



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

**Biosaha -raportti:**

# **Biojalostamotoiminnan mahdollisuudet Savonlinnan alueella**

**Noora Haatanen, Xamk**

**25.4.2019 Savonlinna**



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus

**Vipuvoimaa**  
**EU:lta**  
**2014–2020**



**Euroopan unioni**  
Euroopan aluekehitysrahasto



Kuitulaboratorio

## Sisällys

1	Hanketausta .....	3
2	Johdanto .....	3
3	Biojalostustoiminnan raamit.....	3
4	Mekaanisesta metsäteollisuudesta syntyvät sivuvirrat.....	4
4.1	Sahateollisuus .....	4
4.2	Vaneriteollisuus .....	5
5	Biojalostamon raaka-ainepotentiaali Savonlinnan alueella.....	6
6	Biojalostamon arvonnousu .....	7
6.1	Bioöljyn valmistus .....	8
6.2	Bioetanolin valmistus.....	10
6.3	Ylikriittinen vesiuutto .....	11
6.4	Valittujen konversiotekniikoiden vertailua case Savonlinna näkökulmasta.....	13
7	Sivuvirtojen tutkimushankkeet ja aktiviteetit Xamk:ssa .....	14
8	Johtopäätökset .....	14
9	Lähteet .....	15



Kuitulaboratorio

## 1 Hanketausta

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (Xamk) hallinnoiman Biosaha- hankkeen tavoitteena on edistää mäntysahainvestoinnin edellytyksiä Savonlinnan alueella sekä tuottaa laskelmia ja materiaalia mekaanisen metsäteollisuuden sivuvirtojen hyötykäyttöä edistävien biojalostamoinvestointien edistämiseksi. Hankkeen osana on valmistunut erillinen asiantuntijapalveluna tuotettu esiselvitys sahatteollisuusinvestoinnin perustaksi. Tämä raportti on hankkeen toinen päätuotos ja kokoa hankkeen aikana tuotetut tiedot ja taustat alueen merkittävimpien mekaanisen metsäteollisuuden toimijoiden sivuvirtojen määrästä ja käytöstä sekä alueen sivuvirtoja hyödyntävien jalostamojen mahdollisista tuotantokonsepteista alueen elinkeinopoliittisen markkinointityön tukemiseksi.

Biosaha -Mäntytukin sahaus ja sivuvirtojen biojalostuksen edistäminen – hanke toteutettiin ajalla 1.10.2017-30.3.2019 ja se on saanut rahoitusta Suomen rakennerahasto-ohjelman Kestävää kasvua ja työtä 2014-2020 –hausta.

## 2 Johdanto

Arvokkaiden luonnonvarojemme kestävä ja arvokas käyttö ajavat sekä luonnon että alueen elinkeinoelämän tavoitteita. Alueella muodostuvien metsäraaka-aineiden jalostusasteen nostaminen ja kierrättäminen korkean arvon sovelluksiin ennen polttoa toisivat alueelle lisää työllisyyttä ja investointeja.

Savonlinnassa on merkittävä mekaanisen metsäteollisuuden keskittymä. Tukkipuun käsittelykapasiteetin mukaan tarkasteltuna alueen alan suurimmat toimijat ovat UPM Kymmene Savonlinnan vaneritehdas, Metsä Wood Punkaharjun vaneri- ja kertopuutehtaat sekä Sahakuutio saha Kerimäellä. Lisäksi Metsä Wood Kertopuutehdas sekä Sahakuution saha ovat tiedottaneet merkittävistä investoinneista lähivuosina. Mekaanisesta metsäteollisuudesta syntyvät sivuvirrat avaavat mahdollisuuksia uudelleenlaiselle biojalostustoiminnalle Savonlinna alueella.

## 3 Biojalostustoiminnan raamit

Biojalostamoiden kannattavuutta tarkasteltaessa raaka-aineen saatavuudella ja hinnalla on suuri merkitys. Tämän vuoksi kiinnostus tehottomasti hyödynnettyihin sivuvirtoihin ja jätejakeisiin on suuri. Lisäksi korostuu jalostusprosessin tehokkuus sekä lopputuotteen arvonnousu. Biotalous liiketoimintaympäristössä myös sääntelyllä ja tukipolitiikalla on merkittävä vaikutus, ainakin alkuvaiheen investoinneissa.

Savonlinnan alueella ei ole kemiallista metsäteollisuutta, jonka vuoksi sivuvirtapotentiaali keskittyy erityisesti alueen mekaanisen metsäteollisuuden sivuvirtoihin. Savonlinnan alueen suurimpien mekaanisen metsäteollisuuden toimijoiden volyymit ja investointisuunnitelmat on esitetty taulukossa 1 (päivitetty 4.12.2018).

**Taulukko 1. Savonlinnan alueen mekaanisen metsäteollisuuden suurimmat toimijat.**

Toimija	Kapasiteetti	Investointisuunnitelmat
UPM-Kymmene, Savonlinna	100 000 k-m <sup>3</sup> koivu- ja havuvaneri (100% kuusi)	
Metsä Wood, vaneritehdas, Punkaharju	80 000 k-m <sup>3</sup> /a koivu- ja havuvaneri (100% kuusi)	
Metsä Wood, kertopuutehdas, Punkaharju	140 000 k-m <sup>3</sup> /a kertopuu (90% kuusi ja 10% mänty)	65 000 k-m <sup>3</sup> kertopuuta/a (90% kuusi ja 10% mänty)
Sahakuutio, Kerimäki	65 000 k-m <sup>3</sup> /a sahatavaraa, 55 % mänty ja 45 % kuusi	35 000 k-m <sup>3</sup> sahatavaraa (55 % mänty ja 45 % kuusi)

Mekaanisesta metsäteollisuudesta syntyviä sivuvirtoja on käsitelty seuravaksi tarkemmin.

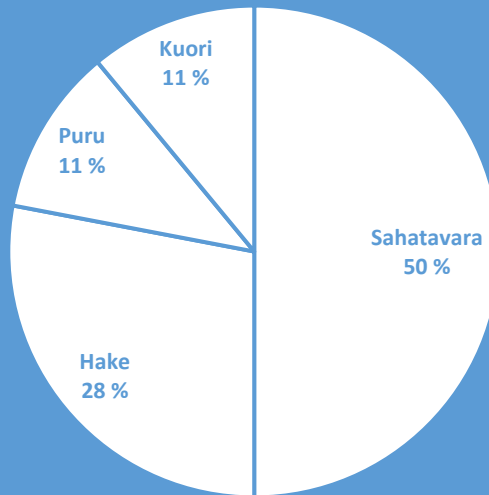
## 4 Mekaanisesta metsäteollisuudesta syntyvät sivuvirrat

Tässä raportissa keskitytään mekaanisen metsäteollisuuden eli pääasiassa saha- ja vaneriteollisuuden sivuvirtoihin. Mekaanisen metsäteollisuuden toiminnassa, toisin sanoen puutuoteteollisuudessa, syntyy lähinnä puupohjaisia sivutuotteita. Teollisuus ei tilastoi puutuoteteollisuudessa syntyviä jätteiden määriä. Syntyvän jätteen määrätiedon keräämistä hankaloittaa se, etteivät kaikki puutuoteteollisuuden toimijat ole ympäristölupavelvollisia, eivätkä näin ollen raportoi jätetietoja vuosittain viranomaiselle.

### 4.1 Sahateollisuus

Sahateollisuuden sivuvirtoja voidaan arvioida syntyvän seuraavasti; kuutiosta tukkia syntyy 50% sahatavaraa, 28% haketta, 11% purua ja 11% kuorta (kuva 1). Sahateollisuuden sivuvirrat ohjataan tällä hetkellä pääasiassa hyötykäyttöön, mutta hyötykäyttöastetta sekä sen arvonlisää voidaan edelleen nostaa. Sahoilla muodostuva hake käytetään pääasiassa sellun raaka-aineena. Sahanpuru voidaan hyödyntää puulevyjen valmistuksessa tai purusellun valmistuksessa. Molempia on mahdollista käyttää myös energiantuotantoon. Kuori- ja puujätteet hyödynnetään pääosin energiantuotannossa. Kuorta käytetään jonkin verran myös kompostoinnin apuaineena. Lisäksi sahateteollisuudessa syntyvää purua ja lastua hyödynnetään mm. eläinten kuivikkeena.

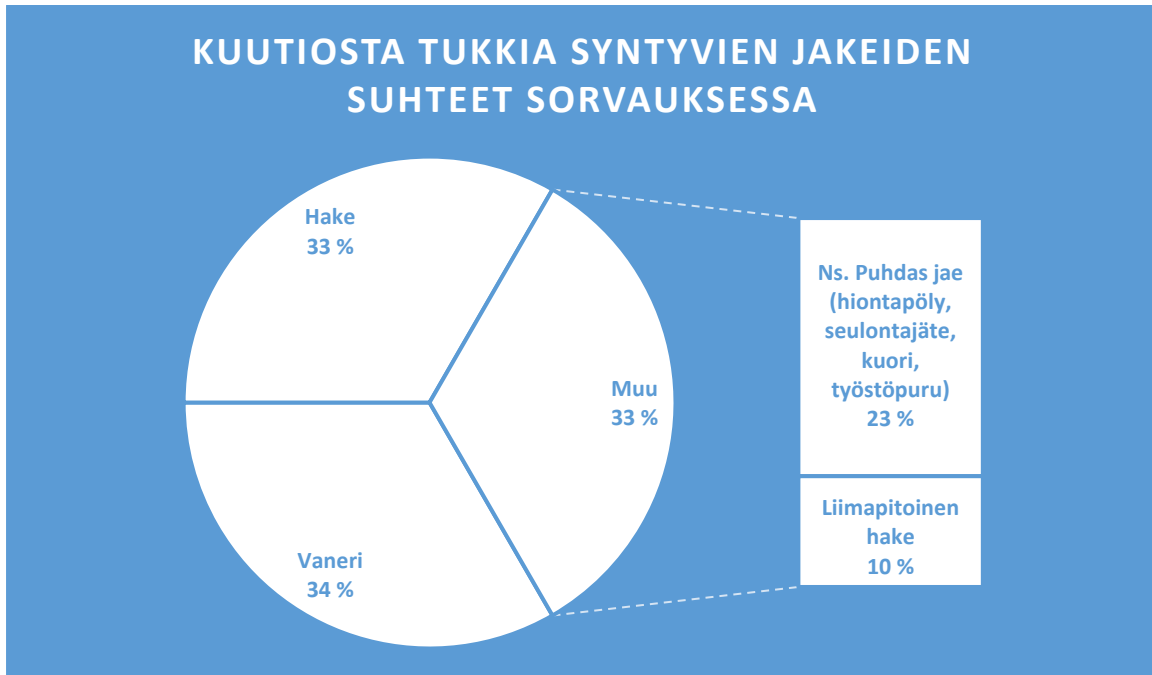
## KUUTIOSTA TUKKIA SYNTYVIEN JAKEIDEN SUHTEET SAHAUKSESSA



Kuva 1. Sahateollisuudesta syntyvien puupohjaisten sivuvirtojen osuudet tuotannosta.

### 4.2 Vaneriteollisuus

Vaneriteollisuuden hyötysuhde on sahatteollisuutta alhaisempi, tosin sivuvirtojen määrät vaihtelevat kuitenkin valmistustekniikasta, lopputuotteesta ja käytettävästä puulajista riippuen. Karkeasti arvioiden voidaan sanoa, että kuutiosta tukkia syntyy 33% vaneria ja loput ovat erilaisia sivuvirtajakeita (kuva 2). Vaneriteollisuudessa muodostuvia merkittävimpiä sivutuotteita ovat liete ja erilainen puujäte. Lietettä muodostuu ennen viilun sorvausta, jolloin tukkeja haudutetaan vedessä. Puujäte koostuu mm. seuraavista jakeista: kuori (11%), katkaisu- ja pyörästysjäte sekä purilaat (30%), puru ja seulontajäte (5%), viimeistelyn sivutuotteet sekä hukka, kuten hylätyt viilut (13%). Vaneritehtaan puujätteestä noin puolet menee polttoon ja toinen puolikas selluhakkeeksi. Katkonta ja pyörästysjäte haketetaan ja seulotaan selluteollisuuden toiveiden mukaisesti. Seulonnassa syntyvä puujäte soveltuu myös kuitu- tai lastulevyteollisuuden raaka-aineeksi. Osa polttoon menevistä jakeista sisältää mm. liimayhdisteitä, joka voi vaikeuttaa niiden hyötykäyttöä.



**Kuva 2. Vaneriteollisuudessa syntyvien puupohjaisten sivuvirtojen osuudet tuotannosta.**

## 5 Biojalostamon raaka-ainepotentiaali Savonlinnan alueella

Edellä esitetyt luvut antavat yleiskuvan mekaanisen metsäteollisuuden puupohjaisista raaka-ainevirroista. Biojalostamon käytössä oleva potentiaalinen raaka-ainepotentiaali riippuu kuitenkin useasta tekijästä. Laskennassa voidaan olettaa hakkeen suuntautuvan täysin selluhakkeeksi ja rajata se täten kokonaan tarkastelun ulkopuolelle. Jäljelle jäävä puuperäinen jäteaine on hyvin vaihtelevaa laadultaan ja sen soveltuvuus prosessin raaka-aineeksi riippuu täysin jatkojalostusprosessista, kuinka herkkä se on mm. raaka-aineen laadunvaihtelulle (kosteus, epäpuhtaudet, partikkelikoko) tai kuoren tuhkapitoisuudelle. Alla olevassa taulukossa (taulukko2) on koottu Savonlinnan alueen mekaanisen metsäteollisuuden eri jakeiden puusivuvirtapotentiaali laitospotentiaalin mukaan.

**Taulukko 2. Savonlinnan alueen mekaanisen metsäteollisuuden puusivuvirtapotentiaali laitospotentiaalin mukaan laskettuna.**

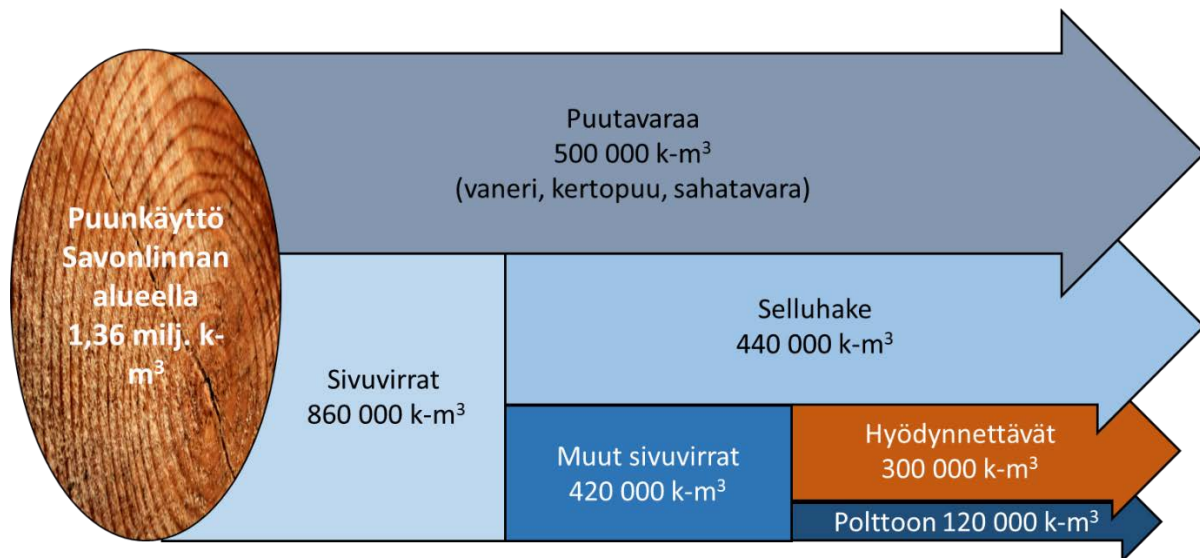
Raaka-aine sivuvirran rajaus	Määrä
Raaka-aine potentiaali yhteensä (sis. hakkeen)	860 000 k m <sup>3</sup>
Pääasiassa polttoon menevät sivuvirrat (ei sis. haketta)	420 000 k m <sup>3</sup>
Hyödynnettävissä olevat jakeet (poistettu lisäksi noin 10% vaikeita jakeita)	300 000 k m <sup>3</sup>

Puru on erityisen ihanteellinen raaka-aine, sillä se soveltuu useisiin prosesseihin ilman erillistä esikäsittelyä, kuten hienonnusta tai murskausta. Pelkästään Savonlinnassa syntyy purua noin 50 000 k-m<sup>3</sup>. Savonlinnan ympäristössä sen sijaan on useita sahoja. Logistisesti järkevällä etäisyydellä, noin 150 km säteellä Savonlinnasta, syntyy laskennallisesti arvioilta 370 000 k-m<sup>3</sup> havupuupuraa. Itä-

Suomen mekaanisen metsäteollisuuden mänty- ja kuusitukin suurimmat käyttöpisteet on koottu liitteen 1 karttaan.

Kuvassa 3 on esitetty Savonlinnan alueen mekaanisen metsäteollisuuden puunkäyttö laitospaasiteettien mukaan laskettuna. Luvuissa on huomioitu Savonlinnan alueella sivuvirtojen tämän hetkiset käyttökohteet ovat selluhake ja lämmityskäyttö. Tällä hetkellä sivuvirtoja käytetään alueen lämpö- ja voimalaitoksissa noin 200 000 k-m<sup>3</sup>, josta osa tulee myös Savonlinnan alueen ulkopuolelta. Laskennassa käytettyjen arvioiden mukaan polttoon suuntautuvasta osasta noin 300 000 k-m<sup>3</sup> olisi mahdollista hyödyntää korkeamman jalostusarvon sovelluksissa. Tällöin lämmityskäyttöön ohjattaisiin edelleen noin 120 00 k-m<sup>3</sup> jakeita ja puuttuva osa korvattaisiin esim. metsähakkeella. Laskennassa on käytetty edellä esitettyjä oletuksia laitosten hyötysuhteesta. Sorvauksessa raaka-aineesta 23% oletetaan päätyvän sivuvirtoihin, jotka on mahdollista ottaa biojalostamo käyttöön. Sahalla sen sijaan on oletettu, että yhteensä 15 % raaka-aineesta eli vain reilu puolet syntyvästä sahanpuru- ja kuorijakeista soveltuu lopulta biojalostamon käyttöön.

### Puunkäyttö ja -jalostus Savonlinnan alueella



**Kuva 3. Savonlinnan alueen mekaanisen metsäteollisuuden puunkäyttö sekä -jalostusmäärät, sekä toiminnassa syntyvien sivuvirtojen käyttömäärät.**

## 6 Biojalostamon arvonnousu

Mekaanisen metsäteollisuuden sivuvirrat hyödynnetään tälläkin hetkellä kiertotalousajattelumallin mukaisesti tehokkaasti, sellun valmistuksessa, erilaissa uusissa tuotteissa sekä polttoaineena voimalaitoskattiloissa. Sivuvirtojen hyödyntäminen mahdollisimman korkean jalostusarvon tuotteissa ennen energiakäyttöä on kuitenkin kestävä kehitys ja aluetalouden kannalta kannattavinta. Lisäksi tavoiteltavaa on ns. kaskadikäyttö eli raaka-aine hyödyntäminen erilaisina tuotteina mahdollisimman monta kertaa ennen kuin se poltetaan energiaksi.



## Kuitulaboratorio

Tässä selvitystyössä keskitytään kokoamaan olemassa olevaa tietoa mekaanisen metsäteollisuuden puupohjaisten sivuvirtojen (sahapuru ja kuori sekä hake) käyttökohteista ja erityisesti korkeamman jalostusarvon käyttökohteista.

Pääasialliset käsittelymenetelmät selluloosa pohjaisen raaka-aineen jalostamiseksi uusiksi tuotteiksi ovat termokemiallinen (pyrolyysi ja kaasutus) sekä hydrolyysi ja uutto.

Tarkempi tarkastelu on rajattu erityisesti muutamaan korkean jalostusarvon sovellukseen, jotka on valikoitu niiden kaupallisen asteen ja olemassa olevien teollisten referenssien mukaan. Nämä ovat pikapyrolyysi bioöljyn valmistuksessa sekä fermentointi bioetanolin valmistuksessa. Lisäksi on selvitetty kemikaalitointa uuttoprosessia, joka hyödyntää ylikriittistä vettä.

### 6.1 Bioöljyn valmistus

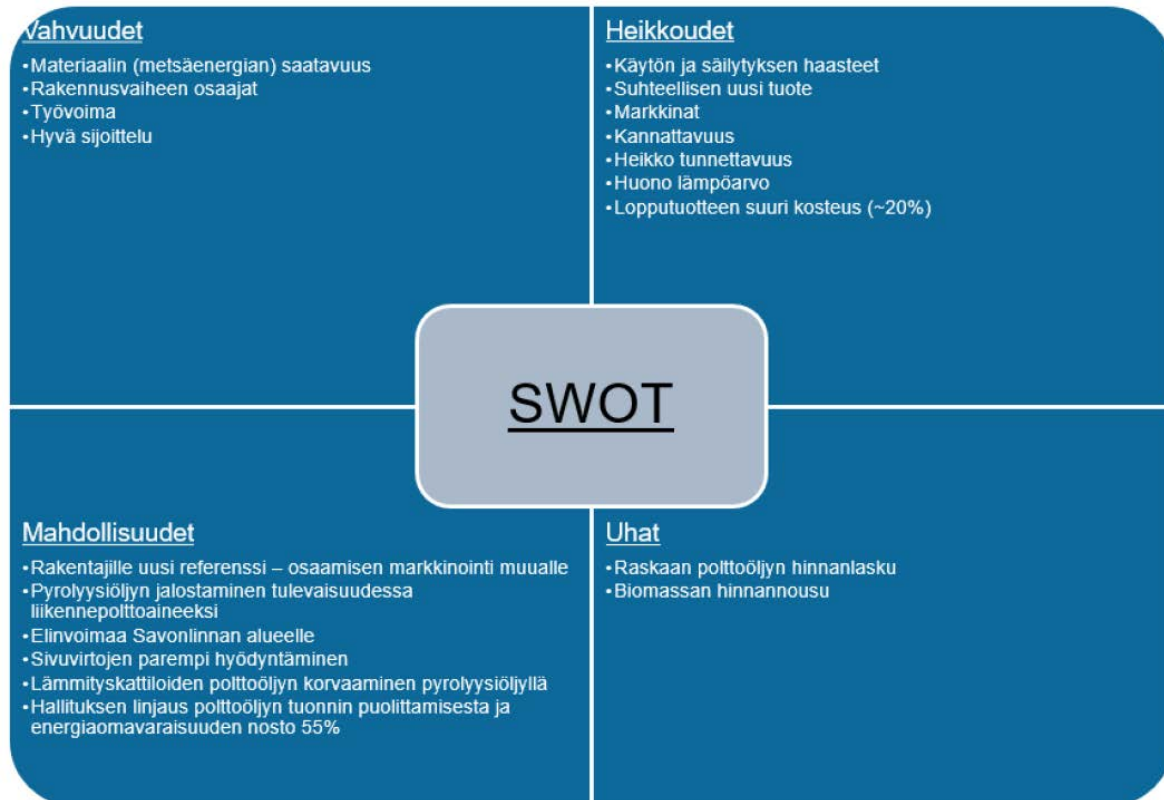
Bioöljyn valmistus perustuu esikäsitellyn biomassan nopeaan kaasuttamiseen hapettomissa olosuhteissa korkeassa lämpötilassa (500 astetta) ja muodostuneen pyrolyysikaasun lauhtutukseen, jolloin muodostuu nestemäistä tuotetta eli bioöljyä. Reaktion tulee kestää vain muutamia sekunteja vaaditussa lämpötilassa, koska sillä estetään toissijaisten reaktioiden eli puuhiilen ja lauhtumattomien kaasujen muodostuminen. Bioöljyn valmistusta puupohjaisesta raaka-aineesta on tutkittu jo kauan ja valmistusmenetelmät sekä tuotteen koostumus ovat hyvin tiedossa.

Bioöljyn etuna on sen nestemäinen olomuoto, joka mahdollistaa kiinteitä biomassoja tehokkaamman käsittelyn; pumppaus, varastointi ja kuljetus. Lisäksi bioöljy sisältää useita arvokkaista yhdisteitä, joita voidaan hyödyntää korkeamman jalostusasteen tuotteissa. Tästä huolimatta bioöljyn markkinatilanne on edelleen haasteellinen (Pyne Task 34). Hankkeen yhteydessä tutkittiin tarkemmin bioöljyn tuotantolaitoksen kannattavuutta sekä selvitettiin bioöljyn jatkojalostuksen tilannetta (Bruun, 2019). Selvitystyössä todettiin Savonlinnan mittakaavassa ja vallitsevassa markkinatilanteessa sekä suomen nykyisen tukipolitiikan avustamana bioöljyn tuotantolaitoksen olevan kohtalaisen kannattavaa. Bioöljyn jalostusasteen kasvattaminen ja täten lopputuotteen arvon kasvattamiselle löytyy paljon tietoa, jota on koottu selvitykseen tiiviisti.

Bioöljyä hyödynnetään tällä hetkellä pääasiassa sellaisenaan lämmön- ja energiantuotannossa. Bioöljyn kehitys-, sekä tutkimustyön lisääntyessä on huomattu potentiaalia olevan paljon muuhunkin. Raaka bioöljystä on mahdollista erottaa fraktioiden avulla eri jakeet toisistaan ja kasvattaa siten jakeiden kaupallista arvoa. Menetelmää on tutkittu ja jakeille on kehitetty omia jatkojalostuspolkuja, joita hyödynnetään jo kaupallisessakin tuotannossa esimerkiksi elintarvike- ja rakennusteollisuudessa. Raaka bioöljyä voidaan myös jalostaa liikennepolttoaineeksi esim. vetykäsittelyprosessilla tai katalyyttisellä pikapyrolyysillä tai niiden yhdistelmällä, hydropyrolyysillä.

Xamk:n biotuotetekniikan opiskelijat tutkivat Tehdassuunnittelukurssin yhteydessä bioöljyn tuotantolaitoksen investointiedellytyksiä ja laativat kuvassa 4 esitetyn SWOT analyysin Savonlinnan näkökulmasta.





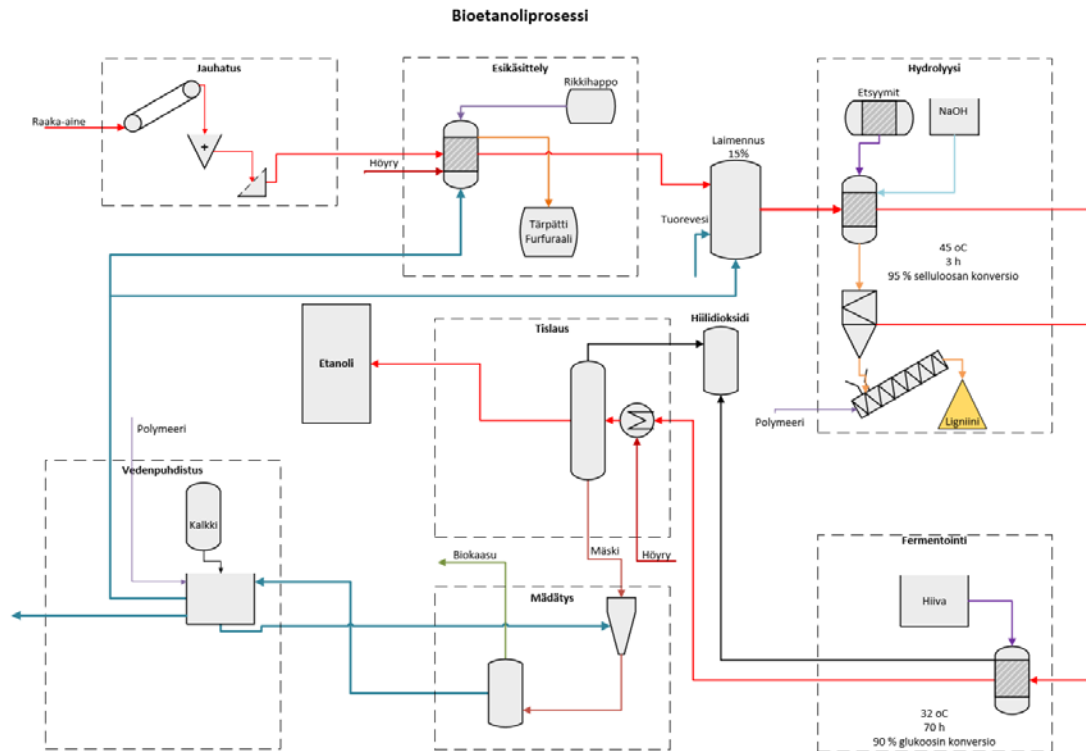
**Kuva 4, . SWOT – analyysi bioöljyn tuotantolaitoksen sijoittumisesta Savonlinnaan.** (lähde Xamk opiskelijatyön materiaali)

Investoinnin vahvuudet ovat materiaalin, eli metsäteollisuuden sivuvirtojen saatavuudessa. Lähialueiden metsäteollisuuslaitosten sivuvirtojen sekä maakunnan metsävarantojen tehokas käyttö turvaavat riittävän materiaalin saannin. Tämän vuoksi myös keskeinen sijoittelu muiden metsäteollisuuslaitosten läheisyydessä on laitoksen vahvuuksia, sillä raaka-aineen kuljetusmatkat ovat kohtuullisia. Vahvuuksiin voidaan luokitella myös työvoiman saatavuus, sekä rakennusvaiheessa käytettävien osaajien saatavuus. Näiden avulla voitaisiin myös luoda tulevaisuuteen osaajia vastaavien laitosten rakentamista varten. Investoinnin haasteita luovat pyrolyysiöljyn ominaisuudet. Pyrolyysiöljy on suhteellisen tuntematon tuote ja markkinat vasta kehittyvät. Lisäksi pyrolyysiöljyssä haasteita asettaa sen käyttö ja säilytys, sekä lopputuotteen suuri kosteus.

Pyrolyysiöljyn sekä pyrolyysilaitoksen rakentamisen luomia mahdollisuuksia seutukunnalle on useita. Pyrolyysiöljy on vielä osin tutkimusvaiheessa ja etenkin jatkojalosteita tutkitaan koko ajan lisää. Suurimpia käyttökohteita ovat lämmityskattiloiden polttoöljyn korvaaminen ja pyrolyysiöljyn jatkojalostaminen liikennepolttoaineeksi. Lisäksi pyrolyysilaitos toisi elinvoimaa Savonlinnan alueelle ja nostaisi muiden yritysten sivuvirtojen hyötykäyttöä. Suurimpana uhkana laitokselle ovat raskaan polttoöljyn hinnan lasku ja biomassan hinnan nousu.

## 6.2 Bioetanolin valmistus

Bioetanolin valmistus perustuu esikäsittelyn biomassan fermentointiin eli käymiseen. Jotta rakenteellisesti haastava puubiomassa saadaan käymään, vaatii se tiettyjä esikäsittelyvaiheita. Aluksi selluloosa pilkotaan ja siinä olevat sokerit vapautetaan lämmön, paineen ja entsyymien avulla. Käyminen aikaansaadaan hiivan avulla. Lopuksi käymisliemestä tislataan alkoholi talteen, jolloin saadaan 90-prosenttista etanolia. Tämä väkevöidään vielä lähes 100-prosenttiseksi etanoliksi normaalisti erillisessä keskitetyssä laitoksessa. Prosessin kulku on esitetty tarkemmin kuvassa 5.



Kuva 5. Bioetanolin valmistuksen prosessikaavio (lähde Xamk opiskelijatyön materiaali)

St 1 on rakentanut puupohjaiseen raaka-aineeseen perustuvan bioetanolilaitoksen Kajaanin Pölkyn sahan yhteyteen. Kyseinen tuotantolaitoksen kapasiteetti on 10 milj. litraa bioetanolia vuodessa. Laitos on kuitenkin kooltaan haasteellinen, ja vaativan esikäsittelyvaiheen vuoksi kannattava kokoluokka kyseiselle menetelmälle on luokkaa 50 miljoonaa kuutiota vuodessa bioetanolia. Tämän kokoluokan laitos on jo suunnitteilla Pietarsaaren (tai Kajaanin laajennus) ja sen raaka-ainetarve on noin 400 000 t/a (kosteuspitoisuus 45%). Tämä tarkoittaa noin 530 000 k-m<sup>3</sup>/a. Lisäksi prosessissa muodostuu sivutuotteena noin 80 %:sta tärpättiä, ligniiniä ja furfuraalia. Kyseisten sivutuotteiden jatkokäyttö on vielä kehitysvaiheessa ja niistä saatava tuotto vaikuttaa merkittävästi myös tuotantolaitoksen kannattavuuteen.

Uutena toimijana puupohjaisen bioetanolin valmistaja Suomessa on Kanteleen Voiman biojalostamoinvestoinnista vastaava NordFuel. Kanteleen Voima Oy suunnittelee puuraaka-aineesta liikennekäyttöön tarkoitettua etanolia tuottavan biojalostamon rakentamista Haapavedellä sijaitsevan lauhdevoimalan yhteyteen. Sivutuotteina jalostamo tuottaisi ligniiniä, biokaasua sekä lietettä lannoitekäyttöön. Laitoksen suunniteltu kapasiteetti on 65 000 tonnia bioetanolia liikenteen käyttöön vuosittain. Biojalostamon tuotannon olisi tarkoitus käynnistyä vuonna 2021. (NordFuel 2019)

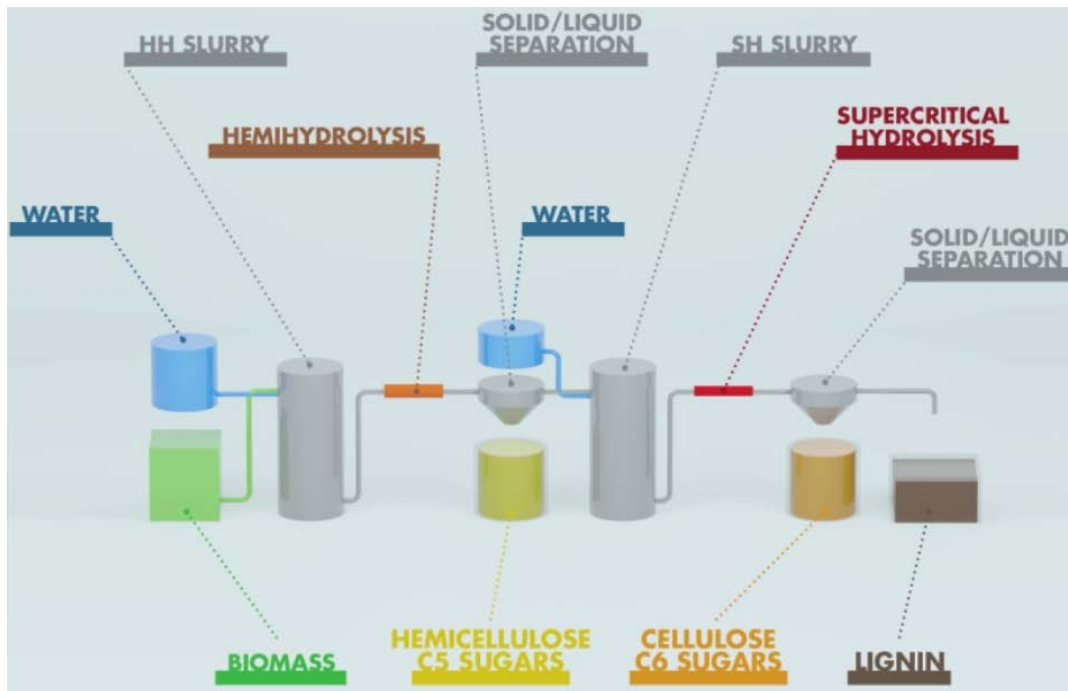
### 6.3 Ylikriittinen vesiuutto

Kolmas tarkemmin tutkittu menetelmä perustuu ylikriittiseen vesiuuttoon. Kyseessä on yhdysvaltalaisen Renmatix yrityksen patentoima Plantrose niminen prosessi. Se on ensimmäinen prosessi, jossa bioraaka-aineen aineosat saadaan hajotettua ja otettua talteen pelkästään vettä hyödyntäen. Menetelmällä biomassan sisältämät hemiselluloosa ja selluloosa voidaan pilkkoa sokereiksi ja samalla erottaa syntyneet aineet ligniinistä.

Normaalitilaisena vesi ei sovellu tähän tarkoitukseen. Veden ollessa normaaleissa olomuodoissa vetenä, jäänä tai höyrynä, se on hyvin neutraali tuote. Plantrose menetelmässä vesi saadaan kuitenkin tekemään huomattavasti paremmin ja enemmän aineosia erottelevaa työtä. Tämän mahdollista oikea veden lämpötila ja paine. Se pystyy tunkeutumaan aineeseen kuin kaasu ja samaan aikaan toimimaan liuottimena kuin neste. Kun vesi saadaan tähän käyttöön soveltuvaksi, siitä aletaan käyttää nimitystä ylikriittinen vesi. Ylikriittinen on kuin aineen ”neljäs” olomuoto, jotain nestemäisen ja kaasumaisen väliltä. Silloin vesi on lämpötilaltaan 373°C asteista ja paine pyritään pitämään 220 baarissa. Tässä paineessa ja lämpötilassa vesi ei ole normaaleissa olomuodoissa kiinteänä, nesteinä tai kaasuna, vaan eräänlaisena höyrynä.

Reaktio on erittäin nopea, sekunteja tai vähemmän, riippuen raaka-aineen partikkelikoosta. Lyhyen viipymän vuoksi reaktorikoko on pieni joka puolestaan pienentää investointikustannuksia.

Biomassa jauhetaan tai haketetaan aluksi haluttuun partikkelikokoon. Esikäsitelty raaka-aine sekoitetaan kuumaan veteen, jolloin raaka-aine pehmenee ja saadaan helpommin jatkojalostettavaan muotoon. Tämän jälkeen seos pumpataan reaktoriin, jossa suoritetaan hemiselluloosan erottelu ja lisäksi C5/C6 sokereiden erottelu. Reaktorin paine ja lämpötila eivät ole vielä ylikriittisessä tilassa, vaan tässä vaiheessa olosuhteet ovat matalammat. Tätä seuraa tuotteiden erottelu ja loppujen tuotteiden ajo eteenpäin prosessia. Tässä vaiheessa saadaan siis talteen hemiselluloosa ja Planto Sokerit. Edellisen vaiheen erottelematon tuote laimennetaan sopivaan sakeuteen ja tuote ajetaan seuraavaan reaktoriin, jonka olosuhde on jo ylikriittisellä tasolla, eli paine ja lämpötila ovat korkeat. Tässä reaktorissa saadaan eroteltua C6 sokereita ja ligniinin poisto on todella tehokasta. Reaktiossa erotetut aineet erotellaan lietteestä ja ne ovat valmiita jatkojalostukseen. Prosessin erivaiheet on kuvattu alla kuvassa 6.



Kuva 6. Plantose menetelmän prosessikuvaus (Lähde Renmatix, 2018).

Yllä kuvatun prosessin päätuotteiden lisäksi yritys on lanseerannut uuden tuotteen. Tämä on SC3 eli Supercritical crystalline cellulose. Uusi lopputuote saadaan jättämällä ylikriittinen reaktio "alikeittyneeksi". Reaktio-olosuhteita säätämällä voidaan vaikuttaa lopputuotteen koostumukseen SC3 vs. C6-sokerit. SC3 väriltään vaalean ruskea, sisältää ligniiniä, erilainen partikkelikoko kuin MCC:llä eli mikrokiteisellä selluloosalla ja muodostaa veteen sekoitettuna hydrogeelin.

## 6.4 Valittujen konversiotekniikoiden vertailua case Savonlinna näkökulmasta

Seuraavassa taulukossa on julkisista lähteistä kerättyjen tietojen perusteella koottu yhteen edellä esiteltyjen menetelmien heikkouksia ja vahvuuksia Savonlinnan investointipotentialin näkökulmasta.

	Pikapyrolyysiöljy	Bioetanoli puusta	Plantrose sokerit
<b>Raaka-aineen laatuvaatimukset</b>	Raaka-aineen laadulla suoraan vaikutusta lopputuotteeseen; tuhkapitoisuus, kosteus. Liimojen yms. vanerin epäpuhtauksien vaikutusta ei tiedetä.	Joustava raaka-aineen suhteen.	Mainospuheen mukaan hyvin joustava raaka-aineen suhteen.
<b>Laitoksen optimi-koko (skaalaetu) suhteutettuna esim. raaka-aineeseen, rahoitukseen, infraan jne</b>	Mahdollistaa pienen mittakaavan laitokseen lähellä raaka-ainetta. Jatkojalostus suuremmassa keskitetyssä yksikössä.	Vaatii ison mittakaavan kannattavaan toimintaan.	Ei tietoa.
<b>Tekninen kypsyyssaste</b>	Tuotantoteknologia hyvin tunnettua ja kaupallisia laitoksia löytyy keski-suudessa mittakaavassa.	Tuotantoteknologia selluloosapohjaisen raaka-aineen käytöstä tunnettua. Puupohjaisen raaka-aineen käyttö kaupallisella tasolla vasta 2017-2018 alkaen	Yrityksen oma tutkimuslaitos skaalattu valmistuslaitos-kokoluokkaan, mutta ei virallista kaupallista yksikköä.
<b>Arvio työpaikoista alueelliseen biojalostusekosysteemiin (suuruusluokka)</b>	20 milj. litran kapasiteetin tehdas työllistää suoraan ja välillisesti yhteensä noin 100 henkilöä	50 milj. litran kapasiteetin tehdas työllistää suoraan noin 25 ja välillisesti 70 henkilöä	Ei tietoa
<b>Jatkojalostusmahdollisuudet korkeamman lisäarvon tuotteisiin</b>	Teknologia jatkojalostuksesta liikennepolttoaineeksi tunnettu, ei kaupallisella tasolla vielä. Kemikaalien ja muiden arvotuotteiden materiaalina fraktioinnin jälkeen, ei kaupallisessa tasolla vielä. Tutkimusta jatkojalostuksesta menossa paljon.	Liikennepolttoaineena (E85 Suomessa)  Sivuvirtojen kuten ligniinin, furfuraalin ja tärpätin hyödyntäminen korkeamman lisäarvon tuotteissa merkittävää kannattavuuden kannalta.	Puhtaat sokerit hyvin haluttuja biotalouden rakennuspalikoita, käyttömahdollisuudet lähes rajattomat

## 7 Sivuvirtojen tutkimushankkeet ja aktiviteetit Xamk:ssa

Xamkilla on tehty ja meneillään laajasti tutkimusta mekaanisen metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntämiseksi eri menetelmillä. Tutkimukset ovat kohdistuneet pääasiassa kuoren, sahanpurun sekä kuorimolietteen uusiin sovelluksiin:

- Hemiselluloosan kuumavesiuutto havusahanpurusta – Biokasvu [www.xamk.fi/biokasvu](http://www.xamk.fi/biokasvu)
- Tanniinin uutto kuoren kuoresta – Susbinders <https://www.vtt.fi/sites/SusBinders>
- Tukkihautomolietteen käyttökohteet – Teoli (osa UPM :n kaatopaikkajätteen nollataso – projektia sivuvirtojen kierrättämiseksi kestävästi ja lisäarvoa tuottavalla tavalla) [www.xamk.fi/teoli](http://www.xamk.fi/teoli)
- Biohiiliapplikaatiot – Biosampo (katemateriaali, kasvualusta, aktiivihiili/tekninen hiili) sekä energiasovellukset [www.xamk.fi/biosampo](http://www.xamk.fi/biosampo)

## 8 Johtopäätökset

- Savonlinna on hyvä sijoituspaikka monille eri metsäbiotalouden toimijoille. Alueelle on kehittynyt laaja-alainen ja merkittävä metsäteollisuuden ja biotalouden keskittymä.
- Alueen kasvavat mekaanisen metsäteollisuuden toimijat tuottavat puupohjaisia sivuvirtoja arviolta 860 000 k-m<sup>3</sup>, josta arviolta 300 000 k-m<sup>3</sup> olisi hyödynnettävissä erilaisten biojalostamoiden raaka-aineena.
- linnuntietä mitattuna noin 150 km säteellä Savonlinnasta syntyy laskennallisesti arvioilta 370 000 k-m<sup>3</sup> havupuupuraa
- teknologioita puubiomassan jalostamiseksi korkeamman arvon tuotteiksi löytyy. Teknologiat eri kehitysvaiheessa, mutta tutkimusta ja kaupallisen tason sovelluksia tekniikoille löytyy jo.
- Savonlinnan mittakaavassa realistinen vaihtoehto on jonkin tason hajautettu tuotantomalli
- Raaka-aineen laatuvaatimukset eri prosesseille on tarkennettava tapauskohtaisesti erikseen
- Xamk:lla on jatkossakin aktiivinen rooli uusien alueellisten teollisten investointien edistämiseksi erinäköisten selvitystöiden ja tutkimuksen kautta

## 9 Lähteet

Koskinen, T. 2006. Vaneritehtaan puunkäytön hyötysuhdetutkimus. Lahden ammattikorkeakoulu.

Pandey, Ashok, et al. 2011 Biofuels : Alternative Feedstocks and Conversion Processes. E-kirja. Saatavissa: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/xamkebooks/reader.action?docID=739028&query=> . [Viitattu 18.4.2019].

Pyne Task 34. IEA Bioenergy Task 34; Direct Thermochemical Liquefaction. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://task34.ieabioenergy.com/technology-status/>. [Viitattu 1.3.2019]

PyroWiki. WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://pyrowiki.pyroknown.eu/index.php/Welcome to PyroWiki](http://pyrowiki.pyroknown.eu/index.php/Welcome_to_PyroWiki). [Viitattu 18.4.2019.]

Nord Fuel 2019. <http://nordfuel.fi/biojalostamo/>

Renmatix 2018. <http://renmatix.com/>

Bruun, A. 2019. Bioöljyn käyttökohteet ja vaikutukset kannattavuuteen, opinnäytetyö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/166545>. [Viitattu 25.4.2019]

Puutuoteteollisuuden kotisivut. WWW-dokumentti. Saatavissa: [www.puutuoteteollisuus.fi](http://www.puutuoteteollisuus.fi) [Viitattu 18.4.2019]

Metsäteollisuus Ry kotisivut. WWW- dokumentti. Saatavissa: [www.metsäteollisuus.fi](http://www.metsäteollisuus.fi) [Viitattu 18.4.2019]

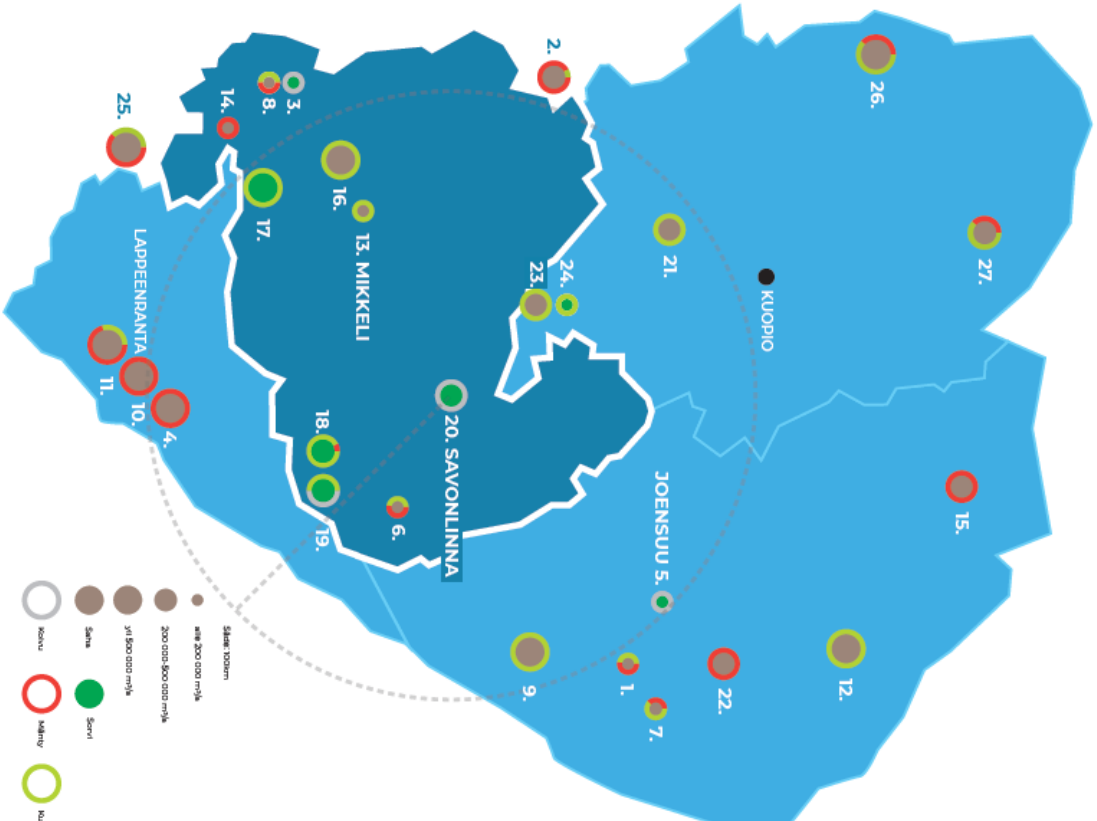
Sahateollisuus Ry kotsivut. WWW –dokumentti. Saatavissa: [www.sahateollisuus.fi](http://www.sahateollisuus.fi). [Viitattu 18.4.2019]

Bruun, A., Repo, H, Rantala, V., Toikka, J., Vallgren, J. 2017. Tehdassuunnittelukurssin maerialit (T1015SN, T1015KN). Ryhmä: Pikapyrolyysi.



Kuitulaboratorio

Mekaanisen metsäteollisuuden mänty- ja kuusitukin nykyiset käyttöpiisteet Itä-Suomen alueella



- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <p><b>1. Hartemäkihti</b><br/>Kotivapuu<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>165 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi (60%), mänty (40%)</p>   | <p><b>9. Käle</b><br/>Stora Enso<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>500 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi</p>                                       | <p><b>17. Pallas/Pestina</b><br/>UPM<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>1 440 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi</p>                                      | <p><b>25. Vartioki</b><br/>Verowood<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>850 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi (60%) ja mänty (40%)</p>                |
| <p><b>2. Hartesalmi</b><br/>Verowood<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>600 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Mänty (90%), kuusi (10%)</p>      | <p><b>10. Lappeenranta</b><br/>Metz Fibre<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>550 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Mänty</p>                              | <p><b>18. Punkkaharju</b><br/>Metz Wood -keräyspuutehdas<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>615 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi (90%), mänty (10%)</p> | <p><b>26. Kätele</b><br/>Kettilä Timber<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>900 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi (60%) ja mänty (40%)</p>            |
| <p><b>3. Hirvensalmi</b><br/>Koskisen Oy<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>42 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kotivu</p>                     | <p><b>11. Lappeenranta</b><br/>UPM Koulukam sahla<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>1 020 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Mänty (70%), kuusi (30%)</p> | <p><b>19. Punkkaharju</b><br/>Metz Wood -ameriikkalais<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>240 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kouvi (60%), kuusi (40%)</p>   | <p><b>27. Isälampi</b><br/>Anahita Wood Sointiehti<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>440 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi (60%) ja mänty (40%)</p> |
| <p><b>4. Joutseno</b><br/>Stora Enso Henkiliehti<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>600 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Mänty</p>             | <p><b>12. Leikka</b><br/>Biertholz<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>500 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi</p>                                     | <p><b>20. Savonlinna</b><br/>UPM<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>300 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kouvi</p>  |  |
| <p><b>5. Joensuu</b><br/>UPM<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>165 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kotivu</p>                                | <p><b>13. Mikkeli</b><br/>Mitsawa Homes Finland Oy<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>164 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi</p>                     | <p><b>21. Suonenjoki</b><br/>Ilvenden metsä<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>200 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi</p>                                 |  |
| <p><b>6. Kerimäki</b><br/>Sahelaitos Oy<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>130 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi (60%), mänty (40%)</p>   | <p><b>14. Mäntymäki</b><br/>Keräpi Sawmill Oy<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>150 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Mänty</p>                          | <p><b>22. Uimaharju</b><br/>Stora Enso<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>480 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Mänty</p>                                      |  |
| <p><b>7. Kitieliysvaara</b><br/>FM Timber<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>120 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi (60%), mänty (40%)</p> | <p><b>15. Nurmes</b><br/>Biertholz<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>400 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Mänty</p>                                     | <p><b>23. Varkaus</b><br/>Stora Enso<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>260 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi</p>  |  |
| <p><b>8. Kesäkoski</b><br/>Koskisen Oy<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>28 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Mänty (60%) ja kuusi (40%)</p>   | <p><b>16. Ojala</b><br/>Verowood<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>500 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi</p>                                       | <p><b>24. Varkaus</b><br/>Stora Enso<br/>PUUNKÄYTTÖ MAX<br/>120 000 m<sup>3</sup>/<sub>v</sub><br/>PUULAJIT<br/>Kuusi</p>  |  |

