.

Vid en eventuell nedstyrning finns möjlighet att ta hänsyn till att klimatet ändras något (psykrometerskillnaden och diffusionen ändras).

Den andra fasen är aktiv då någon del av virket har en fukthalt som är under fibermättnadsgränsen (30 %), denna fas är vidare kallad fas 2. I denna fas sker avdunstningen genom att vattnet diffunderar ut mot ytan och där sker en förångning. Diffusionsförloppet sker enligt:

$$J = -D \cdot \rho \cdot \frac{du}{dx} \quad (6.3)$$

där

J = fukttransport [$\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$]

D = virkets diffusionskoefficient [m^2/s]

ρ = virkets densitet [kg/m^3]

u = fuktkvot

x = position

Beräkningarna har gjorts med en densitet på 450 kg/m^3 enligt [12].

Beräkningarna sker genom att virket delas in i flera små segment och fukttransporten sker mellan närliggande segment beroende på dess inbördes fuktkvotsskillnad. Ett ytterligare villkor är att segmenten har en fuktkvot under fibermättnadsgränsen. Ett segment närmare ytan får den avgivna fukten från det föregående segmentet osv. Segmentet som är närmast ytan har konstant jämviktsfuktkvot som bestäms utifrån rådande klimat när vindhastigheten är större än noll [3]. När vindhastigheten är noll sker ingen torkning men diffusionsförloppet fortskrider med den skillnaden att fuktkvoten närmast ytan stiger med samma mängd som annars skulle avges, vilket påverkar hela förloppet. Det är även här möjligt att ta hänsyn till en eventuell temperaturförändring till följd av nedstyrningen. Temperaturförändringen ger

inget bidrag då fläktarna är avstängda men då de startas igen har klimatet och jämviktsfuktkvoten ändrats.

För att en simulering skall kunna genomföras krävs att vissa data definieras i förväg. Nödvändig data är materialdata om virket, torkschemas utformning, vindhastighet och slutlig medelfuktkvot eller total torktid. När dessa är definierade kan en simulering startas. Simuleringen sker i följande steg:

- Virket delas in i ett antal segment. Varje segment torkas från ingående fuktkvot ner till fibermättnadsgränsen enligt fas 1.
- Segmenten torkas vidare enligt fas 2 till önskad slutfuktkvot eller simuleringstiden är uppnådd.
- Simuleringen stoppas och fuktkvotsprofilen genom virkesstycket ritas upp samt eventuell förlängning av torktiden presenteras.

6.2 Ingående fysik

Torkprocessen är en mycket komplicerad process och det krävs många förenklingar för att åstadkomma en enkel modell. De fysikaliska förlopp som tas hänsyn till i denna modell är listade nedan.

Torkklimatet

Klimatet som råder i torken är starkt inverkan på torktiden. I fas 1 är psykrometerskillnaden den som är direkt avgörande hur fort torkförloppet går. I fas 2 ger psykrometerskillnaden samt den torra temperaturen jämviktsfuktkvoten som då används som ett nödvändigt randvillkor på virkesytan. Klimatet bestäms utifrån ett fördefinierat torkschemata.

Lufthastigheten

Lufthastighetens inverkan på torkförloppet är direkt avgörande i fas 1. I denna fas bygger modellen på att det bortforslade vattnet är i direkt proportion till lufthastigheten. Den andra fasen är inte så känslig för variationer i lufthastigheten. I modellen finns det två alternativ som beror av vindhastigheten. Om vindhastigheten är noll avdunstar inget vatten utan fuktigheten vid virkesytan tillåts öka. Detta leder till att diffusionsförloppet inne i virket avtar långsamt samtidigt som fuktigheten långsamt jämnas ut genom virkesstycket. Om lufthastigheten är större än noll fortgår torkprocessen som vanligt.

Diffusionsförloppet

Diffusionskoefficienten är av betydande vikt i fas 2, men har ingen inverkan i fas 1. Diffusionsförloppet i virket är en komplex process som är beroende av

ett flertal andra parametrar. Diffusionshastigheten är beroende av virkessammansättning och densitet. Detta tar modellen hänsyn till i den utsträckning att virkessammansättningen vid en torkning antas vara normalfördelad. Formeln som ger avfuktningen är inte känslig för förändringar i densitet vilket leder till att densiteten inte påverkar förloppet. En annan parameter som påverkar diffusionshastigheten är den torra temperaturen samt psykrometerskillnaden. Vid en högre temperatur och större psykrometerskillnad sker diffusionen fortare. Detta tar modellen hänsyn till genom att beroende på vart torkningen befinner sig i torkschemat så ändras diffusionskoefficienten.

Virkesdimensioner

Storleken på virket som skall torkas är av betydelse för hur lång tid förloppet tar. Detta tas om hand i modellen i de båda faserna. I den första fasen kommer förloppet att ta längre tid beroende på att det finns mer vatten att transportera bort i ett större virkesstycke. I den andra fasen kommer torktiden att öka beroende på att diffusionsförloppet tar längre tid då vattnet måste transporteras en längre sträcka samt att det finns även här mer vatten att transportera bort.

6.3 Kalibrering av simuleringsmodell

Modellen simulerar inte en verklig virkestorkning med alla ingående parametrar. Det finns ett flertal förenklingar som har gjorts för att modellen skall bli begriplig. Parametrar som ej har tagits hänsyn till är bland annat:

- Utetemperatur
- Virkesmängd i tork
- Vindprofil i torken
- Torkkammarens täthet

Parametrarna som ej har tagits hänsyn till har ansetts vara konstanta för samtliga torkningar och kammartorkar. För att modellen skall efterlikna en riktig torkning i så stor utsträckning som möjligt har den kalibrerats utefter befintliga torkresultat. Vi har utgått från flera olika torkningar för varje kammare och bildat ett medelvärde på vindhastighet och diffusionskoefficient som fungerar som underlag, se Bilaga 3. De parametrar som har fått vara avgörande för kalibreringen är vindhastigheten och diffusionshastigheten. En första kalibrering av modellen görs genom att studera hur lång tid det tar att nå fibermättnadsgränsen. Både vindhastighet och diffusion påverkar men det är i huvudsak vindhastigheten som påverkar fas 1. I torkschemat kan man se hur lång tid det ska ta att nå ner till fibermättnadsgränsen. Denna tid är inte helt riktig då det finns variationer när fibermättnadsgränsen nås, men felet som detta orsakar får anses vara acceptabelt.

En andra slutgiltig kalibrering utförs genom att ändra diffusionshastigheten så att den totala torktiden och slutliga medelfuktkvoten överensstämmer med de

verkliga torkningarna. Detta är inte hela sanningen då faserna går samman och en ändring av diffusionen påverkar fas 1, men det är endast en finjustering som krävs i efterhand.

Värmen i torkarna sprids genom att fläktarna blåser luft genom ett värmepaket som sedan sprids i kammaren. Vid en eventuell nedstyrning av fläktarna kommer inte värmen att spridas och man kan vänta sig att temperaturen sjunker. För kammare 8 där fläktarna är kontaktorstyrda, vilket innebär att de är antingen på eller av, tros detta vara ett klart märkbart fenomen. Genom diskussion med rutinerade torkskötaren Jan Persson har ett riktvärde på ca 10°C/h kunnat konstateras [8]. Fläktarna i kammare 21 kommer aldrig att stängas av, utan hastigheten kommer istället sänkas, vilket kommer att resultera i att temperaturfallet inte kommer vara lika stort. Som riktvärde har 1°C/h ansetts vara rimligt.

Resultat av kalibrering

Vid kalibrering erhålls värden på vindhastigheten samt diffusionshastigheten som ej är rimliga. Detta är ett resultat av de förenklingar som är antagna och anses acceptabelt. Det fysikaliska förloppet för en verklig torkprocess är mycket komplicerad och skulle kräva lång tid att förstå och implementera. De värden som har tagits fram och används vid vidare simuleringar har summerats i Tabell 6.1:

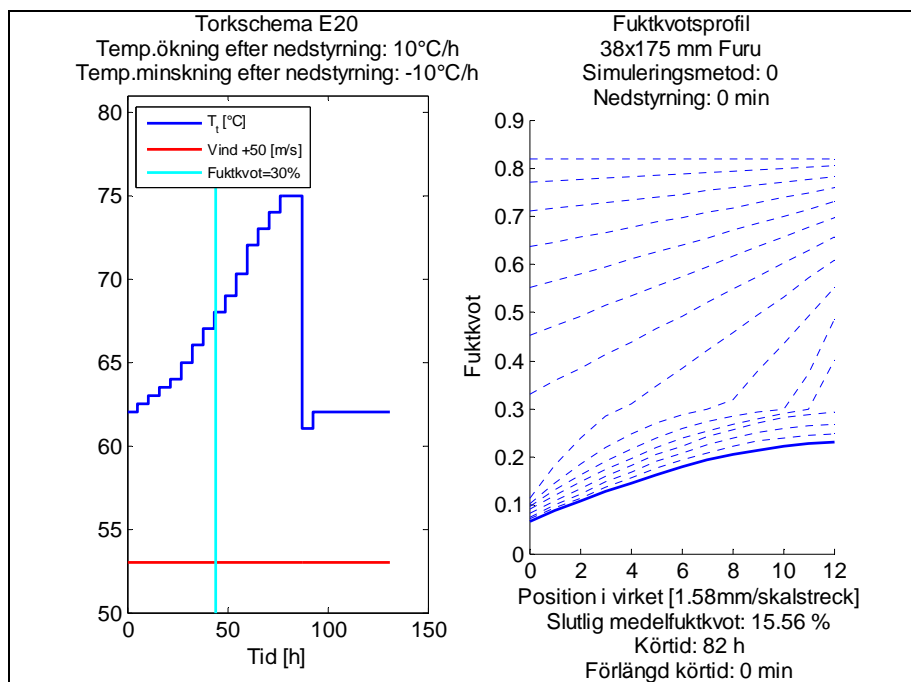
Tabell 6.1. Kalibreringsvärden för simuleringsmodell.

	Kammare 8	Kammare 21
Vindhastighet [m/s]	3,0029	2,94
Diffusionskoefficient vid 55 °C [m ² /s]	6,5844e-9	5,9147e-9
Temperaturgradient vid nedstyrning	10°C/h	1°C/h

6.4 Simuleringsverifikation

För att få fram bra underlag för att förstå hur nedstyrningarna påverkar torkprocessen har ett stort antal simuleringar gjorts. För att förstå hur torkningen sker enligt modellen har simuleringar gjorts utan nedstyrningar. Dessa har sedan jämförts med verkliga torkningar.

Figur 6.2 visar det simulerade torkförloppet där man kan utläsa den slutliga fuktkvoten efter full körtid. Fuktkvoten blev enligt simuleringen 15,56 % vilket skall jämföras med Figur 6.3 som är en riktig torkuppföljning för samma schema där fuktkvoten uppmätts till 16 %. Det är nu viktigt att beakta att mätningarna som görs på det färdigtorkade virket är ett medelvärde av ca 10 mätningar. Medelvärdet som anges tillåts ha en spridning i fuktkvot på ungefär 3 – 4 %.



Figur 6.2. Den vänstra figuren visar hur den torra temperaturen varierar under torkförloppet. Den lodräta linjen visar vart i simuleringen fibermättnadsgränsen nås. Den högra figuren visar hur fuktfördelningen ser ut genom torkförloppet. I x-led kan man se hur fukten varierar beroende på hur långt in i virket man tittar. Kurvorna slutar vid halva virkestjockleken. Det finns ingen tidsskala utsatt men torkningen sker från ett vått tillstånd till ett torrare, det kan alltså konstateras att tiden går uppifrån och ner.

FOLJNINGAR: 4		UPPGÅVA: 1	SEK: 1(1)
TITEL: QI 410		DATUM: 1996-08-16	
TORKUPPFÖLJNING			
Traslag:	FURU	In i tork datum:	Kl: 04-08-28 15.50
Dimension:	38X175	Ut ur tork datum:	Kl: 04-09-01 19.50
Strölg datum:		Uppvärmingstid:	Tim: 14
Kanal:		Total torktid:	Tim: 96
Kammare:	8	Stift fuktkvot:	16%
Torkschemata:	E "20"		
Schema in fkv:	82%		
Schema ut fkv:	15%		
Konditionering:	4 Tim 70/67		
NOTERINGAR:			

Figur 6.3. Figuren visar en torkuppföljning från en torkning på Hemmingssons sågverk. Ur torkuppföljningen kan man utläsa den uppmätta fuktkvoten efter torkningen, vilken fuktkvot som var riktvärde, vilket schema som använts m.m.

Ett flertal simuleringar har gjorts som sedan jämförts med riktiga torkningar. I Tabell 6.2 presenteras resultaten.

Tabell 6.2. Skillnad mellan simulerade och verkliga slutfuktkvoter.

KAMMARE 21

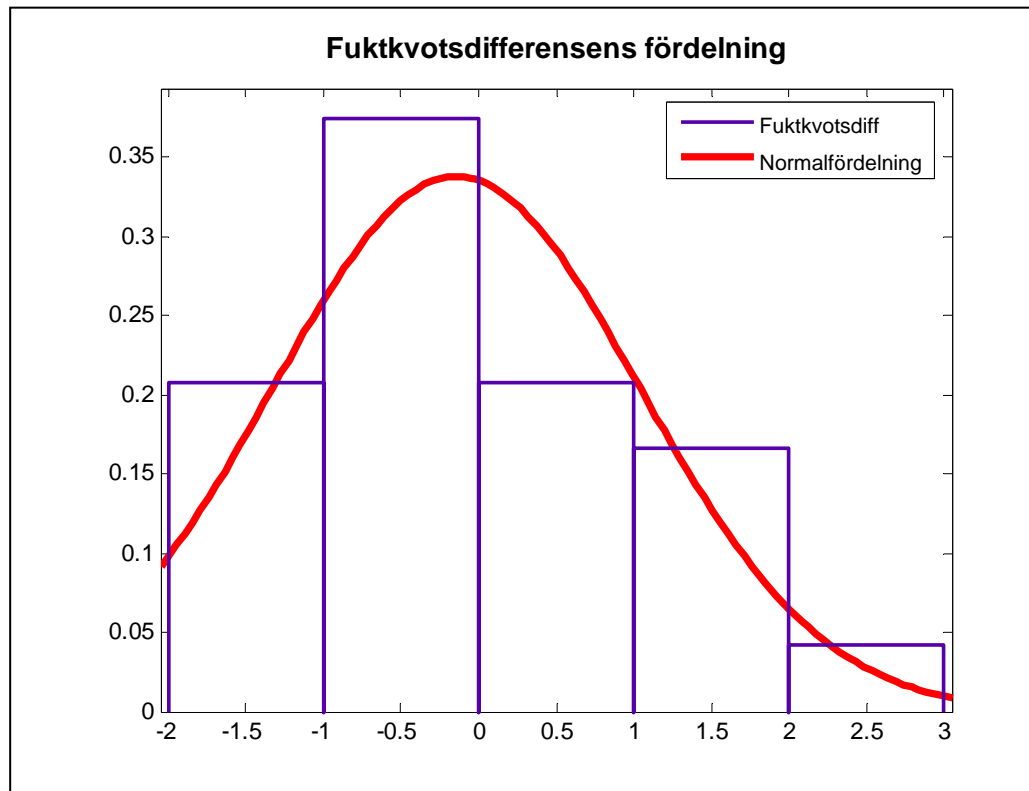
Torkschemata	Dimension	Slutfuktkvot simulering	Slutfuktkvot uppmätt	Differens simulering- uppmätt
46	180X50	14,21	15	-0,79
49	250X50	18,14	17	1,14
50	121.25*X38	7,75	8	-0,25
51a	175X38	16,57	18	-1,43
51b	175X38	16,57	16	0,57
51c	175X38	17,00	16	1,00
52a	143.75*X38	14,22	15	-0,78
52b	120.59*X38	14,04	16	-1,96
54	130.5*X35*	10,67	11	-0,3335
Medelvärde				-0,31
Standardavvikelse				1,062140645
*Viktat medelvärde av blandad dimension				

KAMMARE 8

Torkschemata	Dimension	Slutfuktkvot simulering	Slutfuktkvot uppmätt	Differens simulering- uppmätt
F12	150X50	14,15	16	-1,85
G12	177*X50	13,92	15	-1,08
H15a	206.25*X50	17,76	17	0,76
H15b	225X50	17,83	18	-0,17
H15c	225X50	17,76	15	2,76
E17	127.5*X50	7,04	8	-0,96
E20	175X38	15,56	16	-0,44
G20a	175X38	16,01	17	-0,99
G20b	175X38	16,01	15	1,01
G20c	175X38	16,01	16	0,01
G23a	121.5*X35*	10,54	12	-1,46
G23b	130.5*X35*	10,54	10	0,54
G23c	142.9*X35.8*	11,07	9,3	1,77
G23d	121.5*X35*	10,74	10,3	0,44
G23f	121.5*X35*	10,54	11,5	-0,96
Medelvärde				-0,04
Standardavvikelse				1,270010375
*Viktat medelvärde av blandad dimension				

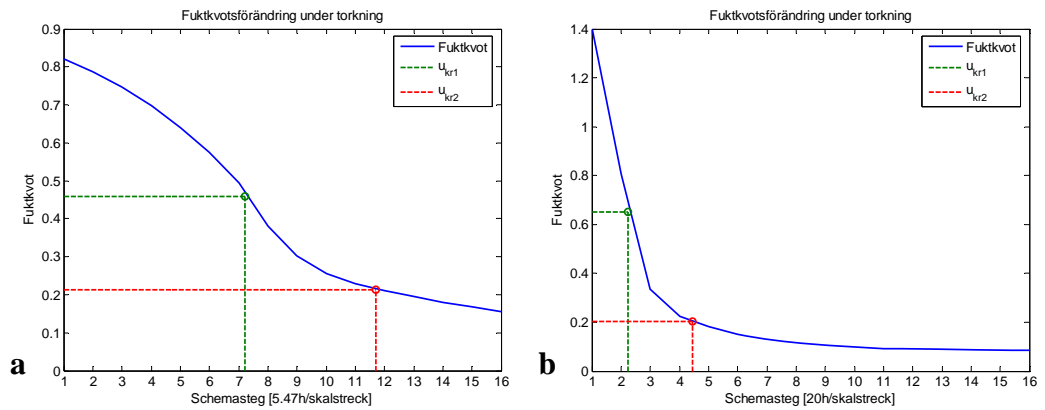
Om Tabell 6.2 studeras lite närmare kan man konstatera att det finns en viss spridning hos differensen. Det kan vidare konstateras att det finns spridning i virket samt att modellen inte är idealisk. Man kan trots detta konstatera att simuleringarna ger ett representativt värde som ligger inom gränsen för vad som kan anses vara rimligt. Som exempel kan schema G20a till G20c studeras i Tabell 6.2 där det går att konstatera en spridning på 2 % över tre torkningar, trots att virkesdimensionerna och körtiden är de samma.

I Figur 6.4 kan fuktkvotsdifferensen mellan uppmätt och simulerad fuktkvot studeras. Det kan konstateras att differensen är normalfördelad vilket kan anses vara ett tecken på att simuleringarna ger ett gott resultat. Detta beroende på att virket och dess ingående parametrar som är avgörande för torkförloppet har en variation som antas vara normalfördelad.



Figur 6.4. Fuktkvotsdifferensen kan konstateras vara normalfördelad med medelvärdet 0.47. Detta innebär att modellen är något långsam vilket beror på att modellen inte är kalibrerad för samtliga torkningar.

Den principiella torkkraften för simuleringsmodellen visas i Figur 6.5. Båda bilderna är simulerade och kan jämföras med Figur 3.3. Vid en jämförelse kan konstateras att det teoretiska och den simulerade torkkraften har liknande utseende. Figur 6.5 a visar torkkraften vid en torkning efter ett verkligt torkschema medan Figur 6.5 b visar torkkraften då ett konstant klimat råder genom hela förloppet.



Figur 6.5 a. Torkhastighet enligt ett fördefinierat torkschema. **Figur 6.5 b.** Torkhastighet då ett konstant klimat är gällande. Båda figurerna är simulerade med simuleringsverktyget.

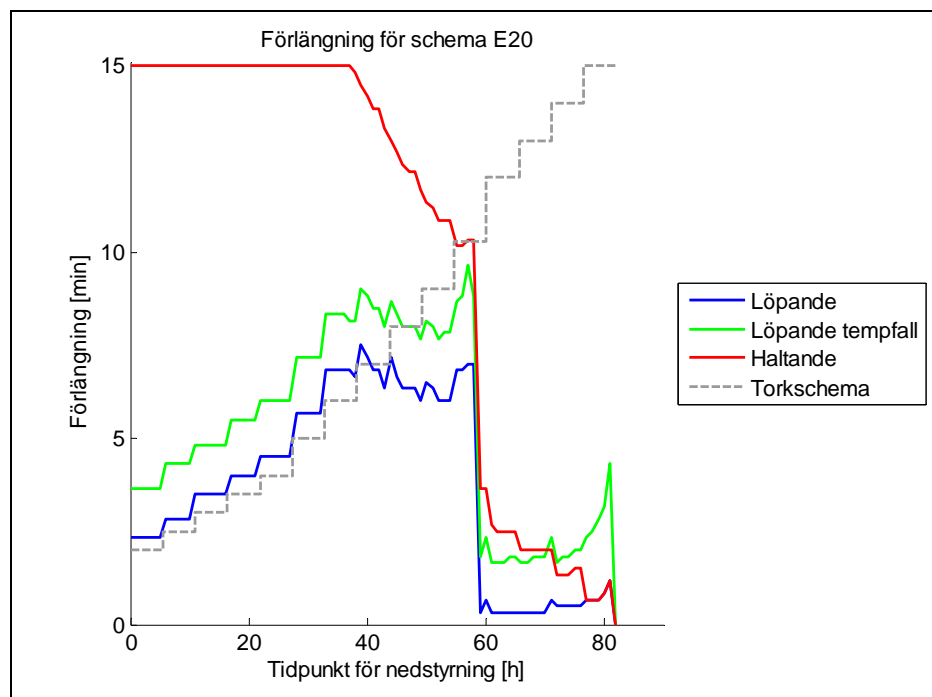
7 Resultat

I detta kapitel presenteras data och diagram från simuleringar och beräkningar, samt resultat av mätningar.

7.1 Resultat av simuleringar

Förlängning vid en nedstyrning

För att kunna studera hur torkningsresultatet beror på var i torkningsprocessen som en nedstyrning sker har ett flertal simuleringar gjorts. Simuleringarna har gjorts med en löpande nedstyrning om 15 minuter. Detta innebär att ett helt torkförlopp har simulerats med en nedstyrning och den slutliga förlängningen för att komma till samma slutfuktkvot har registrerats. Nedstyrningen har sedan flyttats fram till nästa timme osv. Den förlängda körtiden för schema E20 kan studeras i Figur 7.1. Simuleringsmetoderna har varierat för att ge en uppfattning hur olika teorier och metoder påverkar resultatet.



Figur 7.1 Figuren visar den simulerade totala förlängningen av körtiden i kammare 8 som funktion av vart i torkförloppet nedstyrningen sker. Nedstyrningstiden är 15 min. Tre olika nedstyrningsprinciper finns representerade. Torkschemat finns representerat fast med en förskjutning med -60°C . Y-axeln kan användas vid avläsning av torkschemat fast den läses då i $^{\circ}\text{C}$. Med torkschemat i detta fall menas den torra temperaturen.

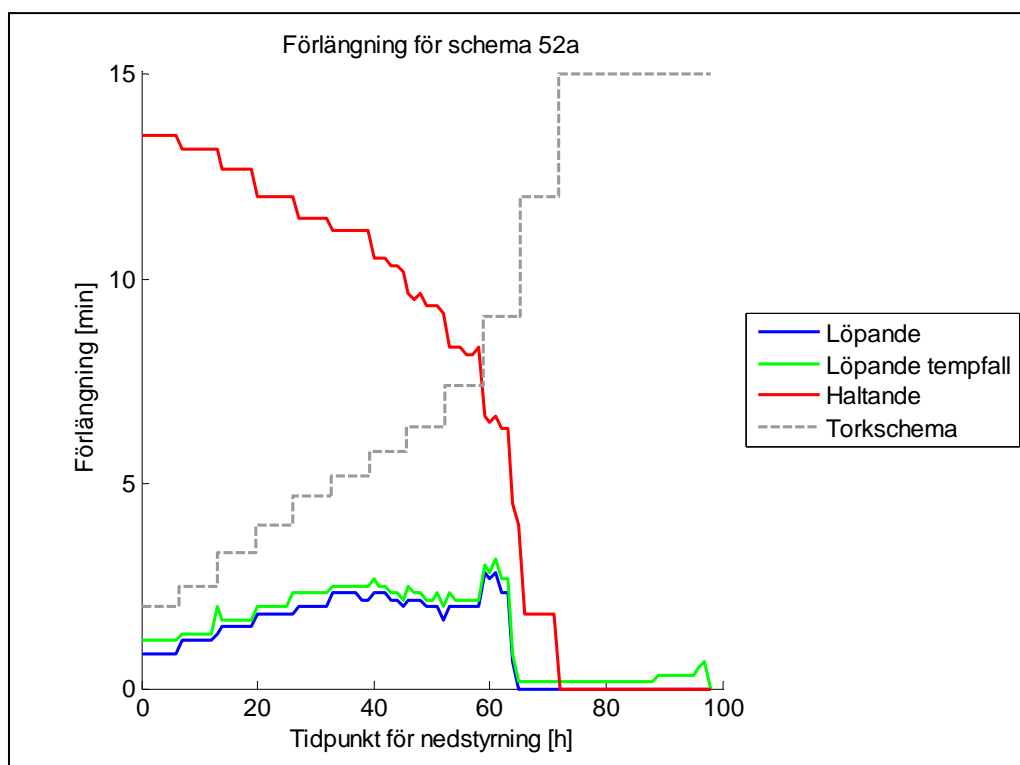
Figuren är representativ för samtliga scheman som körs i torkkammare 8. De tre olika nedstyrningsprinciperna som har simulerats är:

- Löpande - denna simulering bygger på att torkschemat avancerar kontinuerligt vid en nedstyrning. Inget temperaturfall sker.
- Löpande tempfall - denna simulering bygger på ett kontinuerligt avancerande torkschemat vid en nedstyrning, samt att det sker ett temperaturfall i torkkammaren då fläktarna stängs av.
- Haltande – som den löpande fast torkschemat stannar upp då fläktarna är avstängda.

Resultatet av simuleringarna är entydiga. Den största tidsförlängningen uppstår då det skett en nedstyrning i fas 1. Skillnaden i förlängning mellan de olika principerna är relativt stor och det kan konstateras att en nedstyrning med haltande schema i fas 1 resulterar till en lika lång förlängning. Detta är dock inget uppseendeväckande resultat i sig men det hjälper till att förstå och tyda de övriga resultaten.

För simuleringarna med löpande schema kan konstateras att förlängningen blir betydligt mindre än nedstyrningen. Den är som minst om nedstyrningen sker tidigt för att sedan successivt öka fram till dess att båda faserna är aktiva. När båda faserna är aktiva är fördröjningen förhållandevis konstant fram till dess att endast fas två är aktiv. Då endast fas två är aktiv sjunker fördröjningen avsevärt ner till en nästan omärkbar fördröjning. Att detta uppstår beror på att schemat hela tiden avancerar samtidigt som schemat är utformat att ge en ökande psykrometerskillnad i och med avancemang. Detta resulterar i att virket kommer att uppleva en tidigare schemaavancering efter nedstyrningen än vad det skulle ha upplevt om det inte skett någon nedstyrning. Följderna blir att virket utsätts för en hårdare torkning efter nedstyrningen vilket får till följd att virket kommer att torka snabbare under den tiden som är kvar av torkningen.

Den princip som kan anses vara den mest verklighetsbaserade är löpande schema med temperaturfall.



Figur 7.2 Figuren visar den simulerade förlängningen i kammare 21 som funktion av var i torkförloppet nedstyrningen sker. Nedstyrningstiden är 15 min. Tre olika nedstyrningsprinciper finns representerade. Torkschemat finns representerat fast med en förskjutning med -60°C . Y-axeln kan användas vid avläsning av torkschemat fast den läses då i $^{\circ}\text{C}$. Med torkschemat i detta fall menas den torra temperaturen.

Figur 7.2 visar förlängningen i kammare 21 och det kan konstateras att det principiella utseendet är det samma som för kammare 8. Men det finns vissa skillnader som måste beaktas, såsom direkta tider.

Orsaker till fördröjningskurvans utseende

När endast fas 1 är aktiv kan det genom avläsning bland fördröjningskurvorna och tillhörande torkschemat konstatera att psykrometerskillnaden är den parameter som är av störst betydelse för torkförloppet. Fördröjningen i fas 1 är en linjär funktion av psykrometerskillnaden mellan det aktiva klimatet och det sista klimatet då endast fas 1 är aktiv. I praktiken innebär detta att en fördubbling av nedstyrningen då psykrometerskillnaden är hälften så stor mot det sista klimatet i fas 1 ger samma fördröjning.

$$Nedstyr_1 = Nedstyr_2 \cdot \frac{P_{s2}}{P_{s1}} \Rightarrow \text{Fördröjnin } g_1 = \text{Fördröjnin } g_2 \quad (7.1)$$

$$\text{Fördröjnin } g_1 = \frac{P_{s1}}{P_{s2}} \cdot \text{Fördröjnin } g_2 \Rightarrow Nedstyr_1 = Nedstyr_2 \quad (7.2)$$

där

- Nedstyr₁ = Nedstyrningstiden i ett klimat för fas 1 som ligger före det sista klimatet då endast fas 1 är aktivt.
- Nedstyr₂ = Nedstyrningstiden i det sista klimatet då endast fas 1 är aktivt.
- P_{s1} = Psykrometerskillnaden där Nedstyr₁ är aktiv
- P_{s2} = Psykrometerskillnaden för det sista klimatet då endast fas 1 är aktiv
- Fördröjning₁ = Den förlängning som krävs för att komma till samma slutliga fuktkvot då en nedstyrning skett i ett område enligt Nedstyr₁.
- Fördröjning₂ = Den förlängning som krävs för att komma till samma slutliga fuktkvot då en nedstyrning skett i ett område enligt Nedstyr₂.

I mellanfasen, då både fas 1 och fas 2 är aktiva, kan det konstateras att fördröjningen ökar på samma vis som tidigare i och med att temperaturen och psykrometerskillnaden ökar. Skillnaden från tidigare är att vid en nedstyrning kommer nu diffusionen bidra till torkning vilket medför att fördröjningen blir lägre desto längre in i samma klimat som nedstyrningen sker.

Simulering av verkligt förlopp

Det verkliga förloppet som körs under försöksperioden är, som diskuterats i avdelning 5.2, 9 gånger per dygn. I Tabell 7.1 redovisas resultatet. Det kan konstateras att differensen i slutmedelfuktkvot med och utan nedstyrning är mycket liten, 0.24 % för kammare 8 och 0.07 % för kammare 21. Detta är mycket små skillnader att detektera vid en mätning i verkligheten och de skulle med stor sannolikhet aldrig upptäckas. Det kan således konstateras att det inte kommer att vara aktuellt att köra någon förlängning för att komma till samma slutfuktkvot som utan nedstyrning. Slutsatser som kan dras av detta är att den nedstyrda tiden kommer att vara direkt kopplad till den besparade energin.

Tabell 7.1 Simulerade slutfuktkvoter då 9 nedstyrningar/dygn skett och motsvarande förlängd körtid.

KAMMARE 8

Torkschemata	Dimension (mm)	Slutfuktkvot simulering utan nedstyrning (%)	Slutfuktkvot simulering med nedstyrning (9ggr/dygn) (%)	Differens med och utan nedstyrning (%)	Förlängd körtid för att komma till ursprunglig fuktkvot (simulering) (h)
F12	150X50	14,15	14,37	0,22	1,82
G12	177*X50	13,92	14,14	0,22	1,85
H15a	206.25*X50	17,76	18,02	0,26	1,64
H15b	225X50	17,83	18,09	0,26	1,65
H15c	225X50	17,76	18,02	0,26	1,64
E17	127.5*X50	7,04	7,12	0,08	1,77
E20	175X38	15,56	15,83	0,27	1,29
G20a	175X38	16,01	16,28	0,27	1,24
G20b	175X38	16,01	16,28	0,27	1,24
G20c	175X38	16,01	16,28	0,27	1,24
G23a	121.5*X35*	10,54	10,79	0,25	1,45
G23b	130.5*X35*	10,54	10,79	0,25	1,45
G23c	142.9*X35.8*	11,07	11,3	0,23	1,28
G23d	121.5*X35*	10,74	10,98	0,24	1,36
G23f	121.5*X35*	10,54	10,79	0,25	1,45
Medelvärde				0,24	
*Viktat medelvärde av blandad dimension					

KAMMARE 21

Torkschemata	Dimension (mm)	Slutfuktkvot simulering utan nedstyrning (%)	Slutfuktkvot simulering med nedstyrning (9ggr/dygn) (%)	Differens med och utan nedstyrning (%)	Förlängd körtid för att komma till ursprunglig fuktkvot (simulering) (h)
46	180X50	14,21	14,27	0,06	0,59
49	250X50	18,14	18,22	0,08	0,52
50	121.25*X38	7,75	7,77	0,02	0,51
51a	175X38	16,57	16,65	0,08	0,39
51b	175X38	16,57	16,65	0,08	0,39
51c	175X38	17,00	17,08	0,08	0,39
52a	143.75*X38	14,22	14,29	0,07	0,46
52b	120.59*X38	14,04	14,11	0,07	0,45
54	130.5*X35*	10,67	10,73	0,06	0,40
Medelvärde				0,07	
*Viktat medelvärde av blandad dimension					

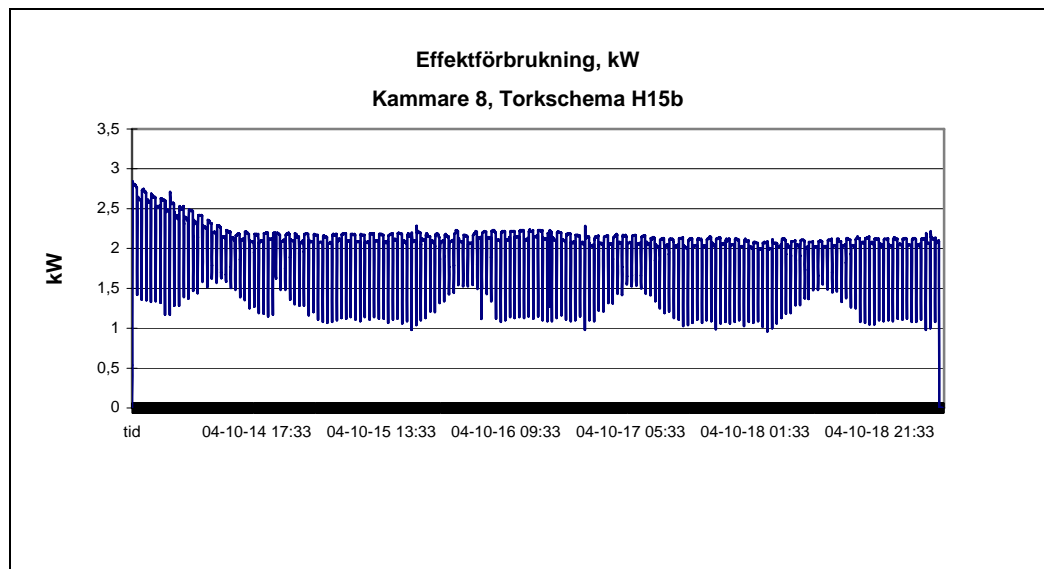
7.2 Resultat av mätningar

Mätningarna som genomförts på Hemmingssons trä visar energiförbrukningen för kammare 8 och kammare 21 för ett antal olika körningar. Resultatet visas i Tabell 7.2. Genomsnittsförbrukningen för samtliga torkningar i kammare 8 ligger något under det teoretiska värdet som beräknats utifrån märkeffekten på de olika torkarna (kammare 8 – 30 kW, kammare 21 – 55 kW) samt körtiden för respektive schema. För kammare 21 är förbrukningen istället något över det teoretiska. Att energiförbrukningen skiljer sig i praktiken från teorin kan härledas till att den teoretiska förbrukningen baseras på märkeffekten och den totala körtiden. Detta skiljer sig dock något från verkligheten då det förekommer variationer i bl.a. vad det gäller att förflytta varm och kall luft [7]. Att förbrukningen i praktiken ligger lite över den teoretiska för kammare 21 kan tyda på att fläktarna är något underdimensionerade. Vad det gäller trovärdigheten för beräkningarna som ligger till grund för lönsamheten kan skillnaderna bortses från. Detta då de är relativt små samt att det är olika tecken för kammare 21 och kammare 8 vilket bidrar till att skillnaderna jämnas ut.

Tabell 7.2 Den teoretiska samt den uppmätta energiförbrukningen.

KAMMARE 8			
Torkschemata	Energi-förbrukning uppmätt utan nedstyrning	Energi-förbrukning teoretisk utan nedstyrning	Differens mellan uppmätt och teoretisk energiförbrukning
F12		5040	
G12		5160	
H15a		3600	
H15b	3234	3600	366
H15c	3095	3600	505
E17	5595	6660	1065
E20		3000	
G20a		2880	
G20b	2511	2880	369
G20c	2340	2880	540
G23a		3600	
G23b	3174	3600	426
G23c	3119	3540	421
G23d	3363	3540	177
G23f	3105	3600	495
Medeldifferens			485
KAMMARE 21			
46	10731	9460	-1271
49	7264	6600	-664
50	13169	11990	-1179
51a		5280	
51b	5880	5280	-600
51c	5648	5060	-588
52a		6380	
52b	7042	6380	-662
54	6729	6600	-129
Medeldifferens			-727

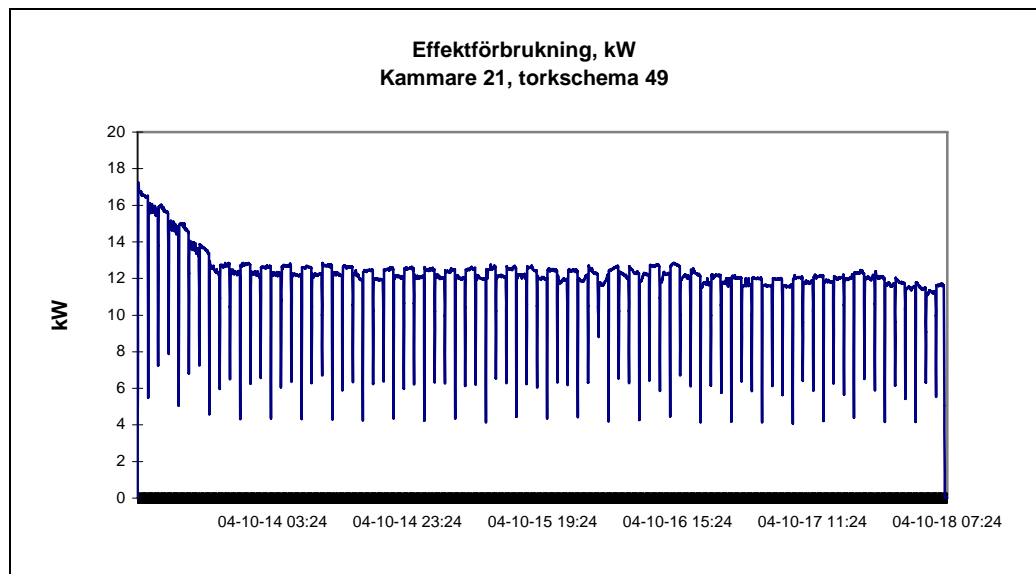
I Figur 7.3 kan effektförbrukningen studeras för kammare 8 och torkschemata H15b. Den uppmätta effekten är över en fas samt en fläkt. För att få den totala effekten för hela kammaren skall effekten multipliceras med 3, antalet faser samt med 4, antalet fläktar.



Figur 7.3 Figuren visar hur effektuttaget för kammare 8 varierade när torkschemata H15b kördes.

I Figur 7.4 kan effektuttaget för kammare 21 och torkschemata 49 studeras. Mätningarna är gjorda innan en av frekvensomvandlarna och det är således den totala effekten för en fläkt som presenteras i Figur 7.4. För att få effekten för

hela kammare 21 skall den presenterade effekten multipliceras med 5, antalet fläktar.



Figur 7.4. Figuren visar effektuttaget för en fläkt i kammare 21 under körning av torkschem 49.

Det finns vissa utseendemässiga variationer och förekomster som är aktuella och bör kommenteras för både kammare 8 och 21, dessa är:

- Effektkurvans lutning i början
- Det pulsförmade mönstret
- Det dygnsoscillerande mönstret (endast kammare 8)

Det är mycket tydligt att effektförbrukningen under de första timmarna inte är jämn. Det går tydligt att se i Figur 7.3 och Figur 7.4 att under de första timmarna av torkförloppet, uppvärmningen, sker en successiv minskning av effektuttaget. Detta beror på att det krävs mer energi att förflytta kall luft till skillnad från att förflytta varm [7].

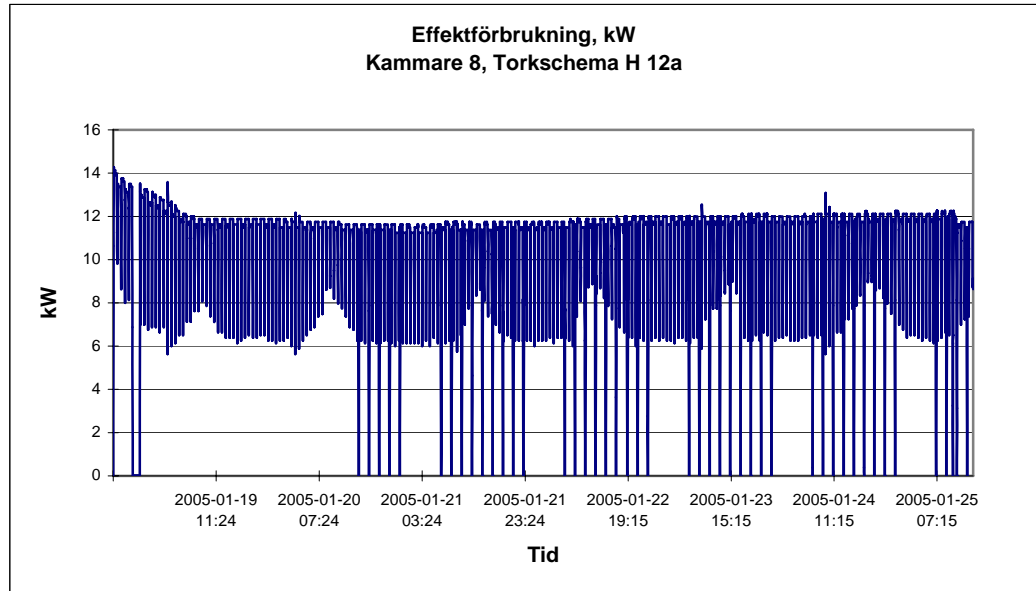
Att effektkurvan uppvisar ett pulslignande mönster som alternerar var 40:de minut beror på att vindriktningen ändras med samma intervall.

Att det förekommer en överlagrad oscillerande frekvens på mätkurvan förmodas bero på samplingsfrekvensen för mätutrustningen. Detta har således ingen betydelse för mätningarna och kan helt bortses ifrån.

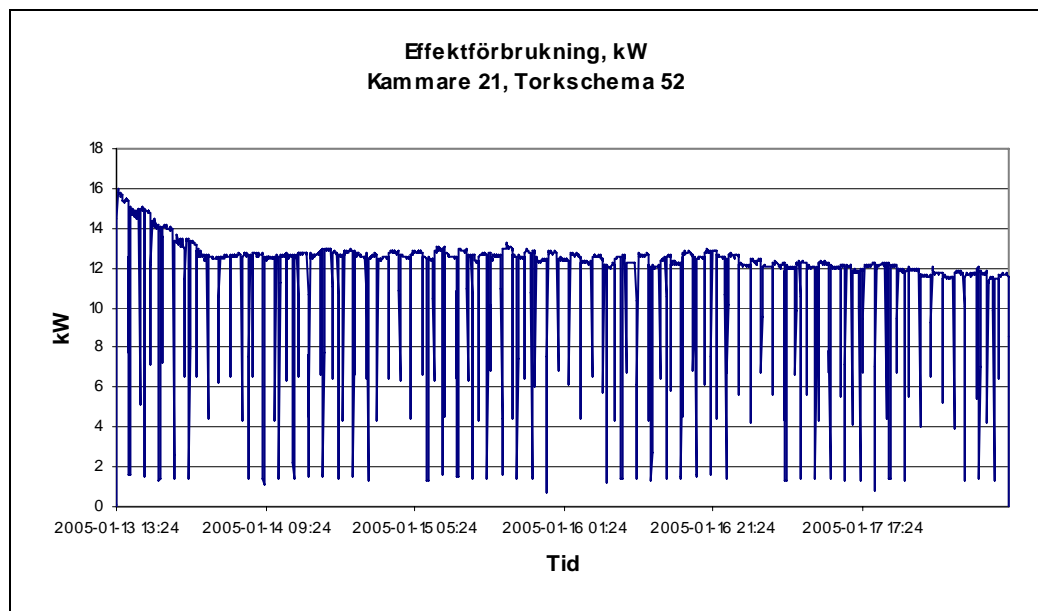
Mätningar av nedstyrda torkningar

Det har genomförts ett antal mätningar på den förbrukade energin efter det att Microflexenheten installerats. Dessa mätningar ligger till grund för de

slutsatser som kan dras huruvida energiförbrukningen påverkas eller inte när Microflexenheten är inkopplad. I figurerna Figur 7.5 och Figur 7.6 kan utseendet för kammare 8 och 21 studeras då Microflexenheten varit inkopplad och de har blivit utsatta för nedstyrningar.



Figur 7.5. Figuren visar effektuttaget för kammare 8 under körning av torkschem H 12a. Efter två dygn har Microflexenheten kopplats in vilket tydligt kan urskiljas ur figuren då det syns att nedstyrningar har skett.

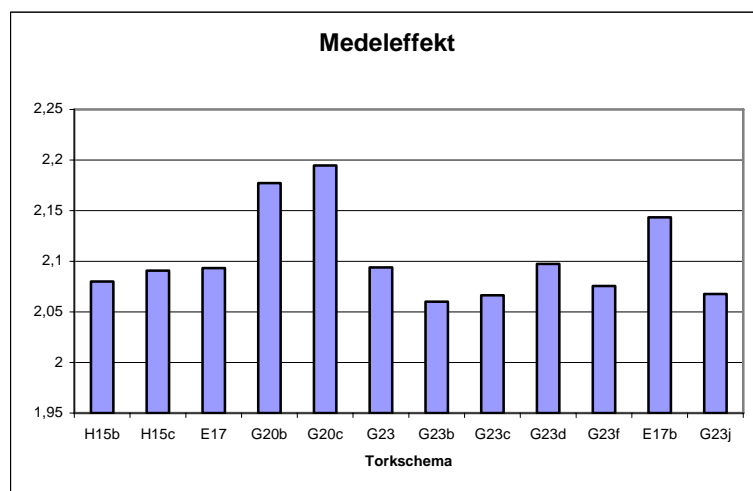


Figur 7.6. Figuren visar energiförbrukningen då Microflexenheten är aktiv och nedstyrningar sker under ett torkförlopp för kammare 21 och torkschem 52.

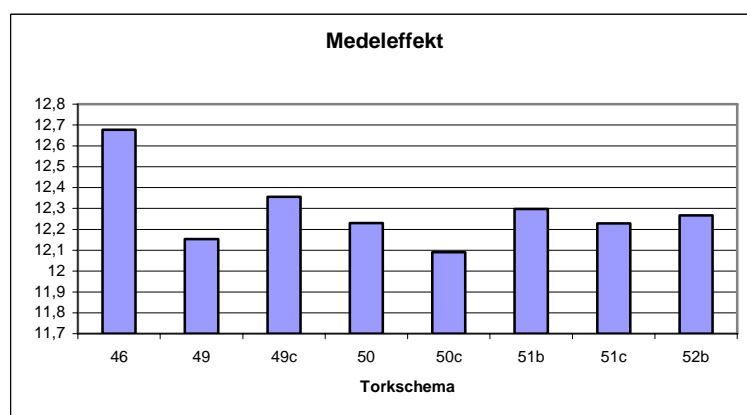
Det kan konstateras att det principiella utseendet för effektuttaget är det samma som utan nedstyrning för både kammare 8 och 21. Det finns dock en uppenbar och viktig skillnad, vid varje nedstyrningstillfälle sker en förminskning av effektuttaget och energiförbrukningen. Det kan även konstateras att det inte förekommer något effektuttag för kammare 8 då det sker en nedstyrning medan det för kammare 21 sker en reducering av effektuttaget. För kammare 8 och torkscheman H 12a kan det konstateras att Microflexenheten inte varit inkopplad under hela torkförloppet. Det syns tydligt att nedstyrningarna börjar ske först efter cirka 2 dygn. Det syns även att en längre driftstörning i form av ett stopp på omkring 1,5 tim har skett den 18 januari. I brist på mätningar för kammare 8 har det inte varit möjligt att få fram ett torkförlopp som motsvarar det tänkta förfarandet till fullo som beskrivs i kapitel 5. Men torkningen H 12a kan ändå anses vara representativ då det skett nedstyrningar under en större del av torkningen samt att det har varit ett längre driftstopp. Att det har förekommit ett driftstopp på ca 1,5 tim innebär att torkningen har blivit utsatt för en avstängning som är betydligt längre än vad Microflexen ger. Även om driftstoppet inte är av samma längd eller är utspritt under en längre tid som skulle vara fallet om det skett nedstyrningar under den perioden så kan ändå stoppet jämföras med nedstyrningar till viss del. Det kan således tänkas att driftstoppet har haft liknande påverkan på torkförloppet som Microflexenheten skulle ha haft om den varit inkopplad under samma period. Men då medeleffektuttaget skall beräknas blir det dock ett mindre fel. Detta eftersom driftstoppet bortses från och det sker inga nedstyrningar under den första tiden vilket ger ett lite för högt värde på medeleffektuttaget.

Effektmätningar med och utan nedstyrningar

Det är inte helt lätt att göra en rättvis jämförelse mellan olika körningar då det finns stora variationer i utformningen av torkscheman. Som förklarats tidigare i detta avsnitt finns det skillnader i effektuttaget som är beroende av temperaturen vilket även det får följderna då energiförbrukningen skall jämföras. Ett möjligt sätt att jämföra energiåtgången är att ta medeleffektuttaget under ett stort antal körningar både då nedstyrningar har skett och då de inte har skett. Detta bör göras separat för kammare 8 och 21. I brist på ett stort antal mätningar har här endast jämförelser med ett mindre antal mätningar gjorts. I Figur 7.7 kan medeleffektuttaget för ett antal olika torkningar i kammare 8 studeras. Medeleffektuttaget för samtliga loggade torkningar i kammare 8 utan nedstyrningar är 2,1 kW med en standardavvikelse på 0,044. I Figur 7.8 kan medeleffektuttaget för ett antal olika torkningar i kammare 21 studeras. Medeleffektuttaget för samtliga loggade torkningar i kammare 21 utan nedstyrningar är 12,13 kW med en standardavvikelse på 0,18.



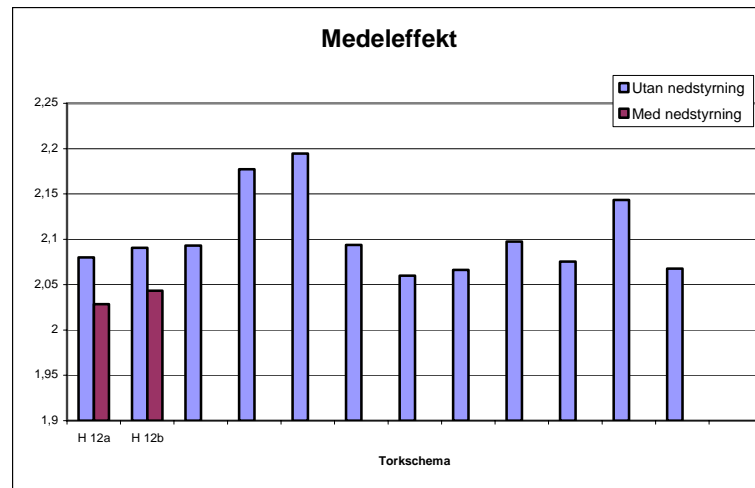
Figur 7.7. Figuren visar medeleffektuttaget för 12 torkförlopp i kammare 8. Medeleffektuttaget för de 12 torkförloppen är 2,1 kW och har en standardavvikelse för medelvärdet på 0,044.



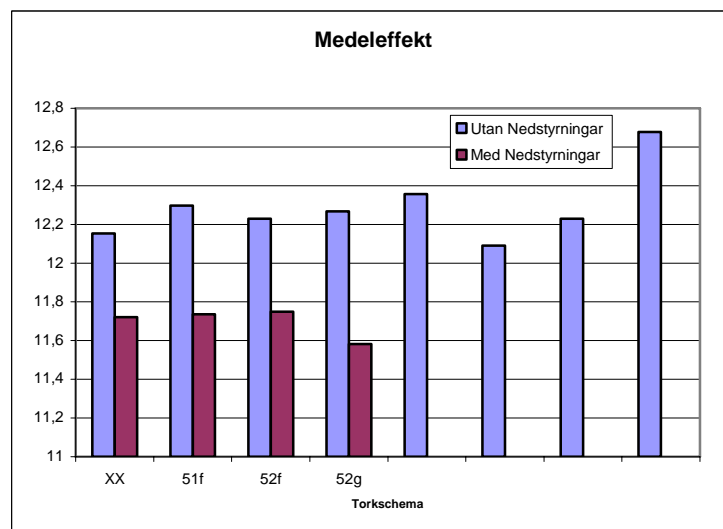
Figur 7.8. Figuren visar medeleffektuttaget för 8 torkförlopp i kammare 21. Medeleffektuttaget för de 12 torkförloppen är 12,13 kW och har en standardavvikelse för medelvärdet på 0,18.

I Figur 7.9 kan medeleffektuttaget för kammare 8 studeras då nedstyrningar har skett. Noterbart är det medeleffektuttag på 2,04 kW och standardavvikelsen på 0,01 som kan jämföras med Figur 7.7. Det går att konstatera att medeleffektuttaget är lägre då Microflexenheten har varit inkopplad och det går att konstatera att en energibesparing har uppnåtts. Det bör poängteras att Microflexenheten inte har varit inkopplad under hela torkförloppet och således har det förbestämda mönstret frångåtts. Detta resulterar i att den egentliga effektreduktionen då ett torkförlopp enligt tidigare beskrivna princip körs blir större än vad som kan påvisas i detta fall. I Figur 7.10 kan medeleffektuttaget för kammare 21 studeras då nedstyrningar har skett. Noterbart är det medeleffektuttag på 11,7 och standardavvikelsen på 0,08 som kan jämföras

med Figur 7.8. Det går att konstatera att medeleffektuttaget är lägre då Microflexenheten har varit inkopplad och det går att konstatera att en energibesparing har uppnåtts.



Figur 7.9. Figuren visar medeleffekten för kammare 8 både då det skett nedstyrningar och då det inte har skett några. Medeleffektuttaget för de nedstyrda torkningarna är 2,04 kW och standardavvikelsen för medeleffektuttaget är 0,01.



Figur 7.10. Figuren visar medeleffekten för kammare 21 både då det skett nedstyrningar och då det inte har skett några. Medeleffektuttaget för de nedstyrda torkningarna är 11,7 kW och standardavvikelsen för medeleffektuttaget är 0,08.

Om man ser till den medeleffektreduktion som har åstadkommit med hjälp av Microflexenheten kan detta användas för att göra ett överslag på den kostnadsbesparing som uppnås. En enkel beräkning presenteras i Tabell 7.3. Det kan konstateras att besparingarna ligger på drygt 3 % för kammare 8 och nästan 5 % för kammare 21. Besparingen för kammare 8 är dock inte helt rättvisande utan bör i praktiken vara något större. Detta beroende på att det tänkta nedstyrningsförloppet inte har kunnat genomföras fullt ut.

Tabell 7.3. Kostnadsbesparing med Microflex enligt mätningar

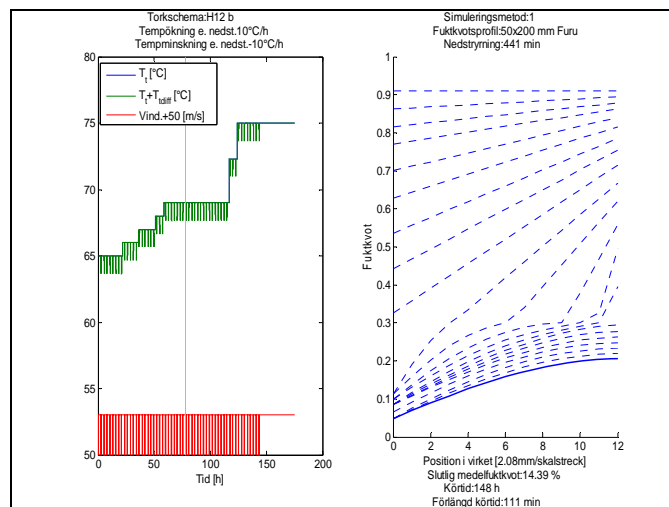
Torkkammare	Genomsnittlig torktid (h)	Medeleffektuttag med nedstyrning (kW)	Medeleffektuttag utan nedstyrning (kW)	Genomsnittlig kostnad/torkning utan nedstyrning (kr)	Genomsnittlig kostnad/torkning med nedstyrning (kr)	Besparing
8	127	24,4	25,2	961,7	930,8	3,21%
21	127	58,5	61,4	2340,7	2227,5	4,83%

kostnaden är beräknad på ett energipris av 30 öre/kWh

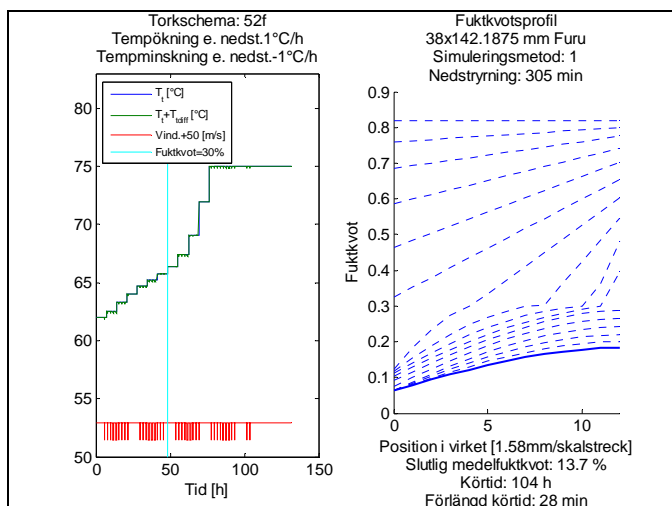
7.3 Jämförelse mellan simuleringar och mätningar

För att göra ytterligare verifieringar hur väl simuleringssmodellen och teorin stämmer överens med verkligheten har jämförelser gjorts mellan desamma.

I Figur 7.11 och Figur 7.12 kan utseendet för simuleringarna då torkschemata H12 b och 52f har körts studeras. Det utseende som vindhastigheten och den torra temperaturen kan jämföras med Figur 7.5 och Figur 7.6 där det verkliga effektuttaget för samma torkningar presenteras. Det kan konstateras att nedstyrningarna har skett vid samma tillfälle både för simuleringen och i verkligheten för kammare 21 medan det för kammare 8 har simulerats något fler nedstyrningar än vad som har skett i verkligheten.



Figur 7.11. Figuren visar det simulerade utseendet för torkförloppet då torkschemata H12 b har körts.



Figur 7.12. Figuren visar det simulerade utseendet för torkförloppet då torkschemata 52f har körts.

Vidare kan det konstateras genom att studera Figur 7.11 och Figur 7.13 att fuktkvoten inte skiljer sig anmärkningsvärt mellan simuleringarna och den uppmätta fuktkvoten. Simuleringsmodellen för schema H12 b ger en fuktkvot på 14,62 % efter normal körtid vilket skall jämföras med det uppmätta värdet på 15 %, det kan också konstateras att det krävs en förlängd körtid på 111 minuter för att komma till samma fuktkvot som simuleringen gav utan nedstyrningar. Simuleringsmodellen för schema 52f ger en fuktkvot på 13,76 % efter normal körtid vilket skall jämföras med det uppmätta värdet på 14 %, det kan också konstateras att det krävs en förlängd körtid på 28 minuter för att komma till samma fuktkvot som simuleringen gav utan nedstyrningar. Det bör noteras att det uppmätta värdet inte är av största noggrannhet och ges inte heller med någon decimal. För vidare beskrivning om fuktkvotsmätning se avsnitt 2.3.

TORKUPPFÖLJNING				TORKUPPFÖLJNING			
Träslag:	FURU	In i tork datum:	Kl: 05-01-13 12,15	Träslag:	FURU	In i tork datum:	Kl: 05-01-26 15,00
Dimension:	x	Ut ur tork datum:	Kl: 05-01-18 12,15	Dimension:	x	Ut ur tork datum:	Kl: 05-02-01 19,30
Strölag datum:		Uppvärmningstid:	Tim 12	Strölag datum:		Uppvärmningstid:	Tim 14
Kanal:		Total torktid:	Tim 116	Kanal:		Total torktid:	Tim 160
Kammare:	21	Slutt fuktkvot:	14%	Kammare:	8	Slutt fuktkvot:	15%
Torkschemata:	52			Torkschemata:	H 12b		
Schema in fkv:	82%			Schema in fkv:	91%		
Schema ut fkv:	15%			Schema ut fkv:	10%		
Konditionering:	4 Tim 70/67			Konditionering:	4 Tim 70/67		
NOTERINGAR				NOTERINGAR			
38 x 100	SB	3		50 x 200	O/S		18%
38 x 125	SB	3					
38 x 150	SB	8					
38 x 200	SB	2					

Figur 7.13. Figuren visar torkuppföljningen för kammare 21 och torkschemata 52f. samt torkuppföljning för kammare 8 och torkschemata H 12b.

Vidare kan en jämförelse av kostnadsbesparingarna mellan simuleringar/teori och mätningar göras. I Tabell 7.4 presenteras de teoretiska besparingar som uppkommer till följd av 9 nedstyrningar per kammare och dygn. Detta skall jämföras med Tabell 7.3.

Tabell 7.4 Teoretisk kostnadsbesparing med Microflexenhet inkopplad

Torkkammare	Genomsnittlig torktid (h)	Medeleffektuttag med nedstyrning (kW)	Medeleffektuttag utan nedstyrning (kW)	Genomsnittlig kostnad/torkning utan nedstyrning (kr)	Genomsnittlig kostnad/torkning med nedstyrning (kr)	Besparing
8	127	28,5	30,0	1143,0	1085,9	5,00%
21	127	52,6	55,0	2095,5	2004,1	4,36%

kostnaden är beräknad på ett energipris av 30 öre/kWh

Vid en jämförelse mellan Tabell 7.3 och Tabell 7.4 kan det konstateras att den teoretiska besparingen stämmer väl överens med praktiken. Det är således fördelaktigt att använda de teoretiska modellerna för att beräkna besparingen som uppnås för olika nedstyrningsförlopp.

8 Hur lönsamt är effektstyrning?

Eftersom det finns stora variationer i de torkresultat som uppvisas vid normala förhållanden utan någon nedstyrning, är det svårt att dra några absoluta slutsatser. Om ett mycket stort antal mätningar genomförts hade en viss statistisk säkerhet uppnåtts, men detta skulle ta mycket längre tid än vad detta arbete är tänkt att göra. Men det finns ändå några tydliga tendenser som går att påvisa.

Den exakta energibesparingen som görs vid varje torkning är omöjlig att beräkna eftersom det förekommer stora variationer och varje ny torkning är olik en annan. Men det finns vissa fakta som går att konstatera.

Då torkkammarna är nedstyrda är energiåtgången ingen alls eller mindre än då de kör för fullt. Eftersom det är tillåtet med stor spridning på medelfuktkvoten i en torksats ger detta att en mindre förändring i medelfuktkvot beroende på nedstyrningar kommer att vara acceptabla för slutresultatet. De små fuktkvotsförändringarna som sker beroende på nedstyrningar kommer med stor sannolikhet inte att heller märkas vid manuell mätning. Den besparing som då kan konstateras är direkt kopplade mot antalet nedstyrda minuter samt vilken/vilka kammare som varit nedstyrda. För att ta reda på hur mycket besparingen skulle bli om samma torkresultat skall uppnås som utan nedstyrningar är simuleringsmodellen ett bra verktyg.

Den besparing som har beräknats med hjälp av simuleringar presenteras i Tabell 8.1 och Tabell 8.2, baserade på tabell i Bilaga 1. I Tabell 8.1 presenteras besparingarna som är beräknade utifrån att 9 nedstyrningar görs per helgfri dag vilket motsvarar scenariot för den månad då energiförbrukningen är bland den högsta (november 2003). Besparingarna som inträffar under en mindre energikrävande månad (september 2003) presenteras i Tabell 8.2. Varje nedstyrning varar i 8 minuter och energipriset är uppskattat till 30 öre per kWh.

Tabell 8.1. Teoretiska besparingar vid 9 nedstyrningar per dag.

Kammare	Medelbesparing / torkning (med kompensering) (kr)	medelbesparing / torkning (utan kompensering) (kr)	torkningar / mån	med kompensering (kr)	utan kompensering (kr)	Procentuell besparing med kompensering	Procentuell besparing utan kompensering
8	43,62	57,04	5,67	247,16	323,21	3,81	4,99%
21	82,74	90,26	5,65	467,87	510,38	3,94	4,30%
medelbesparing för samtliga kammartorkar under en månad				7258	8654		

Tabell 8.2. Teoretiska besparingarna vid 2 nedstyrningar per dag.

Kammare	Medelbesparing / torkning (med kompensering) (kr)	medelbesparing / torkning (utan kompensering) (kr)	torkningar / mån	Besparing / mån med kompensering (kr)	Besparing / mån utan kompensering (kr)	Procentuell besparing med kompensering	Procentuell besparing utan kompensering
8	9,29	12,48	5,67	52,62	70,72	0,81	1,09%
21	18,18	19,89	5,65	102,80	112,48	0,87	0,95%
medelbesparing för samtliga kammartorkar under en månad				1545	1878		

Resultatet av de två simuleringarna visar på att det sker en betydlig energibesparing då effektstyrning tillämpas. Detta beroende på att det förmodligen inte kommer ske någon kompensering för den fuktskillnaden som trots allt uppstår. Om en kompensering blir nödvändig, vilket mot all förmodan kommer att ske, är det svårt att tala om någon besparing då förlängningen med stor sannolikhet kommer att bli längre än vad som krävs. Detta leder till att förlängningen kommer att "äta upp" stora delar av den besparing som görs.

Kammartorkarna 21 och 8 på Hemmingssons trä är representativa för samtliga kammartorkar på sågverket och man kan då göra en enkel beräkning för den genomsnittliga besparingen som kan göras med hjälp av effektregering över alla kammartorkar. Det kan konstateras att ett större antal nedstyrningar kommer att utföras under vintern då klimatet ute är betydligt kallare. En enkel överslagsberäkning, utifrån Tabell 8.1 och Tabell 8.2, för samtliga kammare ger en årlig besparing på mellan 1 och 5 % av den nedstyrbara effekten beroende på hur ofta nedstyrning sker. Det lägre värdet baseras på då endast 2 nedstyrningar per kammare och dag sker, vilket är ett lågt värde, och det högre då 9 nedstyrningar sker per kammare och dag.

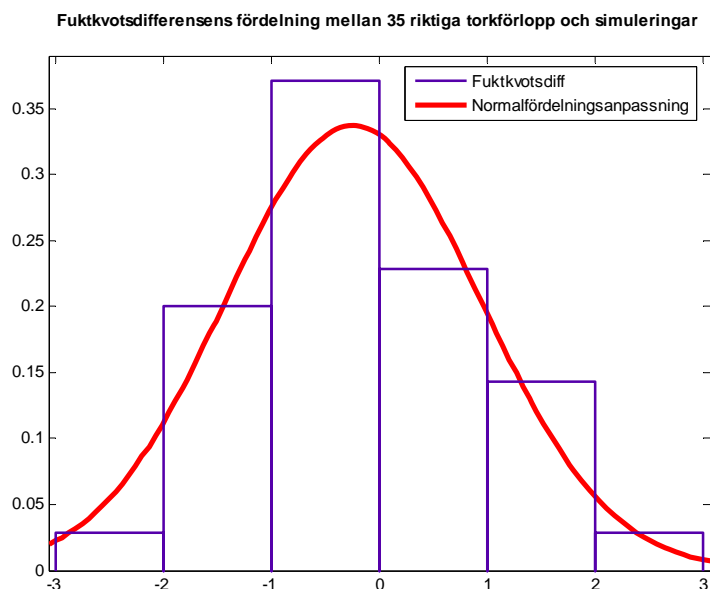
Om man tittar på fakturorna i Bilaga 5 för den faktiska förbrukningen under september till december 2003 ligger medeleffektuttaget på 1869 kW. Detta ger en total förbrukning på 44 856 kWh över ett dygn. Medeleffekten på topparna över styrgränsen 2,4 MW är 84 kW och inträffar i medeltal 4 ggr per dag. Detta ger att förbrukningen måste minskas med 336 kWh för att styrgränsen inte skall överträdas. I genomsnitt innebär detta att varje tork (inkl. vandringstorkarna) styrs ner 2 ggr per dag. Detta motsvarar en energibesparing på 0,75 %, vilket medför en kostnadsreducering på ca 36 000 kr per år.

Det går dock att använda sig av en styrgräns som kan variera under året och på så vis åstadkomma ett större antal nedstyrningar under hela året och uppnå en större besparing.

9 Statistisk säkerhet

Stora delar av rapporten och resultaten som presenteras är baserade utifrån simuleringstabellen. Detta beror på att de praktiska mätningarna dragit ut på tiden och det har inte varit möjligt att genomföra några mätningar då effektregeringssystemet varit inkopplat. Detta har medfört att vissa verifikationer av såväl modell som övriga teorier har blivit omöjliga att genomföra. Det har således inte kunnat konstateras att modellen stämmer överens med verkligheten då det sker nedstyrningar. Men det finns ändå tecken som tyder på att simuleringensresultaten är tillfredsställande, dessa är att körningar utan nedstyrningar fast med olika körtider och olika klimat har samtliga gett goda resultat som stämmer bra överens med verkligheten.

För att modellen ska uppvisa så korrekta resultat som möjligt krävs att den kalibreras efter ett mycket stort antal verkliga torkningar. Detta har ej varit möjligt beroende på tidsbrist samt bristen på existerande torkuppföljningar. Men för att kontrollera hur bra modellen representerar verkligheten har ett antal torkuppföljningar från liknande kammartorkar använts för att få tillgång till bättre statistik. Differensen mellan den simulerade och den verkliga slutfuktkvoten för 35 olika torkningar presenteras i Figur 9.1. Det kan konstateras att fördelningen är normalfördelad med relativt liten spridning vilket tyder på att simuleringensmodellen ger goda resultat. Att fördelningen är normalfördelad tyder på att virket uppvisar en normalfördelad spridning i dess egenskaper vilket kan antas vara korrekt. Således kan simuleringensverktygets resultat antas vara rimliga.



Figur 9.1. När fler mätningar tas med i statistiken kan det konstateras att spridningen mellan de simulerade och de verkliga slutfuktkvoterna är normalfördelad och relativt marginell.

10 Rekommendationer

Utifrån de mätningar och simuleringar som har genomförts har vissa tydliga mönster och principer kunnat konstateras. Våra mätningar och simuleringar visar att det finns vissa tidpunkter då det är mer känsligt och innebär en större påverkan på processen om en nedstyrning sker vid detta tillfälle. På liknande vis visar våra undersökningar att det finns tillfällen i torkprocessen som det är mer fördelaktigt att styra ner torkkammarna.

De rekommendationer som vi vill föreslå för att minimera processpåverkan är att en signal från samtliga kammartorkar skickas till Microflexen som ger information om hur långt in i torkcykeln respektive kammare har kommit. Genom att ha tillgång till denna information kan ett lite mer avancerat styrschema appliceras som ser till att det är de kammare som påverkas minst som styrs ned.

Rapporten syftar till att konstatera effekterna och främst den energibesparing som uppkommer till följd av att Microflexenheten används utifrån ett effektregerings perspektiv. Det har visats i rapporten att detta förfarande kommer att variera nedstyrningsgraden markant, framförallt beroende på årstid och tidpunkt på dygnet. Men det har även konstaterats att den processpåverkan som sker då nedstyrningsgraden är som störst inte är märkbar. Eftersom torkförloppet är det samma under alla tider på året ger detta att den högre graden av nedstyrningar skulle kunna vara aktuell under hela året, utan att någon kvalitetsförändring inträffar. Årstids- och dygnsberoendet är konstateranden som inte kan kopplas till processpåverkan och det kan därför vara lämpligt att vidare utreda huruvida man skall frångå kravet på effektreducering för att åstadkomma ytterligare besparingar eller inte.

En kombination av de föreslagna rekommendationerna skulle kunna leda till en optimal energireducering samt en maximal ekonomisk besparing. Men en vidare forskning och granskning av detta kräver betydligt mer tid och resurser än vad detta arbete medger.

11 Slutsatser

Även om de simulerade resultaten endast till liten del har styrkts med mätningar gjorda i praktiken är det mycket som talar för att nedstyrningar i relativt stor förekomst inte påverkar processen nämnvärt. Det som talar för den framtagna modellen är dess relativt små normalfördelade avvikelser som erhålls vid en vanlig körning. Detta bör i sin tur göra att ett resultat från en simulerad nedstyrning då med stor sannolikhet inte avviker så mycket från ett verkligt resultat. Det som kan tala emot modellen är att inverkan av de parametrar som modellen inte tar hänsyn till skulle vara påtagligare än vad som antagits.

Det kan med stor sannolikhet konstateras att slutfuktkvoten i virket inte kommer uppvisa någon förändring då nedstyrningar av ett rimligt antal har skett under ett torkförlopp. Detta ger att de direkta förtjänsterna i form av minskade energikostnader till följd av nedstyrningarna hamnar i storleksordningen omkring 5 % av den nedstyrbara effekten per månad. För ett sågverk i Hemmingssons storlek motsvarar detta en besparing på omkring 100 000 kr per år (beräknat på ett energipris av 30 öre/kWh).

I det stora hela påvisar denna rapport att en del processer inte är så känsliga för reglerat effektuttag, vilket i sin tur innebär att de ur ett ekonomiskt perspektiv inte är optimerade. En godare insikt i de fysikaliska egenskaperna för en process kan bidra till en effektivare verkningsgrad med minskad energiförbrukning som följd. I dagens samhälle när energibehoven bara ökar och tillgången på sikt kan bli mycket begränsade, torde fler företag inse att det finns mycket förbättringar som kan göras. Effektregering är ett av dem.

12 Tillkännagivande

Vi skulle först och främst vilja tacka vår handledare Gustaf Olsson för hans outtömliga intresse i vårt arbete och framtagande av denna rapport. Utan hans tillgänglighet, goda förmåga att hitta lösningar och hjälpa till hade detta arbete inte blivit vad det blivit.

Vidare vill vi tacka samtliga anställda vid Powerit MIC AB för deras engagemang och kompetens i området. Även de personer som på ett eller annat sätt är involverade i arbetet med framtagandet av denna rapport vill vi tacka, Magnus Ekelund och Anders Palmér vid Strömstyrkan i Vimmerby och speciellt torkskötare Jan Persson vid Hemmingssons sågverk. Hans engagemang och goda vilja att hjälpa till har underlättat vårt arbete avsevärt.

13 Referenser

- [1] Antti, Lena (1989), Värmeövergång mellan trä och luft vid luftcirkulationstorkning, Teknisk rapport, Högskolan i Luleå, Träteknik, Luleå.
- [2] Çengel, Yunus A. – Boles, Michael A. (1998), Thermodynamics, An Engineering Approach, Third Edition, McGraw-Hill Inc., Hightstown NJ, USA.
- [3] Esping, Björn (1992), Trätorkning 1a, grunder i torkning, Träteknik, Stockholm.
- [4] Esping, Björn (1996), Trätorkning 1b, praktisk torkning, Träteknik, Stockholm.
- [5] Esping, Björn (1988), Trätorkning 2, torkningsfel-åtgärder, Träteknik, Stockholm.
- [6] Givon, Chuen Kee Yan - De Silva, Clarence W. – Wang, Xiaochun G. (2001), Experimental modelling and intelligent control of a wood-drying kiln. International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, 15:787-814.
- [7] Palmér, Anders, Elektriker vid Ström Styrkan i Vimmerby AB, Telefonsamtal den 6 december 2004.
- [8] Persson, Jan, Torkskötare vid Hemmingssons sågverk, Muntligt samtal den 13 oktober 2004.
- [9] Powerit MIC AB (2004), Energisystem Powerit ECS MIDI/MAXI, Powerit MIC AB, Lund.
- [10] Sahlin, Jarl-Gunnar (2001), Lufthastighetens inverkan vid kammartorkning, Rapport P0112039, Träteknik, Stockholm.
- [11] Thomassen, Thomas (1998), Trätorkningsteknik, Lövträinstitutet i Ydre, Tranås.
- [12] Wadsö, Lars (1993), Studies of Water Vapor Transport and Sorption in Wood, Building Materials, Lund University, Lund

KAMMARE 8 Test med 9 nedstyrningar per dag

Torkschemat	Schematid	Torktid	ned-styrnings-tid i schema *	ned-styrnings-tid utanför schema *	Slutfuktkvot simulering med nedstyrning	Slutfuktkvot simulering utan nedstyrning	slutfuktkvotsdif ferens	Förlängd körtid för att komma till ursprunglig fuktkvot (simulering)	Slutfuktkvot uppmätt med nedstyrning	Slutfuktkvot uppmätt utan nedstyrning	Differens	Energi-förbrukning uppmätt utan nedstyrning	Energi-förbrukning uppmätt med nedstyrning	Differens	Energi-förbrukning teoretisk utan nedstyrning (kWh)	Differens mellan uppmätt och teoretisk energiförbrukning (kWh)	Energi-besparing teoretisk med nedstyrning och kompensering/torkning (kWh)	Besparing i kr / torkning	Energi-besparing teoretisk med nedstyrning utan kompensering/torkning (kWh)	Besparing i kr /torkning	
F12	150	168	7,47	0,93	14,37	14,15	0,22	1,82		16					5040			197	59	252	76
G12	154	172	7,60	0,93	14,14	13,92	0,22	1,85		15					5160			201	60	256	77
H15a	102	120	5,07	0,93	18,02	17,76	0,26	1,64		17					3600			131	39	180	54
H15b	102	120	5,07	0,93	18,09	17,83	0,26	1,65		18			3234		3600	366		131	39	180	54
H15c	102	120	5,07	0,93	18,02	17,76	0,26	1,64		15			3095		3600	505		131	39	180	54
E17	202	222	10,00	1,07	7,32	7,04	0,28	1,77		8					6660	1065		279	84	332	100
E20	82	100	4,00	0,93	15,83	15,56	0,27	1,29		16					3000			109	33	148	44
G20a	78	96	3,87	0,93	16,28	16,01	0,27	1,24		17					2880			107	32	144	43
G20b	78	96	3,87	0,93	16,28	16,01	0,27	1,24		15			2511		2880	369		107	32	144	43
G20c	78	96	3,87	0,93	16,28	16,01	0,27	1,24		16			2340		2880	540		107	32	144	43
G23a	102	120	5,07	0,93	10,79	10,54	0,25	1,45		12					3600			137	41	180	54
G23b	102	120	5,07	0,93	10,79	10,54	0,25	1,45		10			3174		3600	426		137	41	180	54
G23c	100	118	4,93	0,93	11,3	11,07	0,23	1,28		9,3			3119		3540	421		138	41	176	53
G23d	100	118	4,93	0,93	10,98	10,74	0,24	1,36		10,3			3363		3540	177		135	41	176	53
G23f	102	120	5,07	0,93	10,79	10,54	0,25	1,45		11,5			3105		3600	495		137	41	180	54

KAMMARE 21 Test med 9 nedstyrningar per dag

46	156	172	7,47	0,80	14,27	14,21	0,06	0,59		15			10731		9460	-1271	365	110	398	119	
49	104	120	5,20	0,80	18,22	18,14	0,08	0,52		17			7264		6600	-664	280	78	289	87	
50	200	218	10,00	0,80	7,77	7,75	0,02	0,51		8			13169		11990	-1179	492	148	520	156	
S1a	80	96	4,00	0,80	16,65	16,57	0,08	0,39		18					5280			210	63	231	69
S1b	80	96	4,00	0,80	16,65	16,57	0,08	0,39		16			5880		5280	-600		210	63	231	69
S1c	76	92	3,73	0,80	17,08	17,00	0,08	0,39		16			5648		5060	-588		197	59	218	65
S2a	98	116	4,80	0,53	14,29	14,22	0,07	0,46		15					6380			231	69	257	77
S2b	100	116	4,93	0,80	14,11	14,04	0,07	0,45		16			7042		6380	-662		251	75	276	83
S4	104	120	5,20	0,80	10,73	10,67	0,06	0,40		11			6729		6600	-129		267	80	289	87

* uppvärmning och konditionering ligger utanför schemat

KAMMARE 8 Test med 2 nedsty

Torkschemat	Schematid	Torktid	ned-styrnings-tid i schema *	ned-styrnings-tid utanför schema *	Slutfuktkvot simulering med nedstyrning	Slutfuktkvot simulering utan nedstyrning	slutfuktkvotsdif ferens	Förlängd körtid för att komma till ursprunglig fuktkvot (simulering)	Slutfuktkvot uppmätt med nedstyrning	Slutfuktkvot uppmätt utan nedstyrning	Differens	Energi-förbrukning uppmätt utan nedstyrning
F12	150	168	1,60	0,27	14,206	14,15	0,06	0,45		16		
G12	154	172	1,60	0,27	13,972	13,92	0,05	0,43		15		
H15a	102	120	1,07	0,27	17,827	17,76	0,07	0,41		17		
H15b	102	120	1,07	0,27	17,895	17,83	0,07	0,42		18		3233,64
H15c	102	120	1,07	0,27	17,827	17,76	0,07	0,41		15		3094,77
E17	202	222	2,13	0,27	7,0553	7,04	0,02	0,41		8		5595,40
E20	82	100	0,80	0,27	15,621	15,56	0,06	0,28		16		
G20a	78	96	0,80	0,27	16,071	16,01	0,06	0,28		17		
G20b	78	96	0,80	0,27	16,071	16,01	0,06	0,28		15		2510,70
G20c	78	96	0,80	0,27	16,071	16,01	0,06	0,28		16		2339,74
G23a	102	120	1,07	0,27	10,599	10,54	0,06	0,34		12		
G23b	102	120	1,07	0,27	10,599	10,54	0,06	0,34		10		3174,288
G23c	100	118	1,07	0,13	11,135	11,07	0,06	0,36		9,3		3119,33
G23d	100	118	1,07	0,13	10,793	10,74	0,05	0,32		10,3		3362,66
G23f	102	120	1,07	0,27	10,599	10,54	0,06	0,34		11,5		3104,58

KAMMARE 21 Test med 2 nedst

46	156	172	1,73	0,13	14,219	14,21	0,01	0,13		15		10730,91
49	104	120	1,07	0,27	18,163	18,14	0,02	0,14		17		7264,26
50	200	218	2,13	0,27	7,7521	7,75	0,00	0,13		8		13168,73
S1a	80	96	0,80	0,27	16,59	16,57	0,02	0,08		18		5879,73
S1b	80	96	0,80	0,27	16,59	16,57	0,02	0,08		16		5647,82
S1c	76	92	0,80	0,13	17,019	17,00	0,02	0,09		16		
S2a	98	116	1,07	0,13	14,229	14,22	0,01	0,09		15		7041,59
S2b	100	116	1,07	0,13	14,052	14,04	0,01	0,09		16		
S4	104	120	1,07	0,27	10,682	10,67	0,02	0,10		11		6729,07

* uppvärmning och konditionering ligger utanför schemat

Beräkningar utförda för 9 nedstyrningar per dag

Kammare	Medelbesparing (kr) / torkning (med kompensering)	medelbesparing (kr) / torkning (utan kompensering)	torkningar / mån	Besparing (kr) / mån med kompensering	Besparing (kr) / mån utan kompensering	Procentuell besparing med kompensering	Procentuell besparing utan kompensering
8	44,85	58,34	5,54	248,38	323,11	0,038	0,050
21	82,74	90,26	5,65	467,87	510,38	0,039	0,043
medelbesparing för samtliga kammartorkar under en månad				7515	8890		
medelförbrukning 8	3900						
medelbesparing komp	149,49						
medelbesparing u komp	194,46						
medelförbrukning 21	7003,333333						
medelbesparing komp	275,81						
medelbesparing u komp	300,87						
Energipris	30 öre / kWh						

Beräkningar utförda för 2 nedstyrningar per dag

Kammare	Medelbesparing (kr) / torkning (med kompensering)	medelbesparing (kr) / torkning (utan kompensering)	torkningar / mån	Besparing (kr) / mån med kompensering	Besparing (kr) / mån utan kompensering	Procentuell besparing med kompensering	Procentuell besparing utan kompensering
8	9,29	12,48	5,67	52,62	70,72	0,008	0,011
21	18,18	19,89	5,65	102,80	112,48	0,009	0,009
medelbesparing för samtliga kammartorkar under en månad				1545	1878		
medelförbrukning 8	3812						
medelbesparing komp	30,96						
medelbesparing u komp	41,60						
medelförbrukning 21	7003,333333						
medelbesparing komp	60,60						
medelbesparing u komp	66,31						
Energipris	30 öre / kWh						

Förklaringar till beräkningar och kolumner i tabeller i Bilaga 1

Schematid	Den tid utav den totala torktiden som torkning sker enligt schema
Torktid	Den totala tiden virket befinner sig kammartorken för torkning, inklusive uppvärmning, torkförlopp och konditionering
Nedstyrningstid i schemat	(Schematid/24*antal nedstyrningar per dygn)*nedstyrningstiden
Nedstyrningstid utanför schemat	Samma som nedstyrningstid i schemat fast beräknat på torktiden – nedstyrningstid i schemat
Energiförbrukning teoretisk utan nedstyrning	Torktid * märkeffekten på respektive torkkammare
Energibesparing teoretisk med nedstyrning och kompensering / torkning	Nedstyrningstid i och utanför schemat-förlängd körtid för att komma till ursprunglig slutfuktkvot (simulering) * respektive märkeffekt
Besparing i kr, lågtariff/ torkning	(Energibesparing teoretisk med nedstyrning och kompensering / torkning) *energi priset vid lågtariff
Besparing i kr, högtariff/ torkning	(Energibesparing teoretisk med nedstyrning och kompensering / torkning) *energi priset vid högtariff
Energibesparing teoretisk med nedstyrning utan kompensering / torkning	Nedstyrningstid i och utanför schema * respektive märkeffekt
Besparing i kr, lågtariff/ torkning	(Energibesparing teoretisk med nedstyrning utan kompensering / torkning) *energi priset vid lågtariff
Besparing i kr, högtariff/ torkning	(Energibesparing teoretisk med nedstyrning utan kompensering / torkning) *energi priset vid högtariff
Torkningar / mån	Antalet timmar per mån / medeltorktiden för respektive kammare
Besparing / mån med kompensering	Torkningar / mån * (medelbesparing / torkning utan kompensering)
Besparing / mån med kompensering	Torkningar / mån * (medelbesparing / torkning utan kompensering)

Styrsystem S5-135 928B
 TORKSCHEMA
 Br.Hemmingson Träva

WSAB Virkestorkar

Datum: 04-11-08

Torkschemanummer : 49

Steg	Torr C	Våt C	FK %	Fläktar %	Tidsdel %	XSteg
00	57,7	56,0	140,0	100	100,0	0
01	57,8	56,0	130,0	100	100,0	1129
02	57,9	56,0	120,0	100	100,0	2259
03	58,0	56,0	110,0	100	100,0	3389
04	<u>58,1</u>	<u>56,0</u>	100,0	100	100,0	4519
05	69,5	68,0	91,0	100	100,0	5649
06	69,5	68,0	82,0	100	100,0	6779
07	70,0	68,0	74,0	100	100,0	7909
08	71,0	68,0	67,0	100	100,0	9039
09	71,5	68,0	60,0	100	100,0	10169
10	72,0	68,0	53,0	100	100,0	11298
11	72,5	68,0	47,0	100	100,0	12428
12	73,0	68,0	42,0	100	100,0	13558
13	73,0	68,0	38,0	100	100,0	14688
14	73,0	68,0	34,0	100	100,0	15818
15	75,2	68,0	30,0	100	100,0	16948
16	78,3	68,0	27,0	100	100,0	18078
17	80,0	68,0	24,0	100	100,0	19208
18	80,0	65,0	21,0	100	100,0	20338
19	80,0	65,0	19,0	100	100,0	21468
20	80,0	65,0	17,0	100	100,0	22597
21	80,0	65,0	15,0	100	100,0	23727
22	<u>80,0</u>	<u>65,0</u>	13,0	100	100,0	24857
23	80,0	55,0	12,0	100	100,0	25987
24	80,0	55,0	11,0	100	100,0	27117
25	80,0	55,0	10,0	100	100,0	28247
26	80,0	55,0	9,0	100	100,0	29377
27	80,0	55,0	8,0	100	100,0	30507
28	70,0	51,6	7,0	100	100,0	31637
29	70,0	51,0	6,0	100	100,0	32767

BILAGA NR: 4	UTGÅVA: 1	SIDA: 1 (1)
TILL: QI 410		DATUM: 1996-08-16

TORKUPPFÖLJNING

Trädslag:	FURU	In i tork datum:	Kl: 04-10-13 07,30
Dimension:	50x250	Ut ur tork datum:	kl: 04-10-18 07,30
Strölagd datum:		Uppvärmningstid:	Tim 12
Kanal:		Total torktid:	Tim 116
Kammare:	21	Stift fuktkvot:	17%
Torkschemata:	49		
Schema in fkv:	91%		
Schema ut fkv:	13%		
Konditionering:	4 Tim 75/72		

NOTERINGAR:

Medelvärden

Kammare 8

Schema	V0	D0*e-9	Diff uppmätt-sch_ut
F12	3,3	4,6094	6
G12	3,1375	5,375	5
H15	4,9	6,5	4
E17			-11
E20	2,1625	7,4688	1
G20	2,325	7,8438	2
G23	2,1925	7,7094	-1,38

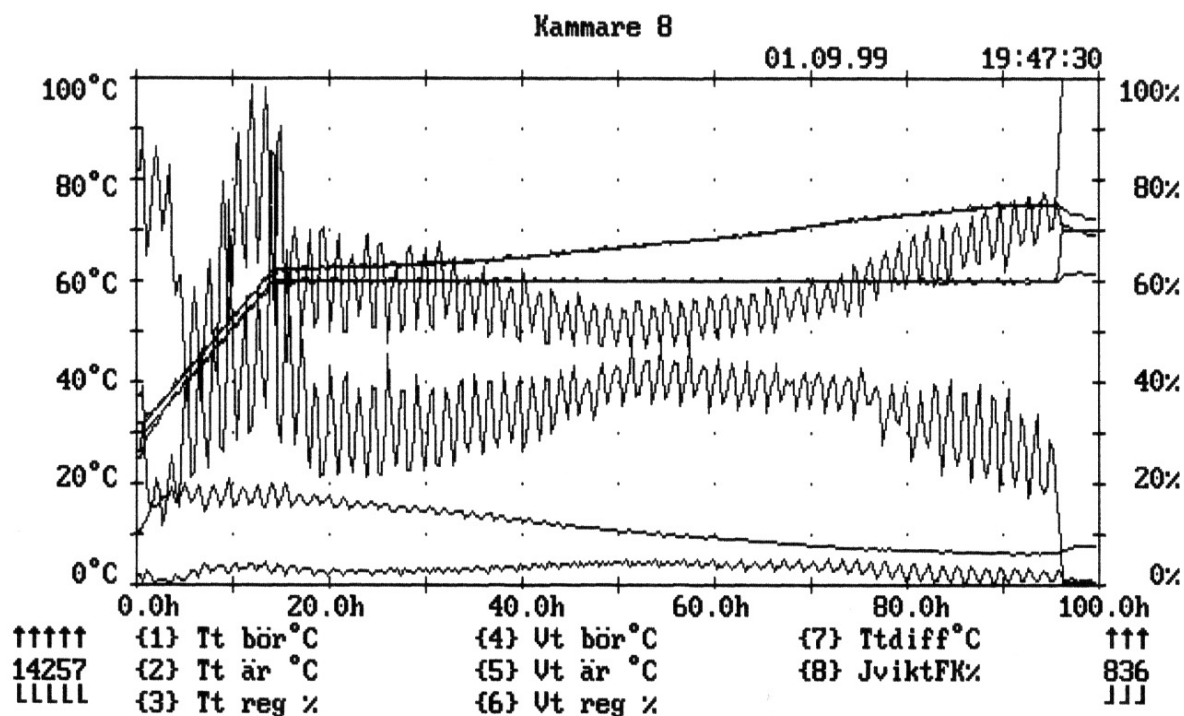
Kammare 21

Schema	V0	D0	Diff uppmätt-sch_ut
46	3,55	4,9063	5
49	4,8	5,9688	4
50			-11
51	2,45	6,464	3
52	1,625	6,0625	0,5
54	2,275	6,1719	-1

Medel för diff <= 2	2,226667	7,674	1,95	6,1172
---------------------	----------	-------	------	--------

Medel för samtliga	3,002917	6,5844	2,94	5,9147
--------------------	----------	--------	------	--------

Tabellen visar kalibrerade värden på D0 och V0 för samtliga torkschemata. I kolumnen diff uppmätt – schema_ut anges differensen mellan den uppmätta fuktkvoten och den fuktkvot som anges på torkschemat då hela torkförloppet är kört.



Figuren visar de uppmätta parametrarna under ett torkförlopp. Parametrarna som plottas är:

- (1) Torra temperaturen börvärde
- (2) Torra temperaturen ärvärde
- (3) Torrtemperatur regulator (värmeförsel)
- (4) Våta temperaturen, börvärde
- (5) Våta temperaturen, ärvärde
- (6) Ventilation
- (7) Torrtemperaturdifferens mellan storm och läside
- (8) Jämviktsfuktkvoten

MWh

Dag	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Dygn
03-09-01	1,215	1,205	1,196	1,190	1,197	2,070	2,215	2,079	2,269	2,252	2,249	2,348	2,389	2,326	2,187	2,377	2,087	2,110	2,296	2,042	2,158	2,028	2,313	2,203	48,002
03-09-02	1,597	1,563	1,538	1,470	1,561	2,081	2,248	2,240	2,091	2,257	2,235	2,341	2,405	2,344	2,174	2,241	2,096	2,374	2,347	2,167	2,451	2,384	2,540	2,209	50,955
03-09-03	1,557	1,560	1,558	1,527	1,641	2,267	2,367	2,231	2,260	2,070	2,435	2,362	2,263	2,062	2,246	2,282	2,355	2,253	2,400	2,293	2,400	2,310	2,372	2,229	51,300
03-09-04	1,601	1,564	1,555	1,514	1,561	2,197	2,407	1,912	2,048	1,979	2,420	2,375	2,181	2,301	2,268	2,272	2,125	1,939	2,106	2,401	2,393	2,288	2,167	1,967	49,541
03-09-05	2,119	1,961	2,112	1,968	1,958	2,316	2,357	2,175	2,199	2,048	2,489	2,378	2,193	2,403	2,263	2,440	1,903	1,881	1,705	1,873	1,923	1,896	2,168	1,364	50,092
03-09-06	1,236	1,228	1,225	1,212	1,221	1,213	1,326	1,338	1,408	1,367	1,391	1,434	1,306	1,283	1,264	1,245	1,234	1,244	1,221	1,212	1,212	1,240	1,231	1,226	30,535
03-09-07	1,222	1,223	1,226	1,227	1,219	1,225	1,181	1,169	1,171	1,181	1,196	1,211	1,228	1,255	1,250	1,261	1,271	1,214	1,208	1,212	1,220	1,169	1,228	1,209	29,176
03-09-08	1,184	1,190	1,177	1,181	1,206	2,122	2,189	2,188	2,356	2,146	2,450	2,385	2,202	2,246	2,170	2,462	2,469	2,354	2,371	2,375	2,436	2,468	2,201	2,116	49,644
03-09-09	2,079	1,983	1,990	1,948	1,908	2,160	2,239	2,276	2,310	2,376	2,342	2,390	2,409	2,360	2,162	2,032	2,209	2,380	2,415	2,439	2,357	2,434	2,481	2,180	53,879
03-09-10	1,594	1,558	1,558	1,535	1,609	2,246	2,329	2,350	2,224	2,026	2,417	2,318	2,347	2,358	2,178	2,329	2,337	2,407	2,249	2,421	2,408	2,472	2,301	2,223	51,795
03-09-11	2,181	2,004	2,184	2,017	1,964	2,195	2,321	2,244	2,070	2,304	2,182	2,173	2,092	2,273	2,199	2,082	2,306	2,379	2,125	2,295	2,443	2,406	2,381	2,233	53,053
03-09-12	1,624	1,589	1,610	1,513	1,573	2,179	2,124	2,255	2,354	2,409	2,429	2,465	1,654	1,639	1,468	1,369	1,315	1,284	1,243	1,255	1,221	1,210	1,213	1,217	40,212
03-09-13	1,204	1,204	1,194	1,195	1,187	1,162	1,136	1,130	1,168	1,203	1,224	1,209	1,206	1,215	1,180	1,164	1,161	1,159	1,184	1,206	1,215	1,223	1,209	1,220	28,558
03-09-14	1,203	1,157	1,178	1,167	1,144	1,124	1,117	1,105	1,159	1,206	1,183	1,205	1,210	1,249	1,292	1,302	1,183	1,172	1,241	1,246	1,297	1,441	1,551	1,502	29,634
03-09-15	1,511	1,517	1,533	1,511	1,594	2,258	2,449	2,315	2,317	2,196	2,265	2,293	2,232	2,200	2,024	2,208	1,911	2,073	1,848	2,187	2,361	2,148	2,055	1,946	48,953
03-09-16	1,878	1,786	1,777	1,866	1,829	2,026	2,140	2,178	2,175	1,998	2,082	2,112	2,042	2,300	2,191	2,308	2,369	2,445	2,389	2,267	2,451	2,292	2,449	2,134	51,484
03-09-17	1,584	1,561	1,574	1,534	1,554	2,295	2,471	2,330	2,412	2,400	2,391	2,385	2,264	2,358	2,113	2,262	2,208	2,305	2,244	2,397	2,391	2,091	2,074	1,608	50,806
03-09-18	1,553	1,558	1,547	1,547	1,609	2,201	2,334	2,369	2,404	2,311	2,306	2,400	2,335	2,270	2,267	2,361	2,400	2,327	2,167	2,316	2,386	2,291	2,352	2,105	51,716
03-09-19	1,577	1,546	1,569	1,516	1,591	2,082	2,304	2,373	2,389	2,327	2,341	2,256	2,127	2,284	2,478	1,577	1,299	1,227	1,256	1,285	1,234	1,288	1,250	1,206	42,382
03-09-20	1,198	1,181	1,197	1,199	1,195	1,182	1,159	1,223	1,234	1,236	1,261	1,278	1,302	1,299	1,299	1,262	1,238	1,154	1,184	1,202	1,191	1,215	1,203	1,174	29,266
03-09-21	1,169	1,149	1,143	1,154	1,142	1,144	1,132	1,158	1,013	1,007	1,004	0,991	0,998	1,063	1,070	1,059	1,030	1,006	1,111	1,014	1,041	1,134	1,237	1,270	26,239
03-09-22	1,265	1,241	1,267	1,280	1,328	2,070	2,269	2,072	2,345	2,313	2,333	2,239	2,317	2,253	1,946	2,452	2,199	2,308	2,255	2,424	2,329	2,378	2,123	2,178	49,184
03-09-23	2,017	2,085	2,233	1,866	2,154	2,255	2,301	2,161	2,295	2,320	2,257	2,218	1,202	0,000	0,970	1,674	1,606	1,596	1,775	2,154	2,385	2,386	2,254	2,032	46,216
03-09-24	1,933	1,863	1,953	1,792	1,815	2,052	2,066	2,028	2,340	1,990	2,457	2,295	2,142	2,287	1,957	2,318	2,391	2,337	2,297	2,420	2,483	2,544	2,324	1,991	52,075
03-09-25	1,592	1,599	1,599	1,579	1,657	2,286	2,274	2,037	2,298	2,194	2,217	2,243	2,177	2,190	2,208	2,418	2,000	2,332	2,173	2,452	2,574	2,402	2,328	2,239	50,988
03-09-26	1,608	1,579	1,605	1,546	1,597	2,319	2,358	2,154	2,316	2,240	2,345	2,406	2,366	2,439	2,099	1,709	1,382	1,364	1,369	1,341	1,297	1,268	1,282	1,263	43,282
03-09-27	1,244	1,242	1,238	1,203	1,205	1,206	1,331	1,346	1,439	1,485	1,495	1,497	1,364	1,356	1,360	1,361	1,356	1,275	1,246	1,252	1,265	1,251	1,248	1,256	31,521
03-09-28	1,228	1,215	1,213	1,207	1,202	1,194	1,194	1,243	1,338	1,349	1,354	1,367	1,342	1,278	1,290	1,268	1,254	1,257	1,256	1,262	1,292	1,486	1,516	1,511	31,116
03-09-29	1,530	1,511	1,515	1,516	1,576	2,152	2,358	2,393	2,427	2,124	2,338	2,284	2,158	2,387	2,193	2,295	2,324	2,502	2,290	2,332	2,461	2,430	2,280	2,063	51,439
03-09-30	1,626	1,619	1,626	1,604	1,616	2,166	2,429	2,296	2,382	2,395	2,479	2,407	2,388	2,427	2,344	2,353	2,288	2,355	2,333	2,517	2,362	2,548	2,434	2,172	53,156

Alla värden under angiven tidsperiod finns med!

Tre högsta:

- 2003-09-25 21 2,574
- 2003-09-30 22 2,548
- 2003-09-24 22 2,544

Tre lägsta:

- 2003-09-23 14 0,000
- 2003-09-30 22 2,548
- 2003-09-21 12 0,991

Högst:

772,477

Lågst:

553,732

Max:

2,574

Min:

0,000

Högst (Max):

2,574

Summa:

1326,209

Medel:

1,842

MWh

dag	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Dygn
33-10-01	1,992	1,893	2,058	1,954	2,235	2,283	2,557	2,508	2,470	2,473	2,494	2,351	2,347	2,463	2,277	2,007	2,108	2,262	2,220	2,278	2,397	2,368	2,164	2,081	54,340
33-10-02	2,112	1,880	2,113	1,906	2,022	2,166	2,415	2,263	2,325	2,108	2,313	2,453	2,270	2,333	2,300	2,480	2,305	2,431	2,092	2,325	2,594	2,471	2,486	2,374	54,547
33-10-03	1,645	1,589	1,643	1,616	1,651	2,359	2,547	2,391	2,442	2,139	2,388	2,507	2,256	2,507	2,277	1,540	1,296	1,292	1,270	1,298	1,272	1,216	1,211	1,198	43,550
33-10-04	1,197	1,192	1,191	1,177	1,141	1,148	1,138	1,104	1,110	1,119	1,052	1,107	1,192	1,186	1,195	1,220	1,255	1,223	1,234	1,242	1,227	1,231	1,243	1,248	28,372
33-10-05	1,247	1,229	1,190	1,186	1,201	1,203	1,194	1,249	1,233	1,262	1,263	1,244	1,255	1,234	1,159	1,139	1,061	1,121	1,200	1,212	1,253	1,388	1,455	1,450	29,630
33-10-06	1,466	1,472	1,481	1,496	1,479	1,928	2,473	2,246	2,290	2,194	2,369	2,112	2,282	2,370	2,132	2,327	2,466	2,371	2,430	2,511	2,635	2,507	2,221	2,239	51,497
33-10-07	2,240	2,036	2,207	2,052	2,165	2,211	2,282	2,398	2,516	2,484	2,378	2,281	2,166	2,386	2,118	2,506	2,448	2,474	2,254	2,433	2,558	2,506	2,525	2,391	55,995
33-10-08	1,610	1,573	1,604	1,533	1,603	2,150	2,577	2,410	2,427	2,292	2,398	2,398	2,249	2,205	2,031	2,009	2,262	2,437	2,431	2,410	2,390	2,529	2,321	2,167	51,997
33-10-09	2,029	1,921	2,011	1,903	1,856	2,025	2,464	2,245	2,137	2,236	2,366	2,393	2,252	2,512	2,260	2,341	2,474	2,402	2,100	1,810	2,248	2,192	2,450	2,365	52,993
33-10-10	1,677	1,590	1,591	1,515	1,534	2,232	2,373	2,125	2,294	2,174	2,316	2,469	2,249	2,298	2,220	1,673	1,295	1,232	1,307	1,259	1,222	1,250	1,223	1,222	42,340
33-10-11	1,215	1,207	1,221	1,208	1,223	1,195	1,200	1,196	1,213	1,220	1,187	1,202	1,203	1,187	1,178	1,169	1,261	1,193	1,168	1,220	1,264	1,237	1,242	1,260	29,069
33-10-12	1,255	1,252	1,252	1,242	1,263	1,260	1,249	1,231	1,235	1,316	1,269	1,311	1,300	1,241	1,256	1,262	1,269	1,266	1,299	1,268	1,300	1,525	1,547	1,542	31,210
33-10-13	1,565	1,549	1,561	1,561	1,633	2,342	2,431	2,424	2,372	2,482	2,424	2,449	2,428	2,441	2,233	2,371	2,198	2,267	2,070	2,344	2,421	2,290	2,167	1,689	51,712
33-10-14	1,536	1,630	1,622	1,624	1,613	2,297	2,417	2,472	2,387	2,414	2,398	2,497	2,351	2,355	2,123	2,286	2,398	2,452	2,442	2,231	2,404	2,226	2,273	2,341	52,789
33-10-15	1,661	1,609	1,623	1,592	1,637	2,353	2,441	2,375	2,339	2,142	2,233	2,200	2,209	2,263	2,026	2,024	2,189	2,292	2,156	2,466	2,467	2,288	2,274	2,112	50,981
33-10-16	1,685	1,689	1,672	1,638	1,706	2,436	2,542	2,281	2,461	2,446	2,382	2,269	2,208	2,337	2,224	2,437	2,292	2,463	2,227	2,533	2,552	2,317	2,519	2,187	53,503
33-10-17	1,705	1,645	1,666	1,606	1,639	1,954	2,533	2,421	2,403	2,366	2,370	2,328	2,212	2,302	1,965	1,413	1,264	1,256	1,272	1,274	1,275	1,269	1,271	1,247	42,658
33-10-18	1,244	1,234	1,223	1,234	1,233	1,215	1,195	1,181	1,115	1,153	1,154	1,139	1,127	1,116	1,115	1,111	1,120	1,113	1,169	1,258	1,253	1,244	1,237	1,228	28,411
33-10-19	1,256	1,235	1,242	1,239	1,223	1,242	1,213	1,152	1,141	1,185	1,261	1,265	1,250	1,262	1,230	1,227	1,185	1,202	1,238	1,219	1,236	1,288	1,505	1,547	30,043
33-10-20	1,520	1,564	1,552	1,549	1,601	2,153	2,262	2,228	2,427	2,332	2,472	2,514	2,383	2,371	2,217	2,274	2,151	2,446	2,534	2,434	2,535	2,426	2,271	1,942	52,158
33-10-21	1,640	1,637	1,642	1,624	1,676	2,358	2,567	2,209	2,336	1,984	2,427	2,415	2,472	2,451	2,165	2,436	2,351	2,388	2,462	2,433	2,516	2,491	2,487	2,342	53,509
33-10-22	1,652	1,611	1,643	1,611	1,661	2,246	2,456	2,426	2,347	2,223	2,295	2,413	2,223	2,239	2,073	2,308	2,353	2,332	2,384	2,452	2,555	2,525	2,436	2,019	52,483
33-10-23	1,633	1,588	1,652	1,637	1,714	2,219	2,382	2,385	2,451	2,516	2,408	2,456	2,375	2,329	2,139	2,525	2,465	2,535	2,277	2,495	2,599	2,524	2,592	2,506	54,402
33-10-24	1,711	1,663	1,674	1,659	1,717	2,291	2,516	2,444	2,366	2,372	2,445	2,280	2,348	2,357	2,307	1,679	1,524	1,533	1,449	1,305	1,259	1,260	1,265	1,262	44,686
33-10-25	1,234	1,227	1,221	1,189	1,183	1,187	1,217	1,245	1,250	1,247	1,246	1,247	1,244	1,244	1,211	1,178	1,190	1,212	1,249	1,278	1,228	1,264	1,267	1,258	29,516
33-10-26	1,257	1,249	1,249	1,249	1,261	1,292	1,206	1,237	1,201	1,220	1,211	1,225	1,202	1,204	1,195	1,242	1,201	1,210	1,254	1,244	1,223	1,244	1,476	1,545	31,324
33-10-27	1,545	1,522	1,481	1,505	1,549	2,096	2,240	2,195	2,245	2,124	2,185	2,154	2,087	2,089	2,189	2,462	2,510	2,458	2,551	2,489	2,500	2,450	1,848	1,668	50,152
33-10-28	1,585	1,560	1,566	1,539	1,644	2,349	2,590	2,469	2,363	2,458	2,408	2,412	2,432	2,305	2,169	2,282	2,289	2,339	2,118	2,258	2,374	2,275	2,321	2,095	52,220
33-10-29	1,508	1,461	1,473	1,449	1,551	2,220	2,364	2,160	2,124	2,284	2,352	2,189	2,005	2,201	2,127	2,173	2,285	2,548	2,460	2,460	2,338	2,462	2,389	1,936	49,902
33-10-30	1,569	1,543	1,544	1,507	1,541	2,275	2,381	2,316	2,231	2,296	2,400	2,445	2,358	2,289	2,217	2,443	2,320	2,203	2,420	2,354	2,481	2,241	2,340	2,340	51,924
33-10-31	1,607	1,544	1,573	1,489	1,591	2,165	2,337	2,247	2,322	2,257	2,486	2,472	2,452	2,417	2,145	1,455	1,366	1,324	1,333	1,250	1,244	1,247	1,215	1,228	42,766

lla värden under angiven tidsperiod finns med!

Tre högsta:
 1. 2003-10-06 21 2,635
 2. 2003-10-23 21 2,599
 3. 2003-10-02 21 2,594

Tre lägsta:
 1. 2003-10-04 11 1,052
 2. 2003-10-05 17 1,061
 3. 2003-10-04 08 1,104

Högläst: 827,229
 Lågläst: 573,450

Max: 2,635
 Min: 1,052
 Högläst (Max): 2,635

Summa: 1400,679
 Medel: 1,883

MWh

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Dygn	
03-11-01	1,226	1,214	1,217	1,207	1,217	1,190	1,135	1,122	1,182	1,233	1,260	1,292	1,293	1,276	1,305	1,294	1,300	1,306	1,201	1,219	1,225	1,208	1,194	1,202	29,518
03-11-02	1,208	1,206	1,209	1,185	1,190	1,199	1,188	1,246	1,273	1,271	1,275	1,238	1,238	1,178	1,176	1,317	1,325	1,284	1,288	1,217	1,210	1,207	1,395	1,507	30,031
03-11-03	1,481	1,470	1,418	1,458	1,518	1,950	2,304	2,288	2,347	2,337	2,373	2,404	2,324	2,402	2,137	2,502	2,413	2,418	2,253	2,385	2,408	2,420	2,103	1,829	50,922
03-11-04	2,036	2,011	2,160	2,047	1,945	2,349	2,515	2,390	2,521	2,447	2,311	2,425	2,351	2,384	2,190	2,450	2,498	2,519	2,388	2,094	2,556	2,528	2,422	2,247	55,764
03-11-05	1,597	1,575	1,584	1,536	1,606	2,330	2,336	2,295	2,384	2,294	2,353	2,419	2,423	2,538	2,249	2,550	2,464	2,534	2,422	2,490	2,493	2,447	2,253	2,342	53,514
03-11-06	1,948	1,997	1,996	2,002	2,017	2,340	2,422	2,223	2,251	2,303	2,352	2,385	2,392	2,481	2,297	2,470	2,552	2,629	2,331	2,427	2,668	2,714	2,442	2,500	56,139
03-11-07	1,722	1,643	1,704	1,681	1,702	2,456	2,578	2,637	2,488	2,582	2,658	2,597	2,478	2,554	2,280	1,579	1,383	1,401	1,373	1,336	1,301	1,282	1,306	1,294	46,005
03-11-08	1,287	1,283	1,284	1,306	1,290	1,254	1,129	1,102	1,153	1,234	1,289	1,289	1,302	1,310	1,281	1,232	1,313	1,333	1,321	1,307	1,308	1,281	1,285	1,285	30,458
03-11-09	1,288	1,278	1,256	1,288	1,282	1,289	1,263	1,256	1,236	1,270	1,245	1,241	1,223	1,214	1,220	1,214	1,258	1,284	1,395	1,384	1,392	1,413	1,534	1,588	31,289
03-11-10	1,552	1,569	1,511	1,576	1,641	2,250	2,312	2,448	2,486	2,508	2,522	2,508	2,129	2,231	2,219	2,491	2,537	2,566	2,611	2,638	2,574	2,384	2,303	2,386	53,928
03-11-11	2,128	2,094	2,128	2,020	1,944	2,420	2,537	2,430	2,403	2,185	2,469	2,450	2,461	2,380	2,124	2,249	2,381	2,516	2,537	2,485	2,452	2,524	2,411	2,356	56,084
03-11-12	1,671	1,636	1,629	1,560	1,698	2,377	2,436	2,470	2,453	2,475	2,510	2,587	2,353	2,500	2,425	2,500	2,264	2,437	2,376	2,441	2,360	2,385	2,246	2,411	54,201
03-11-13	2,231	1,994	1,853	2,030	2,140	2,450	2,430	2,329	2,288	2,381	2,367	2,333	2,186	2,242	2,138	2,425	2,496	2,548	2,308	2,593	2,415	2,344	2,533	2,481	55,544
03-11-14	1,707	1,600	1,640	1,610	1,656	2,265	2,588	2,510	2,622	2,546	2,466	2,538	2,536	2,581	2,368	1,478	1,356	1,358	1,295	1,287	1,293	1,276	1,233	1,233	45,078
03-11-15	1,235	1,220	1,214	1,223	1,218	1,191	1,195	1,221	1,203	1,257	1,255	1,255	1,260	1,242	1,220	1,209	1,229	1,240	1,231	1,225	1,219	1,214	1,211	1,215	29,402
03-11-16	1,225	1,218	1,212	1,157	1,141	1,092	1,120	1,161	1,220	1,226	1,213	1,193	1,210	1,235	1,258	1,234	1,186	1,229	1,211	1,163	1,181	1,203	1,371	1,460	29,119
03-11-17	1,486	1,428	1,392	1,407	1,483	2,002	2,273	2,128	2,126	2,175	2,316	2,336	2,350	2,346	2,193	2,425	2,453	2,531	2,277	2,391	2,526	2,462	2,203	2,189	50,878
03-11-18	2,115	1,965	2,074	1,888	2,041	2,310	2,446	2,410	2,242	2,270	2,534	2,342	2,244	2,332	2,189	2,451	2,509	2,547	2,416	2,454	2,477	2,391	2,303	2,325	55,285
03-11-19	1,535	1,468	1,489	1,460	1,562	2,317	2,278	2,331	2,045	2,234	2,209	2,415	2,230	2,187	2,218	2,483	2,470	2,591	2,592	2,490	2,568	2,499	2,331	2,225	52,227
03-11-20	2,149	2,060	2,230	2,129	2,072	2,390	2,507	2,445	2,234	2,519	2,507	2,461	2,433	2,482	2,289	2,824	2,862	2,588	2,282	2,510	2,638	2,570	2,565	2,194	57,270
03-11-21	1,622	1,626	1,655	1,596	1,685	2,411	2,540	2,543	2,432	2,443	2,508	2,491	2,474	2,568	2,325	1,487	1,345	1,329	1,317	1,302	1,299	1,290	1,199	1,175	44,653
03-11-22	1,160	1,159	1,148	1,146	1,155	1,302	1,304	1,245	1,200	1,184	1,176	1,157	1,153	1,171	1,164	1,160	1,205	1,289	1,331	1,296	1,287	1,295	1,279	1,295	29,261
03-11-23	1,299	1,283	1,276	1,274	1,287	1,277	1,275	1,259	1,246	1,276	1,246	1,231	1,214	1,245	1,279	1,262	1,348	1,407	1,379	1,383	1,401	1,404	1,557	1,615	31,723
03-11-24	1,557	1,553	1,603	1,626	1,662	2,283	2,307	2,350	2,368	2,344	2,380	2,502	2,446	2,419	2,287	2,343	2,206	2,374	2,468	2,490	2,508	2,536	2,390	2,243	53,245
03-11-25	2,253	2,190	2,258	2,147	2,180	2,328	2,345	2,274	2,344	2,245	2,416	2,439	2,588	2,480	2,322	2,594	2,391	2,532	2,435	2,595	2,636	2,549	2,695	2,368	57,584
03-11-26	1,670	1,641	1,685	1,666	1,754	2,540	2,575	2,469	2,415	2,434	2,191	2,427	2,448	2,347	2,354	2,444	2,447	2,383	2,333	2,420	2,607	2,395	2,437	2,347	54,429
03-11-27	2,316	2,133	2,297	2,197	2,211	2,242	2,393	2,484	2,518	2,542	2,483	2,369	2,402	2,411	1,893	1,883	2,231	2,438	2,148	2,453	2,570	2,374	2,544	2,244	55,776
03-11-28	1,628	1,614	1,657	1,608	1,678	2,351	2,428	2,327	2,228	2,326	2,396	1,899	1,784	2,310	1,606	1,340	1,352	1,312	1,298	1,295	1,295	1,318	1,308	42,614	
03-11-29	1,293	1,272	1,299	1,295	1,288	1,277	1,260	1,274	1,224	1,232	1,266	1,277	1,289	1,285	1,266	1,252	1,279	1,320	1,399	1,384	1,365	1,366	1,385	1,377	31,225
03-11-30	1,370	1,346	1,330	1,340	1,328	1,327	1,315	1,312	1,256	1,240	1,309	1,226	1,217	1,222	1,229	1,275	1,263	1,285	1,273	1,267	1,328	1,371	1,598	1,627	31,654

Alla värden under angiven tidsperiod finns med:

Tre högsta: 1. 2003-11-06 22 2,714 2. 2003-11-08 08 1,102 3. 2003-11-06 21 2,668

Tre lägsta: 1. 2003-11-16 06 1,092 2. 2003-11-08 08 1,102 3. 2003-11-16 07 1,120

Högläst: 740,748 Lågläst: 614,072

Max: 2,714 Min: 1,092

Summa: 1354,820 Medel: 1,882

Högläst (Max): 2,714

2004-01-14 09:07:53

Månadsrapport: 2003-12-01-2003-12-31

MWh

dag	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Dygn	
03-12-01	1,572	1,564	1,499	1,554	1,617	2,208	2,266	2,408	2,487	2,548	2,465	2,412	2,446	2,087	2,387	2,635	2,321	2,392	2,417	2,511	2,521	2,400	2,368	2,356	53,441	
03-12-02	2,182	1,991	2,158	2,125	2,202	2,393	2,380	2,412	2,496	2,477	2,515	2,432	2,362	1,968	2,044	2,395	2,541	2,596	2,499	2,585	2,514	2,330	2,088	2,145	55,820	
03-12-03	1,665	1,595	1,638	1,575	1,628	2,565	2,331	2,140	2,304	2,006	1,642	1,823	2,239	2,330	1,652	1,661	2,138	2,378	2,462	2,420	2,537	2,341	2,304	2,315	49,689	
03-12-04	2,113	2,087	2,216	2,120	2,110	2,355	2,553	2,223	2,570	2,280	2,485	2,493	2,317	2,453	2,281	2,528	2,238	2,317	2,088	2,425	2,410	2,145	2,343	2,205	55,355	
03-12-05	1,581	1,533	1,565	1,548	1,634	2,461	2,455	2,420	2,367	2,344	2,500	2,391	2,535	2,368	2,347	1,589	1,399	1,416	1,299	1,291	1,272	1,266	1,269	1,248	44,098	
03-12-06	1,261	1,250	1,249	1,250	1,228	1,249	1,224	1,258	1,231	1,213	1,231	1,253	1,275	1,275	1,256	1,306	1,300	1,292	1,297	1,281	1,271	1,278	1,310	1,302	30,344	
03-12-07	1,292	1,300	1,248	1,245	1,240	1,221	1,216	1,263	1,257	1,241	1,225	1,222	1,202	1,206	1,191	1,232	1,257	1,254	1,233	1,220	1,240	1,311	1,394	1,468	30,178	
03-12-08	1,664	1,660	1,599	1,592	1,609	2,345	2,329	2,482	2,470	2,364	2,566	2,569	2,353	2,504	2,243	2,323	2,521	2,436	2,460	2,591	2,603	2,340	2,027	2,160	53,074	
03-12-09	2,112	2,023	2,021	2,118	1,532	2,283	2,416	2,225	2,271	2,186	2,445	2,487	2,247	2,281	2,320	2,520	2,373	2,570	2,431	2,448	2,487	2,460	2,415	2,302	54,973	
03-12-10	1,652	1,571	1,612	1,553	1,615	2,434	2,410	2,477	2,262	2,357	2,302	2,327	2,190	2,284	2,043	2,328	2,501	2,536	2,529	2,545	2,506	2,623	2,303	2,237	53,197	
03-12-11	2,108	2,038	2,109	1,994	2,060	2,311	2,371	2,330	2,370	2,274	2,360	2,249	2,348	2,298	1,750	2,483	2,466	2,580	2,551	2,318	2,467	2,296	2,347	2,347	54,729	
03-12-12	1,639	1,647	1,664	1,594	1,611	2,250	2,450	2,152	2,373	2,207	2,493	2,421	2,262	2,370	2,267	1,481	1,399	1,383	1,325	1,320	1,311	1,319	1,304	1,299	43,541	
03-12-13	1,306	1,288	1,286	1,271	1,275	1,266	1,263	1,176	1,077	1,108	1,137	1,138	1,136	1,107	1,122	1,094	1,082	1,080	1,149	1,159	1,152	1,139	1,128	1,145	28,086	
03-12-14	1,141	1,130	1,131	1,117	1,125	1,132	1,107	1,086	1,094	1,088	1,090	1,100	1,122	1,129	1,220	1,249	1,245	1,223	1,167	1,176	1,172	1,196	1,429	1,496	28,165	
03-12-15	1,406	1,518	1,493	1,534	1,578	2,263	2,356	2,359	2,336	2,244	2,388	2,379	2,352	2,246	2,205	2,451	2,526	2,465	2,304	2,457	2,444	2,362	2,158	2,193	52,017	
03-12-16	1,969	1,936	2,098	1,966	1,987	2,195	2,255	2,279	2,204	2,055	2,355	2,477	2,313	2,232	2,163	2,409	2,208	2,422	2,270	2,417	2,576	2,427	2,459	2,253	53,925	
03-12-17	1,598	1,560	1,552	1,501	1,577	2,273	2,444	2,215	2,354	2,294	2,628	2,557	2,374	2,520	2,121	2,456	2,451	2,317	2,026	2,454	2,530	2,527	2,374	2,038	52,742	
03-12-18	1,609	1,628	1,594	1,573	1,607	2,230	2,497	2,153	2,333	2,206	2,317	2,288	2,062	2,336	2,258	2,565	2,325	2,476	2,266	2,453	2,529	2,210	2,491	2,261	52,277	
03-12-19	1,614	1,569	1,588	1,578	1,656	2,381	2,457	2,308	2,234	2,056	2,267	2,371	2,159	2,144	2,133	1,449	1,307	1,334	1,280	1,288	1,282	1,271	1,271	1,262	42,239	
03-12-20	1,257	1,236	1,257	1,256	1,241	1,258	1,233	1,229	1,210	1,204	1,231	1,207	1,207	1,194	1,228	1,206	1,267	1,316	1,286	1,289	1,300	1,272	1,278	1,284	29,966	
03-12-21	1,270	1,279	1,249	1,260	1,254	1,223	1,222	1,201	1,199	1,195	1,176	1,174	1,135	1,140	1,135	1,127	1,153	1,143	1,151	1,162	1,141	1,147	1,125	1,120	28,381	
03-12-22	1,120	1,120	1,130	1,131	1,146	1,319	1,480	1,528	1,549	1,495	1,481	1,535	1,611	1,625	1,569	1,498	1,422	1,409	1,371	1,381	1,397	1,362	1,333	1,320	33,330	
03-12-23	1,292	1,287	1,280	1,293	1,304	1,337	1,520	1,613	1,577	1,572	1,561	1,529	1,600	1,655	1,385	1,292	1,403	1,386	1,390	1,400	1,392	1,384	1,353	1,359	34,164	
03-12-24	1,359	1,327	1,301	1,285	1,303	1,303	1,286	1,273	1,233	1,228	1,238	1,286	1,284	1,273	1,282	1,312	1,303	1,296	1,284	1,291	1,244	1,250	1,236	1,191	30,678	
03-12-25	1,202	1,205	1,202	1,203	1,189	1,196	1,209	1,214	1,209	1,174	1,160	1,165	1,169	1,177	1,201	1,217	1,147	1,147	1,163	1,148	1,099	1,121	1,126	1,114	1,103	28,111
03-12-26	1,090	1,107	1,106	1,106	1,106	1,088	1,109	1,111	1,091	1,060	1,038	1,033	1,024	1,027	1,029	1,024	1,022	1,022	0,983	0,965	0,858	0,874	0,869	0,866	24,508	
03-12-27	0,856	0,843	0,853	0,857	0,855	0,858	0,839	0,844	0,841	0,820	0,817	0,818	0,831	0,824	0,825	0,803	0,811	0,840	0,835	0,839	0,827	0,758	0,767	0,766	19,828	
03-12-28	0,741	0,739	0,759	0,761	0,734	0,732	0,731	0,725	0,733	0,721	0,732	0,729	0,726	0,714	0,678	0,702	0,675	0,664	0,653	0,631	0,655	0,667	0,896	0,806	17,294	
03-12-29	0,775	0,813	0,775	0,801	0,821	1,302	1,585	1,413	1,609	1,441	1,703	1,535	1,503	1,392	1,494	1,559	1,555	1,634	1,177	1,110	1,251	1,625	1,555	1,415	31,843	
03-12-30	1,144	1,068	1,205	1,156	1,281	1,587	1,656	1,518	1,412	1,288	1,711	1,789	1,604	1,700	1,438	1,582	1,515	1,683	1,443	1,782	1,713	1,590	0,595	0,569	34,009	
03-12-31	0,566	0,557	0,557	0,560	0,555	0,567	0,574	0,563	0,550	0,537	0,581	0,567	0,565	0,560	0,565	0,578	0,594	0,567	0,570	0,561	0,548	0,528	0,521	0,514	13,405	

alla värden under angiven tidsperiod finns med!

Tre högsta: 640,416
 Högläst: 572,991
 Lågläst: 572,991
 Högläst (Max): 2,635

Tre lägsta: 0,514
 1. 2003-12-01 16 2,635
 2. 2003-12-17 11 2,628
 3. 2003-12-31 23 0,521

1. 2003-12-01 24 0,514
 2. 2003-12-31 23 0,521
 3. 2003-12-31 22 0,528

Max: 2,635
 Min: 0,514
 Summa: 1213,407
 Medel: 1,631

Bilaga 6

63

Simuleringsprogrammets funktioner och filer

Simuleringsprogrammet är framtaget i programmet MathWorks Matlab och består av ett flertal komponenter/filer. Många filer innehåller ren data i form av matriser och vektorer, exempelvis diffusionskoefficientens temperaturberoende etc., andra filer används för kalibrering av modellen.

För att använda simuleringsprogrammet krävs viss kunskap i programmet MathWorks Matlab.

Simuleringsprogrammet består av följande filer:

M-filer

d0v0_kalib.m	Körs för att kalibrera diffusionkoefficient och vindhastighet för valfria scheman, så slutfuktkvot och tid till fibermättnadsgräns överrenstämmer enligt schemaspecifikation. OBS! Raderar filen sch_kalib.mat (se sch_kalib.m)!
d_kalib.m	Skapar filen D_matrix.mat där matrisen med diffusionskoefficientens temperaturberoende finns lagrad. Täcker området 55-80 grader C torrtemperatur och 1-25 grader C psykrometer-skillnad.
mastosim.m	Skapar fördröjningskurvor för valfria scheman lagrade i MAT-filer med namnuppbyggnad typXres_schXXX.mat. Kör samtliga simuleringsmetoder (sim_typ=1-3, se torksim2k_lv1.m)
mastosim_9nsd.m	Skapar filen res_file.mat innehållande information om hur torkning påverkats av x antal nedstyrningar per dygn. Kan köras för valfritt antal scheman. OBS! Filen byggs på efter varje körning!
plotta_res.m	Plottar fördröjningskurvor skapade med mastosim.m med en figur/schema. MAT-filer måste ligga i underkatalog "res\".
sch.m	Samtliga torkningsscheman finns representerade här. Parametrar som torr och våt temperatur, ingående fuktkvot etc anges tillsammans med unikt schema-nummer. Anropas som funktion.
sch_kalib.m	Körs om nya värden på v0/D0 angetts i torksim2k_lv1.m, v0d0_kalib.m har körts eller om nya scheman lagts till. Skapar/skriver över filen sch_kalib.mat innehållande information om slutfuktkvot och tid till fibermättnadsgräns. Måste köras för samtliga scheman.
tork.m	Subrutin som anropas från d_kalib.m. Simulerar tiden det tar att torka från en fuktkvot till en annan enligt fas 2.
torksim2k_lv1.m	Huvudprogram. Kan köras eller anropas som funktion. Inställningar kan skickas med funktionsanropet eller ställas in i filen innan körning. På rad 180-187 anges vilket v0 och D0 som gäller. Om värdena ändras måste sch_kalib.m köras först. Plottar kontinuerligt upp fuktkvotsprofilen under körning. Två figurfönster skapas. Den första visar

torkschemats utformning och fuktkvotsprofilen. Den andra visar fuktkvotsändringen under torkförloppet. Plottning kan stängas av på rad 107. Intressant information skrivs ut i command window.

ujv.m

Funktion som returnerar jämviktsfuktkvot och diffusionskoefficient utifrån torr och våt temperatur.

MAT-filer

D_matrix.mat

Se d_kalib.m

res_file.mat

Se mastosim_9nsd.m

Ujv_matrix.mat

Matris innehållande jämviktsfuktkvoter för torr temperatur mellan 55-80 grader C och psykrometerskillnad mellan 1-25 grader C.

value_d0.mat

Temporär lagring av diffusionskoefficienten mellan iterationer då d0v0_kalib.m körs. Om filen sch_kalib.mat inte finns, bortses värdet på D0 i torksim2k_1v1.m och denna fil används istället.

value_v0.mat

Temporär lagring av vindhastigheten mellan iterationer då d0v0_kalib.m körs. Om filen sch_kalib.mat inte finns, bortses värdet på v0 i torksim2k_1v1.m och denna fil används istället.

De två väsentligaste filerna för simuleringsprogrammet är själva huvudprogrammet torksim2k_1v1.m och sch.m som innehåller torkscheman och virkesdata.

Huvudprogrammet är uppbyggt kring de två olika formler som beskriver fukttransporten i virket, se kapitel 6. Programmet beräknar fuktkvoten sekund för sekund och vid givna tidpunkter plottas virkets fuktkvotsprofil. När programmet kört färdigt presenteras den slutliga fuktkvoten och övrig intressant information.

Hur man kör en simulering av redan befintligt torkschema

Huvudprogrammet kan startas genom funktionsanrop eller genom att köra det från Matlab editor. Exemplet nedan visar ett funktionsanrop av simuleringsprogrammet:

```
>> torksim2k_1v1(sim_typ,sch_nr,nedstyr,use_temp,ant_ns_dygn,save_res)
```

där

Parameter	Godtagbara värden	Användning
sim_typ	0 till 4	Vilken typ av simuleringsmodell man vill använda. Se i filen torksim2k_1v1.
sch_nr	Se sch.m eller torksim2k_1v1.m	Vilket schema som skall simuleras (ex. 520)
nedstyr	2 x n – vektor med heltal	Nedstyrningsvektor där första raden anger tidpunkt för nedstyrning (sekunder in i schemat) och den andra raden anger nedstyrningens varaktighet i sekunder.

		Ange [] om ingen nedstyrning önskas.
use_temp	0 eller 1	Om temperaturfall ska råda då nedstyrningarna sker.
ant_ns_dygn	Heltal	Om inte enstaka tidpunkter för nedstyrning önskas (nedstyrvektorn), så kan man här ange hur många nedstyrningar man vill ska ske per dygn.
save_res	0 eller 1	Om man vill spara undan simuleringsresultat i fil (res_file.mat)

De ovan nämnda parametrarna finns också angivna i `torksim2k_1v1.m`, men de värdena som är angivna där åsidosätts om man anropar huvudprogrammet som en funktion.

Man kan välja mellan att endast titta på resultatet i Matlabs kommandofönster eller få en grafisk presentation. Detta görs genom att sätta variabeln `plottning` på rad 107 i `torksim2k_1v1.m` till 1 för grafisk presentation och 0 för endast kommandofönster. En del intressant information såsom fuktkvotsprofilens utseende går förlorad om man väljer bort grafisk presentation.

Hur man kör en simulering utifrån ett nytt torkschema

Först måste följande parametrar läggas till i filen `sch.m`:

Parameter	Parameterförklaring
<code>tjocklek</code>	Tjocklek på virket
<code>langd</code>	Längd på virket
<code>bredd</code>	Bredd på virket
<code>kortid</code>	Körtid för schemat
<code>u0</code>	Ingående fuktkvot
<code>fordrojning_fas1</code>	Tid i sekunder till fuktkvot = 30 %
<code>kammare</code>	Kammare 8 (kontaktorstyrd) Kammare 21 (frekvensstyrd)
<code>schemasteg</code>	Antal schemasteg
<code>t_langd</code>	Längd på temperaturvektor (längd på <code>tt_v</code>). Bör vara 2 – 3 steg längre än antal schemasteg, eftersom vid förlängd körtid behövs fler steg.
<code>tt_v</code>	Torrtemperaturvektor
<code>tv_v</code>	Våttemperaturvektor

All data lagras i en lång vektor, `utparam`, som returneras då `sch.m` anropas från huvudprogrammet. Det är därför viktigt att indexeringen för de enskilda parametrarna stämmer överrens med deras position i den långa vektorn.

Därefter ges torkschemat ett unikt nummer och `sch_kalib.m` körs för detta nya schema, och de scheman man i framtiden vill kunna köra. Därefter kan huvudprogrammet köras som vanligt, se tidigare avsnitt.

Torkuppföljningar (Sammanfattning)

Schema	Kammare	Dimension*	In datum	Ut datum	In fkv	Ut fkv	Kond.	Uppvärmning	Total torktid	Fuktkvot
F12	8	50x150	04-10-06	04-10-13	91%	10%	4h	14h	164h	16,0%
G12	8	50x(177)	04-09-20	04-09-27	91%	10%	4h	14h	168h	15,0%
H12a	8	50x150	05-01-18	05-01-25	91%	10%	4h	14h	164h	16,0%
H12b	8	50x200	05-01-25	05-02-01	91%	10%	4h	14h	160h	15,0%
H15a	8	50x(206.25)	04-08-04	04-08-10	91%	13%	4h	14h	116h	17,0%
H15b	8	50x225	04-10-13	04-10-19	92%	13%	4h	14h	116h	18,0%
H15c	8	50x225	04-11-27	04-12-02	91%	13%	4h	14h	116h	15,0%
E17	8	50x(127.5)	04-10-23	04-11-01	91%	19%	6h	14h	216h	8,0%
E17b	8	50x135	04-12-07	04-12-16	91%	19%	6h	14h	216h	8,0%
E20	8	38x175	04-08-28	04-09-01	82%	15%	4h	14h	96h	16,0%
G20a	8	38x175	04-10-02	04-10-06	82%	15%	4h	14h	92h	17,0%
G20b	8	38x175	04-10-19	04-11-23	82%	15%	4h	14h	92h	15,0%
G20c	8	38x175	04-11-01	04-11-05	82%	15%	4h	14h	92h	16,0%
G23a	8	(35)x(121.5)	04-11-05	04-11-10	91%	12%	4h	14h	116h	12,0%
G23b	8	(35)x(130.5)	04-11-10	04-11-16	91%	12%	4h	14h	116h	10,0%
G23c	8	(36)x(143)	04-11-16	04-11-21	91%	12%	4h	14h	114h	9,3%
G23d	8	(35)x(121.5)	04-11-21	04-11-27	91%	12%	4h	14h	114h	10,3%
G23f	8	(35)x(121.5)	04-11-05	04-11-10	91%	12%	4h	14h	116h	11,5%
G23i	8	(38)x(133.5)	04-12-02	04-12-07	91%	12%	4h	14h	114h	11,0%
G23j	8	34x112	05-01-04	05-01-13	91%	12%	8h	14h	106h	13,0%
G23k	8	34x128	05-01-13	05-01-18	91%	12%	8h	14h	106h	13,0%
46	21	50x180	04-11-26	04-12-04	91%	10%	4h	12h	168h	15,0%
49	21	50x250	04-10-13	04-10-18	91%	13%	4h	12h	116h	17,0%
49c	21	50x150	04-12-13	04-12-18	91%	13%	4h	12h	116h	15,0%
50	21	38x(121.25)	04-10-22	04-10-31	91%	19%	6h	12h	212h	7,0%
50c	21	50x135	04-12-03	04-12-12	91%	19%	6h	12h	216h	8,2%
51a	21	38x175	04-10-08	04-10-12	82%	15%	4h	12h	92h	18,0%
51b	21	38x175	04-10-18	04-10-22	82%	15%	4h	12h	92h	16,0%
51c	21	38x175	04-11-22	04-11-26	82%	15%	4h	12h	88h	16,0%
51e	21	38x150	05-01-18	05-01-22	82%	15%	4h	12h	92h	16,0%
51f	21	38x175	05-01-27	05-01-31	82%	15%	4h	12h	85h	17,0%
52a	21	38x(143.75)	04-10-03	04-10-08	82%	15%	4h	14h	112h	15,0%
52b	21	38x(120.6)	04-10-31	04-11-05	82%	15%	4h	12h	112h	16,0%
52f	21	38x(142.2)	05-01-13	05-01-18	82%	15%	4h	12h	116h	14,0%
52g	21	38x(128.1)	05-01-22	05-01-27	82%	15%	4h	12h	116h	15,0%
54	21	(35)x(130.5)	04-11-12	04-11-17	91%	12%	4h	12h	116h	11,0%

* Dimension inom parantes är ett medelvärde