

TØRKEKOSTNADER

TIMBER DRYING COST

NILS ANTON HÆHRE

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR NATURFORVALTNING
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2007



Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutt for naturforvaltning ved Universitetet for miljø- og biovitenskap våren 2007. Oppgaven avslutter min mastergrad i skogindustriell økonomi.

Valget av oppgave er kommet fram i samarbeid med Knut Magnar Sandland ved Norsk Treteknisk Institutt. Ut fra min utdannelse innen skogindustriell økonomi fant vi ut at dette burde være en oppgave hvor jeg kunne gjøre meg nytte av de tidligere fagene jeg har tatt. I tillegg er økonomi og tretørking områder jeg er spesielt faglig interessert i, noe som har gjort min motivasjon og innsats for oppgaven lettere.

Jeg vil takke disponent Torkild Waagaard ved Begna Bruk AS, som har latt meg få tilgang til deres kostnadstall for tretørking. Knut Magnar Sandland og Birger Eikenes må også takkes for at de har brukt av sin tid til veiledning og tilrettelegging av denne oppgaven.

Undertegnede har prøvd etter beste evne å kombinere deres kunnskap om henholdsvis trelasttørking og økonomi. Til slutt må jeg takke Linda Jeanette Støa og Inger Marie Hæhre for korrekturlesing og tilbakemeldinger på skriving.

Ås, 11. mai 2007

Nils Anton Hæhre

Sammendrag

Bakgrunnen for denne oppgaven var å danne et bilde av kostnader tilhørende trelasttørking. Litteratursøk viser at det er gjort lite forskningsarbeid på dette området. Trelasttørking har vært sett på som noe som må gjøres, og kostnadene til denne prosessen har i mindre grad vært vurdert. Med bakgrunn i dette har denne oppgaven blitt skrevet i samarbeid med Norsk Treteknisk Institutt. Der er det tidligere nedlagt mye arbeid med å samle inne kostnadstall fra sagbruk, i forbindelse med en diplomoppgave skrevet av Madaus (1998).

Målet med oppgaven er å lage et regneverktøy hvor brukeren selv kan angi ulike inngangsvariabler, og på den måten kunne se hvordan dette påvirker tørkekostnadene. Dette er gjort ved at kostnadene for selve tørkeprosessen er beregnet med Torksim, et simuleringsprogram for tørketid og tørkekostnad. Videre er det gjort regresjoner med dette tallmaterialet og modellene er satt inn i regnearket. Kostnadene til de andre aktivitetene tilknyttet trelasttørking er fordelt på produktnivå, ut fra dimensjon, for at en skal kunne tilskrive det konkrete produkt den riktige kostnaden.

Resultatene viser blant annet at kostnadene for sidebord per kubikkmeter trelast er høyere enn for sentrumsuttaket. Mertiden og merkostnaden ved videre nedtørking sett ut fra siste slutfuktighet øker fram mot 15 prosent slutfuktighet, men avtar ned mot 12 prosent, og flater videre ut for sentrumsuttakene. Sidebordene har en jevnere mertid og merkostnad for alle de ulike slutfuktighetene.

For selve tørkingen er kostnadene til henholdsvis varme, elektrisk energi samt personalkostnadene de faktorene som påvirker tørkekostnaden mest. Sidebordene får det mest ufordelaktige kostnadspåslaget når prisen på varme og elektrisk energi økes.

Beregningsmodellen laget i Excelregne ark gjør at brukeren kan sette sammen de ulike prosessene tilhørende trelasttørking, og se hvordan kostnadene forandrer seg gjennom produksjonsprosessen. Brukeren kan på denne måten selv finne de resultatene han trenger. Modellen bør kunne være med på å avdekke kostnadene for det enkelte produkt. Ved gran og furu sidebord, samt sentrumsuttak med og uten kondisjonering tørket ned til ulik slutfuktighet gitt ulik dimensjon for alle prosessene tilknyttet trelasttørking.

Abstract

The reason for this study was to try to find how different costs was related to wood drying. Search after literature indicated that it was made little research about this topic. Wood drying has in Norwegian contents often been regarded as something that the sawmills have to do, but in general they have not evaluated the costs properly. With this in mind is this paper been written in cooperation with Norsk Treteknisk Institutt. They have earlier done a big job collecting costs from sawmills, in a paper written together with Madaus (1998).

The purpose with this paper was to make a tool where the user can insert some variables and then se how this affects the wood drying costs. This has been calculated for the actual costs in a simulation program called Torksim, where drying time and costs is estimated. On the estimated data it has been done different types of regressions, which have been put into a Excel spreadsheet. The costs for other activities connected to wood drying will be divided on a product level, in this case dimension. This is because the purpose is to try to give the product its rightful costs.

The result shows among other things that for slab cost per cubic meter is higher compared to the piece in center. Extratime and extracost with further drying, measured from the last moisture content increases up to 15 percent moisture content. It decreases down to 12 percent moisture content and evens further out for the piecies in center. The extratime and extracost for the slub are more smooth with different moisture content.

The drying in particular goes to the costs of heat, electricity and personal. These factors affects the drying costs the most. The slub get the most unfavourable costs increase when the prices for heat and electricity increases.

The calculation model are made in Excel as an spreadsheet, which make the user able to connect different types of processes related to wood drying. They can also see how the costs change during the process. The model can reveal different types of costs for different products relayed to spruce (*Picea abies*) and pine (*Pinus sylvestris*). For slub and for the pieces in center with and without conditioning with different dimensions and moisture content.

1.0 Innledning	1
1.1 Problemstilling	2
1.2 Begna Bruk AS.....	2
1.3 Trelastindustrien i Norge.....	3
2.0 Teori.....	4
2.1 Økonomi.....	4
2.1.1 Driftsregnskap	4
2.1.2 Kalkyler og kostnadsberegning	4
2.1.3 Normalkostregnskap etter bidragsmetoden	5
2.1.4 Normalkostnadsregnskap etter selvkostmetoden	5
2.1.5 Standardkostregnskap etter bidragsmetoden	6
2.1.6 Avviksanalyser	6
2.1.7 ABC - kalkyler	6
2.1.8 Internpriser	8
2.1.9 Relevante kostnader	9
2.1.10 Joint Cost.....	9
2.2 Beskrivelse av tørkeprosessen og tilhørende aktiviteter	10
2.2.1 Vannets plassering i trevirket og påvirkning for tørkingsforløpet	11
2.2.2 Tørkeskjema	12
2.2.3 Tørkehastighet	13
2.2.4 Ulike tørketyper.....	14
2.2.6 Råsortering/ Strølegging	15
2.2.7 Tørssortering.....	15
2.2.8 Emballering	15
2.2.10 Lagring	16
2.2.11 Tørkeskader og feil.....	16
3.0 Metode	18
3.1 Bakgrunnsmateriale.....	18
3.1.1 Kostnadstall for Begna Bruk	18
3.2 Beregninger	21
3.2.1 Torksim	21
3.2.2 Inngangsverdier og beregninger med Torksim	23
3.2.3 Statistiske beregninger og Excel - ark modell.....	26
4.0 Resultat.....	40

4.1 Tørketid	40
4.2 Kostnader ved tørking per kubikkmeter	42
4.3 Merkostnad ved å tørke ned en tørkeklasse	43
4.4 Mertid ved å tørke ned en tørkeklasse.....	45
4.5 Følsomhetsanalyse på innsatsfaktorer for tørkekostnad.....	47
4.6 Kostnader ved økt pris på varme	48
4.7 Kostnader ved økt pris på elektrisk energi	49
4.8 Kostnader for mellomlager.....	50
4.9 Kostnader for avstrøing og emballering	51
4.10 Sammenhengen mellom tørketid og tørkekostnad	52
4.11 Eksempel på tørkekostnad for hele tørkeprosessen.....	54
5.0 Diskusjon.....	55
5.1 Tretørking, simulering med Torksim	56
5.2 Regnearket.....	57
5.3 Resultater.....	59
5.4 Oppsummering	61
Kilder.....	62

1.0 Innledning

Denne oppgaven bygger på et diplomarbeid skrevet av Madaus (1998) i samarbeid med Norsk Treteknisk Institutt. Her ble det samlet inn tall for kostnader tilknyttet tretørking og tilhørende aktiviteter fra 18 ulike sagbruk i Norge. Målet med diplomarbeidet til Madaus da det startet, var å lage et regneverktøy for å finne ut hvor mye det koster å tørke ulike dimensjoner. Det viste seg at den jobben ble for omfattende, og oppgaven inneholdt derfor bare innsamlingen av dataene og en kostnadsfordeling for det totale volumet trelast som ble tørket. I denne oppgaven brukes disse tallene, i et forsøk på å bryte dem ned på produktnivå, dersom dette er hensiktsmessig og mulig.

Litteratursøk viser at det ikke er gjort mye forskning innen kostnadsberegninger av tretørking. En studie gjort av Gjerdrum (2000), tar for seg kostnadene for det totale antallet kubikkmeter som tørkes ved et sagbruk. Her tas det heller ikke hensyn til kostnadsfordelingen på de ulike produktspesifikasjonene, som dimensjon og treslag. Fraværet av tidligere studier tilsier at det burde være et behov for å avdekke disse kostnadene i detalj, slik at en kan danne seg et bedre bilde av de faktiske kostnadene ved trelasttørking for ulike trelastdimensjoner og treslag. En korrekt detaljert kostnadsanalyse av produktene, vil gjøre sagbrukene i stand til å ta riktige beslutninger når det gjelder hvilke produkter de bør satse på.

Målet med oppgaven er å lage en beregningsmodell, der også kan gjøres kostnadsberegninger for tretørking og omkringliggende aktiviteter, tilhørende trelasttørking. For selve trelasttørkingen vil modellen ta for seg tørketid og tørkekostnad for gran og furu, ut fra sidebord, samt sentrumsuttak med og uten kondisjonering, tørket ned til ulik slutfuktighet gitt ulik dimensjon, i tillegg til forventet kvalitetsforringelse.

Modellen lages på generelt grunnlag, men med mulighet for tilpasninger ved det enkelte sagbruk. Med Excel-regneark kan brukeren selv sette inn ønskede verdier og tilpasse det til sin konkrete situasjon. En aktuell måte å bruke regnearket på er at en lettere kan teste ut enkelte ideer i modellen, for å avdekke hvordan kostnadsbildet vil forandre seg. I dagens situasjon med fokuset rundt økt nedtørkning og tørke kvalitet er det viktig å avdekke hva denne ekstra innsatsen på tørkesiden faktisk koster det aktuelle sagbruk, brutt ned på produktnivå, som tresalg og slutfuktighet.

1.1 Problemstilling

Tretørking er en komplisert prosess å knytte kostnader til. For det første tørkes forskjellige dimensjoner ulikt, og alle trinnene i tørkingen krever ulik type energiforbruk. Kostnadene per time vil av den grunn forandre seg gjennom hele tørkingsperioden (Esping 1996). I tillegg til dette kommer de ulike prosessene som ikke direkte inngår i selve tørkingen, men som det bør kalkuleres kostnader for, slik at en oppnår en riktig pris på et produkt når det skal selges. Her inngår råsortering, tørrsortering, intern-transport av trelastpakker og lagring på ulike stadier i produksjonen. Grunnen til at fokuseringen på tretørkingskostnader ikke har vært tilstede, er at tørking er noe som må gjøres for å selge produktet, og at det ikke finnes eksterne tilbydere av denne tjenesten. Det finnes derfor ingen måte å benchmarke denne prosessen opp mot aktører som bare driver med tretørking. I tillegg har bark- og avfallsprodukter fra produksjonen, som brennes og gir varme til tørkeprosessen, blitt sett på som en overskuddsvare med bortimot ingen alternativverdi. Nå som etterspørselen og konkurransen etter bark til bioenergi synes å øke, har plutselig dette produktet fått en alternativverdi, og en effektivisering og energibesparing tvinges fram. Nyten av å finne de reelle kostnadene for produktene øker, slik at kunden betaler for hva det faktisk koster å fremstille de ulike produktene.

1.2 Begna Bruk AS

I denne oppgaven er det benyttet kostnadstall fra Begna Bruk AS, som er et middels stort sagbruk i norsk sammenheng med sitt årsforbruk på 125.000 m³ tømmer og cirka 50 ansatte. Det er lokalisert i Sør- Aurdal kommune i Valdres, hvor det ligger nærheten av råstoffet til sin produksjon, men med noe lengre avstand til markedet hvor produktene selges. Oslo er forøvrig et av hovedmarkedene. Eierne består av Viken Skog, Norges største skogeierforening, og skogeierne i området rundt sagbruket. Sagbruket ble startet da mekaniseringen kom for fullt inn i skogbruket, og hvor det måtte starte med videreforedling for å opprettholde sysselsettingen og videreforedlingsverdien i bygda.

Driften ved sagbruket har endret seg fra å skjære både furu og gran til en spesialisering på gran, og da konstruksjonsvirke samt produkter til limtreproduksjon. Dette skyldes at det virket de har tilgang på, egner seg godt til konstruksjonsvirke siden det har vokst seint.

Konstruksjonsvirke, og spesielt limtre tørkes til 12 – 14 % fuktighet, noe som er under trevirkets likevektsfuktighet. Det betyr at hvis trelasten blir liggende i åpne lager, vil den ta opp fuktighet lik likevektsfuktigheten i lufta. På grunn av dette har det blitt investert i

klimalager som holder en konstant relativ luftfuktighet på 65 %, og vil da virket holde seg på den fuktigheten det er tørket ned til. Noe trelast levers også til massivtreelementer, og det tørkes helt ned til 10 % fuktighet.

1.3 Trelastindustrien i Norge

Sagbrukene i Norge har hatt en bra lønnsomhet gjennom 70-og 80-tallet, men på 90-tallet har det vært vanskelig for mange. Noen har likevel klart seg bra, og levd på gode historiske tider og høy egenkapitalandel. På et punkt har vi kommet lengre enn svenskene og finnene, og det er på eierstruktur. Her står Moelven og Bergene Holm for 60 % av den totale produksjonen. Kundene i verdikjeden blir stadig større, og dersom sagbrukene skal kunne være likeverdige forhandlere, må de samlet sett ha en viss størrelse. De norske sagbrukene har satset på produksjon for salg i Norge, og har så langt lyktes bedre med dette enn våre naboer som har bygd ut for eksport. Fordelen med denne sammenslåingen og oppbygging av store sagbruk, som satser på store serier og på den måten liten grad av kundetilpassning, er at det blir lettere for de små sagbrukene. Under denne omstruktureringen oppstår det et mer kundeorientert marked, hvor en kan finne produkter med økte marginer (Kværner 2006).

2.0 Teori

2.1 Økonomi

Første del av oppgaven inneholder en teoridel, hvor det spesielt er fokusert på noen ulike måter å beregne kostnader på. Mesteparten av denne teorien er hentet fra Kjell Gunnar Hoff's lærebøker innen driftsregnskap og budsjettering. Disse bøkene blir brukt ved kurs innen kostnadsberegninger i mange ulike skoler over hele landet. Eksempelene på ulike typer kostnadsberegning, skal være med å gjøre leseren kjent med mange måter å gjøre beregninger på. Lærebok-eksempler vil ofte vanskelig la seg helt tilpasse virkeligheten, og utfordringen blir å koble de teoretiske eksemplene opp mot virkeligheten. For å lage og lese en slik oppgave er det en fordel å ha noe kunnskap om ulike typer kostnadsberegninger, og hvordan disse kan være med på å forklare resultatet.

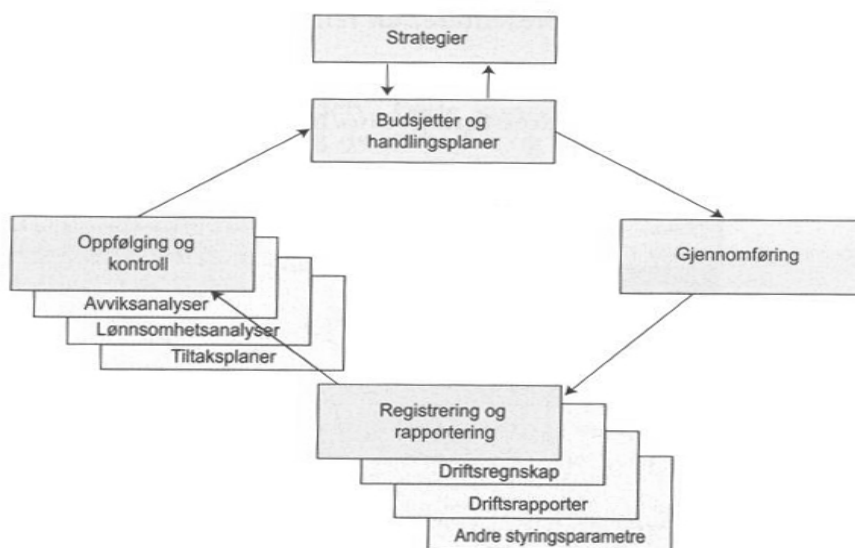
2.1.1 Driftsregnskap

Driftsregnskapet, eller internregnskapet, utformes av bedriften selv etter behov. Dette vil gjelde for ulike perioder, som oftest hver måned. En annen mulighet er å ta i bruk driftsregnskapet i en løpende kontroll og oppfølging av kalkylene. Når de virkelige kostnadene er kjent kontrolleres disse opp mot kostnads-kalkylene, og det vil i mange tilfeller foreligge avvik. Dette analyseres videre med tanke på å avdekke hvor avvikene har oppstått. I denne oppgaven fokuseres det på deler av et driftsregnskap, hovedsakelig på produksjonsprosessen rundt trelasttørring. Andre aspekter det fokuseres mye på i et driftsregnskap for en prosessbedrift, som et sagbruk er, vil blant annet være råmaterialkostnader og utnyttelsesgrader gjennom målinger av inngangs- og utgangsbeholdningene. Dette er også viktige faktorer å ha med seg i helhetsvurderingen når en bedrift skal ta avgjørelser om ulike produkter, men vil ikke bli vektlagt i denne oppgaven.

2.1.2 Kalkyler og kostnadsberegning

I en bedrift er det helt avgjørende at en foretar en kalkulasjon av kostnader, hvordan kalkuleringene gjøres avhenger av den enkelte bedrift. Kalkylene inngår i en større styringssammenheng i bedriften, som vist i figur 1. De kostnader som framkommer vil bli tatt hensyn til ved en eventuell avgjørelse om hvorvidt et produkt eller tjeneste skal opprettholdes eller ikke. Med feil analyser kan en ta uriktige beslutninger, hvilket kan få konsekvenser for bedriftens inntjening. Målet med denne oppgaven er å kunne gi de som skal ta avgjørelser

vedrørende trelasttørking muligheten til ta disse på et best mulig grunnlag. I det minste bør oppgaven kunne sette fokus på hva som driver og påvirker kostnadene for trelasttørking.



Figur 1. Styringsløyfe.

2.1.3 Normalkostregnskap etter bidragsmetoden

Denne metoden er best egnet ved serieproduksjon av mange like enheter. Her belastes bare de variable kostnadene produktet. De direkte variable kostnadene, materialer og lønn, blir behandlet på samme måte som i selvkostregnskapet. Forskjellen ligger i at de indirekte variable tilvirkningskostnadene belastes kostnadsbærerne, på grunnlag av variable forhåndsregnede normalsatser, mens de faste tilvirkningskostnadene forblir ufordelt. Normalsatsene finner en ved at budsjetterte kostnader for en viss periode fordeles med aktiviteten for denne perioden. En får nå ut en normalsats på for eksempel kostnad per time, som kan multipliseres opp med antallet timer brukt på det aktuelle produktet.

2.1.4 Normalkostnadsregnskap etter selvkostmetoden

Metoden brukes helst i sammenheng med ordrebasert produksjon, for lettere å oppnå en kontinuerlig overvåkning av kostnadene på en ordre. Direkte lønn og direkte materialer registreres i de løpende driftsavdelinger etter hvert som de påløper de enkelte ordre eller produkter. De indirekte kostnadene innkalkuleres derimot på grunnlag av normalsatsene, og får frem normaltallene for de indirekte kostnadene.

2.1.5 Standardkostregnskap etter bidragsmetoden

Standardkost er aktivitetskorrigerede budsjettall, utviklet i det henseende å gi et bedre kostnadsanslag når produsert antall enheter i en periode avviker mye i forhold til en gjennomsnittsperiode. Her utarbeides det kun standardsatser for de indirekte variable kostnadene, mens de indirekte faste kostnadene er periodekostnader.

2.1.6 Avviksanalyser

Når et driftsregnskap er bygd opp slik bedriften ønsker det, og tilpasset på en mest mulig hensiktsmessig måte, er det viktig å fremskaffe gode oppfølgings- og kontrollrutiner. Oppfølgingen av avvikene skjer oftest månedlig, og bør brytes ned på for eksempel avdelings- eller produktnivå, hvor det er lettere å samarbeide med den ansvarlige for avviket og ta tak i problemet. De negative avvikene får som oftest mest oppmerksomhet, selv om også de positive avvikene bør analyseres. Modellen som lages i denne oppgaven bør først vurderes opp mot dagens kostnadsmodeller på det gjeldende sagbruk for å avdekke avvikene. Neste steg blir å korrigere kalkylene opp mot de reelle kostnadene. Avvikene må vurderes om de skyldes forandringer i de virkelige kostnadene, eller feil i måten de beregnes på. Modellen her gir nødvendigvis ikke svaret på alle utfordringer knyttet til kostnadsberegning, men den kan forhåpentligvis bidra til diskusjon rundt kostnader knyttet til trelasttørring.

2.1.7 ABC - kalkyler

ABC - kalkulasjon er utviklet på grunn av at de tradisjonelle kalkylene ofte var svært enkle og dannet et feil bilde av virkeligheten. I Norge har undersøkelser også vist at kalkulasjonspraksisen er for enkel (Bjørnark 1994 i Hoff 1998). I en oppgave gjort vedrørende ABC - kalkyler i trelastindustrien, konkluderes det med at det er mulig å benytte ABC- kalkulasjon, men at andelen direkte kostnader gjør at nytten må veies opp mot kostnadene ved å innføre ABC (Kjesbu et al. 2001). Forskjellen med ABC – kalkulasjon opp mot andre kalkylemetoder er at en her fokuserer på hvilke aktiviteter som driver kostnadene, og ikke ansvarsenheter og avdelinger. Eksempelet i tabell 1 viser ulike aktiviteter og kostnadsdrivere.

Tabell 1. Sammenhengen mellom aktiviteter og kostnadsdrivere (Sørbu 2001).

Aktivitet	Kostnadsdriver
Innkjøp	Antall bestillinger
Kvalitetskontroll	Antall kontroller
Omstilling	Antall serier

Videre deles aktivitetene inn i ulike aktivitetsnivåer (Bjørneark 1994 i Hoff 1998).

1. Enhetsbaserte aktiviteter - Utføres hver gang en produktenhet tilvirkes. Kostnader som er variable i forhold til produksjon eller salgsvolum.
2. Seriebaserte aktiviteter - Utføres hver gang tilvirkningsavdelingen av en serie planlegges og igangsettes; det vil si kostnader som drives av en serie eller et produkt.
3. Produktbaserte aktiviteter - Utføres i tilknytning til tilvirkningen av hver produkttype; det vil si kostnader som drives av eksistensen av produktet, uavhengig av volum.
4. Bedriftsnivåbaserte aktiviteter - Beskriver de aktiviteter som utføres av toppledelsen, generelle administrasjonskostnader, drift og vedlikehold av selve anlegget, fabrikken og lignende. Det er med andre ord kostnader som er uavhengig av produktspekteret. Felleskostnadene for administrasjon er i denne oppgaven et eksempel på dette.

Fordeler med ABC

- Det benyttes normalt flere fordelingsnøkler, og fordelingsgrunnlag for de indirekte kostnadene.
- Det benyttes andre typer fordelingsnøkler som bedre beskriver hva som er årsaken til dimensjoneringen av virksomhetens aktiviteter.
- Man får økt innsikt i hvor kostnadene oppstår i organisasjonen.
- Økt fokus på kapasitetsutnyttelse.

Ulemper med ABC

- Høye kostnader for å registrere eller måle ressursbruken er sannsynligvis den største ulemper med ABC, og representerer en begrensende faktor for brukeren.
- Faste kostnader kan ikke gjøres faste, selv om de fordeles i henhold til kostnadsdrivere.
- Retorikken er sterk, og kan virke mot sin hensikt.

2.1.8 Internpriser

Bedrifter desentraliserer resultatansvaret, og ulike enheter kjøper og selger varer innad.

Grunnen til at dette har oppstått, er fokuset på kostnader, og at det lettere lar seg analysere når kostnadene er brutt ned på den enkelte enhet. Problemet blir nå hva prisen på produktene skal være mellom de ulike enhetene i bedriften, viktig blir det også for å fastslå den riktige totale kostnaden for produktet. Måten å bestemme internprisen på deles inn i tre ulike kategorier; markedsbaserte internpriser, kostnadsbaserte internpriser og forhandlede internpriser. Selv om det samlet sett ikke skulle ha noen betydning omkring hvorvidt en internleveranse prissettes høyt eller lavt, vil dette kunne påvirke en avgjørelse hvorvidt deler av produksjonen skal outsources eller ikke. I forbindelse med trelasttørking vil en ikke ha eksterne tilbydere av denne tjenesten. Ulike avdelingsledere vil også oppnå best mulig resultat, og dette kan fullt og helt bestemmes av hva en setter internprisen blir satt til (Hansen og Svendsen 1996).

Markedsbaserte internpriser

Der det finnes et eksternt marked, bør det tas utgangspunkt i dette når prisene settes, fordi avdelingene enten har mulighet til å kjøpe eller selge på det åpne markedet. Ved internt salg vil det oppstå andre kjøps-/salgskostnader enn ved et eksternt salg, noe som må vurderes for å sette en riktig pris (Hansen og Svendsen 1996). All trelast blir på en eller annen måte stort sett tørket på sagbruket. Markedsbasert internpris vil derfor i dette tilfellet, være utelukket siden det ikke finnes eksterne tilbydere av denne tjenesten. En ekstra nedtørking kan skje i enkelte tilfeller på et eksternt anlegg.

Kostnadsbaserte internpriser

Dersom det ikke finnes noen markedsbasert internpris, må prisen bestemmes ut fra tilhørende kostnader. Her må det gjøres en vurdering omkring kapitalkostnader til driftskapital og anleggsmidler, og til slutt må det også tas stilling til om fortjenesten skal tas med i

internprisen som settes (Hansen og Svendsen 1996). Kostnadsbaserte internpriser kan være en aktuell måte når en skal bestemme prisen for internt salg på et sagbruk. Skal det brukes kostnadsbasert internpris er det imidlertid viktig å ha korrekte kostnadstall, for at en skal kunne ta riktige beslutninger.

Forhandlede internpriser

Dersom verken markeds- eller kostnadsbaserte internpriser gir den riktige internprisen, må den settes ved hjelp av forhandlinger. Problemet med dette er at det både er tidkrevende og konfliktskapende, samtidig som gode forhandlere oppnår et mer gunstig resultat (Hansen og Svendsen 1996). Her igjen blir det vanskelig å forhandle seg fram til priser, når disse i enkelte tilfeller ikke eksisterer eller er misvisende.

2.1.9 Relevante kostnader

I forbindelse med outsourcing og investeringsanalyser dukker problemet opp: Hvilke kostnader skal tas med når framtidige inntekter og kostnader skal beregnes? Generelt kan det sies at kostnader, som oppstår som følge av et bestemt forslag, er relevante kostnader.

Kostnader som har oppstått som følge av tidligere avgjørelser, og ikke kan endres nå eller i fremtiden, er irrelevante. Begna Bruk, som er utgangspunkt for videre beregninger, vil ha en helt annen alternativ verdi på bygninger og tomter, enn hvis sagbruket ligger i et område hvor presset på arealer og bygninger er større. Spørsmålet er hvordan forholdene skal beregnes inn i kalkylene.

2.1.10 Joint Cost

Joint Cost, eller felles tilvirkningskostnader (Tunes 2006), er kostnader som oppstår ved produksjonsprosesser der en råvare deles opp i ulike typer produkter. Dette er motsetningen til å sette sammen et produkt av mange ulike komponenter. Et eksempel med felles tilvirkningskostnader er tømmerstokken, som deles opp i sentrumsuttak, sidebord, celluloseflis og sagflis. I denne oppgaven kommer råsorteringen inn under denne kategorien, og byr på problemer når det gjelder hvordan disse kostnadene skal fordeles. Mulig finnes det flere svar på dette, eller en faller ned på at kostnaden best beskrives som en gjennomsnittlig kostnad for alle de ulike produktene. Kostnadene kan fordeles etter prinsipper vist nedenfor.

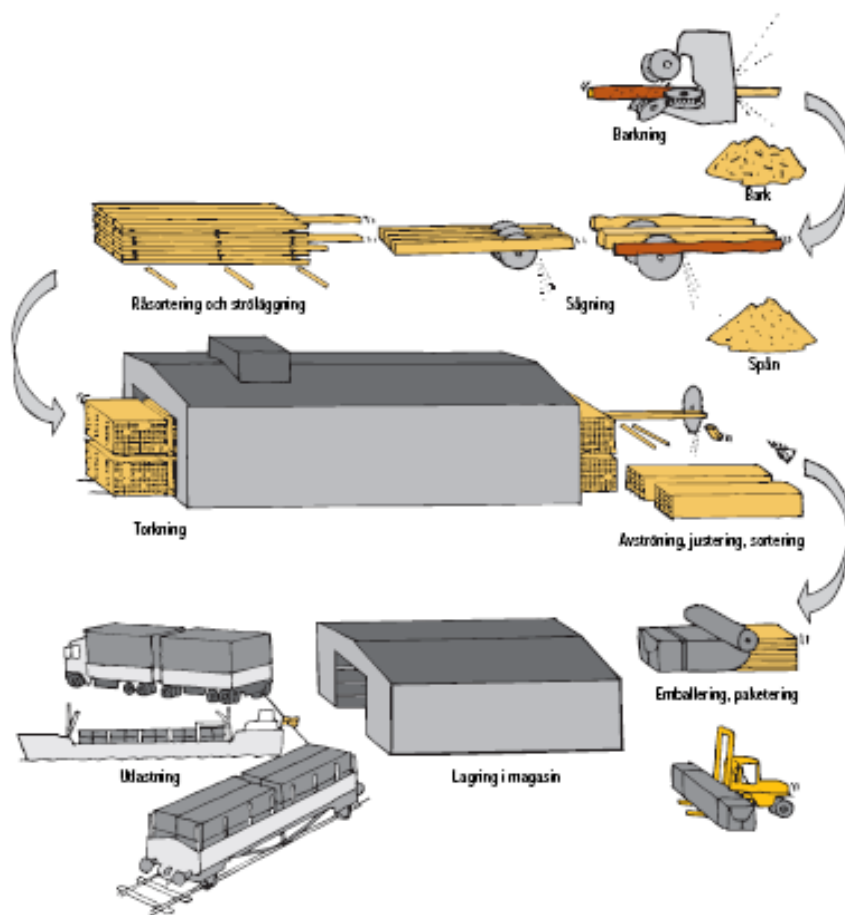
Mulighet 1: Finne en felles tilvirkningskostnad ved hjelp av markedsbaserte data, her vist med tre muligheter.

- Salgsverdi etter at råvaren er fordelt til ulike produkter
- Nåverdien av et framtidig produkt
- Konstant prosentsats av total felles tilvirkningskostnader, i forhold til total salgspris

Mulighet 2: Fordele kostnadene ut fra fysisk målbare verdier, som for eksempel vekt og volum (Horngren et al. 2006).

2.2 Beskrivelse av tørkeprosessen og tilhørende aktiviteter

Historisk ble friluftstørking benyttet for å tørke virket ned til ønsket fuktighet, men på grunn av lang tørkingstid ble det utviklet tørking med røyk. Senere har det blitt utviklet tørker som bruker vanndamp, noe som gir en mer skånsom tørkeprosess (Esping 1992). Bildet under (Figur 2) viser en moderne tørke med de tilhørende prosessene både før og etter selve tørkingen.



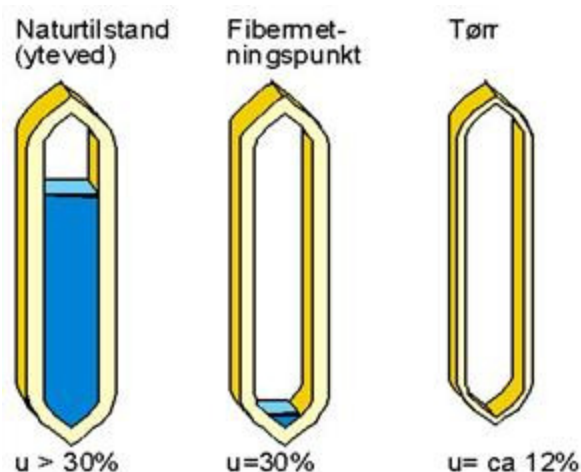
Figur 2. Tørkeprosessen med tilhørende aktiviteter (Internettkilde 5).

Hvorfor skal en tørke trevirke ? (Esping 1992).

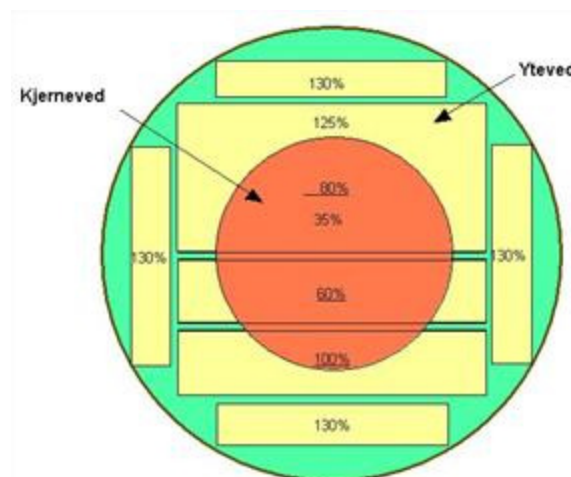
- Hindre deformasjoner
- Trelasten kan leveres etter en mye kortere periode enn ved friluftstørking
- Hindre blåved og soppdannelse
- Vektreduksjon
- Øke styrke og stivhet
- Forbedre de mekaniske egenskapene
- Lettere bearbeiding og overflatebehandling

2.2.1 Vannets plassering i trevirket og påvirkning for tørkingsforløpet

Tre er bygd opp av celler som kan sammenlignes med rør. Lengden på disse rørene vil variere med bartre og løvtre, men også innen ulike treslag. Et tre som vokser ute i skogen eller er nysagd, vil ha vann bundet i cellene eller hulrommene som fritt vann. Når trevirket starter å tørke, enten naturlig eller i en trelasttørke, vil i første omgang mesteparten av det frie vannet fordampe. Nå har trevirket nådd noe som heter fibermetningspunkt, og det er stort sett bare bundet vann i celleveggen. Fuktigheten er nå på cirka 30 prosent. Det er først ved videre nedtørking vannet som er bundet i celleveggen fordamper ut av trevirket. I det vannet trekker seg ut av celleveggen starter krympingen av trevirket (Internettkilde 1). Figur 3 viser en prinsippskisse over hvordan cellene oppfører seg når treet tørker.



Figur 3. Prinsipiell fremstilling av vanninnholdet i rå tilstand, ved fibermetningspunktet og i tørr tilstand. Under fibermetningspunktet ligger vannet "bundet" i celleveggen (Internettkilde 1).

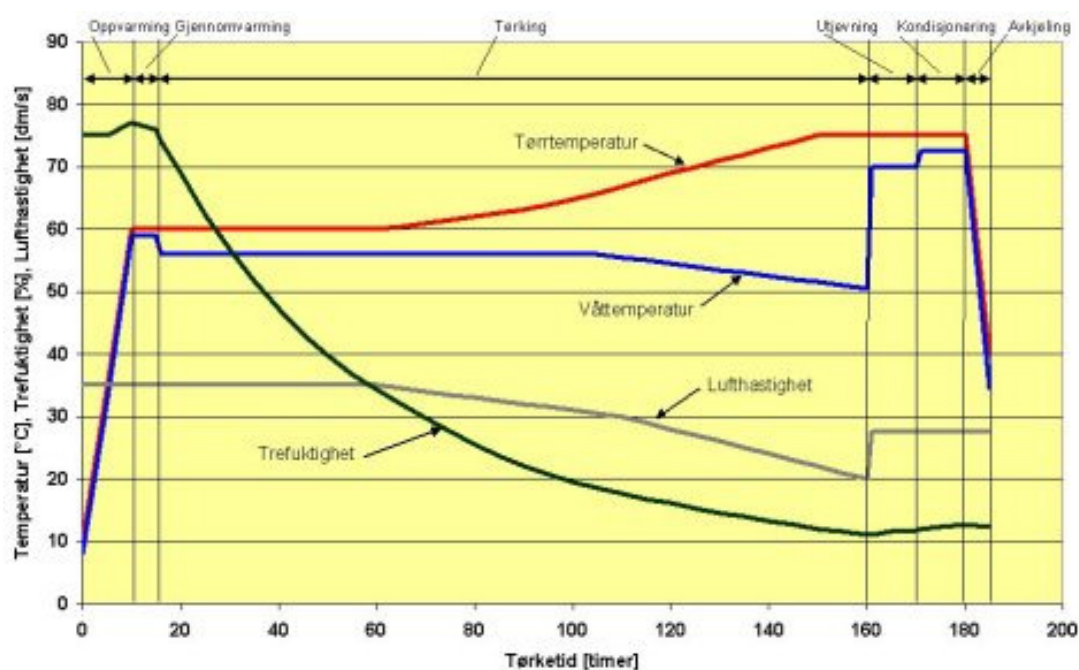


Figur 4. Viser hvordan fuktigheten er ulik i ulike deler av stokken (Internettkilde 1).

Som en ser av figur 4, har stokken ulik fuktighet i kjerneved (rød farge) og yteved (gul farge). Fuktigheten i trelasten vil da avhenge av om den er tatt ut i sentrum eller som sidebord. I tillegg vil det også være deler som inneholder både kjerneved og yteved. Alle disse fysiske egenskapene og forskjellene i trevirket, påvirker tørketiden og energien en forbruker til å drive ut vannet. Når det videre skal settes kostnader på både tørketiden og energiforbruket, får en forståelsen av at det er en komplisert prosess. Det viktigste er å finne de faktorene som påvirker kostnadene, og jobbe videre med å fordele disse på de ulike produkter. Ulik fuktighet i trelasten påvirker hvordan virket skal tørkes, noe som vil bli mer omtalt senere.

2.2.2 Tørkeskjema

Tørkeskjemaet er laget for å styre de ulike prosessene i trelasttørken. Den bestemmer blant annet tørr- og våttemperatur og lufthastighet. Figur 5 viser hvordan et slikt skjema er bygd opp.



Figur 5. Oppbygningen til et tørkeskjema med de ulike fasene for en kammertørke (Internettkilde 2).

For kammertørker deles selve tørkeprosessen inn i fem ulike faser. Først kommer oppvarmingsfasen, hvor trelasten blir varmet opp, slik at den skal kunne tåle den høye temperaturen i tørkefasen. Trinn 2 er selve tørkefasen. Her er det ønsket å bruke kortest mulig tid med en størst mulig psykrometerdifferanse, samtidig som en hindrer at det blir sprekker og andre skader på trelasten. Trinn 3, utjevningsfasen, er med på å redusere fuktighetsgradienten og variasjonen i slutfuktighet. I trinn 4, kondisjoneringsfasen, tilsettes det fuktighet. Denne

prosessen skal bidra til å hindre sprekker og indre spenninger i trelasten. Til slutt trinn 5, som er en kontrollert nedkjøling, har til hensikt å hindre sprekker i trelasten (Tronstad 2001). De ulike fasene i tørkingen gjør det vanskelig å sette en gjennomsnittlig timepris for hele tørkeperioden, da det brukes ulik mengde energi i hver av tørkefasene. I denne oppgaven er programmet Torksim brukt til å bergene de ulike tørkeforløpene, gitt ulike tørkeskjema. Dette omtales mer senere.

2.2.3 Tørkehastighet

Hovedfaktorene som påvirker tørkehastigheten (Esping 1992);

Klimaet

- Temperatur
- Relativ luftfuktighet/psykrometerdifferanse
- Lufthastighet

Treet

- Inn- og utgående fuktighet
- Virkestykkelse
- Fiberretning
- Densitet
- Kjerne- og yteved
- Andel mygg, blåved og bakterieangrepet tre
- Treets interne variasjon

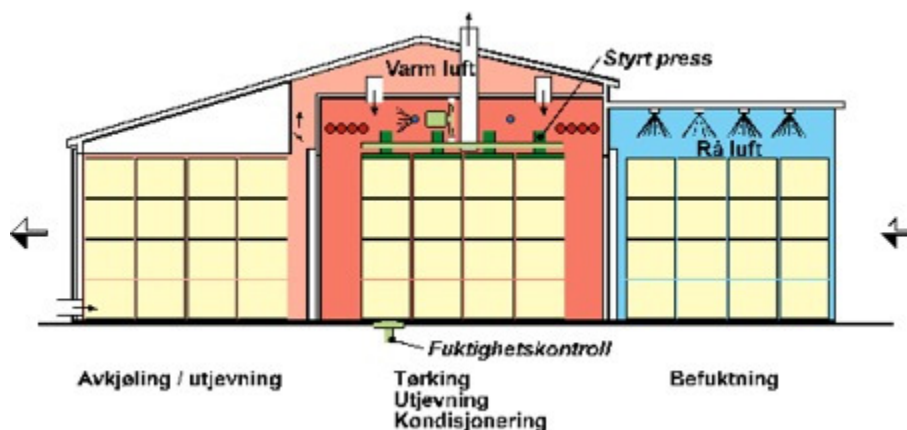
Siden disse faktorene påvirker tørkehastigheten, må de nødvendigvis også påvirke tørketiden og tørkekostnaden for det enkelte produkt. Dimensjon og utgående slutfuktighet er noen av de faktorene som behandles her. I tillegg tas det hensyn til kjerne (sentrumsuttak)- og yteved (sidebord) i de videre beregninger.

2.2.4 Ulike tørketyper

Kammertørker



Figur 6. Kammertørke ved Trones Bruk, (Internettkilde 3).



Figur 7. Prinsippskisse av kammertørke (Internettkilde 4).

Figur 6 og 7 viser hvordan en kammertørke ser ut, og dette er den vanligste måten å tørke trelasten på. Her står trelasten stille, i motsetning til i kanaltørkene, hvor trelasten flytter seg gjennom tørken. I en kammertørke varieres klimaet etter hvor langt ut i tørkeprosessen trelasten har kommet (Tronstad 2001). Grunnen til at de videre beregningene er gjort ut fra kammertørker, er at Torksim - programmet er best tilpasset kammertørker.

2.2.5 Kanaltørker

En kanaltørke er som navnet sier, en kanal. Her settes trelasten inn i den ene siden, og tas ut i den andre. Luften blåses fra den enden av tørka hvor den tørreste trelasten står, det vil si i den enden den tas ut, mot den delen hvor den råeste trelasten står. Alle trelastpakkene, i samme høyde, vil ha ulik fuktighet i forhold til de andre stablene, siden de alle har stått inne i tørka i ulik tid. I det luften går gjennom tørkekanalen vil den ta opp fuktighet fra trelasten, som luftes ut når den kommer i enden av kanalen, og erstattes med frisk luft. I en kanaltørke har en ikke på samme måte mulighet til å styre tørkeluftens tilstand, som blant annet styres av følgende parametere;

- Inngående tørr- og våttemperatur
- Lufthastighet
- Frammatingshastighet på trelasten
- Luftens gjennomstrømningslengde (sammenlagt pakkebredde)

Andre faktorer som påvirker klimaet er virkestykkelse, middellengde, start- og slutfuktighet, samt strøtykkelse. Det vil ikke bli gjort kostnadsberegninger videre i oppgaven hvor en tar for seg kanaltørker. Delen om kanaltørker er tatt med for å vise at det finnes flere typer tørker, og at disse krever en litt annen framgangsmåte, for å kunne gjøre kostnadsberegninger for selve tørkingen.

2.2.6 Råsortering/ Strølegging

I råsorteringen måles dimensjonen, samtidig som det gjøres en kvalitetsbedømmelse av hver enkelt planke, etter at stokken har gått gjennom saga og blitt delt opp. For at en skal få god nok oversikt over den enkelte planke går de med en endestykkeoppdeling. På denne måten muliggjøres endekapp av vannkant og skader. De ulike dimensjonene og kvalitetene samles i ulike lommer og strølegges i trelastpakker, som senere settes inn i trelasttørka i form av trelastpakker med strø i mellom (Johansson og Lundgren 2005). Eksempelvis kan kapasiteten på råsorteringen ligge mellom 110 og 180 stykker per minutt (Björck 2006). Utfordringene ligger i at dette er en Joint Cost som er vanskelig å fordele. Her vil det alltid være skjønnsmessige beregninger, når en skal bestemme hvor stor andel av kostnaden som skal tilegnes selve tørkeprosessen. Råsorteringen må gjøres uansett, mens strøleggingen er mer på grunn av tørkingen.

2.2.7 Tørrsortering

Etter tørking må hver enkelt planke sorteres på nytt, omtrent på samme måte som i råsorteringen. På hver planke blir det målt dimensjon og styrke. Selve styrkemålingen gjøres ofte av en maskin som måler akustikken i planken ved å slå på den i enden. Ut fra denne målingen kan styrken på trevirket bestemmes. Plankene blir fordelt i ulike lommer ut fra dimensjon og styrke, og tømning av disse foregår med et transportbånd ut til pakking (Internettkilde 14). Det som forenkler denne i forhold til råsorteringen, med tanke på kostnadsberegninger, er at den tar for seg en serie med like produkter. Kostnadene fordeles ikke på de ulike produkter, da dette i mange tilfeller kan være svært vanskelig.

2.2.8 Emballering

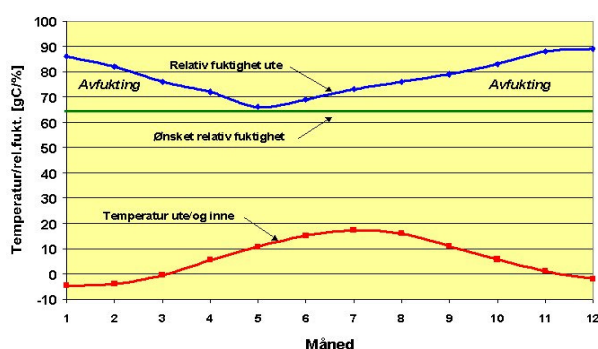
Forsøk gjort med emballering i form av plast på en, tre eller fem sider viser at det er klare forskjeller i de ulike typene emballering. Er pakken emballert på fem sider, skjer fuktopptaket gjennom den uemballerte undersiden. Noe av det samme gjelder for pakkene som bare har fått

emballering på en eller tre sider, da det også her tas opp fuktighet på sidene. I endene har fuktopptaket gått en halv meter innover i plankene (Haave 2004).

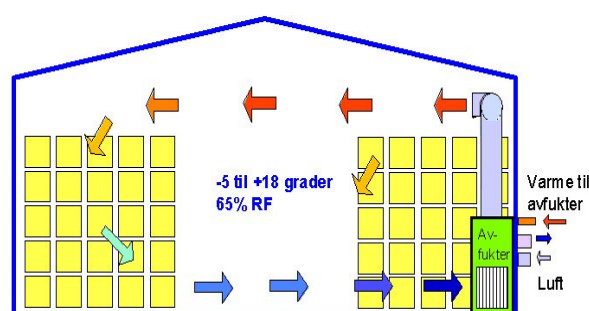
2.2.10 Lagring

Ofte vil virket tørkes ned til under gjeldende likevektsfuktighet (Figur 8). Denne forandrer seg gjennom hele året, og virket må enten plasseres i et klimalager som vist i figur 9, eller pakkes inn i diffusjonstett emballasje. Er virket tørket ned til under likevektsfuktigheten og bare plassert under tak, vil det ta opp fuktighet gjennom luften, og nedtørkingen under likevektfuktigheten vil være bortkastet. I klimalageret holdes det en konstant relativ fuktighet på 65 prosent, og virket vil ikke ta opp nevneverdig fuktighet uansett temperatur.

Bygningsmessig er et klimalager likt et vanlig lager, bortsett fra at det har diffusjonssperre på veggene og en avfukter. For å kunne danne seg et riktig bilde av kostnadsfordelingen ved lagring, må det tas hensyn til kapitalbinding, opptak av lagerplass, hvor lenge det skal lagres og kvalitetstap ved lagringen. For å lage en kostnadsberegningsmodell, er det viktig at en kan tilpasse denne gjennom gitte variabler, for at den skal kunne tilpasses best mulig det enkelte tilfelle.



Figur 8. Fuktighet i luft (Internettkilde 6).



Figur 9. Prinsippskisse av klimalager (Internettkilde 7).

2.2.11 Tørkeskader og feil

Treråvaren har sterkt ikke-homogene tørkeegenskaper. Dette er med på å gjøre at det lett oppstår tørkeskader, som for eksempel muggsopper, sprekker, ujevn fuktighet, ulike typer spenninger, kvistutslag, kvæutflod, fargefeil og lignende (Esping 1992).

Mugg er en samlebetegnelse for ulike typer sopper som angriper trevirket. Angrep av muggsopper kan skje på mange måter, blant annet i forbindelse med fuktighet. I rått virke, om lagres ute før tørking, kan soppen begynne å vokse, eller virket kan infiseres gjennom blant annet fuktig og urenlig strø. Den høye næringsmengden i kambiesjiktet, det vil si direkte

under barken, gir grobunn for muggsopper. Mange av soppene vil dø under tørkeprosessen hvis de utsettes for en tilstrekkelig høy temperatur inne i tørken (Esping 1987).

Sprekker oppstår gjerne i forbindelse med at treet på en eller annen måte har blitt utsatt for ytre påkjenninger, og i sammenheng med selve tørkingen. Ulike typer sprekker forårsakes også kun av selve tørkeprosessen (Esping 1987).

Det har nå kommet en standard for fuktighet og fuktighetsspredning i trelasten, NS-EN 14298 i 2003. Her settes det krav til hvor mye fuktigheten kan avvike fra middelfuktigheten. Den setter også en standard for hvor stor spredningen på slutfuktigheten kan være. Kjøper og selger står fritt til å bli enige om eventuelle andre spesifikasjoner på fuktigheten (Internettkilde 13).

Videre i denne standarden, NS-EN 14298, settes det krav til yteherding. Målingen her foregår ved at planken kløyves i to og fuktutjevnes i minimum 24 timer. Prøven settes fast i en rigg med motsatt bøy. Yteherdingen blir nå det største gapet mellom de to plankene, over en bredde på 100 millimeter (Internettkilde 13). Deformasjoner kan også oppstå ved at planken vrir eller bøyer seg i ulike retninger. Dette skyldes ofte råvaren, saging og tørking (Esping 1987).

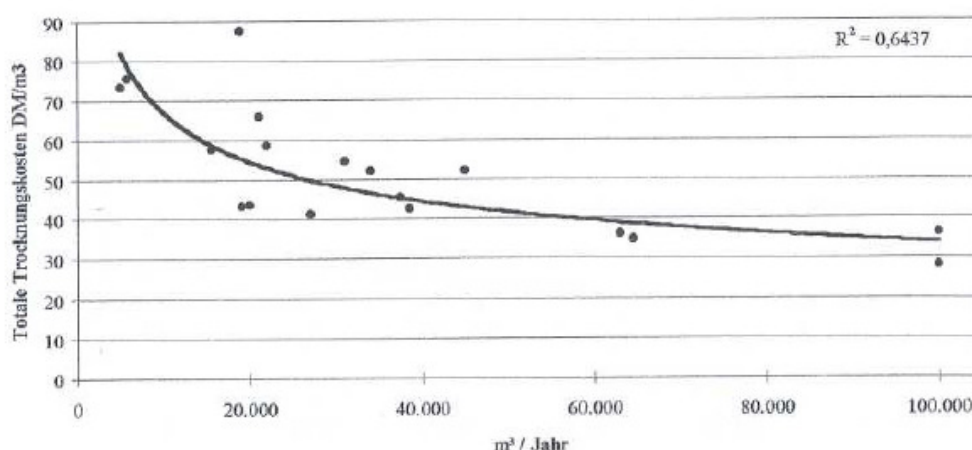
Kvaeutflod, kvistkrymping og kvistutfall oppstår ved tørking ved for høye temperaturer, noe som spesielt gjelder for den første delen av tørkingen (Esping 1987).

Ved tretørking er det mange faktorer å ta hensyn til. Ønsket om en rask nedtørking for å spare energi og kostnader, må ikke gå på bekostning av et produkt ingen vil kjøpe på grunn av feil tørking (Esping 1992). Utfordringen her blir å vurdere tørkeskadene opp mot nedtørkingsgrad, og hvordan denne utviklingen vil være på produktnivå. Ulike typer produkter vil ha ulike krav til tørkeskader og feil. Dette fører igjen til at andelen som må vrakes vil variere. I tillegg vil de beste kvalitetene måtte tørkes mer skånsomt for å hindre skader og feil, noe som gir økt tørketid og dermed økt tørkekostnad. Samtidig vil kravet til en jevnere fuktighet medføre lengre tørketid.

3.0 Metode

3.1 Bakgrunnsmateriale

Oppgaven bygger, som tidligere nevnt, på diplomarbeid til Madaus (1998) i samarbeid med Norsk Treteknisk Institutt. Her er det samlet inn kostnadstall fra 18 ulike sagbruk i Norge i 1998. Kostnadstallene er samlet inn gjennom et standardisert skjema, som er sendt ut til de ulike bedriftene. Ut fra dette arbeidet er det mulig å finne hvordan de ulike kostnadene tilhørende tørking og omkringliggende aktiviteter fordeler seg. Disse blir igjen inndelt ut fra hvor mange kubikk trelast de ulike bedriftene tørker. En ser her en helt klar trend mot at større volum gir lavere kostnader per kubikkmeter tørket trelast (Figur 10). Kostnadene er også delt inn prosentvis av totale kostnader. Videre poengteres det at en stor del av kostnadene, og da spesielt hos de som tørker lite, er variable kostnader.



Figur 10. Sammenheng mellom totale tørkekostnader og antall kubikk som tørkes i løpet av året. 100 NOK er satt til 24,20 DM. Linjen er en andregrads regresjon gitt ut fra de ulike kostnaden (Madaus 1998).

3.1.1 Kostnadstall for Begna Bruk

Sammendraget av de utregnede kostnadene for Begna Bruk er gitt i tabellen under.

Kostnadene er her fordelt ut på den enkelte avdeling, og ikke på produkt. Som det fremgår av tallene, er det her store kostnader til de ulike aktivitetene som ikke direkte inngår i selve tørkingen. Det vil derfor være viktig å fordele disse riktig på de ulike produktene. Kostnadene i tabell 2 er fordelt på grunnlag av tabell 3.

Tabell 2. Kostnadene for Begna Bruk fordelt på avdelinger ut fra kostnad i kroner per kubikkmeter trelast (m^3) på sum faste, sum variable og sum totalkostnad. Oppgis også produksjon og sum kostnader, alle verdier fra 1998 (Madaus 1998).

<i>Avdeling/ kostnadssted</i>	<i>Sum faste kostnader kr/m3</i>	<i>Sum variable- kostnader kr/m3</i>	<i>Sum kostnader kr/m3</i>	<i>Produk- sjon m3</i>	<i>Sum kostnader kr</i>
Strølegging	4,27	13,28	17,55	45000	789 786
Mellomlager før tørking	0,94	0,24	1,18	45000	53 027
Tørking	10,56	27,01	37,56	45000	1 690 367
Varmeproduksjon	3,38	14,90	18,27	45000	822 334
Mellomlager etter tørking	22,99	4,26	27,25	45000	1 226 412
Klimatisert etterlager	22,48	3,51	25,99	45000	1 169 342
Friluftstørking	-	-	-	0	-
Avstrøing, emballering	3,62	53,75	57,37	45000	2 581 675
Internttransport	4,49	13,08	17,58	45000	790 989
Fellesfunksjoner	0,05	1,85	1,90	45000	85 298
Sum kostnader	72,77	131,88	204,65	45 000	9 209 230

Tabell 3. hvordan kostnadene er fordelt på de ulike avdelingene.

Kostnads art og sted	Kostnadssteder												
	Strøgging	Transport	Lager før tørking	Transport	Tørking	Transport	Lager etter tørking	Klimatisert etterlager	Transport	Avstrøing	Emballering	Varmeproduksjon	Felleskostnader
Faste kostnader													
Areal													
Avskrivning		X	X	X		X	X		X				
Kapitalkostnad		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Servicekostnader		X	X	X		X	X	X	X			X	
Vedlikehold		X	X	X		X	X		X				
Bygning													
Avskrivning	X				X			X		X	X	X	X
Kapitalkostnad	X				X			X		X	X	X	X
Servicekostnader	X				X			X		X	X	X	X
Vedlikehold	X				X			X		X	X	X	X
Maskin og utstyr													
Avskrivning	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	
Kapitalkostnad	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	
Servicekostnader	X			X	X	X		X	X	X	X	X	
Vedlikehold	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	
Intertransport													
Avskrivning		X		X		X			X				
Kapitalkostnad		X		X		X			X				
Servicekostnader		X		X		X			X				
Vedlikehold		X		X		X			X				
Variable kostnader													
Personalkostnader	X	X		X	X	X			X	X	X	X	X
Materialkostnader uten energi		X		X		X			X				
Energi (varme strøm)	X				X			X		X	X	X	X
Kapitalkostnad trelast			X		X		X	X					
Risiko tilknyttet trelasten													

Som det fremgår av tabell 1, er kostnadene til tørkingen delt på totalt antall kubikkmeter som tørkes ut fra faste og variable kostnader. I den videre bearbeidingen av disse tallene, brukes den totale kostnaden som fordeles på ulike produkter i form av gran, furu, sidebord samt sentrumsuttak med og uten kondisjonering, ut fra forskjellig sluttfuktighet og gitt dimensjon. I tillegg vil kostnadene fordeles for alle de andre avdelinger/kostnadssteder gitt i tabellen ovenfor. For videre beregninger i Torksim, blir kostnadene til tørking og varmereproduksjon

slått sammen, og gir dermed en samlet kostnad for tørkingen. Når kostnadene beregnes på produktnivå i dette regnearket, vil denne verdien sammenlignes med Madaus (1998) sine beregninger, der han har fordelt de totale kostnadene på totalt antall kubikkmeter trelast.

3.2 Beregninger

3.2.1 Torksim

Etter å ha jobbet med teorien rundt kostnader og tørking, gjøres ulike simuleringer i Torksim. Dette er et simuleringsprogram, som skal gi svar på hvordan tørkeforløpet inne i en kammertørke vil utvikle seg. Manualen det her er gått ut fra, tilhører en annen versjon av programmet enn hva som er brukt til beregningene, men den forklarer programmet på samme måte. Hovedresultatene som programmet regner ut er (Salin og Rosenkilde 1998);

- Fuktighet som en funksjon av tiden.
- Virkets temperatur som en funksjon av tiden.
- Tørkespenningens utvikling under tørkingen. Den maksimale strekkspenningen, som gir et bilde av risikoen for tørkesprekker.
- Et estimat av kløyvgapet med en kløyveprøve, som gjøres etter tørkingen.
- Kløyveprøven er et mål på gjenværende deformasjon i biten.

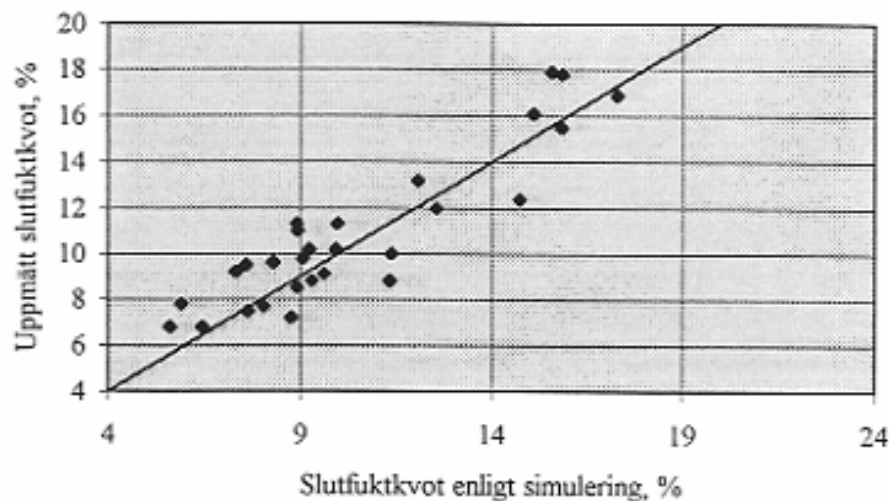
Ved hjelp av disse resultatene kan en finne fram til et optimalt tørkeskjema, ved systematisk å gjøre forandringer ved gjentatte simuleringer, og til slutt teste skjemaet ut i en virkelig tørke (Salin og Rosenkilde 1998).

Tørking av trelast er en meget komplisert fysikalsk prosess, og simuleringsprogrammet har en del begrensninger og forenklinger. De viktigste er nevnt under (Salin og Rosenkilde 1998);

- Programmet gjelder som tidligere nevnt, bare for kammertørker.
- Simuleringen gjøres i prinsippet for en virkebit. Denne representerer hele tørkesatsen og beskriver også hvordan virkesatsen i middeltall tørker. Gjennom å forandre ulike egenskaper hos denne biten, kan en se hvordan ulike forandringer påvirker sluttresultatet, men det er her fortsatt snakk om middeltallet for hele tørkesatsen.

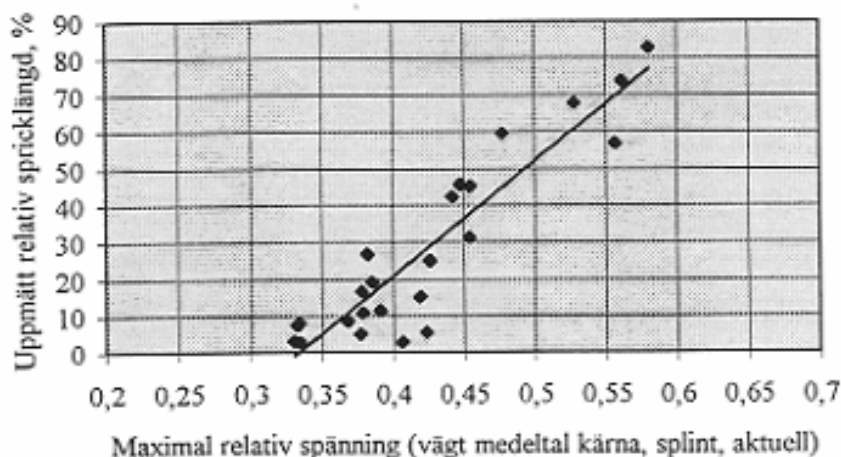
- Programmet beregner fukt- og spenningsprofiler bare i tykkretningen (en - dimensjons modell). Biten som beregnes ses altså som en bred skive der alle kanteffekter kan forsømmes.
- Temperaturområdet er begrenset fra +0 til 80 grader Celsius.
- Modellen tar ikke i betraktning at virkebitens tverrsnitt i virkeligheten ofte inneholder både kjerneved og yteved med ulike tørkingsegenskaper. I stedet gjøres en beregning som om det er en homogenisering, slik at hele tverrsnittet er homogenisert i sine egenskaper.

Figur 11 viser sammenhengen mellom simuleringsresultat for fuktighet og målt resultat, med uttak av prøver i et fullskala - forsøk ved ulike sagbruk (Salin og Rosenkilde 1998).



Figur 11. Simulert fuktighet satt opp mot virkelig fuktighet (Salin og Rosenkilde 1998).

Den relative spenningsverdien som programmet regner ut, gir en indikasjon på vedens bruddstyrke. En faktor som kompliserer denne bergningen, er at virkeegenskapene varierer mye lokalt inne i biten. Det er påvist at sprekker oppstår ved en spenningsverdi på 0,33, for siden å øke med økende spenning som vist på figur 12. Igjen er alt beregnede verdier, som vil avvike noe fra virkeligheten (Salin og Rosenkilde 1998).



Figur 12. Relativ sprekk lengde ved tørkeforsøk med furu i halvstor skala (Salin og Rosenkilde 1998).

3.2.2 Inngangsverdier og beregninger med Torksim

For å finne de ulike parameterne til et slikt program, vil det alltid være en avveining om hvorvidt det skal letes etter mest mulig riktig svar, eller bare godta og gå videre med den kunnskapen og de verdiene en allerede sitter inne med. I de tilfellene det har vært mulig, har det blitt benyttet et gjennomsnitt til å beskrive ulike verdier. Madaus sine beregninger er gjort i 1998, og kostnadene har forandret seg mye siden den gang. Derfor er det forsøkt å korrigere enkelte verdier som har forandret seg mye til en riktig verdi for året 2006. Ut fra dette skal kostnadsbildet blir mer likt det en ser i dag. Verdiene som er korrigert er personalkostnader og prisen på elektrisk energi. Hvordan dette er gjort i det enkelte tilfelle beskrives i tabell 5 og 6.

Tørking

Det er gjort like mange beregninger for gran og furu, delt inn i sentrumsuttak med dimensjonene 41, 47, 52, 66 og 78 millimeter, og sidebord med 22, 25 og 28 millimeter. På grunn av krymping av trelasten, er det iberegnet 3 millimeter overmål på dimensjonene nevnt ovenfor. På grunnlag av de ulike dimensjonene, er det blitt gjort simuleringer med fuktighetene 10, 12, 15, 20, 25 og 30 prosent. For hvert av utvalgene med dimensjon og fuktighet, er det gjort simuleringer med kondisjonering for sentrumsuttaket, da dette er vanlig å gjøre ute på sagbrukene og for treslagene gran og furu.

Gran beregnes med en densitet på 385 kilogram per kubikkmeter, og furu 430 kilogram per kubikkmeter (Rosenkilde 1998). Virkestemperaturen er satt til 5 grader celsius. Fuktigheten i virket på 70 prosent, med en beregnet kjernevedandel for sentrumsuttaket. 130 prosent (Rosenkilde 1998) fuktighet for sidebordene, det vil si beregnet som yteved.

Viftehastighetene er konstant 4 meter i sekundet. Tørkeskjemaet som er satt opp i forbindelse med simuleringen, er holdt like for gran sentrumsuttak, furu sentrumsuttak, gran sidebord og furu sidebord, alle disse uten kondisjonering. For simuleringene med kondisjonering blir det lagt på en kondisjoneringstid, tilpasset ulikt etter sentrumsuttak, sidebord, fuktighet og dimensjon. Den tillagte kondisjoneringstiden er holdt fast (tabell 4) for å hindre at tilfeldigheter skal kunne påvirke resultatet, noe som har latt seg gjøre med få unntak.

Tabell 4. Kondisjoneringstid ut fra ønsket slutfuktighet.

Slutfuktighet i %	10	12	15	20	25	30
Kondisjoneringstid (timer)	10	10	15	15	20	20

Økonomiske beregninger

Å lage en modell med utgangspunkt i en bestemt kammertørke, som samtidig generelt skal beskrive mange ulike typer kammertørker, er en utfordring. Det er et omfattende arbeid å fylle inn alle inngangsverdiene som inngår i Torksim (Tabell 4 og 5), kanskje for omfattende for å foreta en enkelt beregning. Ved å ta for seg noen av verdiene, gjøre en del beregninger, og gjøre det mulig å bruke en modell med færre inngangsvariabler, vil flere kunne gjøre raske og enklere beregninger med denne modellen. På den måten blir modellen enklere og mer generell, og det blir derfor enklere å se trender. Ved behov for en mer tilpasset beregning for den enkelte, må Toksim benyttes for hvert enkelt tilfelle. Det må påpekes at Torksim heller ikke gir noe fasitsvar da det kun er et simuleringsprogram, men at det alltid er de reelle kostnadene i den enkelte bedrift som gir det riktige svaret.

For de overnevnte simuleringene er det også gjort økonomiske beregninger med det samme programmet, og det er med dette en begynner å nærme seg essensen av oppgaven. Generelt om tallene som er fylt inn, kan det sies at der hvor Madaus (1998) er brukt som kilde, er de sikreste tallene, da disse er samlet inn direkte fra bedriften. De andre verdiene er stort sett funnet i annen litteratur. Den verdien som er mest usikker, er prisen på varme fra biobrenselanlegget. Det lot seg ikke gjøre å finne en eksakt verdi på dette, slik at det her er satt en middelvei i forhold til hva som er opplyst ulike steder. Tabell 5 og 6 er en del av inngangsvariablene som må fylles ut for å gjøre simuleringer i Torksim. Det er i tabell 5 og 6 holdt lik benevnelse som i programmet, for at det lettere skal være mulig å se hvor de ulike tallene skal inn. U-verdi står for veggens eller takets varmeledningsevne.

Inngangsverdier for energiberegning med mellomregningsverdier

Tabell 5. Inngangsverdiene for beregning av energiforbruket. Uthevet skrift er de verdiene som settes inn i programmet, de andre er bare mellomregningsverdier.

Inngangsverdi	Mellomverdi	Verdi	Kilde
Luftfuktighet RH i middeltall ute (%)		80	Internettkilde 8
Tørrtemp i tørke ved start (grader celsius)		50	Esping 1996
Temp ute døgnmiddel (grader celsius)		5,7	Internettkilde 9
Høyde (m)	6,1		Madaus 1998
Bredde (m)	6,4		Madaus 1998
Dybde (m)	12,5		Madaus 1998
Betong tykkelse (m)	0,3		Madaus 1998
Vegg (m ³)	22,88		
Antall vegger	2		
Tak (m ³)	24		
Betong kg/m ³	2300		Torksim
Masse i vegg/tak (kg)		160425	
Areal (m ²)	80		
Tykkelse (m)	0,3		Rosenkilde 1998
Betong (kg/m ³)	2300		Torksim
Masse i gulv (kg)		55200	
Tørkens lengde (m)		12,5	Madaus 1998
Tørkens bredde (m)		6,4	Madaus 1998
Tørkens høyde (m)		6,1	Madaus 1998
U verdi gulv (W/m²K)		0,5	Esping 1996
U verdi vegg/tak (W/m²K)		0,7	Esping 1996
Varmekapasitet i vegg/tak (kJ/kg grader celsius)		0,9	Torksim
Varmekapasitet i gulv (kJ/kg grader celsius)		0,9	Torksim
Grunnvannstemp = årsmiddeltemp (grader celsius)		5,7	Internettkilde 9
Tørr/rå densiteten (kg/m³)		385	Rosenkilde 1998
Rå volum virke i tørken (m³)			Esping 1996
Antall frie vegger		3	

Inngangsverdier for kostnadsberegning med mellomregningsverdier

Tabell 6. Inngangsverdiene for kostnadsberegningene. Uthevet skrift er de verdiene som direkte inngår i beregningene, de andre er kun mellomregningsverdier.

Inngangsverdi	Mellomverdi	Verdi	Kilde
Investering 1 maskin og utstyr (kr)		450000	Madaus 1998
Avskrivning tid, (år)		20	Madaus 1998
Rentesats (%)		6,2	Madaus 1998
Investering 2 bygning		330000	Madaus 1998
Avskrivning tid, (år)		30	Madaus 1998
Rentesats (%)		6,2	Madaus 1998
Vedlikehold på kammertørker 2 stk er 50000 (1998) (kr)	25000		Madaus 1998
Vedlikehold bygninger (kr)	7800		Madaus 1998
Årlig vedlikehold i prosent av total investeringskost (%)		0,04	Madaus 1998
Årslønn 2005 (kr)	293600		Internettkilde 11
Økning fra 2005 til 2006 gjennomsnitt fra 1999 til 2005	0,0437		
Årslønn 2006 (293600*1,0437) (kr)	306435		
Sosiale kostnader (se eget dokument)	0,4		Internettkilde 10
Lønnskostnader (306435*1,4) kr	429008		
Antall tørker i 1996	7		Madaus 1998
Personalkostnad tørkepasser pr tørke (429008/7) (kr)		61287	
Varmepris, (øre/kWh) (er vurdert ut fra ulike verdier som er funnet)		20	Esping 1996
Varmepris, (kr/GJ) (regnes ut automatisk)			
Elpris (øre/kWh) (0,34 i 1998 * indeks 1 års fastkontrakt, husholdning fra 1998 til 2006) (Indeks 1,66)		56,4	Internettkilde 12
Viftens effektuttak kW ved gitt lufthastighet i strømmellomrommet		60	Madaus 1998
Virkestykkelse 25 mm, lufthastighet*0,9=lufthastighet gjennom pakken	0,9		
Virkestykkelse 50 mm, lufthastighet*1,3=lufthastighet gjennom pakken	1,3		
Virkestykkelse 75 mm, lufthastighet*1,8=lufthastighet gjennom pakken	1,8		
Gjennomsnitt av 0,9, 1,3 og 1,8 er	1,33		
Lufthastighet er satt til 4 (m/s)	4		
Lufthastighet i mellom strø i trelastpakken (4*1,33)		5,33	Esping 1996

3.2.3 Statistiske beregninger og Excel - ark modell

Noe av målet med denne oppgaven er også å fordele kostnadene på aktivitetene, som ikke er direkte knyttet opp mot selve tørkeprosessen, som for eksempel rå og -tørresortering, internttransport og lagring. Med den begrensningen som er i tid, vil det ikke være mulig å finne den reelle kostnadsfordelingen på produktnivå, men den vil kunne fordeles ut fra matematiske og statistiske beregninger. Med utgangspunkt i de resultatene som fremkommer gjennom Torksim, er det blitt laget regresjonsanalyser og modeller for beregning av de ulike kostnadene. Modellene er laget med bakgrunn i de statistiske beregningene, og det er testet for lineære, andregrads- og tredjegrads funksjoner, hvor den med høyest forklaringsgrad i

form av RSq har blitt valgt. Dessverre har nok ikke de ulike modellene blitt vurdert opp mot hva som er omhandlet i annen litteratur, eller som er tilfellet i virkeligheten. Til de statistiske beregningene er det blitt brukt statistikkprogrammet JMP 5.1. For tabellene under vil det i Excel regneark være slik at verdier settes inn i de cellene som har lys gul farge. Lys blå/grønn farge viser de verdiene som regnes ut ved gitte inngangsverdier, og de grå cellene er faste tall eller tall som er kopiert fra andre celler, og disse skal ikke forandres. Modellen er beregnet statistisk for dimensjon og slutfuktighet oppgitt tidligere, og er derfor gjeldende innenfor disse verdiene. Brukeren kan gå utenfor disse verdiene, men må være varsom for feil i de resultatene som framkommer.

Alle beregninger sammenstilles i et regneark, for å lette bruken av regneverktøyet. For enkelthets skyld er det eksisterende regnearket, laget av Madaus (1998) bare utvidet. Grunnen til at det er bygget videre på dette regnearket, er at det allerede er lagt ned mye arbeid med det, og at det nå kan fokuseres på de delene Madaus ikke hadde tid til. På denne måten brukes ikke tid på beregninger andre har gjort før. Fordelen er at det nå er mulig å sammenligne den gjennomsnittlige kostnaden opp mot det funn som er gjort på produktnivå, siden de tidligere beregningene allerede ligger i regnearket. Varmeproduksjon og tørking utgår i de videre beregninger, fordi dette er beregnet på nytt i Torksim. Men de er fortsatt med i det opprinnelige regnearket, slik at en kan lese av den gjennomsnittlige tørkekostnaden. Ut fra de tidligere inndelingene i regnearket, etter volumkostnad i den enkelte avdeling, er kostnadene fordelt på produktnivå der det er hensiktsmessig. Ved alle avdelinger/kostnadssteder er det mulig å angi en prosentsats som sier hvor mye av kostnadene som skal knyttes til tørkekalkylen. Dette er gjort med tanke på at den enkelte har kostnadskalkyler som overlapper med den som her er laget, og det er da ikke nødvendig å forandre de andre kostnadskalkylene. De ulike avdelingene er da:

- Strølegging
- Mellomlager før tørking
- Tørking
- Varmeproduksjon (inngår nå sammen med tørking)
- Mellomlager etter tørking
- Klimatisert etterlager
- Avstrøing, emballering
- Intern-transport
- Fellesfunksjoner

Strølegging

Strøleggingskostnaden er sett på som en Joint Cost og vil ikke bli fordelt på produktnivå.

Mellomlager før tørking

Denne kostnaden er liten i forhold til resten, og er derfor ikke fordelt på de ulike produktene, men satt som et gjennomsnitt av de totale kostnadene. Det vil bli fokusert på å fordele mest mulig riktig de store kostnadene som varierer mye fra produkt til produkt.

Tørking

Tørkesimuleringene er gjort systematisk hver for seg for gran og furu, ut fra sidebord samt sentrumsuttak med og uten kondisjonering. Tørket ned til ulik slutfuktighet, gitt ulik dimensjon, fordi det antas at hver og en av disse mulige sammensetningene har svært ulik tørketid og kostnad. Tabell 7 viser hvordan dataene er ført opp. Det er gjort én simulering for hver angivelse av tid og kostnad. Det er samlet tid- og kostnadstall for disse åtte mulighetene ut fra dimensjon og slutfuktighet:

- Gran sentrum uten kondisjonering
- Gran sentrum med kondisjonering
- Furu sentrum uten kondisjonering
- Furu sentrum med kondisjonering
- Gran sidebord med kondisjonering
- Furu sidebord uten kondisjonering

Tabell 7. Simulerte verdier av tid og kostnader for gran sentrumsuttak uten kondisjonering, ut fra ønsket slutfuktighet og dimensjon.

Gran sentrum, uten kondisjonering			
Slutfuktighet	Dimensjon	Tid	Kostnad
10	78	126	8494
10	66	91	7470
10	53	65	6530
10	47	54	6020
10	41	45	5631
12	78	106	7805
12	66	77	6952
12	53	55	6122
12	47	47	5718
12	41	39	5348
15	78	83	6962
15	66	61	6319
15	53	44	5632
15	47	38	5289
15	41	32	4977
20	78	58	5936
20	66	42	5457
20	53	32	4991
20	47	28	4717
20	41	24	4484
25	78	41	5158
25	66	32	4868
25	53	25	4514
25	47	22	4279
25	41	19	4068
30	78	31	4548
30	66	25	4329
30	53	20	4048
30	47	18	3861
30	41	16	3693

Ut fra tallene ovenfor, forstår en at det må gjøres veldig mange simuleringer, da de sju andre alternativene også må beregnes på samme måte. Spesielt må det nevnes at simuleringene der en bruker kondisjonering, er veldig vanskelig og arbeidskrevende å få til. Dette skyldes at det må legges til en kondisjoneringstid og tilpasse denne ut fra et gitt tørkeskjema, for å kunne oppnå riktig slutfuktighet.

Tallmaterialet som har kommet frem skal bli til en regnearks-modell, hvor en kan sette inn ønsket slutfuktighet og dimensjon, og få beregnet tørketid og tørkekostnad. Det er derfor laget seks regresjoner for tørketid og seks for tørkekostnad, til sammen tolv regresjoner. På bakgrunn av disse regresjonene lages det modeller, hvor en kan sette inn dimensjon og

sluttfuktighet som inngangsvariabler, regnet ut fra seks produktalternativer. Dette arbeidet har resultert i tolv modeller, seks for tørketid og seks for tørkekostnad. Ved å dele inn tall og modeller på denne måten, får en et mer unisont datagrunnlag og modeller med en høyere forklaringsgrad, enn om en skulle sett alle produktalternativene under ett. Sagbruk kan nå enklere beregne tid og kostnader knyttet til tørkeprosessen ved hjelp av denne modellen.

Tabell 8. Faktorene som forklarer tørketid og forklaringsgraden på den gitte regresjonen.

Produkt	Fastledd	Dimensjons faktor	Fuktighets faktor	Tid (ROT)	RSq
Gran sentrum uten kondisjonering	5,55	0,082	-0,20	7,55	0,94
Gran sentrum med kondisjonering	8,89	0,068	-0,22	9,85	0,87
Furu sentrum uten kondisjonering	11,39	0,074	-0,32	11,44	0,92
Furu sentrum med kondisjonering	14,57	0,067	-0,38	13,60	0,90
Gran sidebord uten kondisjonering	3,87	0,076	-0,061	5,05	0,94
Furu sidebord uten kondisjonering	4,88	0,080	-0,077	5,95	0,92

Tabell 8 viser hvilke tall som ligger til grunn for beregning av tørketid. Når tørketid skal beregnes ut fra denne modellen, begynner en med fastleddet, pluss på dimensjonsfaktoren som multipliseres med ønsket dimensjon, og pluss til slutt på fuktighetsfaktor som multipliseres med ønsket sluttfuktighet. Svaret opphøyes i andre, siden det her er gjort en andregradsregresjon. RSq viser hvor bra modellen for de ulike produktene treffer, i forhold til de simulerte verdiene. Videre er det gjort akkurat det samme som i tabellen ovenfor med kostnadstallene. Utrekningen av tørkekostnad gjøres på samme måte som for tørketid. Tallene for de videre beregningene er gitt i tabell 9.

Tabell 9. Faktorene som forklarer kostnadene og forklaringsgraden for den gitte regresjonen.

Produkt	Fastledd	Dim faktor	Fuktighet faktor	Kostnad (ROT)	RSq
Gran sentrum uten kondisjonering	72,71	0,31	-0,91	78,40	0,96
Gran sentrum med kondisjonering	85,39	0,28	-1,12	86,96	0,89
Furu sentrum uten kondisjonering	85,83	0,41	-1,43	90,63	0,95
Furu sentrum med kondisjonering	99,42	0,40	-1,74	99,72	0,92
Gran sidebord uten kondisjonering	64,16	0,74	-0,35	78,39	0,99
Furu sidebord uten kondisjonering	65,80	0,89	-0,41	83,17	0,98

Når en nå kjenner til hvordan beregningene er gjort, vises det i figur 13 hvordan brukergrensesnittet er. Her setter brukeren inn ønsket dimensjon og slutfuktighet i de ulike produktalternativene, og total tørketid og tørkekostnad regnes ut.

KAMMERTØRKE		Tørketid og kostnad			
		Innsatsfaktorer			
		Dim	Fuktighet	M3	Kostnad pr m3
Gran sentrum uten kondinsjonering		53	15	95,9	59,7
Gran sentrum med kondisjonering		0	15	11,2	0,0
Furu sentrum uten kondisjonering		0	15	11,2	0,0
Furu sentrum med kondisjonering		0	15	11,2	0,0
Gran sidebord uten kondisjonering		0	15	11,2	0,0
Furu sidebord uten kondisjonering		0	15	11,2	0,0

Figur 13. Brukergrensesnittet for tørketid og tørkekostnad og kubikkmeter trelast (m^3) i tørka, beregnes ut fra produkttype med gitt dimensjon og fuktighet.

Til høyre i figur 13, er det vist til totale kostnader, og det er på denne måten kostnadene oppgis i Torksim, bortsett fra at verdiene i tabellen er beregnet ut fra denne modellen. Det som gjør verdien totale kostnader ufordelaktig for videre beregninger, er at den ikke sier noe om kostnaden i forhold til mengden trelast som tørkes ut fra den oppgitte totalkostnaden. Grunnen til at det ikke er lik mengde trelast i tørka med forskjellige trelastdimensjoner, er at ved de små dimensjonene, vil en større andel av det totale volumet være luft på grunn av økt mengde strø. Det er derfor beregnet hvor mange kubikkmeter trelast det er i en trelastpakke,

på grunnlag av trelastpakkens totale volum. Fra disse tallene har det blitt laget en regresjon, slik at en skal kunne sette inn dimensjon, for å beregne hvor mange kubikkmeter trelast det er i ei trelastpakke (RSq er 0,99). Antallet kubikkmeter trelast beregnes på følgende måte:

$$\text{Kubikkmeter} = 43,215291 + 1,01284 \text{ Dimensjon} - 0,0157997 (\text{Dimensjon}-45)^2$$

Ved at totalkostnaden divideres på antall kubikkmeter, fremkommer en kostnad per kubikkmeter trelast. Dette gjør det lettere å sammenligne produktene opp mot hverandre, siden kostnaden nå oppgis ut fra en enhet, kubikkmeter trelast.

Kostnadene for krymping og kvalitetsreduksjon beregnes ut fra gjennomsnittlige verdier for alle produktene med fuktighet som inngangsvariabel (Gjerdrum 2000). Hvor stor andel av krymping og kvalitetstap det er ønskelig å knytte til akkurat dette produktet, kan overstyres med en prosentsats av brukeren, etter hvor stor andel en vil tillegge selve tørkingen. Verdien på Euro, sett opp i mot norske kroner, kan endres av brukeren. Denne beregnede verdien kommer nå i tillegg til oppgitt tørkekostnad som er funnet og beregnet i Torksim. Gjerdrum (2000) sine beregninger er gitt i funksjon 1 og 2. Figur 14 viser brukergrensesnittet for krymping og kvalitetsnedsettelse under trelasttørking

$$\text{Kostnad for krymping per kubikkmeter} = 0,9 * \text{€} * (30 - \text{slutfuktighet}) \quad \{1\}$$

$$\text{Kostnad for kvalitetstap} = 0,3 * \text{€} * (30 - \text{slutfuktighet}) \quad \{2\}$$

			0,9		0,3
Euro	8		Kostnad for krymping pr m3, PGj		Kostnad for kvalitet
M3 pr time	Kostnad				
1,14	7441	100 %	129,6	100 %	43,2
#DIV/0!	0	100 %	0	100 %	0
#DIV/0!	0	100 %	0	100 %	0
#DIV/0!	0	100 %	0	100 %	0
#DIV/0!	0	100 %	0	100 %	0
#DIV/0!	0	100 %	0	100 %	0

Figur14. Brukergrensesnittet for bestemmelse av krymping og kvalitetstap.

Mellomlager

Beregningene her, tar utgangspunkt i den totale kostnaden for mellomlageret, beregnet av Madaus (1998). For disse beregningene er kostnadene oppgitt i kroner per kubikkmeter trelast. Ut fra ønske om å fordele kostnadene til det enkelte produkt, danner det et dårlig bilde av de faktiske kostnadene til produktet. De faktorene som beskriver lagerkostnadene er lagringstiden, hvor stor lagringsplass det legger beslag på og kapitalkostnadene for produktene som lagres. Med dette som utgangspunkt, deles de totale kostnadene for mellomlageret på antall dager i året og antall timer i døgnet. Nå står en igjen med en timekostnad for lagret. For å finne timekostnaden per kubikkmeter trelast, deles det på antallet kubikkmeter det er mulig å oppbevare på lageret, tettstabet, på timekostnaden. Av dette fremkommer timekostnad per kubikkmeter tettstabet trelast. I tillegg blir kapitalkostnaden beregnet ut fra internprisen på trelast gitt tidligere i regnearket. Brukeren kan i dette regnearket selv bestemme hvor mange timer trelasten lagres, og lagerkostnaden beregnes ut fra dette, men i tillegg kommer det en volumfaktor.

Trelasten er fortsatt strølagt på dette lageret, det vil si at den opptar mye plass i form av luft, på grunn av strøleggingen. Tidligere er det beregnet hvor mye trelast det er i en trelastpakke ut fra de ulike dimensjonene. Denne verdien deles på trelastpakkens totale volum for å finne en såkalt volumfaktor, for en strølagt trelastpakke. Det er funnet en faktor, som beregner hvor stor andel luft den ulike dimensjon opptar når den ligger strølagt på lageret. Ut fra de ulike dimensjonene og kostnadsfaktorene, gjøres en regresjon på dette og en får formel 3, (RSq 0,99):

Volumfaktor, mellomlager =

$$1,53 - 0,0060 * \text{Dimensjon} + 0,00017 * (\text{Dimensjon} - 42)^2 * 0,0000025 * (\text{Dimensjon} - 42)^3$$

{3}

Lagerkostnaden for kubikkmeter trelast, som er oppført i figur 15 som 15,2 kroner kubikkmeter, multipliseres med volumfaktoren, og en får ut hvor mye det koster å lagre en dimensjon for en gitt periode. Hvis en mener at den verdien som fremkommer er feil, eller at denne verdien inngår i andre kalkyler, kan verdien korrigeres med en prosentsats.

	Mellomlager etter tørking		
	Total årlig kostnad	718364	
	Dager	365	
	Timer	24	
	Kostnad pr time	82,0	
	Lagringskapasitet m3 pr time	0,12	
	Lagerkapasitet m3	700	
	Antall m3 som lagres	105	
	Hvor lenge det lagres (timer)	120	
	Kostnad kapital	1,18	
	Lagerkostnad	1476	
	Lagerkostnad pr m3	15,2	
	Andel som skal belastes tørkeprosessen i prosent		Lagerkostnad pr m3 ved gitt tid, volumav.
Gran sentrum uten kondisjonering	100 %		18,2
Gran sentrum med kondisjonering	100 %		0,0
Furu sentrum uten kondisjonering	100 %		0,0
Furu sentrum med kondisjonering	100 %		0,0
Gran sidebord uten kondisjonering	100 %		0,0
Furu sidebord uten kondisjonering	100 %		0,0

Figur15. Brukergrensesnittet for bestemmelse av mellomlagerkostnad.

Avstrøing og emballering

For å fordele kostnadene bedre, er det regnet ut hvor mange planker det går på en kubikkmeter for de ulike dimensjonene. Videre er det regnet om til en prosentsats, ved å dele antallet planker per kubikkmeter på 100. Ut fra prosentsatsen og gitt dimensjon, har det blitt laget en regresjon. Ved å sette inn dimensjon beregnes kostnadsfaktoren ved hjelp av modell 4 (RSq 1,00):

Kostnadsfaktor =

$$1,12 - 0,014 * \text{Dimensjon} + 0,00046 * (\text{Dimensjon} - 42)^2 - 0,0000075(\text{Dimensjon} - 42)^3 \{4\}$$

Denne kostnadsfaktoren multipliseres med gjennomsnittlig kostnad, beregnet av Madaus (1998), for å finne kostnaden for tørrsortering og emballering for en gitt dimensjon. Her igjen kan brukeren selv bestemme eller korrigere kostnaden ut fra en prosentsats (Figur 16).

Avstrøing emballering		
Kostnad kr m3	148,8	
Andel som skal belastes tørkeprosessen i prosent		Tørresortering/emballering pr m3 ved gitt tid, volumav.
Gran sentrum uten kondisjonering	100 %	37,8
Gran sentrum med kondisjonering	100 %	0,0
Furu sentrum uten kondisjonering	100 %	0,0
Furu sentrum med kondisjonering	100 %	0,0
Gran sidebord uten kondisjonering	100 %	0,0
Furu sidebord uten kondisjonering	100 %	0,0

Figur16. Brukergrensesnittet for utregning av avstrøing og emballering.

Klimatisert etterlager

For klimatisert etterlager, er beregningene på samme måte som for mellomlageret. Forskjellen er at trelasten ikke er strølagt, det vil si at den ikke opptar noe ekstra plass i form av luft på grunn av strølegging. Her er da kun den totale kostnaden, funnet av Madaus (1998), delt på lagerplass, antall dager i året og timer i døgnet. Brukeren setter selv inn lagerplass, antall kubikkmeter trelast som lagres og hvor mange timer det lagres (Figur 17). Det er ikke gjort noen beregning av de ulike dimensjonene, på grunn av at de vil ta opp lik plass per kubikkmeter trelast når de er tettstabled. Her kan også brukeren selv bestemme hvor stor del av denne kostnaden som skal knyttes til tørkingen gjennom en prosentsats.

Klimatisert etterlager	
Total årlig kostnad	938592
Dager	365
Timer	24
Kostnad pr time	107,1
Lagerkapasitet m3 pr time	0,15
Lagringskapasitet	700
Antall m3 som lagres	105
Lagringstid (timer)	120
Kapitalkostnad	1,22
Lagerkostnad	1929
% som belastes tørking	100 %
Lagerkostnad pr m3	18,4

Figur17. Brukergrensesnittet for utregning av klimatisert etterlager.

Internttransport

Kostnaden for intern-transport er fordelt av Madaus (1998) på samme måte som de andre kostnadene, det vil si delt på antall kubikkmeter. Her vil kostnadene fordeles, først ut fra transport som strølagte pakke, eller ikke. Grunnen til at den er fordelt på denne måten, er at hvis en flytter en pakke som er strølagt, vil en flytte en mindre andel kubikkmeter trelast enn

om man flytter den tettstabelt. For transport av tettstablede pakker brukes kostnaden Madaus har funnet, som står til 23,8 kroner i tabellen under. De strølagte pakkene beregnes ut fra hvor stor plass den enkelte dimensjon opptar av luft, regnet ut på samme måte som for strølagte pakker på mellomlager. Beregningsmodellen er modell 5 (RSq 0,99):

Volumfaktor =

$$1.53 - 0,0060 * Dimensjon + 0,00017 * (Dimensjon - 42)^2 - 0,0000025 * (Dimensjon - 42)^3$$

{5}

Fordeling mellom transport av strølagte og ikke strølagte pakker angis med en prosentsats vist i figur 18. Hvis det samlet sett er 100 prosent vises TRUE, hvis ikke vises FALSE. Dersom en mener at 100 prosent samlet sett ikke gir et representativt bilde av kostnadene, påvirker ikke dette hvorvidt beregningene blir riktige eller ikke.

Intern-transport			
Kostnad transport pr m3		23,8	
Andel som transporteres som strølagte pakker			Kostnad intern-transport per m3, volumav.
Gran sentrum uten kondisjonering	50 %		14,2
Gran sentrum med kondisjonering	0 %		0,0
Furu sentrum uten kondisjonering	0 %		0,0
Furu sentrum med kondisjonering	0 %		0,0
Gran sidebord uten kondisjonering	0 %		0,0
Furu sidebord uten kondisjonering	0 %		0,0
Andel som transporteres som ikke strølagte pakker			
50 %			
TRUE		11,90	

Figur 18. Brukergrensesnittet for utrening av kostnadene for intern transport.

Fellekostnader

Disse fordeles ikke, da de ikke utgjør noen stor andel, samt at de er like for alle ulike produkter.

Endring i prisen på varme

Det har vært problemer med å finne kostnaden for bioenergi, og med bioenergi menes bark og avfall som blir brent for å lage varme til tørkene. En av grunnene til at denne er vanskelig å bestemme, er at det ikke finnes noen markedsverdi på denne varmen fra sagbruket. Tidligere var dette overskudd av bark, og den ble brent for å kvitte seg med den. Varmen fra barkbrenningen var da kun en overskuddsvare. I og med at etterspørselen av bark og avfall til

eksterne biobrenselanlegg øker, har denne gradvis fått en alternativverdi. De forskjellige anlegg opererer også med ulike priser på denne kostnaden, noe av grunnen til dette er ulike etterspørsel og pris på barken. I denne modellen kan brukeren selv bestemme hvor stor verdien skal være. I modellen er kostnaden på varme satt til 20 øre kWh. Dette er en kvalifisert gjetning ut fra nedskrevne kilder, og hva som har blitt fortalt. Dersom prisen på energien skulle være for lav, økes beløpet i forhold til utangspunktet som er 20 øre kWh. I motsatt fall reduseres prisen med et minusbeløp. Ut fra endringen vil det beregnes en pris per kubikkmeter, som enten legges til eller trekkes fra på tørkekostnaden per kubikkmeter. Alt dette skjer automatisk i regnearket, og sluttsummen forandres av seg selv.

For å beregne hvor mye den totale kostnaden forandrer seg med en endring på prisen på varme, gjøres alle de tidligere simuleringene på nytt, og øker prisen på varmeenergi med 5 øre kWh. Siden det tidligere har blitt laget en regresjon for hvert produktalternativ, må det nå lages nye regresjoner for alle alternativene. Etter at det er foretatt simuleringer vil en regresjonsanalyse forklare den nye kostnaden, sett ut fra tidligere kostnad og antall øre den øker med. Tabell 10 viser faktorene som forklarer den nye kostnaden, og hvor bra denne regresjonen treffer i forhold til simulert verdi.

Tabell 10. Faktorene som forklarer den nye tørkekostnaden med økt pris på varme og forklaringsgraden til den enkelte regresjon.

Produkt	Fastledd	Ørefaktor	Kostnadsfaktor	RSq
Gran sentrum uten kondisjonering	-752,02	206,97	1,14	1,00
Gran sentrum med kondisjonering	-810,35	216,87	1,12	1,00
Furu sentrum uten kondisjonering	-664,40	207,97	1,10	1,00
Furu sentrum med kondisjonering	-659,97	214,79	1,08	1,00
Gran sidebord uten kondisjonering	-1048,25	263,29	1,18	0,98
Furu sidebord uten kondisjonering	-2708,12	319,86	1,43	0,99

For å regne ut den nye tørkekostnaden begynner en med fastleddet, pluss på ørefaktoren og multipliserer med antallet øre varmeprisen øker med, pluss på kostnadsfaktoren og multipliserer denne med den tidligere kostnaden. På denne måten får en den nye tørkekostnaden. I regnearket vil den opprinnelige kostnaden trekkes fra eller legges på endringen i kostnad, etter økning eller reduksjon i varmprisen og en får da et kostnadstillegg som legges til. Dette blir også fordelt på antall kubikkmeter trelast. Brukergrensesnittet for korrigering av varmekostnaden i figur 19. Når det vises FALSE i ruten "Endring i kostnad per m3", betyr det

bare at det ikke er satt inn noen endring, eller at en har satt en dimensjon for tørking i feil produktalternativ.

	Endring varmekostnad		Ny total kostnad endret pris	Endring i totalkostnad	Endring i kostnad pr m3
	I forhold til opprinnelig øre/kWh	Opprinnelig øre/kWh			
Gran sentrum uten kondisjonering	0	20	7711	270	2,6
Gran sentrum med kondisjonering	0	20	-810	FALSE	FALSE
Furu sentrum uten kondisjonering	0	20	-664	FALSE	FALSE
Furu sentrum med kondisjonering	0	20	-660	FALSE	FALSE
Gran sidebord uten kondisjonering	0	20	-1048	FALSE	FALSE
Furu sidebord uten kondisjonering	0	20	-2709	FALSE	FALSE

Figur 19. Brukergrensesnittet for korrigering av prisen på varme.

Endring i prisen på elektrisk energi

Prisen som er satt på den elektriske energien er nok mer korrekt og dokumentert enn for varmeenergien. Prisen på elektrisk energi svinger mye, men kan i enkelte tilfeller holdes stabil over en periode, dersom det er inngått en avtale mellom kjøper og selger av elektrisk energi. Som følsomhetsanalysen viser, påvirkes tørkekostnaden mye av elektrisk energi. Det vil derfor være naturlig at brukeren av regnearket selv kan korrigere denne verdien.

Utrekningene for endring i den elektriske energien er gjort på samme måte som for varmeenergien. Derfor gjengis bare beregningsfaktorene og brukergrensesnittet for denne aktuelle korrigeringsmuligheten (Figur 20). Tabell 11 gjengir de faktorene som inngår i beregningene av ny totalkostnad med en økning eller reduksjon i prisen på elektrisk energi, og hvor bra regresjonen treffer på de simulerte verdiene.

Tabell 11. Faktorene som forklarer den nye tørkekostnaden og forklaringsgraden på regresjonen.

Produkt	Fastledd	Øre	Kostnadsfaktor	RSq
Gran sentrum uten kondisjonering	-230,00	11,80	1,04	1,00
Gran sentrum med kondisjonering	-293,82	19,93	1,04	1,00
Furu sentrum uten kondisjonering	-345,65	25,09	1,05	1,00
Furu sentrum med kondisjonering	-430,86	34,52	1,05	1,00
Grand sidebord uten kondisjonering	-107,13	5,52	1,02	1,00
Furu sidebord uten kondisjonering	-1048,81	45,87	1,17	0,99

	Endring i elpris		Ny total kostnad endret pris	Endring i total kostnad	Endring i kostnad pr m3
	I forhold til opprinnelig øre/kWh	Opprinnelig øre/kWh			
Gran sentrum uten kondisjonering	0	56,4	7523	63	0,8
Gran sentrum med kondisjonering	0	56,4	-294	FALSE	FALSE
Furu sentrum uten kondisjonering	0	56,4	-346	FALSE	FALSE
Furu sentrum med kondisjonering	0	56,4	-431	FALSE	FALSE
Gran sidebord uten kondisjonering	0	56,4	-107	FALSE	FALSE
Furu sidebord uten kondisjonering	0	56,4	-1049	FALSE	FALSE

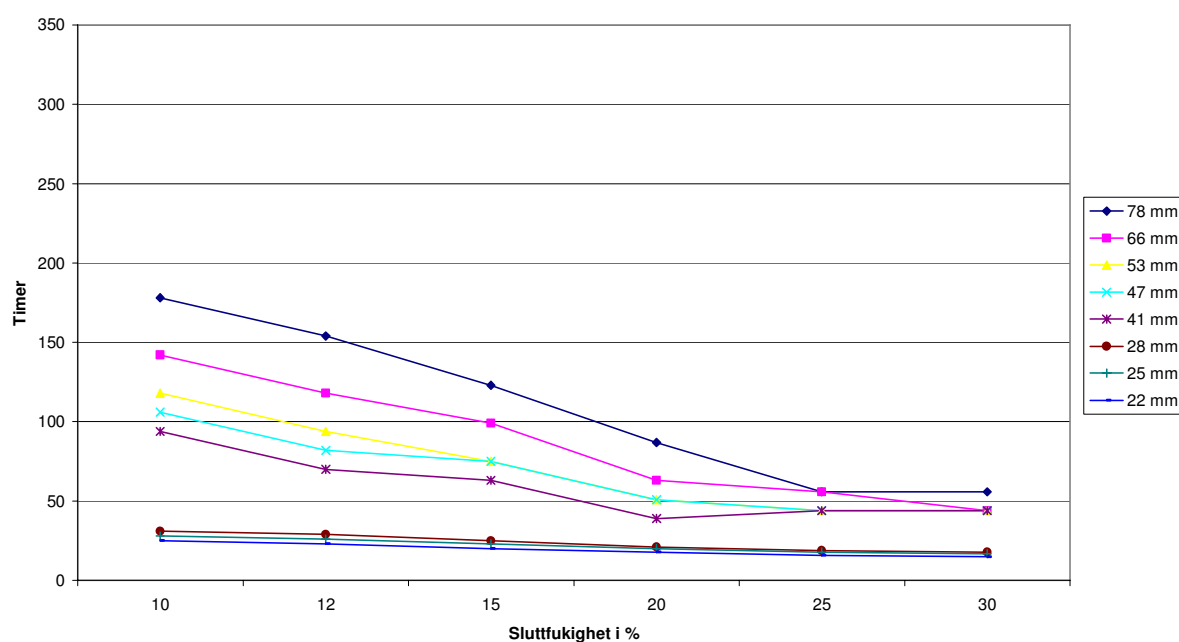
Figur20. Brukergrensesnittet for korrigering av prisen på elektrisk energi.

4.0 Resultat

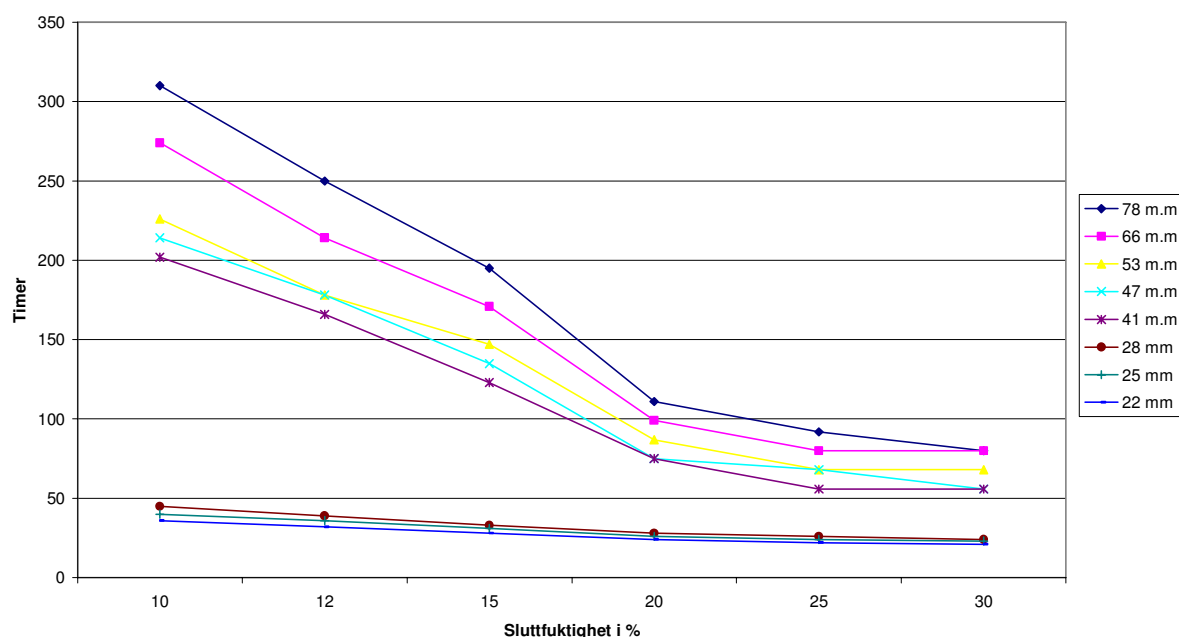
I en oppgave som denne, vil modellen som det er presenteret deler av i metodedelen, være en del av resultatet. Den er laget med tanke på at brukeren kan variere de viktigste inngangsvariablene for tørketid og kostnad. Nå blir utfordringen videre å prøve å presentere dette som en resultatdel. Fra simuleringene som er gjort, er det valgt å trekke ut følgende resultater: tørketid, tørkekostnad per kubikkmeter, merkostnad ved å tørke ned en tørkeklasse og mertid ved å tørke ned en tørkeklasse. Legg merke til at skalaen for slutfuktighet ikke er kontinuerlig, og at det ikke er noen sammenheng mellom de ulike punktene i figurene for tørketid, tørkekostnad, mertid og merkostnad, men er valgt å presenteres slik.

4.1 Tørketid

Tørketiden er ikke den viktigste delen av oppgaven, men den er viktig å ha med, fordi den forteller noe om hvor lang tid det tar å tørke det aktuelle produkt, og da igjen hvor stor andel tid det beslaglegger på tørka (Figur 21 og 22).



Figur21. Gran sidebord samt sentrumsuttak med kondisjonering: forholdet mellom ønsket slutfuktighet i % og tørketid i timer ut fra en gitt dimensjon.

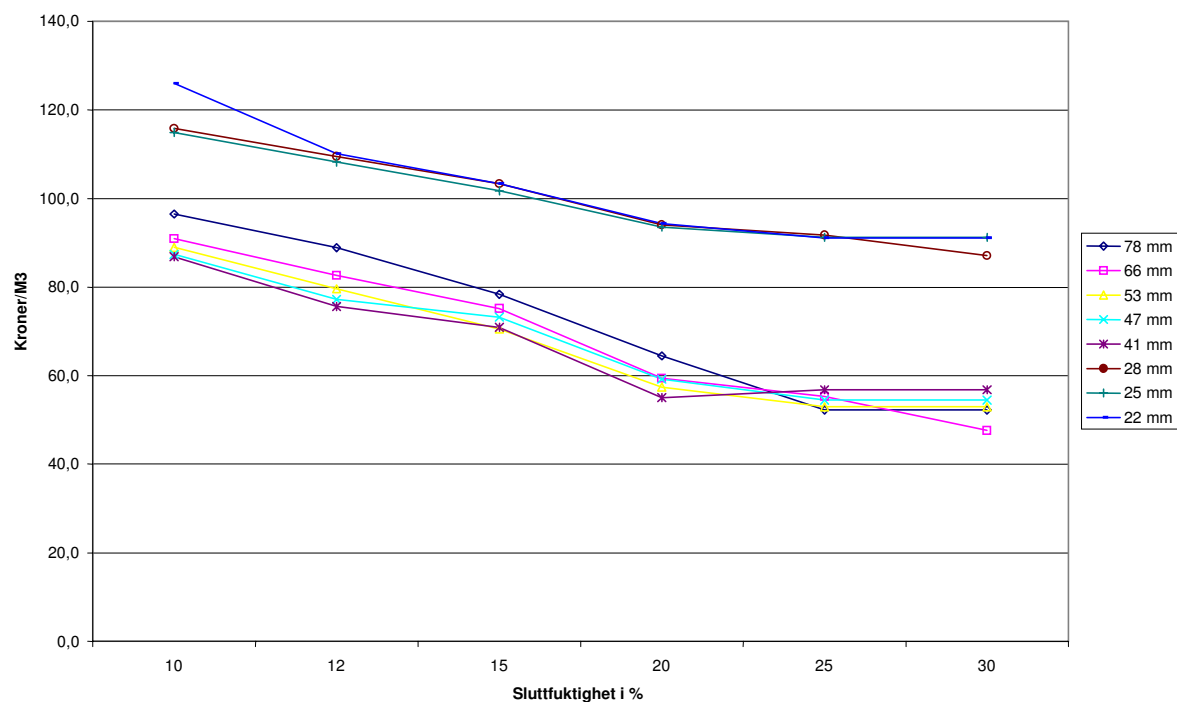


Figur 22. Furu sidebord samt sentrumsuttak med kondisjonering: forholdet mellom ønsket slutfuktighet i % og tørketid i timer ut fra en gitt dimensjon.

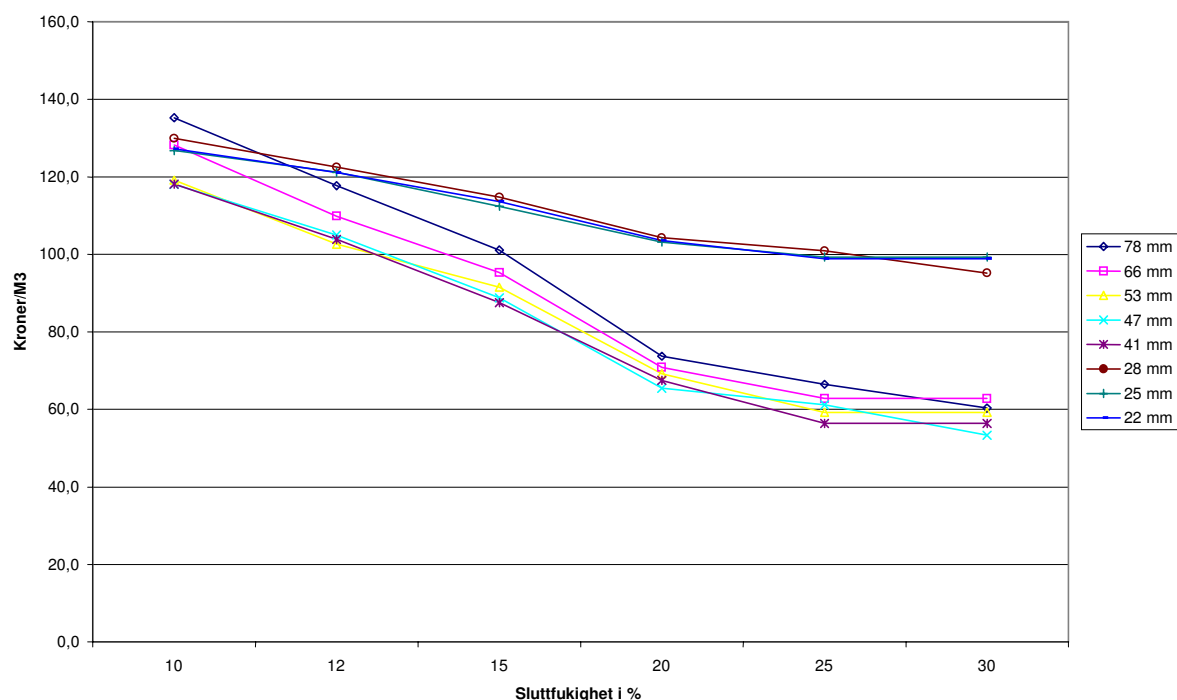
Ved å studere figur 21 og 22 ovenfor, ser en at sidebordene (22, 25 og 28 millimeter) har et tilnærmet likt tørkingsforløp, og at det er en lineær sammenheng mellom de ulike nedtørkingsklassene. Sentrumsuttakene (78, 66, 53, 47 og 41 millimeter) har et annet tidsforløp, med tørking til lavere fuktighet. Det tar mye lenger tid å tørke sentrumsuttaket, og da spesielt de tykkeste dimensjonene. I denne sammenhengen er det viktig å huske at antall kubikkmeter trelast i tørkene, er mye større for de tykkeste dimensjonene. Etter å ha sett på tidsforbruket, må en vurdere hvordan kostnadene utvikler seg.

4.2 Kostnader ved tørking per kubikkmeter

Her presenteres hvordan tørkekostnaden per kubikkmeter trelast utvikler seg, ut fra dimensjon og slutfuktighet i prosent. Første grafen er for gran, mens den andre er for furu.



Figur 23. Gran sidebord, samt sentrumsuttak med kondisjonering: forholdet mellom ønsket slutfuktighet i % og kostnad i kroner per kubikkmeter trelast (m^3) ut fra gitt dimensjon.

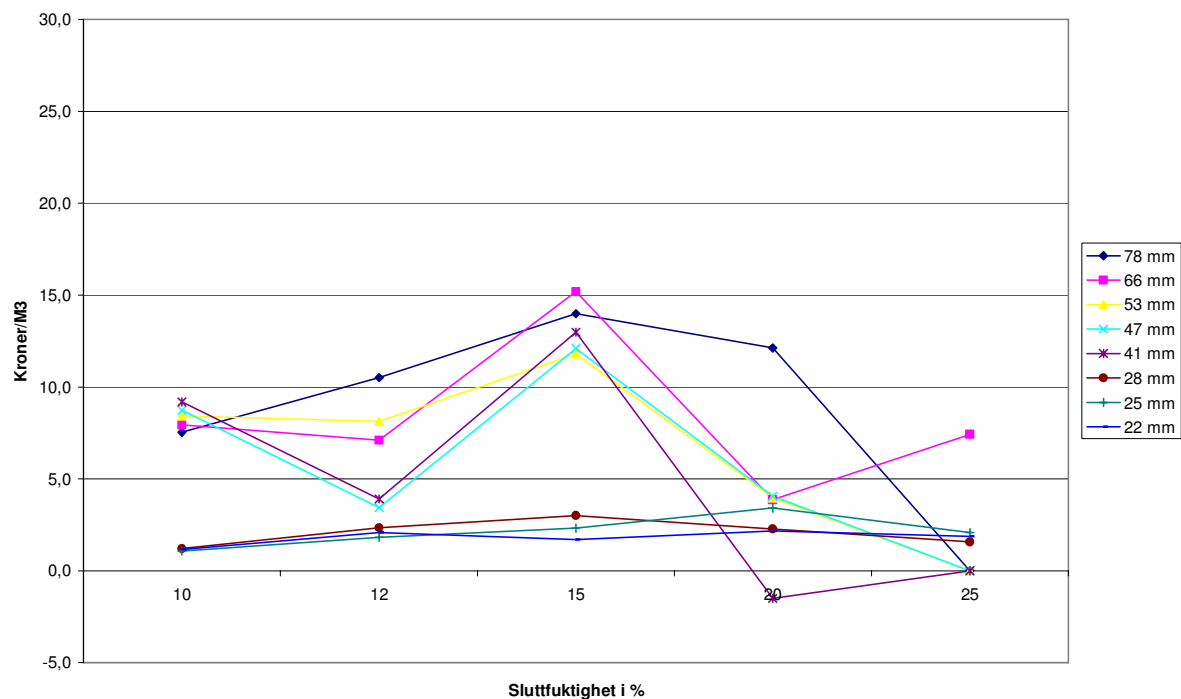


Graf 24. Furu sidebord samt sentrumsuttak med kondisjonering: forholdet mellom ønsket slutfuktighet i % og kostnad i kroner per kubikkmeter (m^3) trelast ut fra en gitt dimensjon.

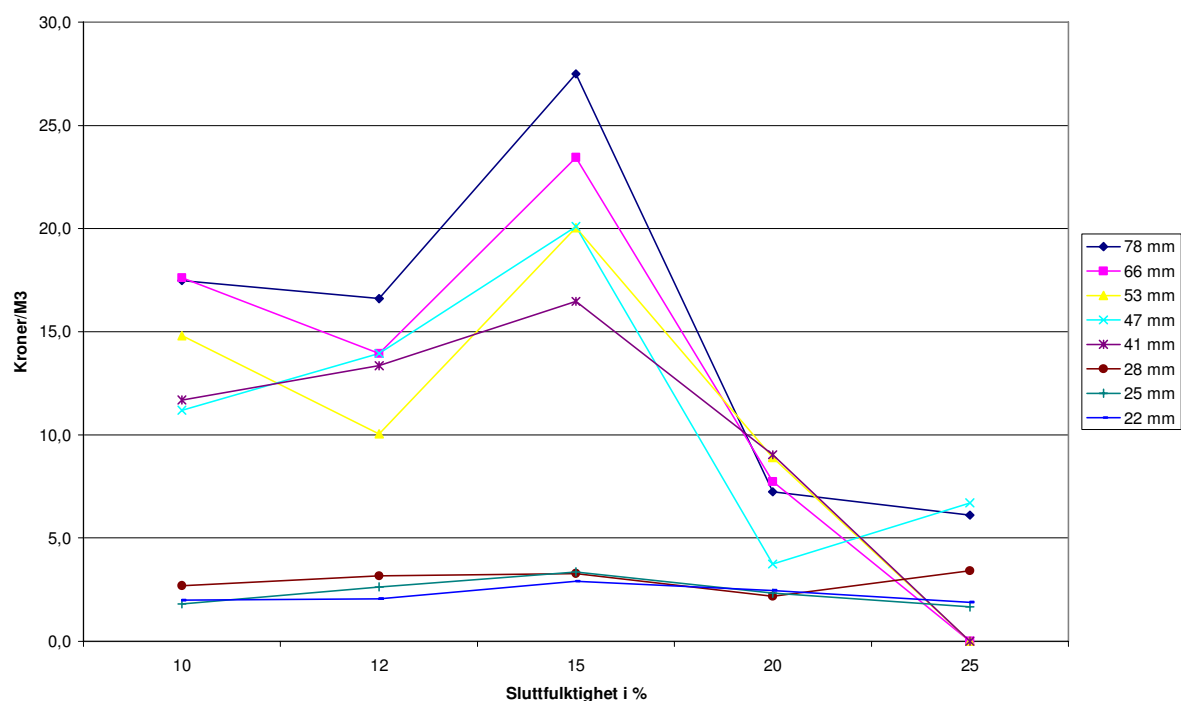
Kostnadene per kubikkmeter trelast, viser at de små dimensjonene er dyrest å tørke. Spesielt for gran ligger sidebordene forholdsvis mye høyere enn sentrumsuttaket (Figur 23). Grafene for gran, viser også nesten samme stigningstall, i motsetning til for furu hvor grafene krysser hverandre ved cirka 10 prosent fuktighet (Figur 24). Det vil si at de har ulike stigningstall, og dermed ulikt kostnadsforløp. Salgsprisen ut til kundene er lavere for sidebordene enn for sentrumsuttaket, noe som blir lite gunstig da sidebord koster mer å tørke.

4.3 Merkostnad ved å tørke ned en tørkeklasse

Merkostnaden er et uttrykk for hvor mye mer det koster å foreta en videre nedtørking ut fra foregående tørkeklasse (slutfuktighet i prosent). Denne er viktig å kjenne til for å kunne beregne hvor mye det koster å foreta en videre nedtørking av et produkt, og kunne vurdere den økte kostnaden opp mot hva kunden er villig til å betale for den videre nedtørkingen.



Figur 25. Merkostnaden for gran sidebord samt sentrumsuttak med kondisjonering: per kubikkmeter (m^3) ved å gå ned en tørkeklasse (vist på X-aksen) sett ut fra siste tørkeklasse.

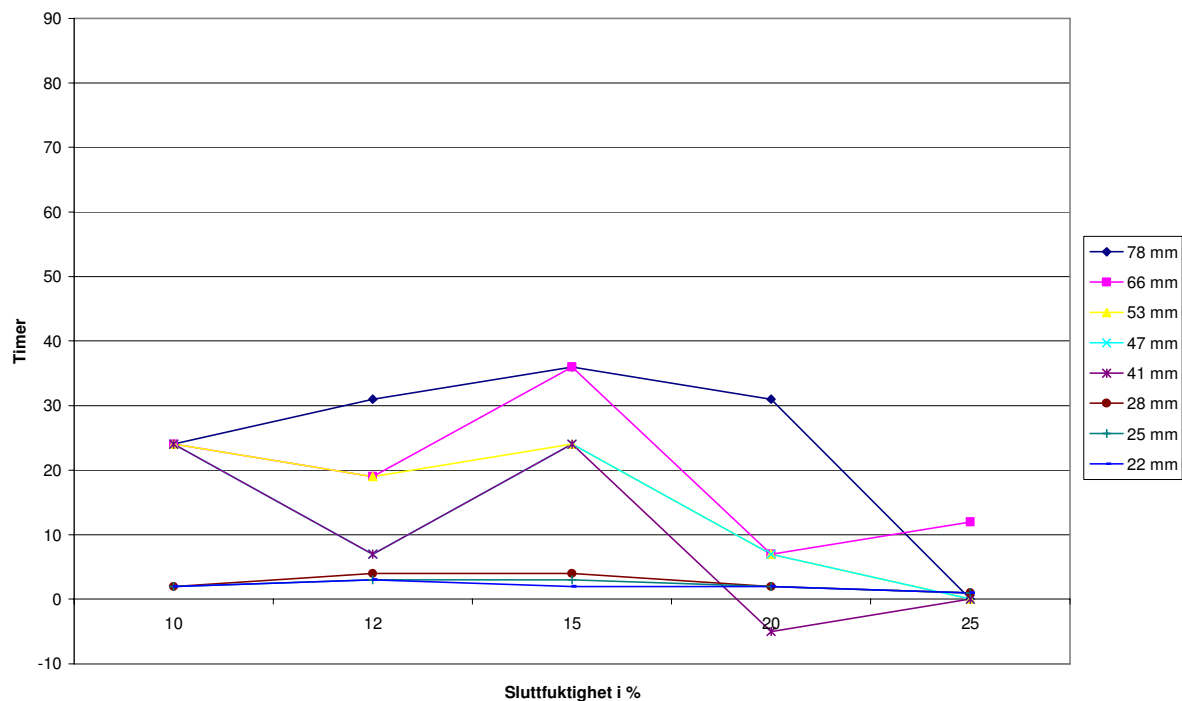


Figur 26. Merkostnaden for furu sidebord samt sentrumsuttak med kondisjonering: per kubikkmeter ved å gå ned en tørkeklasse (vist på X-aksen) sett ut fra siste tørkeklasse.

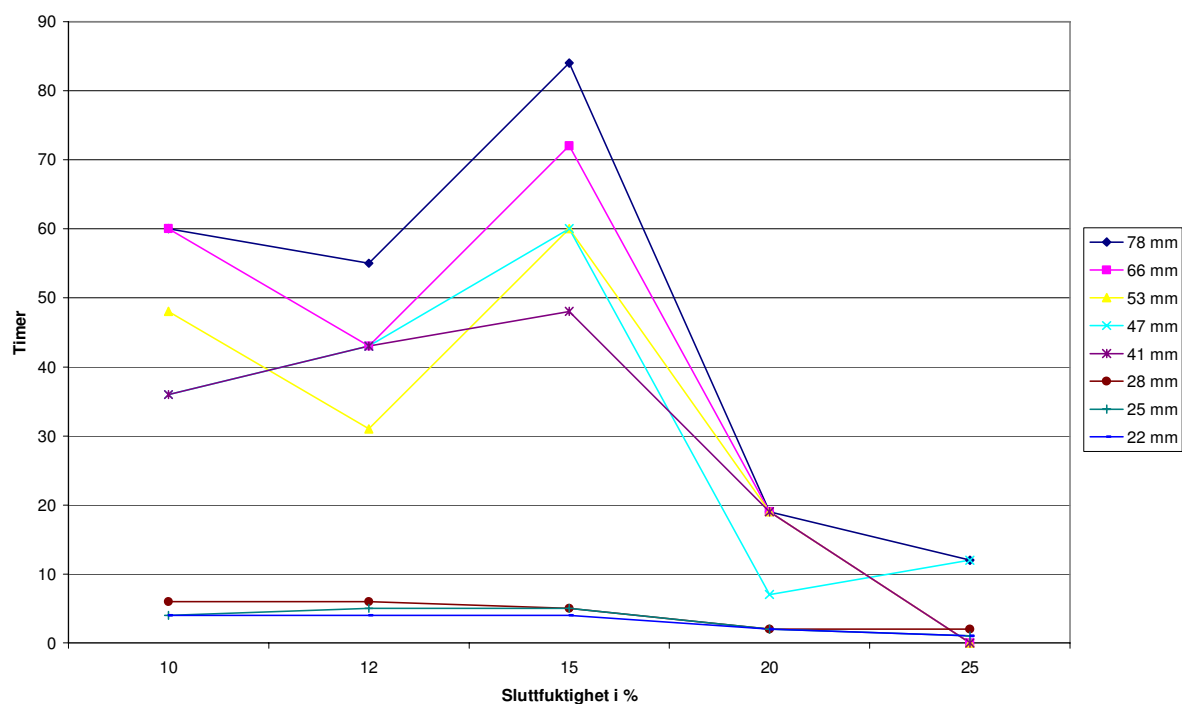
Først må det presiseres at når det skrives ”en klasse ned”, menes den ekstra kostnaden som kommer i tillegg ved å gå fra for eksempel fuktighetsklasse 20 til 15 prosent. Merkostnaden er da regnet ut i forhold til den tidligere oppgitte tørkeklassen. Det betyr at kostnadsøkningen er sett i forhold til foregående klasse (fuktighet), og ikke utgangspunktet. Med dette fremkommer kostnadene ved å tørke trelasten noe mer. Det må også tas i betraktning at det kan forekomme nedklasning av kvalitet som følge av den økte nedtørkingen. Både for gran og furu sentrumsuttak, kanskje spesielt for furu, ser en at tørkekostnadene per kubikkmeter avtar etter 15 prosent hvis tørkingen fortsetter. Sidebordene følger et litt annet forløp, og er helt klart mest unisont for furu (Figur 26), hvor alle tre følger nesten akkurat samme forløp. Merkostnaden for å tørke ned en klasse er svært lav sammenlignet med sidebordene, og forholder seg forholdsvis stabil. For gran sidebord er det et mer tvetydig bilde (Figur 25). Etter 12 prosent fuktighet ser det ut til at en videre nedtørking gir økte kostnader per kubikkmeter.

4.4 Mertid ved å tørke ned en tørkeklasse

Når merkostnaden for ekstra nedtørkingen, av et gitt produkt er kjent, må en vite hvor mye ekstra tid dette beslaglegger på tørkene. En kan komme til å stå ovenfor valget om å tørke et produkt videre ned, opp mot det å avslutte tørkingen, og starte tørkingen av et annet produkt det haster mer med.



Figur 27. Mertiden for gran sidebord samt sentrumsuttak med kondisjonering; gjelder for hele tørkesatsen ved å gå ned en tørkeklasse.

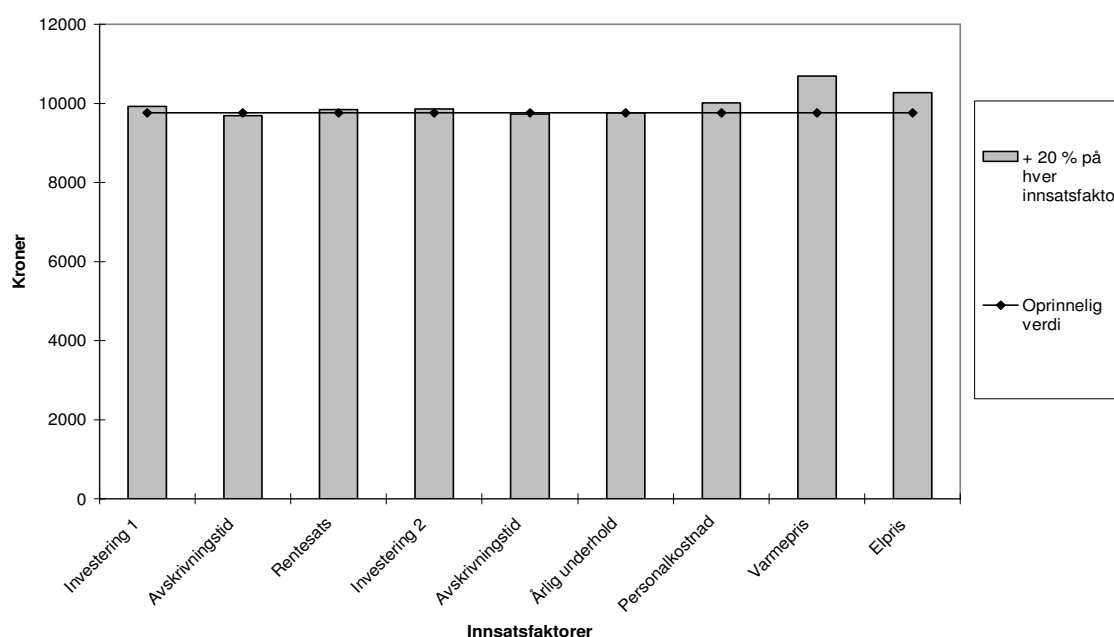


Figur 28. Mertiden for furu med kondisjonering for sentrumsuttaket, gjelder for hele tørkesatsen ved å gå ned en tørkeklasse.

Figur 27 for gran og 28 for furu viser at mertiden følger omtrent det samme grafiske forløpet som merkostnaden. Dette tilsier at tørketiden bør kunne forklare hvordan kostnadene utvikler seg, noe som vil bli presentert senere.

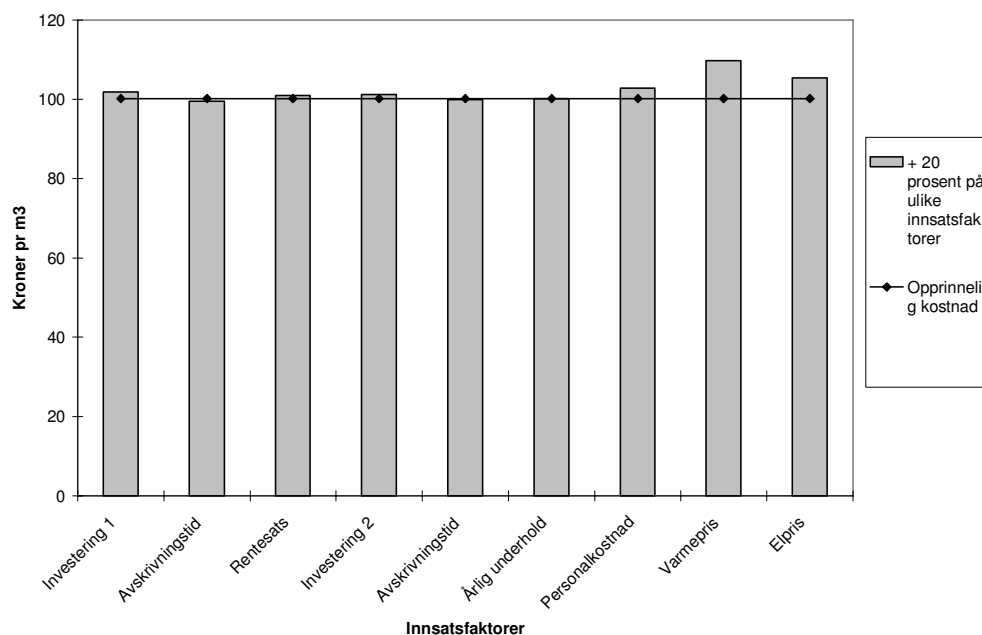
4.5 Følsomhetsanalyse på innsatsfaktorer for tørkekostnad

Når det skal gjøres beregninger, er det alltid viktig å fokusere på de kostnadene som virkelig betyr noe for sluttresultatet. I figur 29 er alle innsatsfaktorene når det gjelder kostnader økt med 20 prosent hver for seg, for å finne ut hvordan den totale kostnaden forandrer seg når en av de ulike faktorene økes. Figuren viser de totale kostnadene. Grunnen til at avskrivninger reduseres i forhold til opprinnelig verdi, er at kostnaden nå fordeles over en lengre tidsperiode. Det er blitt brukt furu med kondisjonering med en dimensjon på 53 millimeter som utgangspunkt for beregningene. Begrunnelsen for dette er at når det lages en modell for beregning av kostnader, viser det seg ofte at det er ytterverdiene som viser mest utslag i feil. Ved å bruke en middelvei, vil den som oftest bli mer lik de simulerte verdiene. Ikke unaturlig er det kostnaden for varme som har mest å si, etterfulgt av elektrisk energi og personalkostnader. På bakgrunn av dette, er det blitt gjort videre beregninger av kostnaden ved varmeproduksjonen, og da denne er veldig usikker, er det mulig å forandre den i regnearket. Kostnaden for elektrisk energi vil også kunne korrigeres i regnearket. Avvikene i forhold til det som er brukt som utgangspunkt kan både være positive og negative.



Figur 29. Hvor mye en økning på 20 prosent på hver innsatsfaktor, hver for seg, gir ny totalkostnad.

I figuren over blir de totale kostnadene presentert. Viktigere er det å vite hvor mye de ulike kostnadene øker per kubikkmeter, da dette har vært benevningen på de tidligere utregningene (Figur 30). Fordelingen vil bli lik for kostnad per kubikkmeter, men det gir en forståelse av hvor mye det faktisk har å si på produktnivå.



Figur 30. Hvor mye en øking på 20 prosent for hver innsatsfaktor, hver for seg, gir ny innsatsfaktor kostnad per kubikkmeter trelast.

4.6 Kostnader ved økt pris på varme

På bakgrunn av simuleringene som er gjort, med hensyn til en endret pris på bioenergi, gis et eksempel i tabellen under på hvordan kostnadene forandrer seg for de ulike produktene. I eksemplet er det brukt en dimensjon på 53 millimeter for sentrumsuttak og 22 for sidebordene, og alle er tørket med til 12 prosent fuktighet. Prisen på energien øker for alle med 5 øre/kWh.

Tabell 12. Hvor stor endringen i kostnaden per kubikkmeter trelast blir når prisen på varme økes med 5 øre kWh.

Produkt	Endring i øre/kWh	Opprinnelig øre/kWh	Ny total kostnad	Endring i total-kostnad	Endring i kostnad pr m ³
Gran sentrum uten kondisjonering	5	20	7274	1127	11,8
Gran sentrum med kondisjonering	5	20	8767	1204	12,6
Furu sentrum uten kondisjonering	5	20	9340	1156	12,1
Furu sentrum med kondisjonering	5	20	11153	1210	12,6
Gran sidebord uten kondisjonering	5	20	7526	1381	22,2
Grand sidebord med kondisjonering	5	20	8114	1434	23,0
Furu sidebord uten kondisjonering	5	20	8443	1764	28,3
Furu sidebord med kondisjonering	5	20	9038	1946	31,3

Resultatene av tabell 11 viser at den økte prisen i øre per kWh gir utslag i kostnadene per kubikkmeter trelast, og at den er størst for de små dimensjonene. Det vil si at de små sidebordene får et mer ufordelaktig kostnads- og pris forhold hvis kostnadene på varmenergien går opp. Det er en lineær sammenheng mellom økningen i øre per kWh, og endringen i kostnad per kubikkmeter. Fordobles øre per kWh, fordobles endringen i kostnad per kubikkmeter. Dette vil fungere på samme måte hvis endringen i øre per kWh reduseres, og hvis en går under opprinnelig verdi.

4.7 Kostnader ved økt pris på elektrisk energi

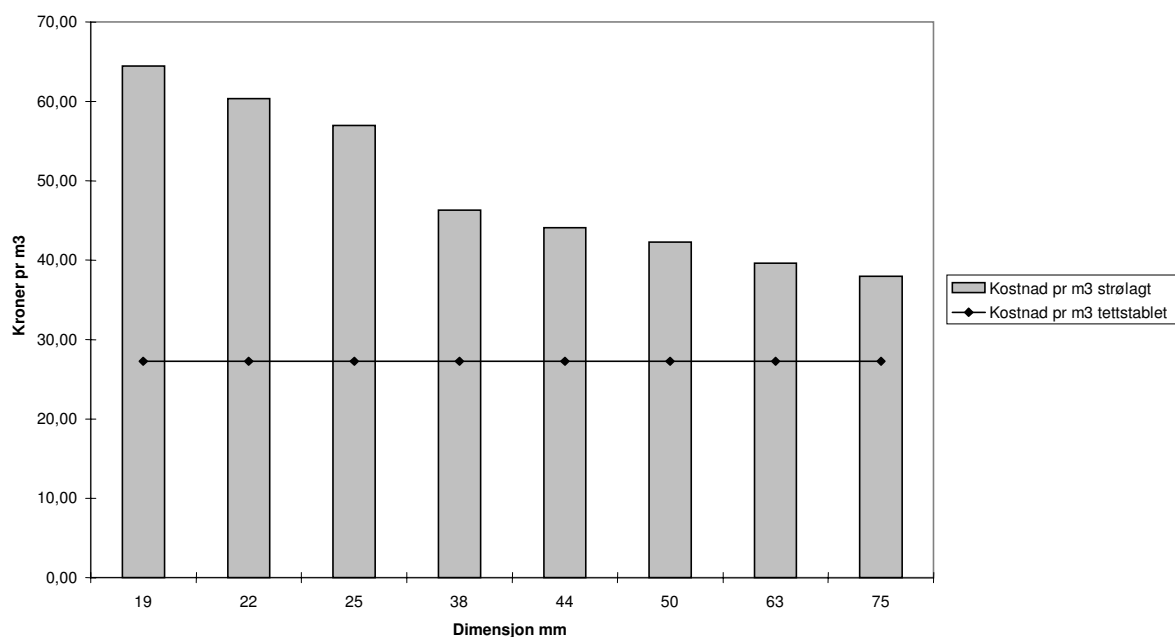
Kostnadene til den elektriske energien er forandret på samme måte som for varmeenergien. Det er også her brukt en dimensjon på 53 millimeter for sentrumsuttak og 22 millimeter for sidebordene, og alle er tørket ned til 12 prosent fuktighet. I tabell 13 er det satt en økning i energiprisen på 5 øre per kWh på samme måte som for varmeenergien over, og en ser her at den elektriske energien gir et mindre utslag, i kostnadene enn varmeenergien. Som for varmeenergien får sidebordene den største økningen i kostnadene for de ulike produktene.

Tabell 13. Hvor stor endringen i kostnaden per kubikkmeter trelast blir når prisen på elektrisk energi økes med 5 øre kWh.

Produkt	Endring i øre/kWh	Opprinnelig øre/kWh	Ny total kostnad endret pris	Endring i total-kostnad	Endring i kostnad pr m ³
Gran sentrum uten kondisjonering	5	56,4	6234	87	0,9
Gran sentrum med kondisjonering	5	56,4	7706	143	1,5
Furu sentrum uten kondisjonering	5	56,4	8400	186	1,9
Furu sentrum med kondisjonering	5	56,4	10204	261	2,7
Gran sidebord uten kondisjonering	5	56,4	5830	27	0,5
Gran sidebord med kondisjonering	5	56,4	6330	41	0,7
Furu sidebord uten kondisjonering	5	56,4	6741	260	4,5
Furu sidebord med kondisjonering	5	56,4	7404	419	7,3

4.8 Kostnader for mellomlager

Ulik dimensjon i form av tykkelse vil legge beslag på ulik del av mellomlageret. Små dimensjoner vil ta opp mer plass per kubikkmeter, fordi en større andel av trelastpakken er strølagt. Denne tankegangen er bakgrunnen for at det er beregnet kostnad for den enkelte dimensjon. I grafen under ville kostnaden for å lagre en tettstabled pakke vært 27,25 kroner. Figur 31 viser nå hvor mye det koster å lagre de ulike dimensjonene ved en gitt tid.

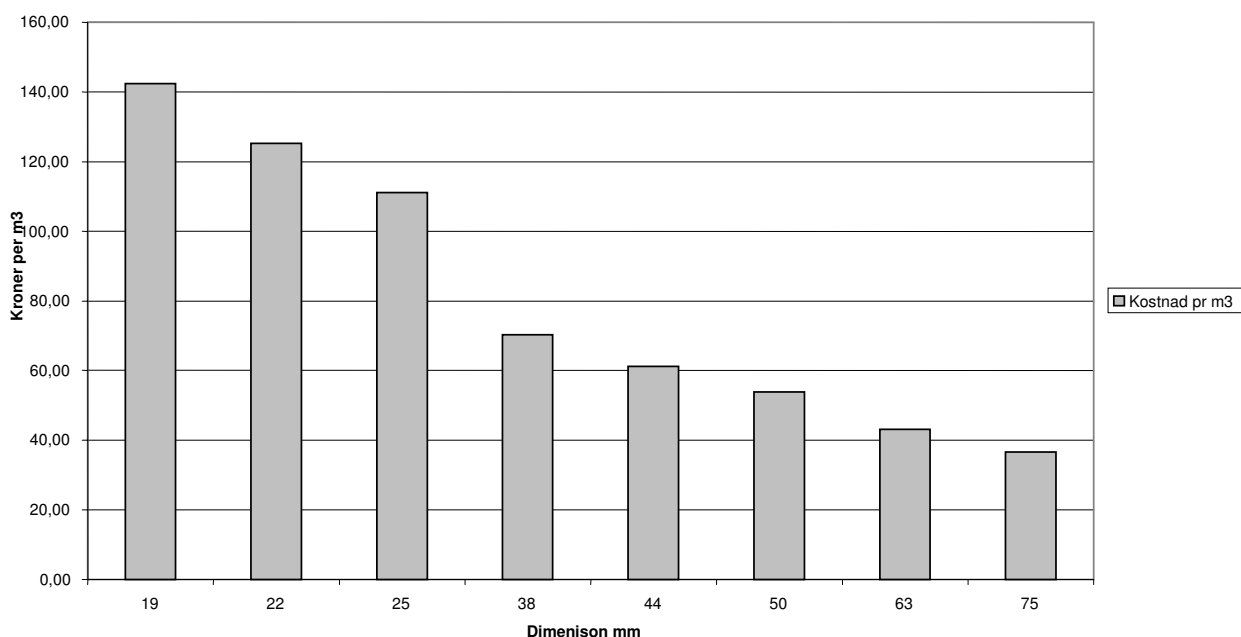


Figur 31. Kostnaden ved å lagre strølagt i forhold til tettstabelt.

4.9 Kostnader for avstrøing og emballering

Fra den gjennomsnittelig kostnaden for avstrøing og emballering, er kostnaden fordelt på dimensjon. (Figur 32). Dette er gjort helt og holdent med matematiske beregninger.

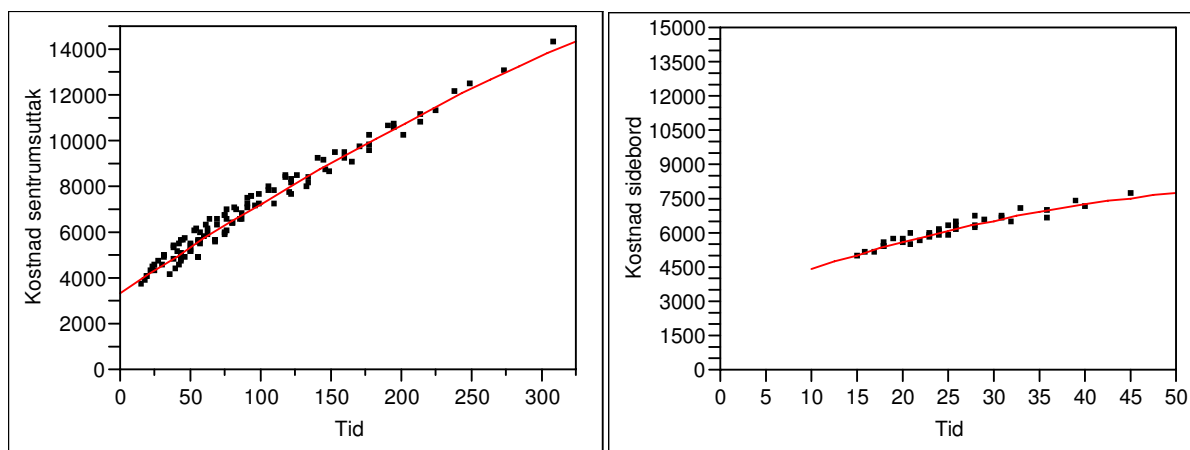
Gjennomsnittskostnaden som her er fordelt med hensyn på den enkelte dimensjon er kroner 119,27. I modellen vil en kunne sette inn ønsket gjennomsnittsverdi, og kostnaden per kubikkmeter lagret, trelast strølagt vil beregnes automatisk.



Figur 32. Hvordan kostnaden for avstrøing og emballering forandres ut fra dimensjon.

4.10 Sammenhengen mellom tørketid og tørkekostnad

Som det fremgår av tidligere figurer, har mertid og merkostnad omtrent det samme grafiske forløpet. Med dette som grunnlag, er det rimelig å anta at det er en sammenheng mellom tørketid og tørkekostnad. En aktuell måte å bestemme tørkekostnadene på, er ut fra hvor lang tid det faktisk tar å tørke den aktuelle trelasten. Først ble det forsøkt å bruke alle tallene samlet for tørketid og tørkekostnad, men det viste seg imidlertid at forskjellen mellom sidebord og sentrumsuttak er stor. Derfor er det gjort ulike simuleringer for disse to valgene, med alle simulerte verdier for tørketid og tørkekostnad innenfor valget sidebord og sentrumsuttak (Figur 33 og 34). Regresjonen er gjengitt i modell 6 og 7. Legg merke til at skalaene for grafene under ikke er like når det gjelder tid.

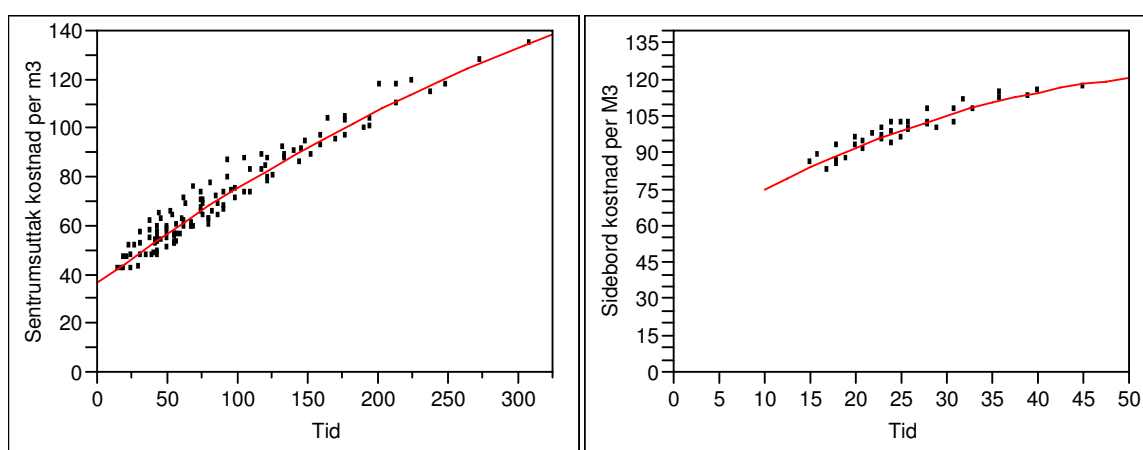


Figur 33. (til venstre), sammenhengen mellom tid og kostnad for sentrumsuttak. Figur 34. (til høyre), sammenhengen mellom tid og kostnad for sidebordene.

$$\text{Kostnad sentrumsuttak} = 3543,16 + 37,20 * \text{Tid} - 0,022 * (\text{Tid} - 90,42)^2 \quad \{6\}$$

$$\text{Kostnad sidebord} = 3804,83 + 92,54 * \text{Tid} - 1,13 * (\text{Tid} - 25,83)^2 \quad \{7\}$$

Figurene under er laget på samme måte som ovenfor, men her er tørketid satt opp mot kostnaden per kubikkmeter trelast (m^3) (Figur 35 og 36). Her er det også en klar sammenheng, akkurat som for de to andre overnevnte grafene nevnt ovenfor. Tørketid, sidebord og sentrumsuttak gir veldig god forklaringsgrad for tørkekostnad. Selv om ulike treslag og at det både er verdier for med og uten kondisjonering av sentrumsuttaket. Når modellen for regresjonslinjene nå foreligger, kan en regne ut tørkekostnaden ut fra den tiden som brukes i tørka (Modell 8 og 9).



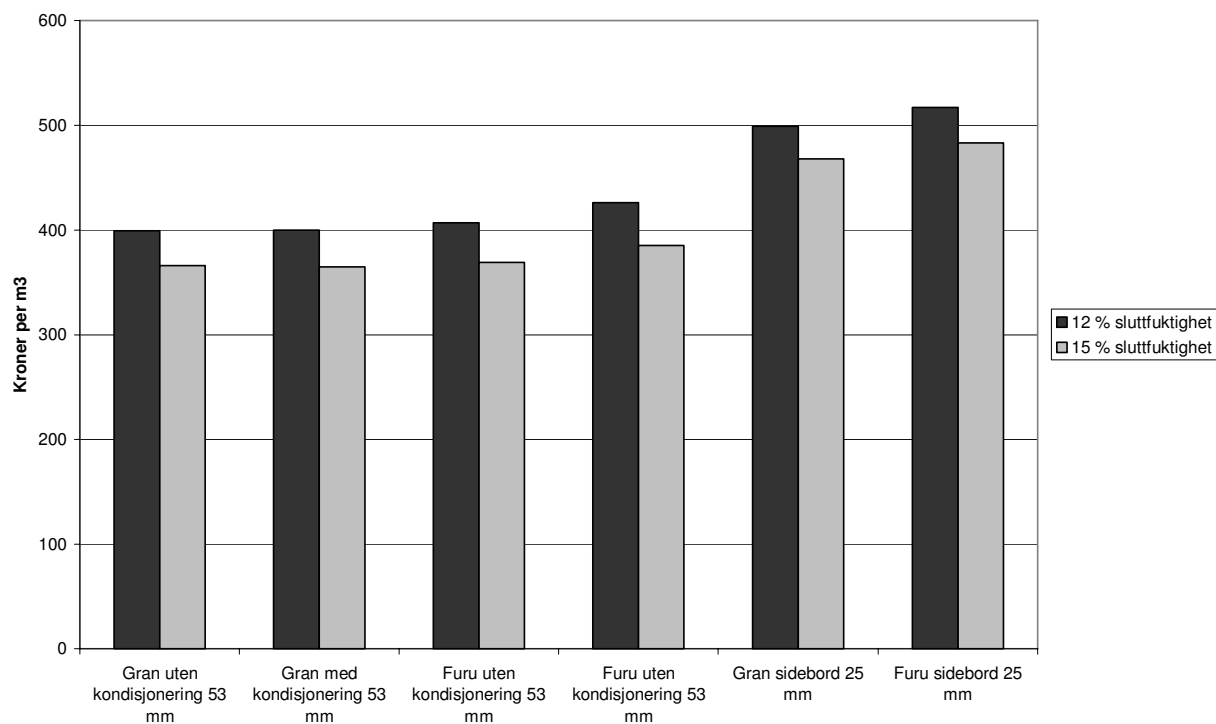
Figur 35. (til venstre), sammenheng mellom tid og kostnad per kubikkmeter trelast (m^3) for sentrumsuttak. Figur 36. (til høyre), sammenheng mellom tid og kostnad per kubikkmeter trelast (m^3) for sidebord.

$$\text{Kostnad sentrumsuttak } \text{m}^3 = 39,30 + 0,36 * \text{Tid} - 0,00033 * (\text{Tid} - 90,42)^2 \quad \{8\}$$

$$\text{Kostnad sentrumsuttak } \text{m}^3 = 66,91 + 1,30 * \text{Tid} - 0,019 * (\text{Tid} - 25,83)^2 \quad \{9\}$$

4.11 Eksempel på tørkekostnad for hele tørkeprosessen

I figur 37 er det gitt et eksempel på hvordan resultatet blir når den totale kostnaden regnes fram med regnearket. Gjennomsnittlig kostnad for alle produkter er beregnet av Madaus (1998), med korrigerte verdier til 335 kroner per kubikkmeter trelast. Det er ikke gjort korrigeringer på varme og elektrisk energi for tallene, men i tillegg vil det være variabler som for eksempel lagerkostnad som må tilpasses det enkelte tilfelle. Det er derfor ikke valgt å presentere flere slike figurer på grunn av mengden inngående variabler som inngår. Brukeren kan isteden selv beregne de verdiene han mener er interessante.



Figur 37. Totalkostnad for ulike produktalternativer med varierende slutfuktighet.

5.0 Diskusjon

Generelt kan det sies om den teoretiske innledningen at den bygger på få kilder fra tidligere arbeider med tretørking, noe som gir få muligheter til å sammenligne disse resultatene med tidligere studier. Den innledende teoridelen er tatt med for at lesere, uten veldig stor forståelse for trelasttørking, skal kunne sette seg inne i de utfordringene som finnes knyttet til trelasttørking og kostnadsberegninger. Med tanke på hvor lite litteratur som tilknyttet tørkekostnader, bør denne masteroppgaven være av interesse for de ulike sagbrukene i Norge.

Ønsket om en generell modell, vil det komme i konflikt med at denne oppgaven bygger på et tallmateriale fra en bedrift. Svakheten med modellen er at den ikke er testet ut i praksis. For at regnearket på en enkel måte skal kunne tilpasses, er det laget slik at brukeren selv kan korrigere de fleste variablene. Det er i denne oppgaven ikke vurdert inntjeningen på de ulike produktene. Med mange inngående variabler som forandres, blir det vanskelig å presentere dataene, men et utdrag er gitt i resultatkapitlet.

Tørkesimuleringene er nok gjort ut fra en mest mulig generell tankegang, hvor det ikke er lagt for mye vekt på tallene fra Begna Bruk, spesielt tørketid. Tørkekostnaden preges nok noe mer av tallene til Begna Bruk, da flere av faktorene som inngår er tatt direkte fra bedriften. Resten av regnearket er også bundet opp mot tallene til Begna Bruk, men her kan brukeren korrigere de aktuelle tallene opp mot en konkret bedrift etter eget ønske.

Faren for småfeil vil alltid være til stede, også her, spesielt med tanke på alle beregningene som er foretatt og forutsetninger som er gjort. Det er ikke tatt høyde for kapasitetsbegrensinger i oppgaven, noe mange sagbruk opplever, siden selve trelasttørkingen ofte er kapasitetsbegrensningen ved et sagbruk. Start- og stoppkostnader i forbindelse med trelasttørkingen er ikke vurdert eller tatt med.

Tallene for beregningene bygger på diplomarbeidet til Madaus (1998), og er brukt ukritisk. Generelt virker det som at mye arbeid er lagt ned i kostnadsfordeling og mengden med innsamlede data bør tilsi at videre beregninger er gjort på et bra datagrunnlag. Mange av kostnadene vil være like år for år, slik at de i dag er like korrekte som de var i 1998. Enkelte verdier, som personalkostnader og pris på elektrisk energi, vil derimot ha forandret seg mye fram til i dag. Disse verdiene er korrigert opp til dagens nivå, og ikke funnet på nytt gjennom

bedriften. Det er også mulig å anta at det er gjort investeringer, som har påvirket kapasiteten og behovet for arbeidskraft. Dette er det ikke tatt hensyn til, for da må en eventuelt gå igjennom alle tallene på nytt, siden forandring i en kostnad vil påvirke de andre.

Hvis et sagbruk vil ha mest mulig beregninger knyttet opp mot sin egen bedrift, og ikke bare se på trender på kostnadene ved å forandre enkelte inngangsfaktorer, må brukeren selv fylle inn alle tallene for grunnlagsdata og tørkekalkyle. Dette gir det enkelte sagbruk en bra mulighet til å teste regnearksmodellen opp mot deres gjeldende kostnads kalkyler, og eventuelt implementere den nye modellen. Det vil si at regnearksmodellen, slik den er i dag, kan brukes på et sagbruk til kostnadsberegninger. Dette var ett av målene med oppgaven når arbeidet startet. Som tidligere nevnt, er det viktig å huske at en modell bare vil gi en beskrivelse av virkeligheten, og av den grunn ikke alltid vil kunne gi det eksakte svaret.

5.1 Tretørking, simulering med Torksim

Beregningene i Torksim, er gjort så systematisk som mulig, for å hindre at tilfeldigheter slår inn når beregninger gjøres og de ulike verdiene leses av. Problemet er at et fast mønster setter begrensninger i muligheten til å tilpasse et tørkeskjema helt optimalt for det enkelte produkt, gitt ulike typer forutsetninger, som dimensjon og slutfuktighet. I praksis vil en ha mulighet til å tilpasse det enkelte tørkeskjema best mulig, ved det enkelte sagbruk.

Torksim har veldig mange inngangsvariabler for beregning av tørketid og tørkekostnad, men for å se de ulike trendene på resultatene, har det vært nødvendig å sette en fast verdi på en del av disse verdiene. Dette tilsier at verdiene som beregnes ikke alltid vil gi et korrekt svar, da forutsetningene ved det enkelte sagbruk kan være forskjellig.

For sentrumsuttakene er det lagt på en kondisjoneringstid, og denne er variert ut fra ønsket slutfuktighet, hvor kondisjoneringstiden går ned med lavere ønsket slutfuktighet. I ettertid har det vist seg at kondisjoneringstiden er variert for mye mellom de ulike slutfuktighetene. Grunnen til at det er gjort på denne måten, er at når de laveste slutfuktighetene ble fuktet opp igjen som følge av kondisjoneringen, fikk disse i forhold til de andre slutfuktighetene veldig mye lenger tørketid.

Måten blant annet kondisjoneringstiden er regnet ut på, kan også gjøres annerledes ved å gjøre noen få beregninger med kondisjonering, og at en da finner ut hvor mye kostnaden øker. Dette kan det lages en funksjon av, som beskriver hvor mye kostnaden øker når det velges å kondisjonere. Beregningene i denne oppgaven bygger på et mye større tallmateriale, der hver eneste simulering er gjort på nytt med kondisjonering. Her kreves mye mer tid for å få fram beregningene, men dette burde da danne et bedre datagrunnlag for kondisjoneringskostnaden.

Hvert tall som inngår i de økonomiske beregningene, er hentet fra en kilde. Det er ikke noe som bare er vurdert fram, bortsett fra kostnaden forbundet med varmeproduksjon ved et biobrenselanlegg. I tillegg må det trekkes fram at tallene på U- verdi, det vil si veggens varmeledningsevne i bygningen, er satt på bakgrunn av generelle verdier. Andelen av veldokumenterte tall bør tilsi at også beregningene blir riktige.

De simulerte verdiene er beregnet statistisk med regresjoner. Alle disse har fått en veldig høy forklaringsgrad. Det handler her om simulerte, og ikke målte verdier. Det vil derfor allerede ligge inne en variasjon rundt de beregnede verdiene, ut fra det som virkelig var målt når programmet ble laget.

5.2 Regnearket

Når det i denne oppgaven har blitt fordelt kostnader på produktnivå, har det stort sett vært gjort med utgangspunkt i den gjennomsnittlige kostnaden for trelast, hvis det ses bort fra selve tørkekostnadene. For lagerkostnadene er kapitalkostnadene trukket ut fra den gjennomsnittlige kostnaden for trelasten, og fordelt på nytt igjen. Kostnadene burde nok vært delt opp på denne måten for flere av avdelingene, og på den måten vil oppgaven nærme seg en mer tradisjonell måte å fordele kostnader på. Vist i eksemplene i teoriinnledningen. Utfordringen er at i en bedrift er kostnadsfordelingen ofte mer komplisert enn i lærebokeksemplene.

Brukergrensesnittet for regnearket er nok ikke det beste, med tanke på at det skal være enkelt å bruke for en som er totalt ukjent med det. Ved eventuelt videre arbeid og implementering av modellen, bør det gjøres forbedringer med hensyn til brukergrensesnittet, og lage det på en annen form enn som et Excel regneark.

Oppbygningen av regnearket med gjentakelse mange ganger av de ulike produktalternativene, er satt opp slik fordi brukeren selv skal kunne sammenligne de ulike produktene på hvert enkelt sted i prosessen, som for eksempel på strølegginga. Funksjonene for de ulike produkttypene er like, det vil si at kostnaden kun påvirkes av dimensjonen, og en kan da teste hvordan kostnaden forandrer seg for de ulike dimensjonene uten at det tas hensyn til gran, furu eller med eller uten kondisjonering for sentrumsuttakene. Dette er med på å komplisere bruken av regnearket, men den som kjenner modellen vil raskt og enkelt se endringene.

Kvalitetstap og krymping

Når det gjelder kvalitetstap og krymping har det ukritisk blitt brukt formelen til Gjerdrum (2000). Det går ikke fram av rapporten hvilket datagrunnlag som ligger til grunn for disse beregningene. Formelen er brukt, til tross for at det er svakheter i den, knyttet opp mot denne oppgaven, som har fokus på det enkelte produkt. Dersom det skulle lages en ny formel for hvert produkt, vil det også i den inngå en del forutsetninger og antagelser for å komme fram til en kostnad. Samlet sett blir disse mer usikre enn den som tidligere er utviklet. Funksjonen er derfor tatt med slik den er, og brukeren må selv påse å korrigere den opp mot hva som er aktuelt i det konkrete tilfelle, da det anses at denne vil variere mye for ulike bedrifter, produkter og partier. Forsøk gjort på Pacific Coast Hemlock, viser at nedklassing ikke stammer fra tørkingen, men er et resultat av trelastens iboende kvalitet (Hao og Avramindis 2006).

Lagerkostnad

Lagerkostnadene for mellomlager og klimatisert etterlager er nok den verdien det knytter seg færrest usikkerhetsfaktorer til. Fra enkle beregninger og mulighet for brukeren til å selv angi kritiske verdier for utregning, som totalkostnad og lagerkapasitet, vil denne verdien kunne gi et av de mest korrekte svarene i konkrete tilfeller.

Strølegging

Strøleggingskostnadene som er samlet inn (Madaus 1998) er fordelt ut på antall kubikkmeter som går gjennom anlegget, og kostnadene er fordelt 100 prosent på tørkeprosessen. Med utgangspunkt i ABC - kalkyler i trelastindustrien (Kjesbu et al. 2001) finner en at strølegging (råsortering) er lagt sammen med kostnadene til saga, og fordeles da ut fra en timekostnad. Det blir også hevdet at strøleggingskostnaden ikke skal inngå i tørkekostnadene, ettersom

dette forutsettes utført for alle alternativene (Gjerdrum 2005). Denne kostnaden er derfor ikke fordelt, men betraktet som en gjennomsnittskostnad per antall kubikkmeter trelast.

Avstrøing emballering

I følge ABC-kalkyler i trelastindustrien (Kjesbu et al. 2001), omtales tørrsorteringskostnaden som avhengenig av antall planker som går gjennom anlegget. Til tross for dette blir kostnadene fordelt ut fra kubikkmeter. Det oppgis heller ikke noe tidsforbruk for de ulike dimensjonene. De tallene som fremkommer bygger i stor grad på matematiske beregninger for kostnadene. En tidsstudie eller erfaringstall fra bedriften vil lett gi et bedre estimat på denne kostnaden

5.3 Resultater

Tørketid og tørkekostnad

De ulike produktene er fordelt inn etter gran og furu sidebord, samt sentrumsuttak med og uten kondisjonering. Det vil nok være en noe mer glidende overgang mellom sidebord med de største dimensjonene og sentrumsuttak med de minste dimensjonene, men på grunn av at de har fått helt forskjellige tørkeskjema, forskjellig utgangspunkt i startfuktighet og kondisjonering, ses en tydelig forskjell.

Grunnen til at kostnadene for sidebordene er så høye i forhold til sentrumsuttakene, kan forklares med at sidebordene har en mye høyere startfuktighet, og at det derfor må fjernes mer vann. I tillegg opptas mye av plassen inne i tørka av strø for sidebordene, noe som gir en mindre andel trelast inne i tørka.

Mertid og merkostnad

Det er først her de virkelig spennende tallene kommer inn. Det vises klart at sentrumsuttakene, og da spesielt furu, har en klar nedgang i kostnadene per kubikkmeter trelast ved å forsette tørkingen etter 15 prosent fuktighet. Dette stemmer dårlig overens med hva Gjerdrum (2005) har funnet, som viser til en tilnærmet lineær økende kostnad med lavere slutfuktighet i trelasten. Noe av forskjellen kan forklares med at det er tatt med kostnader for krymping, kvalitetsnedklassing og at all produktene er sett under ett. Dette er ikke gjort i denne delen av oppgaven, med simuleringene. Det må også tas med i betraktningen at Torksim beregner ut fra fysiske prosesser i veden, mens Gjerdrum (2005) sitt arbeid

omhandler den praktiske tørkingen som skjer ute i bedriftene. Der gjøres andre avveininger, med forutsetninger for selve tørkingen, kapasitet på tørkene og andre eksterne faktorer som kan påvirke beregningene. Mertiden og merkostnaden holder seg mer stabil med de ulike slutfuktighetene for sidebordene.

Følsomhetsanalyser på innsatsfaktorer for kostnadene

Følsomhetsanalysen viser at selv om hver og en av de ulike innsatsfaktorene økes med 20 prosent, påvirkes ikke de totale kostnadene i særlig grad. Selv om det er varmeprisen som gir det største utslaget på følsomhetsanalysen, må det påpekes at det også er denne som i utgangspunktet er den mest usikre og minst dokumenterte.

Endring i varme og elektrisk energi

Tallene er presentert med brukergrensesnittet fra regnearksmodellen. Disse kunne sikkert vært presentert på en mer pedagogisk måte, men er gjort slik for å illustrere hvordan regnearket kan brukes. Kostnaden for varme gir det største utslaget, og for både varme og elektrisk energi, er det sidebordene som helt klart får den mest ufordelaktige utviklingen med de økte kostnadene. Dette forsterker det allerede ugunstige forholdet mellom salgpris og kostnader forbundet med produksjonsprosessen.

Hvis kostnadene både for varme og elektrisk energi øker mye, må det kanskje vurderes hvorvidt det er lønnsomt å tørke sidebordene. Det kan tenkes et scenario hvor det faktisk kan være mer lønnsomt totalt sett å bruke en større andel av sidebordene til celluloseflis for de dimensjonene som gir dårligst lønnsomhet, hvis etterspørselen og prisen på celluloseflis er god. Det er ikke gjort noen økonomiske beregninger rundt dette temaet.

Sammenhengen mellom tid og kostnader

Når det gjøres regresjonsanalyse på dette datamaterialet er forskjellen mellom en lineær, andregrads og tredjegrads regresjon minimale. Rent visuelt ser det ut som at det er en lineær sammenheng, men det er valgt å bruke de statistiske beregningene, og behandle de som en andregrads- regresjon. For enkelhetsskyld burde disse sammenhengene sees på som lineære og for da lettere kunne se sammenhengen. Siden tørkekostnad forklares bra av tørketid, sidebord og sentrumsuttak. Selv om det er ulike treslag, med- og uten kondisjonering viser det seg nå i ettertid at modellen burde vært vurdert bygd opp rundt tørketid, sidebord og sentrumsuttak. Dette vil gjøre arbeidet mye enklere og kan vurderes ved eventuelle framtidige

studier. I ABC-kalkyler i trelastindustrien (Kjesbu et al. 2001) beregnes tørkekostnadene fra en fast kostnad per time for tørka. Denne kostnaden burde vært vurdert opp mot hva som her er funnet, spesielt opp mot tørketid og kostnad.

Eksempel på tørkekostnad for hele tørkeprosessen

Kostnaden tilknyttet krymping og volumtap utgjør her en stor del og denne er som nevnt tidligere veldig usikker ved bruk i denne modellen. Resultatene er bare gjort som et eksempel og brukeren har veldig mange muligheter for å forandre på de ulike inngangsvariablene og dermed resultatet.

5.4 Oppsummering

- Kostnaden per kubikkmeter trelast er større for sidebordene enn for sentrumsuttaket
- Mertid og merkostnad sett ut fra siste slutfuktighet er økende fram mot 15 prosent fuktighet, for å avta mot 12 prosent, for videre å flate ut.
- Kostnaden for henholdsvis varme, elektrisk energi og personalkostnad er de faktorene som har mest å si for den totale tørkekostnaden ut fra kronologisk rekkefølge, med varmeenergi som helt klart påvirker mest.
- Økt pris på henholdsvis varme og elektrisk energi gir størst negativt utslag for sidebordene.
- Det er laget en regnearksmodell som kan brukes i forbindelse med å avdekke kostnadene for det enkelte produkt, gitt ved gran og furu sidebord, samt sentrumsuttak med og uten kondisjonering, tørket ned til forskjellig fuktighet gitt ulik dimensjon

Kilder

- Björck, A. (2006): Utvärdering av mekaniska skador i råsorteringen på Tunadals sågverk, Eksamensarbete, Luleå Tekniska, <http://epubl.ltu.se/1402-1617/2006/012/LTU-EX-06012-SE.pdf>
- Esping, B. (1987): Trätorking, torkingsfel-atgärder, 2, TräteknikCentrum
- Esping, B. (1992): Trätorkning, grunder i torkning, 1 a, Trätek
- Esping, B. (1996): Trätorkning, praktisk torkning, 1b, Trätek
- Gjerdrum, P. (2000): Cost efficient timber drying, Proceedings of the 2nd COST E15 – Workshop on “quality drying of hardwood”
- Gjerdrum, P. (2005): Økonomi og kalkyler for trelasttørking, Skogindustri, nr 8, 2005; 10-11
- Haave, M.P. (2004): Oppfukting av emballert trelast, Hovedfagsoppgave, Norges Landbrukshøgskole, Institutt for skogfag
- Hansen, T., Svendsen B. (1996): Økonomisk styring av foretak, Cappelen Akademiske Forlag as, Oslo
- Hao, B. Avramidis, S. (2006): Timber moisture class assessment in klin drying, Journal of the institute of wood science, volume 17 no 3, ISSN 0020-3203
- Hoff, K.G., Krüber, S. (1998): Driftsregnskap og budsjettering. 3 utgave, Tano Aschehoug
- Horngren, C.T., Foster, G., Datar, S.M. (2006): Cost accounting: a marginal emphasis, Upper Saddle River, N.J. : Pearson Prentice Hall
- Johansson, P., Lundgren H. (2005): Förstudie för produktionshöjande åtgärder, en fallstudie på Munksunds sågverk, Piteå, Eksamensarbete, Luleå Tekniska Universitet, <http://epubl.ltu.se/1402-1617/2005/286/LTU-EX-05286-SE.pdf>
- Kjesbu, H., Eikenes, B., Mellem A. (2001): ABC-kalkyler i trelastindustrien, Trelastindustriens Landsforening og Norges Landbrukshøgskole, Institutt for skogfag

Kværner, S. (2006): Treindustrien en historisk næring med nye utfordringer

Madaus, M. (1998): Analyse der Kosten der technischen Schnittholztrocknung in Norwegen, diplomarbeit, zur Erlangung des akademischen Grades Diplom-Holtzwirt im Fachbereich Biologie der Universität Hamburg

Rosenkilde, A. (1998): Manual till programmet TRÄTORK ver. 2.45, Trätek

Salin, J.G, Rosenkilde, A. (1998): Manual och användarbeskrivning till programmet TORKSIM ver. 1.1, Trätek

Sørbu, O. (2000): Introduksjon av ABC-kalkyler hos Gilde Hed-Opp, Hovedfagsoppgave, Norges Landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag.

Tronstad, S. (2001): Tørking av trevirke, Byggenæringens Forlag AS

Tunes, T. (2006): Presentasjon av produktkalkyler og internprising av trelast, <http://www.treteknisk.no/fullstory.aspx?m=193&amid=6301>

Internett

Internettkilde 1: <http://www.treteknisk.no/fullstory.aspx?m=703&amid=2900>

Internettkilde 2:

<http://www.torkeklubben.no/index.php?option=content&task=view&id=18&Itemid=51>

Internettkilde 3: <http://www.ag.no/> (trelasttørker, kammertørker)

Internettkilde 4: <http://www.treteknisk.no/fullstory.aspx?m=890>

Internettkilde 5: <http://www.exjobb.se/ovrigt/annat/valjatra.pdf>

Internettkilde 6: http://www.trefokus.no/3810_GXWleBmoQwk.img

Internettkilde 7: http://www.trefokus.no/3815_bWadKIFAPaY.img

Internettkilde 8: http://www.ateam.no/ktml_files/Fakta/fuktighet_norge.doc

Internettkilde 9: <http://www.ssb.no/aarbok/tab/tab-021.html>

Internettkilde 10: http://www.bedin.no/CWObjekter/Etablbok_arbgiver_arbtaker.shtml

Internettkilde 11: <http://www.ssb.no/emner/06/05/lonnind/tab-2007-02-16-01.html>

Internettkilde 12: <http://www.ssb.no/emner/10/08/10/elkraftpris/tab-2007-04-11-05.html>

Internettkilde 13: <http://www.treteknisk.no/fullstory.aspx?m=33&amid=4850>

Internettkilde 14: <http://www.byggmesteren.as/story.lasso?id=3453>

Internettkilder er alle sist lest 9. mai 2007