

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Metsäteknologian tutkimusosasto

6/1977

MÄNNYN JA KUUSEN KUOREN VAIKUTUS SELLUA KEITETTÄESSÄ

OLLI UUSVAARA

Helsinki 1977

**METSÄNTUTKIMUSLAITOS**  
Kirjasto



	Sivu
1. Johdanto	1
2. Kuoren rakenne ja kemiallinen koostumus	3
3. Massan saanto kuorta keitettäessä	4
31. Sulfaattikeitto	4
32. Sulfiittikeitto	6
33. Muut menetelmät	7
4. Kuorellisen puun keitto	7
5. Sellun ominaisuudet	8
6. Yhteenveto	11
KIRJALLISUUS	

## 1. JOHDANTO

Puunjalostusteollisuudelle on viime vuosien aikana ollut leimautavana piirteenä pyrkimys yhä tarkempaan puuraaka-aineen hyväksikäyttöön. Puun rungon eri osista on kuori muodostanut raaka-ainereservin, jolle on viime aikoina pyritty löytämään käyttöä.

Suomen metsien puuston sisältämän kuorimäärän voidaan laskea olevan yhteensä 188 milj.  $\text{k-m}^3$ , josta 81 ja 70 milj.  $\text{k-m}^3$  jakaantuu männyn ja kuusen osalle. Arvion mukaan tuli metsäteollisuuden käyttöön vuonna 1973 kuorta männystä 2,2 milj.  $\text{k-m}^3$  ja kuusesta 2,5 milj.  $\text{k-m}^3$  (Metsätilastollinen vuosikirja 1974). Sahalaitoksille kertyy vuosittain kuorta noin 2 - 3 milj.  $\text{k-m}^3$  ja massatehtaille noin 2,7 milj.  $\text{k-m}^3$  (KUORIPÄIVÄT , 1974).

Kuoren käytön laajuudesta ei liene olemassa selvityksiä, mutta puumassateollisuudessa kuorijätettä käytettäneen teollisesti pääasiassa polttoaineena noin 75 - 85 % syntyvistä määristä (KUORIPÄIVÄT 1974). Öljyn ja muiden polttoaineiden hintojen nousu on suuresti lisännyt kuoren polttoainekäyttöä myös sahalaitoksilla. Muita yleisiä kuoren käyttömuotoja ovat kuorihumus sekä käyttö lastu- ja kuitulevyjen ja kemian teollisuuden raaka-aineena.

Erityisesti puuraaka-ainepulasta johtuen on myös tutkittu kuoren ja kuorellisen puun käyttöä sellun raaka-aineena. Eri

tutkimuksissa on todettu, että huomattava määrä kuorta voidaan sallia sulfaattimassan raaka-aineessa ilman vakavia seuraamuksia. On kuitenkin selvää, että kuoreton hake on raaka-aineena parempaa ja kuoren osuuden puuhun verrattuna on oltava sitä pienempi mitä hienommasta paperilaadusta on kysymys. Jos kuorinnasta voitaisiin kokonaan luopua saavutettaisiin kustannus- ja raaka-ainesäästöjä. Nykyisten arvioiden mukaan pienenisivät valkaistun sulfaattisellun valmistuskustannukset 2 - 3 % kuorellista haketta käytettäessä (KUORIPÄIVÄT 1974).

Uusien tutkimusten mukaan on kuoren määrä mäntytukeilla 12 % sekä kuusitukeilla Etelä- ja Pohjois-Suomessa 10 ja 13 % (HEISKANEN ja RIKKONEN 1976). Mänty- ja kuusikuitupuun kuoriprosentit ovat vastaavasti Etelä- ja Pohjois-Suomessa 12 prosenttiyksikköä sekä 12 ja 15 prosenttiyksikköä (SAIKKU ja RIKKONEN 1976). Sellutehtaitten käyttämällä kuitupuun kuorintamenetelmällä kuori voidaan poistaa tehokkaasti. Erään tutkimuksen mukaan (UUSVAARA 1972) sulfaatti- ja sulfiittisellujen valmistukseen käytettävän hakkeen kuoriprosentit olivat 0,7 ja alle 0,1 %. Sahoilta sellutehtaille toimitetun ostohakkeen kuoren vuotuinen painotettu keskiarvo oli 0,8 prosenttiyksikköä. Sahalaitoksilla on kuitenkin ajoittain talvella laitteista ja olosuhteista johtuvia vaikeuksia pysyttää hakkeen kuoriprosentti sallituissa rajoissa. Sahanhakkeen kuoren määrä kohosi talven pakkasaikana yli sallittujen laatuvaatimusten eli 1,4 prosenttiyksikköön. Kuoren eri osia tarkasteltaessa havaittiin kuoren kuitenkin tällöin koostuvan pääasiassa sisäkuoresta eli nilasta, jota oli 77 % koko kuorimäärästä (UUSVAARA 1972).

## 2. KUOREN RAKENNE JA KEMIALLINEN KOOSTUMUS

Kuoren ja puun solurakenteet ovat monella tavalla samankaltaiset, ja yleensä kummastakin löytyvät samat solulajit. Nila on kuoren elävä ja fysiologisesti aktiivinen osa, kun taas ulkokuori on nilaa paksumpi, kuollut kuorikerros. Havupuun kuoren soluista 70 - 80 % on siiviläsoluja ja loput tylppysoluja. Nilan solut voidaan jakaa päätyypeittäin siiviläsoluihin, tylppysoluihin ja sklerenkyymisoluihin. Ulkokuori eli kaarna koostuu pääasiassa korkkisolukosta, jonka solut ovat liittyneet toisiinsa kuoriligniinillä, joka estää vettä ja kaasuja tunkeutumasta kudokseen. Kuori sisältää siis huomattavia määriä pieniä soluja, jotka vähentävät sen arvoa kuitujen raaka-aineena.

Havupuiden puuaineksen vallitseva solulaji sen sijaan on traakeidit, joiden osuus puun tilavuudesta on yli 90 %. Ne ovat myös havupuiden soluista pisimmät ja siten tärkein teollisuuden kuitulähde. Massanvalmistusta ajatellen kuoressa edustaa varsinaista kuituainesta vain nilan siiviläsolukko kaiken muun ollessa joko hyödytöntä hienoainesta tai pihkavaikeuksia aiheuttavaa nollakuitua.

Jos vertaillaan kuoren ja puun kemiallista rakennetta voidaan todeta, että kuoressa on enemmän mm. ligniiniä, hemiselluloosaa, uuteaineita ja tuhka-aineita. Kuori sisältää sen sijaan selluloosaa puuta vähemmän sekä suberiinia, jota ei puussa tavata lainkaan.

### 3. MASSAN SAANTO KUORTA KEITETTÄESSÄ

#### 31. Sulfaattikeitto

Kuoresta voidaan keittää sellua kuten puustakin, mutta kuoren rakenne ja koostumus aiheuttavat keittoprosessille tiettyjä erikoispiirteitä ja vaikeuksia. Kemiallisesta koostumuksesta johtuvista vaikeuksista ovat huomattavimmat selluloosan vähäinen ja kaarnaligniinin suuri määrä (SIRO 1966).

Keskuslaboratoriossa suoritettiin jo vuosina 1945-48 männyn kuorta sulfaattikeitossa koskevia keittokokeita (JENSEN 1965, NEVALAINEN 1968, vrt. myös ITKONEN 1948). Saanto oli nilaa keitettäessä 25 - 26 % ja kaarnaa keitettäessä 22 - 36 % alkaaliannoksesta riippuen. Kaarnaselussa lajittelurejektin eli kuituuntumattoman osan määrä oli kuitenkin huomattava. Viiden prosenttiyksikön nilan lisäys lastuihin laski saantoa noin prosentin ja vastaava kaarnalisäys hieman enemmän.

Samoihin aikoihin alkoi myös muualla herätä kiinnostus kuoren vaikutusta sulfaattikeittoon koskeviin tutkimuksiin (ALLO 1946, WURZ 1946, CLERMONT ja SCHWARZ 1948). MARTIN ja BROWN (1952) tutkivat kuorellisen männyn (*Pinus echinata*) sulfaattikeittoa ja havaitsivat, että kuorta yksin keitettäessä oli lajiteltu saanto tikkusaantoa pienempi ja alkaalinkulutus huomattava. Sellun ligniinipitoisuus jäi korkeaksi.

SAMUELS ja GLENNIE (1958) valmistivat Douglaskuusesta eri suurin kuorilisäyksin sellua liner-kartongin valmistukseen.

Lisättäessä kuorta puulastuihin 5, 10 ja 20 % laski saanto jonkin verran. Tulosten perusteella voitiin todeta, ettei 5 prosenttiyksikön kuorilisäys vaikuttanut haitallisesti (vrt. BHAGWAT 1975).

ESKILSSONin (1973) havupuilla suorittamissa keittokokeissa saatiin kuusella kokonaissaannoksi puulle 49,7 ja kuorelle 19,8 prosenttiyksikköä sekä männyllä puulle 47,2 ja kuorelle 19,3 prosenttiyksikköä. SUREWICZ ja MODRZEJEWSKI (1972) ilmoittavat mäntykuoren saannoksi niinkin alhaisen luvun kuin 13,5 %.

SIRON (1966) suorittamissa tutkimuksissa saatiin männyn ja kuusen puuaineksesta sekä kuoren eri osista seuraavat saantoluvut eri alkaaliantostuksilla ja kappaluvuilla.

	Alkaaliannos (% Na <sub>2</sub> O puusta)	Alkaalin- kulutus (%Na <sub>2</sub> O puusta)	Lajiteltu saanto (%)	Tikku- saanto (%)	Kokonais- saanto (%)	Kappaluku
Mänty puulastut	15	11,6	45,5	3,6	49,1	46,0
	21	14,2	43,9	1,4	45,3	26,3
	20	14,7	47,0	0,1	47,1	30,5
	15	12,5	44,2	0,1	44,3	35,0
alakaarna	15	14,1	12,3	15,5	27,8	158,7
	21	19,3	16,8	10,9	27,7	144,1
	15	14,8	8,3	3,5	11,8	189
	20	19,2	20,1	2,8	22,9	53,4
yläkaarna nila	15	13,8	17,6	5,1	22,7	63,4
	15	12,3	22,1	2,3	24,4	20,4
kuori	21	13,1	21,0	1,9	22,9	19,9
	15	14,2	20,6	2,5	23,1	43,4
Kuusipuulastut	21	19,9	19,9	3,1	23,0	79,3
	15	11,4	49,5	0,6	50,1	42,1
kaarna	21	15,1	47,4	0,1	47,5	24,8
	15	15,9	17,4	8,7	26,1	101
nila	21	15,5	15,7	0,6	16,3	55,2
	15	12,6	27,4	1,1	28,5	19,7
	21	16,3	29,2	0,1	29,3	14,9
	15	10,3	22,8	2,5	25,3	16,9
	21	15,3	23,1	0,2	23,3	16,8

Nilasellujen saanto vaihteli 23 - 28 prosenttiyksikköön ja sellu oli kaarnasellua parempaa. Kuituuntumattoman jakeen määrä oli yleensä pieni. Nilakuiduilla oli kuitenkin taipumus toistensa ympärille kietoutumalla tukkia sihtejä. Kaarnasta saatiin alhainen saanto ja kuituuntumattoman jakeen osuus oli yleensä suuri. Tätä lisäsi vielä mäntykaarnalla havaittava kaarnan rakenteesta johtuva nesteiden huono imeytyminen. Yleensä voitiin todeta kuorisellun saannon jäävän noin puoleen tai hieman allekin vastaavilla olosuhteilla keitettyjen puusellujen saannosta.

### 32. Sulfiittikeitto

Kuoren, varsinkin kaarnaosan lösnäoloa sulfiittikeitossa ei pidetä toivottavana. Prosessi on nimittäin kuorelle erityisen arka, sillä se ei pysty muuttamaan kuorta puun vaaleuteen (de MONTMORENCY 1969). Huonosti kuoritusta puusta tuotteen laatu kärsii ja sellusta tulee runsaasti pihkaa sisältävää ja roskaista, erityisesti koska sulfiittisellua käytetään usein valkaisemattomana.

Edellä esitetyistä syistä kuoren tai kuoripäällisen puun, etenkin havupuun käyttö ja kokeilu sulfiittimenetelmässä on ollut verraten vähäistä. Tsekkoslovakiassa on kuitenkin tutkittu kuorellisen, lähinnä nilapitoisen puun käyttämistä bisulfiittisellun valmistukseen (FELLEGI ym. 1960). Paineettomaksi imeytykseksi kutsutun menetelmän avulla on saatu kuori hajoamaan ja sellun väri normaalia vaaleammaksi. Sulfiittikeitto korkeassa pH:ssa (4-7) on eräiden havaintojen mukaan

antanut hyviä tuloksia osittain kuorimatonta havupuuta käytettäessä (PUUKEMIA I 1967).

### 33. Muut menetelmät

Joitakin tutkimuksia on tehty myös suurisaantoisten menetelmien käytöstä kuorimattoman puun tai kuoren käyttämiseksi, mutta tulokset eivät ole yhtä tyydyttäviä kuin normaaliselujen valmistuksessa ainakaan mänty- ja douglaskuusilastuja keitetessä (mm. MARTIN ja BROWN 1952, KURTH 1956, IVANOVA 1960).

Suomessa on kuorellisen puun ja puujätteen käyttöä NSSC-sellun (neutraalisulfiitti, saanto 65-85 %) valmistuksessa käyttänyt SIHTOLA (1952), joka kehitti puolikemiallista pikamenetelmää sellun valmistamiseksi. KELLER (1950) keitti samalla menetelmällä puukuituja saantoon 76-80 %, jolloin slash-pinemännyn (*Pinus caribae*) kuoresta saatu saanto oli 35 %.

### 4. KUORELLISEN PUUN KEITTO

Koska kuorimattoman kuitupuun keitto merkitsisi huomattavia taloudellisia säästöjä sekä toimintojen merkittävää yksinkertaistumista eri vaiheissaan, on syytä tarkastella myös puun keittoa normaalissa kuoripitoisuudessa. Keskuslaboratorion 1940-luvulla suoritetun tutkimuksen mukaan kuoripäälliset pöllit antoivat kuorittuja 2 - 3 % pienemmän kokonaisuannon (NEVALAINEN 1968).

MARTIN ja BROWN (1952) ovat laskeneet männyllä tapahtuvan 2,5 %:n saannon laskun keittimeen lisätystä raaka-aineesta ja 5 %:n saannon pienentymisen saadusta sellumäärästä kuorimattomalla puulla. PLATON ym. (1961) ja PLATON (1962) ovat saaneet kuorimattomista havu- ja lehtipuuhakkuutähteistä 10 - 15 % ja IVANOVA (1960) 8 - 12 % vähemmän sellua kuin kuoritusta puusta.

SUREWICZ ja MODRZEJEWSKI (1972) ilmoittavat kuorellisen puun saannon 2 % ja HORN ja AUCHTER (1972) 12:lla amerikkalaisella havupuulla 2,5 % kuoritun puun saantoa pienemmäksi. KARPPISEN (1974) tutkimuksissa kuoritun männyn lajiteltu saanto oli 47,7 ja kuorellisen 44,1 % eli 3,6 prosenttiyksikköä alhaisempi. Tästä aiheutuvan kapasiteetin laskuksi laskettiin 7,5 %. Myös valkaisuun saanto oli kuorellisesta puusta keitettyllä massalla pienempi. Suoritettujen valkaisuun perusteella se oli kuorettomalla ja kuorellisella männyllä 94 ja 93 prosenttiyksikköä. Edellä esitetyt luvut ovat laskettuja prosentteja absoluuttisen kuivasta raaka-ainemäärästä. Jos laskelma tehdään absoluuttisen kuivasta kuorellisesta puusta ottaen huomioon rumpukuorinnan puuhäviön poisjääminen saadaan kuorellisesta männystä 4,6 % enemmän valkaisuainemäärää kuin kuoritusta. Keskuslaboratorion tietojen mukaan kuoren keitto nostaisi massan saantoa 2 - 5 prosenttiyksikköä kuorettomasta puusta (KUORIPÄIVÄT 1974).

## 5. SELLUN OMINAISUUDET

Kuoren keitosta johtuvat vaikeudet johtuvat ilmeisimmin sel-

luloosan vähäisestä ja kaarnaligniinin suuresta määrästä. Kuoriligniinin fenolihapot kuluttavat alkaalia enemmän kuin puuligniini. Männyn sulfaattikeitossa nilan ja kaarnan alkalikuluksen on havaittu olevan noin kaksinkertainen puulastuihin verraten (ITKONEN 1948, MARTIN ja BROWN 1952, vrt. ALLO 1946, PUUKEMIA 1967, KARPPINEN 1974, KEAYS ja HATTON 1974). SIRO (1966) havaitsi männyn kuoren keitossa kaarnan kuluttavan keittolipeän alkalin lähes loppuun ja jäävän silti hyvin kovaksi.

Kuoren mukanaolon lastuissa on havaittu vaikuttavan merkittävästi sellujen väriin ja puhtauteen (mm. SIRO 1966, KARPPINEN 1974). MURTO (1952) ilmoittaa, että sellun roskista lähes puolet, 44 % on peräisin kuoresta. Kuoren aineosista ainakin tanniini ja pihka muodostavat raudan kanssa värillisiä kompleksiyhdisteitä huonontaan siten tuotteen väriä (SIRO 1966). MARTINSON (1945) on havainnut huonosti kuorituista puista keitetyn sellun aiheuttavan normaalia enemmän pihkavaikeuksia. Myös massan uutepitoisuus nousee ja viskositeetti laskee kuoren määrän lisääntyessä (KARPPINEN 1974).

Kaarna pienentää sellun lujuusominaisuuksia huomattavasti (MARTIN ja BROWN 1952), kun taas nilalla ei ole havaittu vastaavaa vaikutusta (SAMUELS ja GLENNIE 1958, SIRO 1966). Seosselluissa pienet kuoriosuudet päinvastoin näyttivät lisäävän lujuusominaisuuksia, joten kuorellisen puun sisältämä kuorimäärä ei ole tässä suhteessa haitallinen (SAMUELS ja GLENNIE 1958, SIRO 1966, THOMAS ja DAVIS 1974). MARTININ ja

BROWNin (1952) suorittamissa kokeissa männyllä (*Pinus echinate*) runsas kuorilisäys ei pienentänyt sellun repäisylujuutta mutta veto- ja puhkaisulujuus huononivat (vrt. KELLER 1950).

FELLEGI ym. (1962) ovat havainneet mm. mänty- ja kuusiohutuista valmistetun sellun huonot s u o t a u t u m i s o m i n a i s u u d e t.

Vaikka nila- ja kaarnasellujen l i g n i i n i -, p e n t o s a a n i - ja t u h k a p i t o i s u u d e t ovat huomattavastikin puusellun vastaavia arvoja suurempia, ei niiden uskota vaikuttavan kovinkaan paljoa kuorellisesta puusta valmistettujen sellujen mainittuihin ominaisuuksiin (SIRO 1966).

Suuremmasta kovuudesta johtuen kuluttaa kuorisellu v a l - k a i s u s s a huomattavasti enemmän klooria kuin puusellu. Yhtä paljon puu- ja kuoriselluja sisältävän seoksen valkaisu saanto oli noin 70 %, mikä on hieman alhaisempi puhtaiden sellujen saantojen keskiarvoa (SIRO 1966, vrt. BROWN 1965). KARPPISEN (1974) mukaan kuorellisesta männystä peräisin olevan massan vaaleus laskee valkaisemattomana noin viisi yksikköä. Valkaisun kemikalien kulutuksessa ei todettu kasvua, mutta loppuvaaleus oli hieman alempi. Puhdasta kuorisellua valkaistaessa ei päästä edes välttäviin tuloksiin loppuvaaleuden jäädessä valkaisemattoman puusellun vaaleustasolle (SIRO 1966).

Massan j a u h a u t u v u u s nopeutuu mutta s u o t a u t u m i s v a s t u s kasvaa kuoriosuuden keittolastuissa

kasvaessa (FELLEGI ym. 1962, SIRO 1966, KARPPINEN 1974).

Pienillä kuoriselluosoikeuksilla opasit eetti kasvaa kuorta lisättäessä, mutta alkaa laskea suurempiin kuoripitoisuuksiin mentäessä. Kasvava kuoriosuus lisää valkaistun sellun kelle rtyvyyttä ja uute ainepitoisuutta (SIRO 1966). Kuoren on todettu myös huonontavan kemikaalien poistoa massan pesun aikana ja hidastavan massan kuivumista (BHAGWAT 1975).

Kaarnan vaikutus sellun kaikkiin ominaisuuksiin on nilaa suurempi. Kuorellista puuta käytettäessä kuoren vaikutus massan ominaisuuksiin on samansuuntainen kuin pelkkää kuorta ja puuta vertailtaessa.

## 6. YHTEENVETO

Kuoren rakenne ja kemialliset aineosat aiheuttavat vaikeuksia sellun keittoprosessissa. Kuoresta, erityisesti sen kaarnaosasta saadaan keitossa alhainen saanto. Kaarnasellu sisältää runsaasti ligniiniä, hemiselluloosia, uuteaineita ja tuhkaa ja sen lujuudet, erityisesti repäisylujuus, ovat huonot. Myös nilasellun uuteaine- ja hemiselluloosapitoisuudet ovat suuret, mutta lujuusominaisuuksiltaan ei nilasellu ole läheskään niin huonoa kuin kaarnasellu vaan lähempänä puusellujen lujuuksia.

Saanto nilaa keitetäessä on sulfaattikeitossa keskimäärin

22 - 28 prosenttiyksikköä ja kaarnaa keitetessä 15 - 20 prosenttiyksikköä, joskin vaihtelurajat voivat olla prosessista riippuen laajemmatkin. Kuorellisen puun keitossa keitinsaanto laskee 2 - 3 prosenttiyksiköllä. Koska tällöin kuitenkin saadaan talteen kuoren sisältämä kuituaines ja puuhäviö jää pois, kuorellisesta puusta laskettu massan saanto nousee.

Sulfiitti- ja muiden menetelmien keittoihin kuori sopii sulfaattikeittoa huomattavasti huonommin.

Männyn sulfaattikeitossa nilan ja kaarnan alkalinkulutus on noin kaksinkertainen puuhun verrattuna. Kuorellisen puun käytössä alkalien kulutuksen kasvu on kuivaa raaka-ainemäärää kohti 2 - 8 prosenttiyksikköön. Kuoren mukanaolon lastuissa on havaittu vaikuttavan heikentävästi mm. sellujen väriin, puhtauteen, jauhautuvuus- suotautuvuus- ym. prosessiominaisuuksiin. Kuorisellu kuluttaa valkaisuissa huomattavasti puusellua enemmän valkaisukemikaleja.

Kaarnan vaikutus sellun ominaisuuksien heikentymiseen on niilaa suurempi.

Mikäli keittoprosessiin tulevan puutavaran kuorimäärä on normaali on ilmeistä, että ainakin kuorellisesta männystä voidaan valmistaa täysin laatuvaatimukset täyttävää massaa. Tällöin myös tarvittavan raaka-aineen määrä supistuu, ja havupuilla voidaan näin parantaa massasaantoa. On kuitenkin korostettava, että kuoren aiheuttama prosessin häiriintyminen riippuu käy-

tetystä jalostusmenetelmästä ja päämääränä olevasta loppu-  
tuotteesta. Näin ollen keitossa hyväksyttävät kuoren enim-  
mäismäärät ovat hyvin tehdaskohtaisia.

## KIRJALLISUUS

- ALLO, G.F. 1946. A review of alkaline pulping procedures in Canadian mills. Pulp Paper Mag. Can. 47 (3): 116-118.
- BHAGWAT, S.G. 1975. Utilization of bark. For. Prod. J. 25 (2): 13-15.
- BROWN, K.J. 1965. Effect of bark in the sulphate pulping of a northern Oak mixture. Tappi 39 (6):443-448.
- CLERMONT, L.P. & SCHWARZ, H. 1948. Studies on the chemical composition of bark and its utilization for structural boards. Pulp Paper Mag. Can. 49 (7): 90-94.
- ESKILSSON, S. 1973. Whole tree pulping. Part 2, sulphate cooking. Svensk Papp.Tidn. 76. (2): 63-70.
- FELLEGI, J.J., JANJI, J. & ZEMANEK, R. 1962. Method of making sulfite pulp from unbarked, partly barked and completely barked wood. Czechosl. patent 104 321 (july 15, 1962). (ref. Abips 34(11): 1758-1759).
- HEISKANEN, V. ja RIKKONEN, P. 1976. Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät. Folia For. 250:1-67.
- HORN, R.A. & AUCHTER, R.J. 1972. Kraft pulping of pulpwood chips containing bark. Paper Trade J. 156 (6): 55-59.
- ITKONEN, J. 1948. Piirteitä männyn kuoren merkityksestä sulfaattiselluloosateollisuudessa. Metsäteknologian pro gradu-työ.
- IVANOVA, I.S. 1960. Sulfaattimassan valmistus metsän hakkuutähteistä (käännös). Bumazn. prom. 35 (2): 13-15.
- JENSEN, W. 1965. The chemical utilization of bark. ECE/FAO/ILO. Symposium on mechanical barking of timber. Helsinki 27.9.-2.10.1965.
- KARPPINEN, H. 1974. Kuoripäällisen puun sulfaattikeitto. Teknillinen Korkeakoulu. Selluloosatekniikan laboratorio. Diplomityö n:o 9. 75 s.
- KEAYS, J.L. & HATTON, J.V. 1974. The effect of bark on wood pulp yield and quality and on the economics of pulp production. Kanad.For.Serv. VP-x-126: 1-20.
- KELLER, E.L. 1950. Effect of bark in the neutral sulphite semichemical pulping of aspen, hickory and slash pine. Tappi 33(11): 556-560.

- Kuoripäivät 1974-05-16, Otaniemi. Suomen itsenäisyyden juhlaruoden 1967 rahasto. Sarja A, n:o 21: 1-118.
- KURTH, E.F. 1956. The effect of percentages of bark in Douglas fir chips used to make corrugating medium. Tappi 39 (7): 520-522.
- MARTIN, J.S. & BROWN, A.J. 1952. Effect of bark on yield and quality of sulphate pulp from southern pine. Tappi 35(1): 7-10.
- MARTINSON, M. 1945. Kvalitetsbedömning av sulfitmassa ur pappers-teknisk synpunkt. Svensk Papp.Tidn. 48(15): 369-375.
- Metsätilastollinen vuosikirja. 1974. Suomen Virallinen Tilasto XVII A:7. Folia For. 255: 1-214.
- MONTMORENCY, W.H. de. 1969. Wood chips for the chemical and mechanical pulp processes. Pulp Paper Mag.Can. 70(6): 85-86.
- MURTO, J.O. 1953. Sulfiittiselluloosan lajittelukysymyksistä. Paperi ja Puu 35(5): 229.
- NEVALAINEN, K. 1968. Havupuukuoren sellukeitto. Esitelmä Leningradissa 11.-16.6.1968. Moniste 6 s.
- PLATON, M. 1962. Industrial scale experiments on the utilization of wastes from the processing of wood. Celulosa Hirtie 11( 3 ):102-106. (ref. Abips 33(8):1317).
- PLATON, M., CONSTANTINESCU, O. & KONERTH, H. 1961. Utilization of logging and woodworking residues. Celulosa Hirtie 10(7/8):235-242. (ref. Abips 33(8):1318).
- Puukemia 1967. Suomen Paperi-insinöörien Yhdistyksen oppi- ja käsikirja I. (B 7,17). Helsinki.
- SAIKKU, O. & RIKKONEN, P. 1976. Kuitupuun kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät. Folia For. 262:1-22.
- SAMUELS, R.M. & GLENNIE, D.W. 1958. Bark tolerance of Douglas fir chips in craft pulp manufacture. Tappi 41 (5): 250-255.
- SIHTOLA, H. 1952. Kuoripitoisesta havupuusahausjätteestä puoli-kemiallista selluloosaa. Paperi ja Puu 34(11): 409-418.
- SIRO, M. 1966. Havupuukuoresta selluloosan raaka-aineena. Teknillinen Korkeakoulu, puunjalostusosasto. Diplomityö n:o 269. 135 s.
- SUREWICZ, S. & MODRZEJEWSKI, K. 1972. Einfluss der Rinde auf den Aufschluss des Kiefernholzes nach dem Sulfatverfahren. Cellulose Chem. Technol. 6(4):421-434.

- THOMAS, P.R. & DAVIS, R.E. 1974. Whole log chipping and pulping of western red cedar at Columbia Cellulosa. Pulp Paper Mag. Can. 75(3):60-61.
- UUSVAARA, O. 1972. Sahanhakkeen ominaisuuksia. Summary: On the properties of sawmill chips. Metsäntutk. lait. Julk. 75(4):1-55.
- WURZ, O. 1946. Zellstoffe aus Schälspänen des Fichtenreppelholzes. Textil-Rundschau 1(6):174-178. (ref. For.Abstr. 11 (1950) (3):361).



