

Høgskolen i Gjøviks rapportserie, 2012 nr. 3

Tørking av gran og bjørkeved til brensel

Magnar Eikerol



Høgskolen i Gjøvik
2012

ISSN: 1890-520X

ISBN: 978-82-91313-85-6

Tørking av gran og bjørkeved til brensel

Magnar Eikerol
dosent
Høgskolen i Gjøvik

Forord

Året 2011 ble det året hvor folket fikk øynene opp for sjelen ved vedhogst og behovet for ved som brensel ved Lars Mytting sin bok "Hel ved". Når dette skrives, så er opplaget kommet opp i over 100 000 eksemplarer. Da er det godt å vite at dette prosjektet startet før vi fikk nyss om hans prosjekt. Mens vi drev med innsamling av data, så kom det en forespørsel fra forfatteren om jeg kunne lese igjennom hans første versjon. Det er blitt gjort og dermed er mye av litteraturhenvisningen overflødig i og med at han har hentet mye informasjon som gjør at jeg ofte kommer til å henvise til den boken. Det har også vært med en bachelorstudent Christoffer Kvernfold som har gjort noe av arbeidet med avsnittet om forsert friluftstørking og en masterstudent Hans Martin Eikerol som har arbeidet med å lage vedtørkedigrammene. Takk til begge to.

Veden representerer en fornybar energikilde og er den viktigste kilden til energi for omtrent halvparten av verdens befolkning. Når du brenner ved i ovn, er forbrenning og dermed energieffektivisering avhengig av vanninnholdet i veden. I Danmark er det generelt anbefalt at fuktinnholdet bør ikke være mer enn 180 g kg^{-1} av total vekt. I New Zealand, nærmere bestemt til området Christchurch er det ulovlig å brenne ved idet hele tatt vinterstid dersom veden har et fuktighetsinnhold over 20 % av totalvekt [1]. Vår studie tar sikte på å vurdere effekten av treslag, gran og bjørk samt litt selje, høstings tid og på tørking av stablet ved med bølgeblikktak på. Tørketiden er avhengig av hogst tid, treslag, og av ly (i hvertfall tak over). Det konkluderes med at gran og bjørk felt i løpet av forsommeren kan få et akseptabelt fuktighetsinnhold ved start av fyringssesongen.

Når ved brenner, vil mange ulike kjemiske forbindelser slippes, herunder eddiksyre og tjære. For å oppnå full forbrenning av disse stoffene til vann, karbondioksid og aske må temperaturen være på minst $700 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Når veden har et høyt fuktighetsinnhold vil temperaturen ikke nå siden deler av energien brukes for å fordampe vannet og fordi damp konkurrerer ut luft som trengs for forbrenningen.

Resultatet blir ineffektiv bruk av energi og utslipp av ubehagelig eller til og med skadelig forurensning. I en studie på energieffektivitet og utslipp fra ulike innenlandske treslag ble ovner fyrte med våt ($300\text{-}350 \text{ g vann kg}^{-1}$ total vekt) og tørr ($160\text{-}180 \text{ g vann kg}^{-1}$ total vekt) trevirke. Våt ved ble funnet å redusere energieffektiviteten og samtidig øke utslippene av karbonmonoksid(CO), total hydrokarbon (THE), flyktige organiske komponenter (Voe) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) med 300-900% i forhold til tørr ved. Målinger utført av den danske National Environmental Research

Institute (DMU), viser at vedovner er en av de viktigste kildene til forurensning med skadelige luftbårne partikler og dioksin i urbane områder. Basert på disse konklusjonene til Environmental Protection Agency i Danmark, anbefales fyringsved med høyere fuktinnhold enn 180 g kg^{-1} total vekt aldri skal brukes i innenriks ovner [2].

For å få et tilstrekkelig lavt vanninnhold det har vært anbefalt at veden er overlatt til tørk i inntil to år. Ofte er dette ikke mulig på grunn av umiddelbare behov for brensel eller på grunn av begrenset lagringskapasitet. Denne studien tar sikte på å vurdere tiden som er nødvendig for tørking av ved til et akseptabelt fuktinnhold, avhengig av treslag og tidspunkt for hogst.

Innhold

tørking av gran og bjørkeved til brensel.....	1
Forord.....	1
Hensikt med forsøket.....	5
Teori.....	5
Metode.....	6
Gjennomføring.....	8
Resultater vårtørking.....	9
Tørkeomgang sommer mot høsten 2011.....	10
Forsøksopplegg.....	10
Gjennomføring.....	10
Resultater etter sommer ved-tørking.....	10
Diskusjon av resultater.....	11
Anbefalinger.....	11
Vedlegg.....	14
Referanser.....	14
Vedlegg 1.....	15
Forsert lufthastighet i vedskjul sammenlignet med tørking i friluft.....	15
Vedlegg 2.....	22
Sammenheng mellom beregnet sluttvekt basert på to tørkeprøver i endene og veid vedkubbe til slutt.....	22
Vedlegg 3.....	24
Om interpolasjon av datasett for tørking ved bruk av MATLAB.....	24
Funksjoner.....	28
Fetch polynom.....	28
Fetch extended graph.....	28

Fetch extended graph with increased moisture 30

Hensikt med forsøket

Hensikten med dette prosjektet har vært tredelt. Det første er å finne ut om friluftstørking av ved i små sekker (60 l) tørker fortere enn ved i storesekker (1000 l), når trefuktigheten i starten er like i begge typer sekk. Hypotesen er at ved tørket i storesekk ikke er tørr når ved i småsekk er det. Ved i storesekk antas ikke å være tørr i midten når den selges, selv om den har tørket under bølgeblikk under hele tørkesesongen som varer fra mars til antatt ut september her i indre østlandsområdet. Ved som ikke holder en trefuktighet på ca 17 % av totalvekt antas ikke å være salgsvare. I Danmark er tallet 18 %. [2]. Under tørkeprosessen vil det også kunne oppstå muggdannelser dersom temperaturen blir ca 20 °C og man fremdeles har en fuktighet over vel 20 %. Denne muggen vil bli med inn for eksempel i oppvarmet kjeller eller annet sted innen hus med litt varme. Denne soppen vil da kunne danne sporer som igjen kan gi luftveissykdommer. For å unngå dette, er hypotesen den at vinden(trekken) vil sørge for at muggsopp ikke dannes. Dette er del to av prosjektet. Den siste delen omhandler bruk av elektrisk fuktighetsmåler for registrering av trefuktighet og dens godhet sammenlignet med tørke-veie metoden.

Teori

Fuktighetsinnhold- definisjon

Trevirkets fuktighet defineres på flere måter. Når det er trelast som skal måles, så benyttes $u = ((m_{rå} - m_{tørr})/m_{tørr}) * 100 \%$. Denne kan gi fuktigheter over 100 %. Denne formel vil bli benyttet i denne sammenheng ved målinger underveis i og med at vi benytter elektrisk fuktighets måle verktøy. Disse er kalibrert mot denne type trefuktighet. Ved som brensel har en trefuktighet som defineres slik:

$f = (m_{rå} - m_{tørr})/m_{rå} * 100 \%$. Denne vil alltid gi en fuktighet under 100 %. Sammenhengen mellom disse er

$f = u/(1+u)$ når u og f er heltall (ikke prosent). Eks. $u = 20 \%$ eller 0.2, så er $f = 0.2/1.2 = 0.167$ eller 16,7 %. $M_{tørr}$ betyr at biten er tørket i ovn i 103°C i ett døgn før veiing. (Biten veies til det ikke foregår noen vekttap mer.) Biten har da fjernet alt vann, men ikke ekstraktivemner som blir borte ved ennå høyere temperaturer. Denne tørke-veie metoden gir trebitens gjennomsnittsfuktighet og ikke dens fuktighetsgradient over tverrsnittet eller i lengderetningen. Elektrisk fuktighetsmålinger derimot, registrerer den elektriske motstand i trestykket. Ved denne metode stikkes eller slås det inn to elektroder som måler den elektriske motstand i mellom dem. Det som er viktig her, er at disse elektrodene er isolerte slik at man kan lese av fuktigheten i varierende dybde innover i trekubben. Dersom man benytter uisolerte elektroder(spiker, stifter), så kan man i enkelte tilfeller lese av fuktigheten på overflaten dersom den har vært eksponert for dugg, regn eller annen fuktighet. Selv om man de slår elektrodene lenger inn, vil man likevel lese av den fuktigheten som korresponderer med den høyeste trefuktighet. Trefuktighet i mellom 8 og ca 23 % korrelerer bra med logaritmisk elektrisk motstand. [3] Målingen er basert på det faktum at i en del av rommet mellom ovnstørt tre og fibermetningspunktet er det nær en lineær sammenheng i mellom logaritmen til elektrisk motstand og fuktighetsinnhold. Fra tørking fra 30 % (ca fibermetningspunkt) til 0 %, så øker den elektriske motstand omtrent en million ganger, mens over fibermetningspunktet vil en økning i vanninnholdet til absolutt metning bare øke den elektriske motstand kun femti ganger. På grunn av dette og fordi den elektriske motstand ved lav fuktighet, $u < 7 \%$, blir ekstrem høy, så blir de

elektriske resistans fuktighetsmålere i praksis kun egnet imellom 7 og 23 %. [3]

I samme bok står det også at fordi trefuktigheten fordeler seg ujevnt i lengderetningen (longitudinell) og fordi trefuktighet nær enden på planker er tørrere enn lengre inn på planken, så bør man kappe av 30 cm før tørke-veie prøven foretas. Dette, samt egne målinger fortatt i HiG sin rapportserie "Tørking fra enden - hvor er det nødvendig å ta prøvene?" 1998 nr 4. gir grunnlaget for at ved ikke kappes lengre enn ca 30 cm. [4]

Trevirke er et hygroskopisk materiale som krymper og sveller avhengig i hvilke omgivelser det står i og hvilken trefuktighet det har. Trevirke er tredimensjonalt og det er radielt, tangentielt og longitudinell retning. I longitudinell retning, så tørker trebiten fortere ut enn i de to andre retninger, og det er denne effekten som også er med på å bestemme at vedkubben ikke bør være for lang. I radiell retning har man barken som jo i sin natur er vanntett og derfor ikke slipper ut fuktighet før kubben under bark er kommet under fibermetningspunktet i fuktighet og begynner å krympe.

[3]Kollman/Cote sin bok på side 228 sies det at motstanden mot diffusjon er lav i lengderetningen (fiberretningen)sammenlignet med den man har på tvers av fibre. For vanlig ved med densitet i området 400 – 600 kg/m³, kan den være i området 5 til 8 ganger høyere i fiberretningen enn på tvers av denne. Under fibermetningspunktet kan forholdet komme helt opp i 16. En annen kilde [9] sier at når veden er rå, så er avdunstingen i alle tre retninger lik, mens den under fibermetningspunktet (u ca 30 %) så er avdunstingen i lengderetningen 5-25 ganger raskere enn på tvers av veden. Årsaken til tørking er kompleks og skal ikke beskrives i detalj her, men tørking over fibermetningspunktet skyldes i hovedsak de kapillære krefter som suger ut vannet på grunn av luftens evne til å ta opp fuktighet, mens det under fibermetningspunktet er forskjellige diffusjonsprosesser som råder. I vanlig klima på Østlandet kan trevirke tørke til ca 15 % dersom tykkelsen ikke er for stor, < 50mm. Tørking av ved skjer ved 3 hjelpemidler, disse er relativ luftfuktighet, lufthastighet og temperatur. Dersom man ikke bygger inn vedstablene, så er det lite vi kan påvirke tørkingen med. Veden i seg selv er også svært varierende med hensyn til startfuktighet, vedtykkelse og –lengde, Fiberretning (ved med mye kvist tørker fortere enn ved uten kvist- når alt annet er likt), Densiteten, kjerne- og yte ved for bartre, mugg og sopp i veden gir også forskjellig tørketid [5].

Metode

Metoden vi har benyttet er enkel, men arbeidsom. Det er kappet trær i vinterhalvåret (Mars 2011), som igjen er kvistet og kappet til håndterbar lengde. Treslagene var både gran og bjørk. Stammene ble kappet til 30 cm lengde, det ble tatt tørkeprøver av hele stammeverrsnittet i hver ende av 10 grankubber og 8 bjørkekubber. Disse prøvene ble veid umiddelbart og man antar at gjennomsnittet av endeprøvene gir startfuktigheten for vedkubbene i mellom dem.



Bilde 1. Eksempel på tørkeprøve

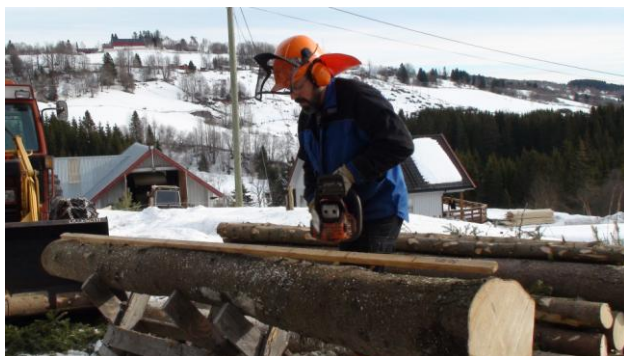
Etter at tørkeprøvene var tatt og veid, ble vedkubbene i mellom tørke-veie bitene kløvet opp i høvelige stykker, merket og veid. En halvdel ble lagt i småsekk på 60 l, mens den andre halvdel ble lagt i storesekk på 1000 l. Slik etablerer man parvise prøver med antatt samme startfuktighet.



Bilde 2. Merkede vedkubber med noen påmonterte elektroder

3 grankubber og 2 bjørkekubber ble i tillegg påsatt elektroder for senere målinger med elektrisk fuktighetsmåler, både de i storesekk og de i småsekk. Til sammen ble 10 grankubber kløvet og veid og 8 bjørkekubber fikk samme behandling. Kubbene ble lagt i tilfeldige sekker slik at en pall med småsekker representerer vårt måleområde.

Gjennomføring



Veden merkes til 30 cm lengde



Ved klar til kløving

Småsekkene ble stablet på pall som de profesjonelle gjør det med 4 sekker i høyden og 3 sekker i bredden på 80x120 cm pall. I storsekken ble prøvekubbene lagt ca midt i sekken, mens noen veide kubber ble lagt på toppen av sekken, for senere veiinger. De med elektroder ble lagt midt i sekken fordi man der kun registrerer elektrisk fuktighet inntil forsøket avbrytes når småsekk kubbene når ønsket slutfuktighet.



Bilde 3. En pall med småsekk ferdig stablet



Bilde4. . Storsekken er fylt opp

Forsøket ble startet den 23.mars 2011 og avsluttet den 12. juli 2011. da ble bitene tatt ut for ny veiing. I og med at veden allerede var tørr, ble det foretatt ny hogst av ved med påfølgende nye prøver, men i denne omgang bare i småsekker og 5 bjørkekubber og 3 gran- og 2 seljekubber ble målt med elektrisk fuktighetsmåler fram til oktober. I tillegg ble alle prosedyrer med tørkeprøver i for og bakkant gjentatt. Den kløvde veden ble også veid og lagt sammen med sine "elektriske" i samme sekk. Vedsekkene ble plassert på diverse steder på pallen, slik at man kan se om plasseringen på pall har noen betydning for tørkingen.



Ny hogst av gran foretatt den 12.juli 2011 i Vardal

Resultater vårtørking

For å teste om det å ta tørkeprøver over hele tverrsnittet før tørkeprosessen starter og om disse beregningene stemmer overens med tørke-veie prøver av hele vedkubbene etter avsluttet tørking, har noen sammenheng, så viser resultatene at korrelasjonen er på over 99 %. Derfor fastslår vi at det

å ta og kappe av 2 cm av hele tverrsnittet av kubben i hver ende av veden, og deretter veie kubben før tørkeprosessen starter, beregner tørrvekten på basis av begge tørkeprøvers slutfuktighet i gjennomsnitt, for så å beregne hvilken vekt kubben må ha for å kalles tørr, er riktig. Beregningen ligger i vedlegg 2. Dette gjelder både for gran og bjørk. Et annet resultat som er en bekreftelse på at fuktigheten over stammelengden er relativt konstant, viser at for bjørk så varierer fuktigheten basert på tørrvekt i fra 60 til 65 %, mens den for gran varierer mellom de forskjellige trær fra 82 til 117 % av tørrvekt. Det ble kappet en bjørkestamme som man tok etterfølgende tørkeprøver av. Av gran ble det tatt prøver fra forskjellige trær. Dette er beskrevet i mye litteratur om både fuktighetsvariasjon innen trær og også mellom trær. (Noen referanser ligger i vedlegg) [6,7] Dette betyr at man burde ta veldig mange tørkeprøver for å få noe signifikans på uttalelsene. Det er ikke gjort i denne undersøkelsen, men andre har gjort det og dermed blir forslagene kun av akademisk karakter. For praktiske formål har man på bakgrunn av registreringene prøvd å finne en sammenheng av startfuktighet og tørketid fram til en slutfuktighet på 17 % av totalvekt i to situasjoner, nemlig tørking i friluft under en fin vår og en regnvåt sommerkløyvd ved, tørket fram til midten av oktober. (17 % av totalvekt gir 20 % av tørrvekt. Elektrisk fuktighetsmåler viser fuktigheten av tørrvekt).

Vedlegg 3 viser tallene som kom fram i undersøkelsen. Disse viser kort fortalt at det i perioden 23.mars til 12. juli 2011 ikke er noen signifikant forskjell på å tørke ved i storsekk(ikke stablet)(1000 l) med det å stable veden i 60 l sekk stablet på pall i Vardal (Gjøvik kommune) Slutfuktigheten i begge typer sekker ble i gjennomsnitt 18 % av tørrvekt, mens standardavviket ble noe større for veden stablet i storsekk sammenlignet med den som lå i småsekk. Henholdsvis 5 og 3 % rundt middelveidien. Dette gjelder både bjørk og gran.

Tørkeomgang sommer mot høsten 2011

Forsøksopplegg

Forsøket med gjentatt med gran, bjørk og denne gang, også noen kubber med selje (Salix). I motsetning til første tørkeomgang, benyttet vi kun småsekker. Dette fordi vi på bakgrunn av første forsøk ikke fant noen signifikant forskjell i gjennomsnittsfuktigheten i mellom storsekk og småsekk. Derimot var det forskjell i standardavviket. Dette medførte at vi tok alle prøver og la dem i småsekk, men de forskjellige vedkubber i forskjellige sekker, slik at noen lå lavt på pallen, mens de andre lå høyere.

Gjennomføring

Pallen med småsekker ble plassert på samme sted som ved i første tørkeomgang, men med et plastikklag under pallen i et forsøk på å redusere muligheten for at fuktighet i bakken skulle trenge inn i vedstabelen. Nå regnet det så mye at vi er usikre på om dette hadde noen hensikt.

Resultater etter sommer ved-tørking

Vedlegg 2 viser at vi ikke kom i mål med riktig slutfuktighet til 17 % av totalvekt etter endt tørking til 13.oktober fra 13. juli 2011 i Vardal. Bjørkeveden var nær med 3 biter under 17 % av totalvekt, mens verken gran eller selje var tørr nok til å ta inn i hus å fyre med. Startfuktigheten for bjørkestammen varierte fra 77 til 100%, gran fra 111 til 133 % av tørrvekt. Selje lå omtrent på 105 % av

tørrvekten. (Kun to prøver) Som man registrerer er fuktigheten i trevirket i sommerhalvåret mye høyere enn vinterveden. Dette er også bekreftet av andre og representerer ikke noe nytt.

Avhengig av plassering av sekken på pall, viser at fuktighet i ved nederst er noe høyere enn veden plassert høyere oppe. Dette kan skyldes flere ting. Fuktighet fra bakken når telen går, gir fuktighetstransport opp fra bakken. Når ved varmes opp fra solen, så fordamper vannet, dette vannet som blir blåst rundt i stabelen eller sekken, kan treffe en kald vedkubbe og kondensere på denne. Dette var spesielt for vårtørkingen. For sommer tørkingen hadde vi så mye horisontalt regnvær at vi ikke kan påstå noe som helst om plassering av sekkene.

Diskusjon av resultater

Ved av gran og bjørk hugget, kappet og kløyvd i 30 cm's lengde, mens det fortsatt var vinter (mars 2011), stablet i storsekk eller småsekk og lagt til tørk på pall og under blikk tak, er fyringstørr i slutten av mai og kan legges inn i kjeller, klar for fyringssesongen til høsten. Et annet resultat er at ved i storsekk gir samme gjennomsnittlig slutfuktighet som det å tørke i småsekk i like lang tid, men at spredningen (standardavviket) i storsekken ble større enn i småsekken. Dette betyr at veden i storsekken bør ligge noe lenger enn det som er nødvendig for småsekken (60 l) for fortsatt fuktighetsutjevning mellom vedkubbene.

Vi har i denne undersøkelsen kommet fram til det som de fleste vedhuggere allerede har konstatert, nemlig å hugge ved i fellesferien (midt i juli) på Østlandet kan medføre at du ikke har fyringsved til vinteren dersom man benytter gran eller bjørk.

Videre har vi en annen undersøkelse funnet ut at det å stable ved i et uthus uten sol, men med forsert luft hastighet, ikke gir noen raskere tørking enn det å ha veden liggende ute under tak. Det vi opplevde var faktisk at vi fikk muggdannelse i selje og gran i vedskjulet. Tørketiden ble den samme. Denne rapporten ligger i vedlegg 1.

Anbefalinger

På bakgrunn av de registreringer som er foretatt i denne undersøkelsen og det som er lest i annen litteratur, vil anbefalinger til "vedfyringsfolket" at man hugger, kapper og kløyver veden opp i biter, stabler den på en solfylt plass før eller i påsketider, legger den opp fra bakken, og legger et håndterbart tak oppå. La sol og luft komme til, og du har tørr fyringsved i månedsskiftet mai-juni under forutsetning at veden er ca 30 cm lang. Da kan man ta veden inn i hus eller inn i vedskjul uten fare for mugg og sporedannelse. Dette gjelder for bjørk og gran. Dette gjelder både ved i småsekk som i storsekk. Man kan få tørr nok ved innen høsten dersom man hugger, kapper og kløyver kort nok ved (maks 30 cm) før ca 1. juli her på Østlandet. Den veden vil kunne være tørr nok i begynnelsen av oktober. Senere nyfelt tre vil ikke være klar samme fyringssesong. Den veden vil måtte vente til neste sommer. Unntaket vil være dersom man får en kjempetin høst uten regnvær. Dette skjedde ikke sommeren / høsten 2011.

En ting til kan ikke anbefales og det gjelder blandingsved. Dersom selje er med i vedsekken, så vil den ta lengre tørketid enn gran og bjørk og vil dermed være bestemmende for tørketiden. Det anbefales derfor at selje tørkes i egne sekker.

Det er også funnet ut at bruk av elektrisk resistans fuktighetsmåler underveis i tørkingen ikke gir noen reelle tall før man kommer ned til under 20 % av tørrvekt. En slik fuktighetsmåler er avhengig av temperaturkorrigering og densitetskorrigering. Uten isolerte elektroder registrerer man kun den fuktighet som er høyest, enten det nå er inne i veden eller på overflaten.

Det er også laget noen forslag til tørketider avhengig av når treet er hugget og når vedtørkingen starter. Disse skjemaene forutsetter en fin vår og en heller dårlig sommer og høst med mye regn. Veden er kappet til 30 cm og kløvet opp i 4 deler. Det er beskyttet av bølgeblikk.



Antatt tørketid for gran avhengig av fellingstidspunkt og tørking starter. Det kan se ut som om fuktigheten i starten avtar utover sommeren. Dette må leses med stor forsiktighet i og med at det er avhengig av kjerneved andelen. I de to prøvene som er registrert (begge ytterkurvene) så er det bare dratt en rett linje mellom dem. De kurvene viser er at dersom du kapper og tørker ved etter St.Hans, så er det ikke sannsynlig at man har tørr ved i hus denne høsten. En referanse som viser at disse interpolerte kurver stemmer overens med registreringer foretatt av Norsk Treteknisk Institutt i 1952/53 om tørking av 75 mm trelast viser en forbausende god overensstemmelse [8].



For bjørk sin antatte tørketid, så er det satt at løvsprett foregår i tidsrommet 1. til 17.mai og dermed øker fuktigheten i treet betydelig. Tørking forutsetter 30 cm ved og under bølgeblikk tak.



Selje bør tørkes utenom gran og bjørk på grunn av lang tørketid i friluft under tak.

Vedlegg

Referanser

- [1] <http://ecan.govt.nz/advice/your-home/home-heating/home-heating-rules-canterbury/Pages/home-heating-for-christchurch.aspx> den 12.02.2012
- [2] Drying of firewood – the effect of harvesting time, tree species and shelter of staced wood av Thomas Nord-Larsen, Andreas bergstedt, Ole Farver, Niels Heding I tidskriftet Biomass and Energy 35 (2011) 2993-2998 fra ELSEVIER
- [3] Kollman /Cote; Principles of wood science and technology volume 1- Springer Verlag ISBN 0-387-04297-0 side185,257-259
- [4] Magnar Eikerol;Høgskolen I Gjøvik sin rapportserie nr 4 – 1998
- [5] Lars Mytting; HEL VED ISBN 978-82-489-1049-7 Kagge Forlag
- [6] Natural wind drying of willow stems J.K.Giegler et al. Biomass and energy 19 (2000)-153-163
- [7] Endel Saarman ;Trekunnskap –ISBN 91-7322-726-9
- [8] Geir Eggen og Magnar Eikerol; Tørking av trelast- Norsk Treteknisk Institutt/Universitetsforlaget- ISBN 82-00-27758-5 side 33.
- [9]Bjørn Esping; Tretorkning-Grunder i torkning ISBN 91-88170-06-3

Vedlegg 1

Forsert lufthastighet i vedskjul sammenlignet med tørking i friluft

Formål:

Har forsert lufthastighet innvirkning på tørketiden for rå kløvet ved fra 28 feb til 20 % trefuktighet av tørrvekt er nådd?

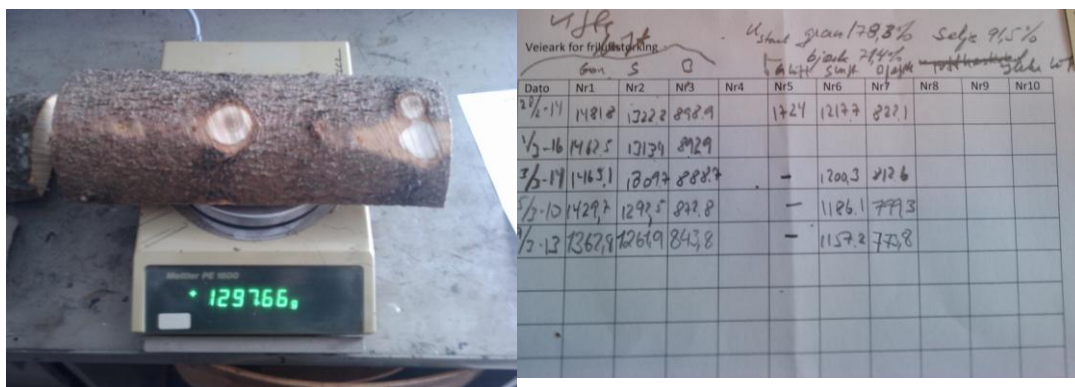
Metode:

Det ble tatt tørkeprøver fra begge ender på tre ulike trearter; gran, bjørk og selje. Kubbene ble kløyvd i lengder på 30 cm og deretter veid.

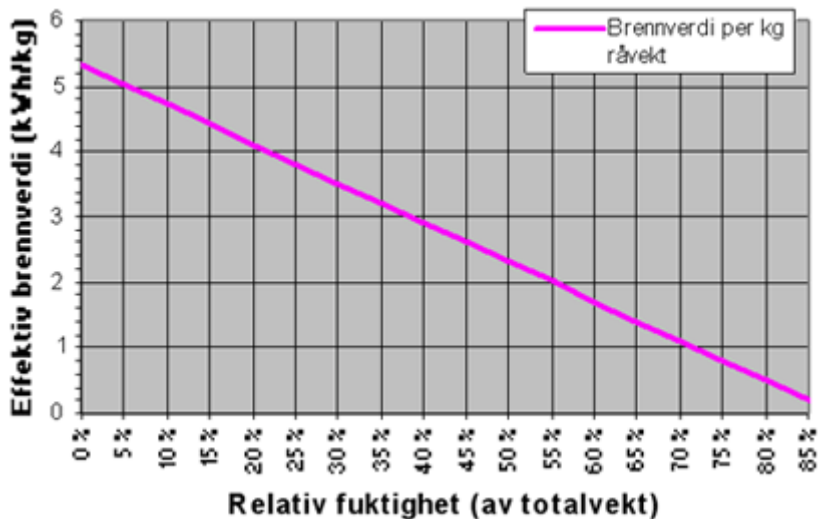
Startfuktigheten ble funnet ved å ta tørkeprøver som ble satt i tørkeskap og tørket til tilnærmet 100% tørrmasse, deretter ved å se på vekten før og etter tørkingen ble startfuktigheten beregnet, samt sluttvekten ved 20% fuktighet.

Tre av kubbene ble lagt under tak med vegger og to pc-vifter som på tvers av kubbelengden. De tre andre kubbene lå ute i friluft kun under tak. Kubbene var parvis av samme stammeved.

Vedkubbene ble veid 1-2 ganger hver uke og vekten notert i skjema der vi beregnet trefuktigheten med jevne mellomrom. Når veden oppnår 20 % trefuktighet avsluttes målingene og tid/dato noteres.



Tørking av trevirke er helt avgjørende for å bruke materialet til fyring. Normen er at trevirket ikke skal ha mer enn 20 % trefuktighet av totalvekt. Dette pga. vedens brennverdi er for dårlig ved fuktigheter over 20 %. Desto mindre vann i veden, desto større blir den effektive brennverdien. Vekten av tørrmassen pr. volumenhet vil variere ettersom noen treslag har høyere densitet enn andre. Dette gjelder også for brennverdien pr. volumenhet, men brennverdien pr. kilo ved samme fuktighet er tilnærmet den samme for alle tref typer.



Her ser vi hvordan brennverdien minker ved økt fuktighet. Bildet er hentet fra energigårdens hjemmesider

Som vi ser fra grafen over øker brennverdien omvendt proporsjonalt med trefuktigheten. Ved 20 % fuktighet har veden en brennverdi på ca 4 kWh pr. kilo ved.

Økning av brennverdien er den eneste grunnen til at man tørker ved. Fuktigheten i trevirket er heller ikke homogent fordelt over treet's tverrsnitt, som regel har kjerneveden en mye lavere fuktighet enn yteveden. Yteved har i nåletrær en fuktighet over 100 %, mens kjerneved ofte er i mellom 30-40 % av tørrvekten. Trevirket krymper også med 4-5 % i volum fra å være fersk til fyringstørr ved. Veden vil krympe lite i lengderetningen, men relativt mye i aksial og radial retning.

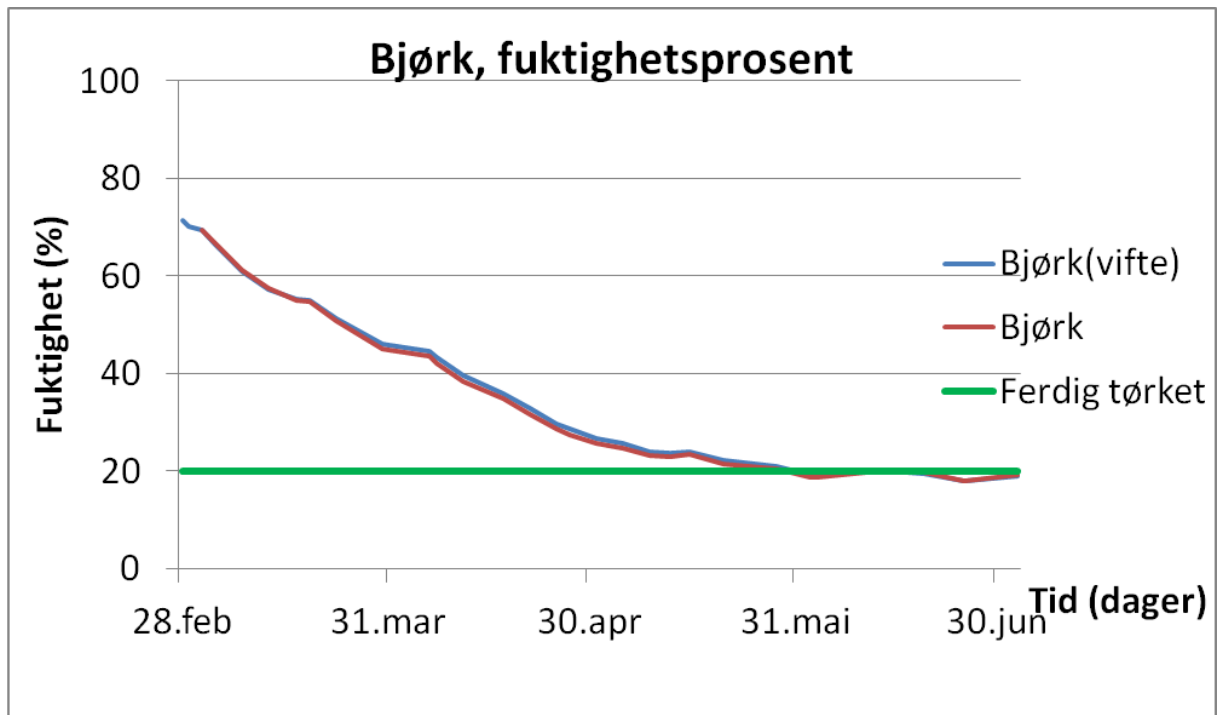
Holdbarheten samt soppoppblomstring er også viktige grunner til å tørke veden.

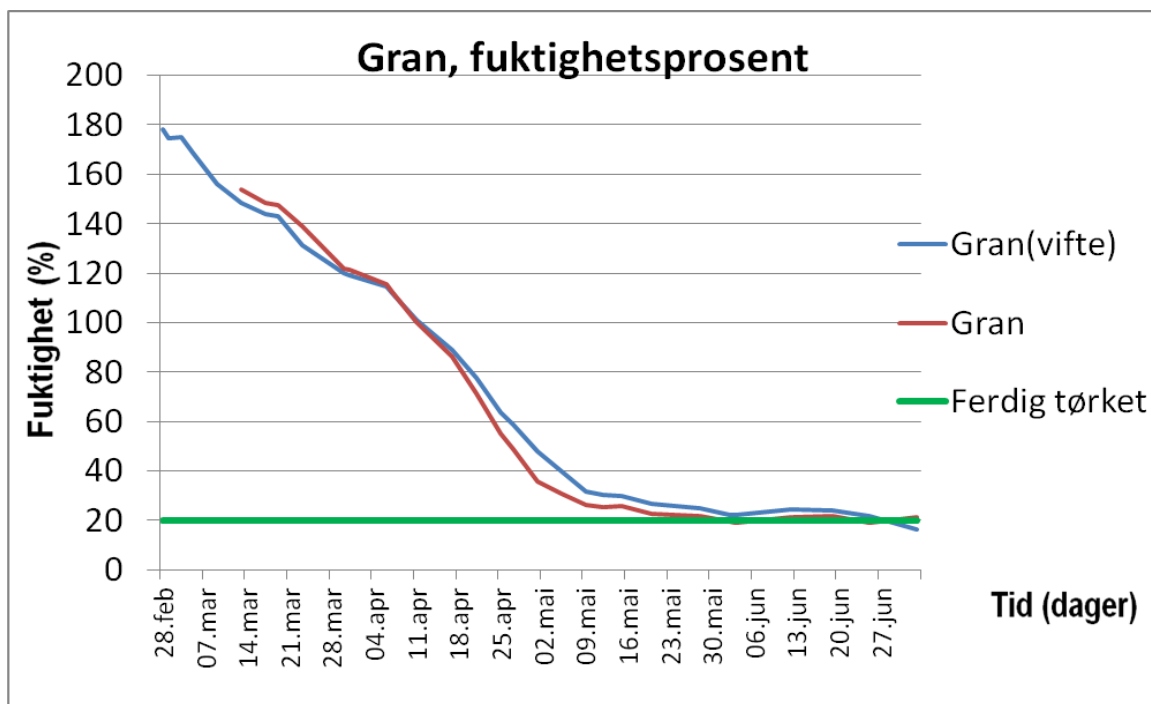
Hvordan veden kløyves er også en faktor som spiller inn på tørketiden på veden. Fuktigheten i veden fraktes mye lettere i fiberretningen, altså i lengderetningen, enn på tvers. Dette tilsier at korte vedkubber vil tørke fortere enn lengre. Bark er vannavvisende og tett inntil man har nådd fibermetningspunktet.



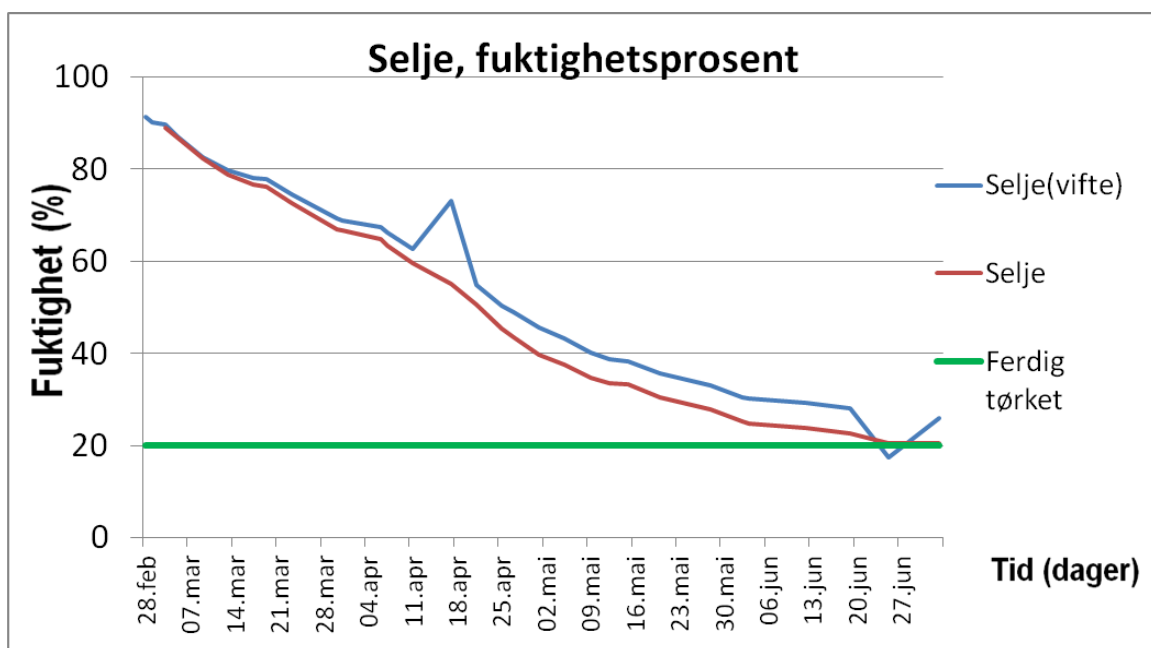
- *Muggsoppoppblomstring på kubbene som lå i vifte- til høyre på bilde og også rundt kvist på gran som lå i vifterom*

Videre for trefuktigheten har vi følgende:





Gran har en tilnærmet lik utvikling både ved forsert luft og i fri luft. Vi ser at begge får et fall i starten av juni før de stiger litt (dette muligens fordi vi hadde en regnværsperiode da). I perioden 25. juni til 3. juli hadde vi lite målingsdata, og jeg regner med at gran(vifte) ble tørr noe før 3. juli. Men fuktighetsreduksjonen har vært særdeles liten for gran i vifte i hele juni måned. Den var "nesten" tørr 2. juni da gran(fri luft) var tørr. Begge steg til over 20 % trefuktighet igjen utover i juni. Dette ser jeg på som innenfor feilmarginene vi har i dette forsøket og ser derfor på forskjellen mellom de to grafene som ikke signifikant.



Det første man legger merke til med grafen over trefuktighet i selje er de mulige målingsfeilene vi hadde for selje i vifte. Ellers har de en ganske lik utvikling i starten før vi ser at forskjellen blir større og større etter hvert som vi kommer utover i tørkeperioden. Selje i fri luft ble tilnærmet tørr i starten av juli. Mens derimot selje i vifte kommer ikke i nærheten av å bli så tørr som selje i fri luft. Vi ser den stagnerer rundt 25 % trefuktighet i vifterommet i slutten av juni.

Sammenligner man tørketiden på de ulike treslagene ser man at gran og bjørk har tilnærmet lik tørketid mens selje trenger lenger tid på å bli tørr. Dette gjelder i begge testmiljøene.

Når det gjelder resultatene for gran og bjørk ser vi ingen signifikant forskjell i tørketid mellom tørking med forsert luft i forhold til i fri luft.

For selje er det ikke til å legge skjul på at vi har en mer signifikant forskjell mellom de ulike tørkemiljøene. Her er tydeligvis ikke luftutskiftning begrensende faktor for tørketiden, men heller en av variablene vi har ved frilufttørking (dvs. sollys, vind og i neste omgang tretemperaturen som følge av disse faktorene.)

Hvis vi ser på dataene for gran og bjørk har vi at det altså ikke var noen forskjell i de forskjellige testmiljøene. Dette betyr at de ulike faktorene må ha utlignet hverandre. De ulike variabler som inngår for friluft tørking gir samme resultat som å tørke veden i et mørkt og relativt isolert rom med vifter. Solinnstråling, vind og regn gir samme tørkeeffekt som det å blåse på veden for gran og bjørk.

Like variabler mellom friluftstørking under tak og tørking i lukket rom med forsert luft:

- Luftfuktighet
- Lufttemperatur
- Like lange
- Tilnærmet lik endeved

Ulike variabler mellom friluftstørking under tak og tørking i lukket rom med forsert luft:

- Regn, sol, vind → vedtemperatur

Usikkerhetsmoment:

- Hva slags vedmasse som er i kubbene (kjerneved, yteved osv.)
- Kvist og bark kan være forskjellig (men har sannsynligvis liten innvirkning da det meste av fuktigheten tørker ut av endeveden)
- Deler av bark og kubbene kan ha falt av under de rutinemessige målingene
- Taket over boksen der kubbene med vifte lå var av sort takpapp, noe som kan forårsake økt temperatur i nærliggende omkrets.
- Usikkerhet i bestemmelsene av tørrvekt basert på kun to prøver

Hvis man skal se på hvilket tørkemiljø en burde valgt med hensyn til tørketid spiller det altså liten rolle om man tørker i et rom med forsert luft kontra å tørke i friluft. Dette gjelder for gran og bjørk. Men hvis man tar hensyn til effektivitet og kvalitet på veden etter endt tørketid så er det en klar fordel med å tørke i fri luft under tak. Man har ingen kostnad forbundet med vifter og drift av disse samt lokale for å tørke veden i. Samtidig øker sjansen for muggsopp oppblomstring ved tørking i relativt lystett og lite rom kontra friluft.

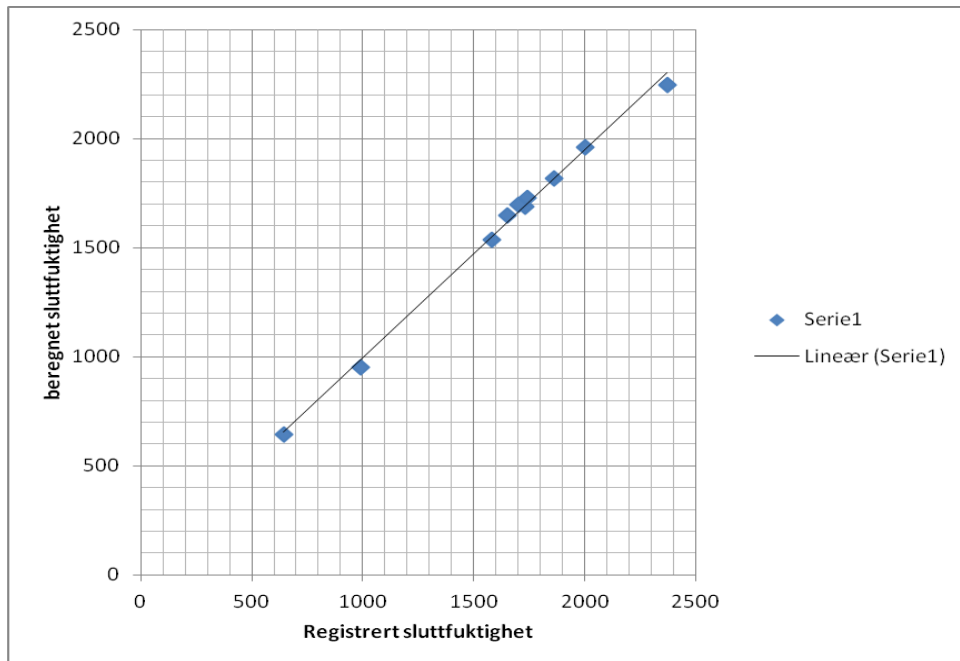
Når det gjelder selje ser man en tydelig trend i grafene som tilsier at å tørke selje i friluft har en gevinst sammenlignet med tørking i et rom med forsert luft.

Vedlegg for veieskjema ved forsert friluftstørking

Dato	Gran(vifte)	Selje(vifte)	Bjørk(vifte)	Gran	Selje	Bjørk
28.feb	1481,8	1322,2	898,9	1724	1217,7	822,1
01.mar	1462,5	1313,4	892,9			
03.mar	1465,1	1309,7	888,7		1200,3	812,6
05.mar	1429,7	1292,5	872,8		1186,1	799,3
09.mar	1362,8	1261,9	843,8		1157,2	773,8
13.mar	1322,7	1241,2	824,8	1572,6	1135,2	755,8
17.mar	1297,7	1229,3	813,8	1539,5	1121,3	743,8
19.mar	1294,8	1228,3	813,1	1533	1118,6	742
23.mar	1230,3	1205,2	793,1	1479,5	1095,7	722,7
30.mar	1170,3	1168,9	765,8	1375,3	1059,4	695,5
31.mar	1165,8	1167	764,9	1370,8	1057,8	694,9
06.apr	1142	1156,9	758,5	1334,6	1046,4	688,1
07.apr	1127,5	1148,7	751,5	1314,6	1037,7	681,1
11.apr	1070,3	1123,4	732,4	1239	1013,2	664
17.apr	1006	1195,9	713,1	1153	984,3	646,5
21.apr	945,5	1070,5	697,6	1062,7	955,5	631,9
25.apr	871,9	1039	680,4	961,1	923,2	617,2
27.apr	845,1	1028,1	674,6	921,4	910,9	611,7
01.mai	786,3	1005,2	664,4	841,7	887,4	602,7
05.mai	743,3	990	659	809,4	874	598,4
09.mai	701,3	968,2	650,2	781,8	855,7	591,1
12.mai	692,8	958,7	648,8	775,3	847,3	589,5
15.mai	692,3	955,6	650,3	780,1	845,7	592,2
20.mai	673,7	936,8	640,4	761,2	828	582,6
28.mai	664,7	918,4	635,1	753,2	811,3	578,3
02.jun	650,7	900,4	625,3	739,4	794,6	569,8
03.jun	651,2	899,7	625,1	737,1	792,5	569,1
12.jun	663,2	893,4	630,2	751,2	786,9	575,6
19.jun	660,3	884,4	627,1	754,8	779,5	574
25.jun	648,3	810,4	618,3	737,6	765,2	565,5
03.jul	618,8	869,3	623,6	750,9	765,6	571,6
Sluttvekt ved 20%	640	829	629	744	763	575
Beregnet tørrvekt (g)	532,4	690,8	524,4	619,5	635	479,6

Vedlegg 2

Sammenheng mellom beregnet sluttvekt basert på to tørkeprøver i endene og veid vedkubbe til slutt.



Beregnet tørrvekt av vedkubbene ved oppstart	Startfuktighet beregnet på basis av tørkeprøver i endene.			registrert sluttvekt ved tørkeveiemetoden av hele kubben	
treslag	startfuktighet	Råvekt (g)	Beregnet sluttvekt		Utregnet startfuktighet
bjørk 1	77	3293,5	1860,734463	1818,3	81,1307265
bjørk 2	97	3113,3	1580,35533	1537,6	102,4778876
bjørk 3	99	3450,5	1733,919598	1690,4	104,1232844
bjørk 4	84	1819,4	988,8043478	952,4	91,03317934
bjørk 5	98	1273,8	643,3333333	645,1	97,45775849
gran 6	117	5146,9	2371,843318	2245,4	129,2197381
gran 7	123	4467,9	2003,542601	1962,6	127,6520942
gran 8	133	4059,2	1742,145923	1727,2	135,0162112
selje 9	105	3384	1650,731707	1648,8	105,2401747
selje 10	106	3505,4	1701,650485	1695,7	106,7228873

Treslag	sluttvekt(g) 13.10.2011	Trefuktighet beregnet på tørrvekt u %	Trefuktighet utregnet av veid tørrvekt u %	Trefuktighet utregnet av totalvekt f %	
bjørk 1	2257,3	21,3123121	24,143431	17,5681361	
bjørk 2	1875,8	18,6948254	21,995317	15,7503289	
bjørk 3	2230,8	28,6564846	31,968765	22,2736418	
bjørk 4	1179,2	19,2551391	23,813524	16,1461713	
bjørk 5	942,8	46,5492228	46,147884	31,7635412	
gran 6	3413	43,8965202	51,999644	30,5056162	
gran 7	2439,5	21,7593276	24,299399	17,8707686	
gran 8	2374,5	36,2974231	37,476841	26,6310414	
selje 9	2247,5	36,1517435	36,311257	26,5525381	
selje 10	2279,9	33,9816854	34,451849	25,3629332	

Tabellen viser sammenhengen mellom beregnet sluttfuktighet basert på 2 tørkeprøver i begge ender av vedkubben, sammenlignet med den veide kubben etter at forsøket var ferdig. Korrelasjonskoeffisient er 0,99811687

Vedlegg 3

Om interpolasjon av datasett for tørking ved bruk av MATLAB

Målet med denne oppgaven var å interpolere kurver for to datasett av tørkeforløp for bjørk, gran og selje. Til dette ble det benyttet MATLAB. Utgangspunktet var to datasett: et for vinterhogst og et for sommerhogst. Det ble også gjort noen forutsetninger for tørkeprosessen for selje og bjørk. For disse ble det antatt at man ville få en økt relativ fuktighet i trevirket etter at bladene var kommet på trærne. For gran ble det antatt flatt fuktighetsinnhold, så for gran er det ikke lagt inn interpolasjon med bruddpunkter i midten.

I koden under blir det gjennomgått fremgangsmåten for gran og selje - steg for steg. Bjørk har samme fremgangsmåte som selje. Det kan være viktig å merke seg at denne koden ble i utgangspunktet laget speilvendt, slik at alle referanser til x henspiller her ikke til x-aksen, men y-aksen. Likeså for henvisninger til y: disse er dagene vist på x-aksen.

Starten på koden som kjøres for å lage grafer

```
% Removes all variables and closes all figures
clear all; close all;

% Loading file for wintertime
gran = load('gran.txt');
selje = load('selje.txt');

% Modifies days of the file so that day 1 equals
1.st of January
time = 31+28; % Days in January and February
gran = [gran(:,1)+time , gran(:,2)];
selje = [selje(:,1)+time, selje(:,2)];

% Fetching values for summertime
all = load('sommertork_alle.txt');
sgran = [all(:,1), all(:,3)];
```

```
gran =
59.0000 0.6407
62.0000 0.6384
72.0000 0.6021
76.0000 0.5940
78.0000 0.5926
82.0000 0.5749
89.0000 0.5475
90.0000 0.5458
96.0000 0.5348
97.0000 0.5283
101.0000 0.5011
107.0000 0.4664
111.0000 0.4264
115.0000 0.3715
117.0000 0.3479
121.0000 0.2924
125.0000 0.2581
129.0000 0.2232
132.0000 0.2153
135.0000 0.2176
140.0000 0.1972
148.0000 0.1759
152.0000 0.1713
153.0000 0.1702
```

I koden over hentes datasettene, og lagres i hver sine matriser. Matrisene vi bruker videre herfra er gran, sgran, selje og sselje: hhv vinterhogst og sommerhogst (summer gran - sgran). Den første kolonnen i disse matrisene er dagen i året, der dag 1 er 1. januar, dag 32 er 1. februar etc. Den andre kolonnen er målepunktene som er tatt, og den relative fuktigheten i vedkubben.

Det neste steget er å sette forutsetninger for antall iterasjoner som skal kjøres samt forutsetninger for hvor fine grafer som skal lages og hvor disse skal brytes (lage knekkpunkt for løvsprett).

```

% Requirements for selje step-fractions
% Setting number of points per curve -> stepx
% and interval in between curves      -> stepy
% Requires: stepx > stepy
stepx = 1000;
step_lower = 20;
step_middle = 10;
step_top = 20;

% Adding together the total steps for gran-display
stepy = step_lower + step_middle + step_top;

```

Antall stepx er da antall punkter som skal bygge opp kurvene basert på datasettene samt antall steg i de mellomliggende kurvene. Etersom gran ikke har noen bruddpunkt brukes ikke bruddpunkt-funksjonen på denne, og vi legger sammen antallet kurver i nedre, midtre og øvre region for å få like mange kurver for gran som for selje og bjørk.

```

% Setting default for stop of drying
drystop = 31+28+31+30+31+30+31+31+30+15;      % 15th of October
Xlimitline = 1:0.05:367;

% Set axis grid
monthgrid = [1, 32, 61, 92, 122, 153, 183, 214, 245, 275, 306, 336, 367];
moistgrid = [0, 5, 10, 15, 17, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70];

```

Over er det satt standard-verdier for å låse akser og tegne avskjæringslinjer for grafene.

```

%% Gran
% Data for gran - wintertime and summertime
[gwinter,gsummer] = fetch_polynom(gran,4,sgran,3,stepx);
% Fetching in-between-curves for gran
[granX,granY] = fetch_extended_graph(gwinter,gsummer,stepy,stepx,drystop);

% Plotting gran
figure
hold on
grid on
title('Spruce (Picea abies) Gran');
ylabel('Moisture content of total weight [%]');
xlabel('Date');
axis([0,367,0,70]);

plot(Xlimitline,17,'k');          %Dry wood
% Plotting curves
for i=1:(stepy+1)
    plot(granY(i,:),granX(i,:).*100);
end
set(gca,'XTick',monthgrid);
set(gca,'YTick',moistgrid);
datetick('x','mmm','kepticks');

```

Her ser man hvordan gran blir plottet. Som tidligere nevnt er henvisninger til x og y speilvendt, noe man ser inne i for-løkkka under «Plotting curves». Funksjonene «fetch_polynom» og «

fetch_extended_graph» skal jeg gå gjennom senere, men først kan man sammeligne kjøringen av gran med kjøringen av selje:

```
%% Selje
% Data for selje - wintertime and summertime
[swinter,ssummer] = fetch_polynom(selje,4,sselje,3,stepx);

% Points of increased moisture
startdate = 31+28+31+30; % 1st of May
enddate = 31+28+31+30+17; % 17th of May
startmoist = selje(1,:); % [day, moisture]
endmoist = sselje(1,:); % [day, moisture]

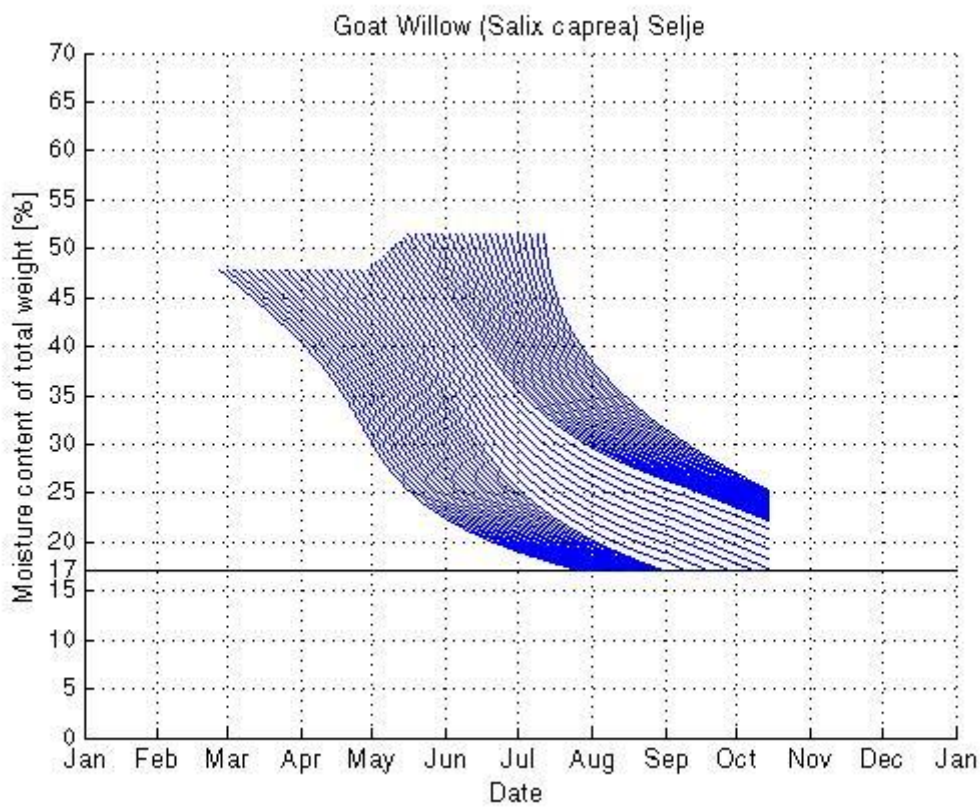
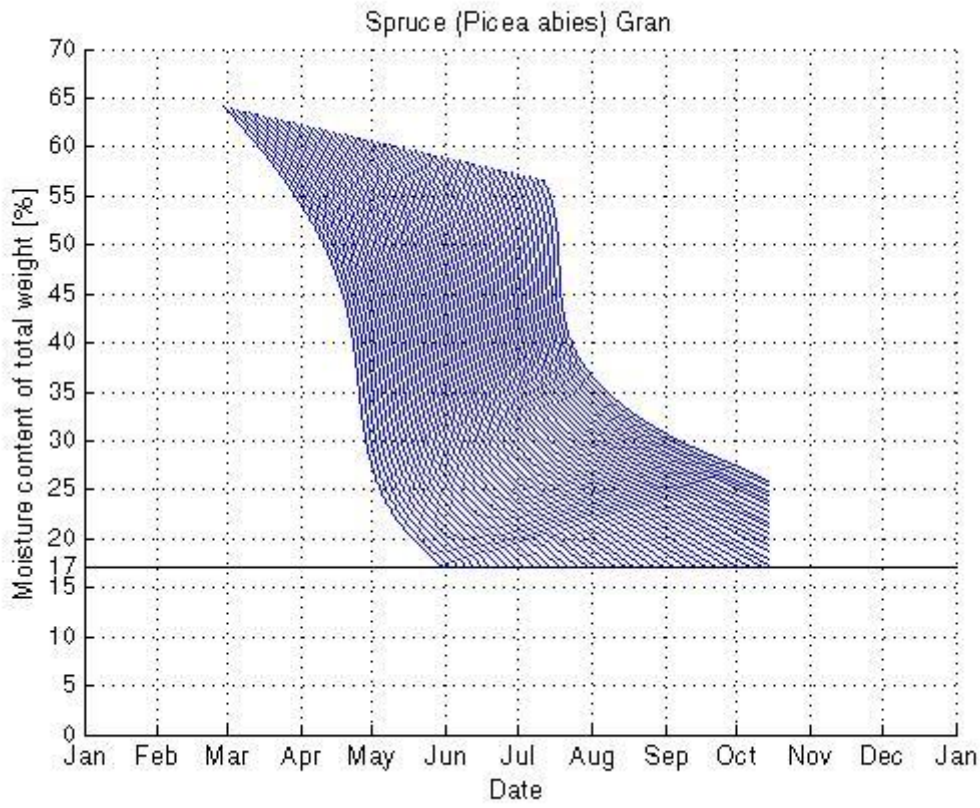
[X,Y] =
fetch_extended_graph_with_increased_moisture(swinter,ssummer,startmoist,end
moist,startdate,enddate,step_lower,step_middle,step_top,stepx,drystop);

% Plotting selje inverted
figure
hold on
grid on
title('Goat Willow (Salix caprea) Selje');
ylabel('Moisture content of total weight [%]');
xlabel('Date');
axis([0,367,0,70]);

plot(Xlimitline,17,'k'); % Dry wood
% Plotting curves
for i=1:(stepy+1)
    plot(Y(i,:),X(i,:).*100);
end
set(gca,'XTick',monthgrid);
set(gca,'YTick',moistgrid);
datetick('x','mmm','keepticks');
```

I sammenligning med fremgangsmåte for gran finner man også først polynomet for datasettene ved funksjonen «fetch_polynom». Deretter skiller selje og gran ved at for selja setter vi verdier for knekkpunktet og verdier knekkpunktet skal i ved starten av løvsprett og slutten av løvsprett. Deretter kjører vi selja gjennom funksjonen «fetch_extended_graph_with_increased_moisture».

Ved å plote disse grafene slik det gjøres over får man grafene som vist på neste side uten å måtte tilpasse dem før lagring.



Funksjoner

Fetch polynom

Denne funksjonen interpolerer datasettet ved hjelp av den innebygde matlab-funksjonen «polyfit», og returnerer et «best fit» polynom av angitt grad for datasettet man har.

```
function [X,Y] =
fetch_polynom(woodtype_winter,winterdegree,woodtype_summer,summerdegree,num
steps)
    % Fetch variables for winter
    winter_vars =
polyfit(woodtype_winter(:,2),woodtype_winter(:,1),winterdegree);
    dt = (woodtype_winter(1,2)-woodtype_winter(end,2))/numsteps;
    winter_x = woodtype_winter(end,2):dt:woodtype_winter(1,2);

    %Creating function to output Y value
    winter_y = 0;
    for i = 1:length(winter_vars)
        winter_y = winter_y + winter_vars(i)*winter_x.^(length(winter_vars)-
i);
    end

    % Fetch variables for summer
    summer_vars =
polyfit(woodtype_summer(:,2),woodtype_summer(:,1),summerdegree);
    dt = (woodtype_summer(1,2)-woodtype_summer(end,2))/numsteps;
    summer_x = woodtype_summer(end,2):dt:woodtype_summer(1,2);

    %Creating function to output Y value
    summer_y = 0;
    for i = 1:length(summer_vars)
        summer_y = summer_y + summer_vars(i)*summer_x.^(length(summer_vars)-
i);
    end

    X = [winter_x ; winter_y];
    Y = [summer_x ; summer_y];
end
```

Fetch extended graph

Denne funksjonen interpolerer de to input-kurvene winter og summer og returnerer en matrise med alle x-koordinater og y-koordinater for alle kurver basert på sommer- og vinterfunksjonene som er hentet med «fetch_polynom». Den tar også og forlenger samtlige grafer med en rett linje ned til en fuktighetsverdi på 17% basert på de 10 siste punktene i korresponderende kurve.

```

function [X,Y] =
fetch_extended_graph(winter,summer,numcurves,ppercurve,breakpoint)
    % Create gridpoints
    dxdy = (summer-winter)./numcurves;

    X = zeros(numcurves+1,ppercurve+1);
    Y = zeros(numcurves+1,ppercurve+1);

    % Sets default values
    X(1,:) = winter(1,:);
    X(end,:) = summer(1,:);
    Y(1,:) = winter(2,:);
    Y(end,:) = summer(2,:);

    % Loop through all steps except the last one
    for x=2:(numcurves)
        X(x,:) = X(x-1,:) + dxdy(1,:);
    end
    for y=2:(numcurves)
        Y(y,:) = Y(y-1,:) + dxdy(2,:);
    end

    % Extends the curves with values down to 0.17 (dry wood)
    x = ones(numcurves+1,2).*0.17;
    y = zeros(numcurves+1,2);
    for i=1:(numcurves+1)
        point =
polyfit(X(i,1:round(ppercurve/10)),Y(i,1:round(ppercurve/10)),1);
        y(i,1) = point(1)*x(i,1) + point(2);

        % Assume the drying stops after a certain date and make the
        % break-point. Also replace the old breakpoint.
        if(y(i,1) > breakpoint)
            x(i,2) = (breakpoint-point(2))./point(1);
            y(i,2) = point(1)*x(i,2) + point(2);
            x(i,1) = x(i,2);
            y(i,1) = y(i,2);
        else
            x(i,2) = 0.17;
            y(i,2) = y(i,1);
        end
    end

    X = [x,X];
    Y = [y,Y];
end

```

Fetch extended graph with increased moisture

Målet med denne funksjonen var å kunne interpolere de to ytterkurvene ved hjelp av to mellomliggende kurver. For å få til dette måtte man først finne disse to mellomliggende kurvene. Alt funksjonen starter med er punktet for startfuktighet og slutfuktighet. Ut fra disse verdiene måtte funksjonen bygges.

```
function [X,Y] =
fetch_extended_graph_with_increased_moisture(winter,summer,startmoist,endm
oist,startdate,enddate,numcurves_lower,numcurves_middle,numcurves_top,pper
curve,drystop)
    % Manipulate dx dy
    weightpercent_lower = (startdate-winter(2,end))/(summer(2,end)-
winter(2,end));
    weightpercent_upper = (summer(2,end)-enddate)/(summer(2,end)-
winter(2,end));

    %numcurves = numcurves_lower + numcurves_middle +numcurves_top;

    % Default values to calculate from and to
    defX = zeros(4,ppercurve+1);
    defY = zeros(4,ppercurve+1);

    defX(1,:) = winter(1,:);
    defX(2,end) = startmoist(1,2);
    defX(3,end) = endmoist(1,2);
    defX(4,:) = summer(1,:);

    defY(1,:) = winter(2,:);
    defY(2,end) = startdate;
    defY(3,end) = enddate;
    defY(4,:) = summer(2,:);
```

De mellomliggende funksjonene bygges ved å «vektes» hhv sommerfunksjonens og vinterfunksjonens innvirkning på løvsprett-start-funksjonen med samme tyngde som avstanden fra denne mellomliggende funksjonen til seg selv. Denne tyngden er det som kommer fra «weightpercent-lower» og «-upper». I eksempelet her for selve vektens påvirkningen fra sommerfunksjonen med 42% for løvsprett-start-funksjonen, og vinterfunksjonens innvirkning er på 58%.

Det neste som skjer i funksjonen er å bygge disse mellomliggende funksjonene: 1 er vinterfunksjonen, 2 er før løvsprett, 3 er etter løvsprett, og 4 er sommerfunksjonen.

```

%% Modify upper and lower curves for X-values

% Set step-length for lower(2) and upper(3) curve
dx2 = zeros((length(defX(2,:))-1),1);
dx3 = zeros((length(defX(3,:))-1),1);
for i=1:(length(defX(2,:))-1)
    dx2(i) = (winter(1,end-(i-1))-winter(1,(end-i)));
end
for i=1:(length(defX(3,:))-1)
    dx3(i) = (summer(1,end-(i-1))-summer(1,(end-i)));
end

%Create curve before increased moisture
for i=1:(length(defX(2,:))-1)
    defX(2,end-i) = defX(2,end-(i-1)) - dx2(i);
end

%Create curve after increased moisture
for i=1:(length(defX(3,:))-1)
    defX(3,end-i) = defX(3,end-(i-1)) - dx3(i);
end

%% Modify upper and lower curves for Y-values

% Set step-length for lower(2) and upper(3) curve
dy2_winter = zeros((length(defY(2,:))-1),1);
dy2_summer = zeros((length(defY(2,:))-1),1);
dy2 = zeros((length(defY(2,:))-1),1);

dy3_winter = zeros((length(defY(3,:))-1),1);
dy3_summer = zeros((length(defY(3,:))-1),1);
dy3 = zeros((length(defY(3,:))-1),1);

for i=1:(length(defY(2,:))-1)
    % Give the influence of the summer curve an influence equal to the
    % point the curve is positioned at (weightpercent on lower curve)
    dy2_summer(i) = (summer(2,end-(i-1))-summer(2,(end-
i))).*weightpercent_lower;
    dy2_winter(i) = (winter(2,end-(i-1))-winter(2,(end-i))).*(1-
weightpercent_lower);
    dy2(i) = (dy2_winter(i)+dy2_summer(i));
end

for i=1:(length(defY(3,:))-1)
    % Give the influence of the winter curve an influence equal to the
    % point the curve is positioned at (weightpercent on upper curve)
    dy3_winter(i) = (winter(2,end-(i-1))-winter(2,(end-
i))).*weightpercent_upper;
    dy3_summer(i) = (summer(2,end-(i-1))-summer(2,(end-i))).*(1-
weightpercent_upper);
    dy3(i) = (dy3_winter(i)+dy3_summer(i));
end

```



```

%Create curve before increased moisture
for i=1:(length(defY(2,:))-1)
    % Create lower curve
    defY(2,end-i) = defY(2,end-(i-1)) - dy2(i);
end

%Create curve after increased moisture
for i=1:(length(defY(3,:))-1)
    % Create upper curve
    defY(3,end-i) = defY(3,end-(i-1)) - dy3(i);
end

bottomcurve = [defX(1,:);defY(1,:)];
lowercurve = [defX(2,:);defY(2,:)];
uppercurve = [defX(3,:);defY(3,:)];
topcurve = [defX(4,:);defY(4,:)];

[lowerX,lowerY] =
fetch_extended_graph(bottomcurve,lowercurve,numcurves_lower,ppercurve,drystop);
[middleX,middleY] =
fetch_extended_graph(lowercurve,uppercurve,numcurves_middle,ppercurve,drystop);
[upperX,upperY] =
fetch_extended_graph(uppercurve,topcurve,numcurves_top,ppercurve,drystop);

% Remove last low of lower and first row of upper as they're duplicates
lowerX = lowerX(1:(end-1),:);
upperX = upperX(2:end,:);
lowerY = lowerY(1:(end-1),:);
upperY = upperY(2:end,:);

X = [lowerX;middleX;upperX];
Y = [lowerY;middleY;upperY];
end

```

Når disse mellomliggende funksjonene er ordnet, brukes funksjonen «fetch_extended_graph» til å hente ut de interpolerte kurvene mellom disse fire funksjonene. Kurvene lappes så sammen i en matrise, og matrisen for X-koordinater og Y-koordinater returneres.