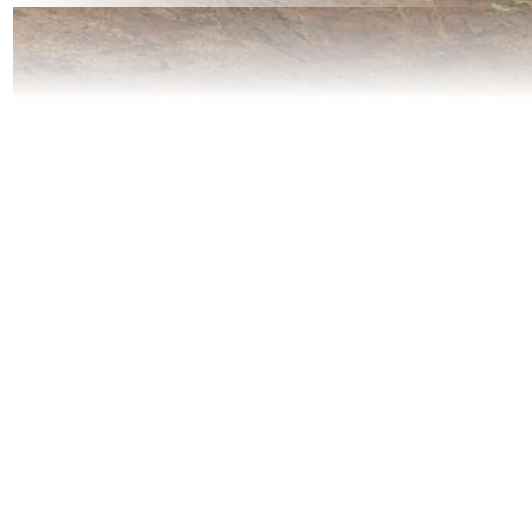




TURPEEN UUDET JALOSTUSMAHDOLLISUUDET

TURPEEN UUDET JALOSTUSMAHDOLLISUUDET

Kannen kuvat: Turveruukki Oy, Weltec Biopower GmbH, Konto Oy

Taitto: Plusmark Oy

Julkaisu B:81

ISBN 978-952-5731-42-2

ISSN 1236-8393

Sisällys

1	Selvityksen tausta ja tavoitteet	8
2	Suomen ja Pohjois-Pohjanmaan turvevarat	10
3	Turpeen nykyiset käyttömuodot.....	12
3.1	Energiaturve	13
3.2	Ympäristöturpeet	13
3.3	Olemassa olevien käyttömuotojen kehittämismahdollisuudet.....	14
4	Turpeen jalostusmahdollisuudet.....	16
4.1	Turve raaka-aineena	17
4.2	Turpeen käyttö liikennepolttoaineen raaka-aineena	17
4.3	Kemialliset tuotteet turpeesta.....	19
4.4	Turpeen muut jalostusmahdollisuudet.....	27
4.5	Jatkomahdollisuuksia tuotteille turpeesta eri prosesseilla	28
5	Rahkasammalen uusiutuva käyttö	30
6	Turpeen saostumien jalostusmahdollisuudet.....	34
7	Oulun yliopiston turpeeseen liittyvä tutkimus	36
8	Yhteenveto ja jatkosuositukset	38
	Lähdeluettelo	41
	Liitteet.....	44
	Liite 1 SWOT rahkasammal	45
	Liite 2 Turpeen jalostusmahdollisuuksien vertailu	46
	Liite 3 Pohjois-Pohjanmaan turvevarat ja rahkasammalen tuotantoon soveltuvat alueet	47
	Liite 4 Haastatellut asiantuntijat.....	50

Tiivistelmä

Turpeen käyttö Suomessa energiaksi jatkunee edelleen, mutta kasvua ei tapahdu ja uudet laitokset suunnitellaan käyttämään muita pääpolttoaineita kuin turvetta. Koska ylivoimaisesti merkittävän turpeen käyttöalue kotimaassa ei kasva, vaan voi jopa pienentyä, on turpeen käytölle löydettävä uusia ratkaisuja ja pyrittävä jalostamaan tuotteet mahdollisimman pitkälle omassa maakunnassa. Pohjois-Pohjanmaan biotalouden kehittämisstrategia määrittelee turpeen käytön uusiin korkeamman jalostusasteen teollisiin tuotteisiin erääksi potentiaaliseksi mahdollisuudeksi alueella.

Esiselvityksessä on käyty läpi turpeen nykyiset käytöt, turpeen käyttö liikennepolttoaineen raaka-aineena, kemialliset tuotteet turpeesta eri prosesseilla, rahkasammaleen uusiutuva käyttö, turpeen saostumien jalostusmahdollisuudet ja Oulun yliopiston turpeeseen liittyvä tutkimus.

Tavoitteena on esiselvityksen pohjalta määritellä tarkemmin tulevat turpeeseen liittyvät tutkimus- ja kehityshankkeet ja pohtia niiden parhaat toteutustavat.

Turpeen käyttö kasvualustana on kansainvälisesti laajimmalle levinnyt turpeen käyttömuoto ja sen markkinat kasvavat edelleen. Kasvualustaliiketoiminta ottaa yhä suuremman osan pintaturpeen tuotannosta ja uusia ratkaisuja tarvitaan. Suurin ympäristöturpeiden käyttökohde kasvualustakäytön ohella on eläinten kuivittaminen. Turpeen käyttöä verrattuna muihin käytössä oleviin kuivikkeisiin puoltaa sen erinomainen nesteenimukyky ja hyvät jälkikäyttöominaisuudet. Kuiviketurpeen markkinat kasvavat edelleen ja se vie markkinaosuuksia muilta kuivikeraaka-aineilta. Markkinat turpeelle kuvattuihin sovellutuksiin ovat jatkossa valtavat.

Turpeesta voidaan valmistaa liikennepolttoaineita kaasutuksen ja myös pyrolyysin kautta, joskaan tätä reittiä ei ole kehitetty loppuun saakka. Turpeesta ei käytännössä voida valmistaa uusiutuvan energian ehdot täyttäviä biopohjaisia liikennepolttoaineita tulevaisuudessa, koska turve ei täytä edellytyksiä CO₂-päästöttömyydelle. Siten turpeesta tuotettu polttoaine ei kuulu uusiutuvan energian osioon, jolloin sen lisääminen muuhun polttoaineeseen on kannattamatonta, ellei se hinnaltaan ole halvempaa kuin fossiilinen polttoaine. Kun huomioidaan tarvittavat uudet laitosinvestoinnit, ei taloudellisia perusteita löydy muillekaan biomassapohjaisille kaasutukseen perustville laitoksille näköpiirissä olevilla öljyn ja kaasun hinnoilla.

Kemian tuotteita turpeesta voidaan valmistaa samoilla perusteknologioilla kuin liikennepolttoaineita eli kaasuttamalla ja

pyrolyysillä. Kemian tuotantoa eivät säätele uusiutuviin polttoaineisiin liittyvät säädökset. Oulussa vuosina 1988 – 1991 oli toiminnassa turvekaasutus ja koeajoissa palaturpeesta valmistettiin yhtä aikaa ammoniakkia, muurahaishappoa ja vetyperoksidia jatkuvatoimisella prosessilla. Laitoksen toiminta lopetettiin taloudellisten syiden takia kannattamattomana ja palattiin öljyn kaasutukseen turpeen kaasutuksen asemasta. Nykyisillä öljyn ja turpeen hintatasoilla prosessi olisi edelleen kannattamaton. Periaatteessa C1-kemian tuotteisiin kaasutusmenetelmä ja biomassaraaka-aine ovat soveltuvampi ratkaisu kuin polttonesteiden tuotantoon ja kannattavuus saattaa olla kilpailukykyinen uusia laitoksia rakennettaessa, jos öljyn hinta nousee. Mikäli turpeen termokemiallinen kaasutus on jossakin vaiheessa kilpailukykyistä, laitoksen sijoituspaikaksi on valittava infrastruktuuri, joka on jo olemassa ja jossa vain prosessin alkupää eli kaasutus vaihdetaan eri raaka-aineella toimivaksi.

Pyrolyysiöljyreitti saattaa olla kaasutusta edullisempi tapa tuottaa liikennepolttoaineita biomassoista, mutta teknologian kehittäminen pyrolyysiöljyn saamiseksi sopivaan muotoon on kesken. Pyrolyysireitin kautta avautuu mielenkiintoisia mahdollisuuksia kemian tuotteille. Prosessi ei ole monimutkainen ja investoinnit ovat kohtuullisia. Useissa CHP -voimaloissa toimivat pyrolyysiöljylaitokset mahdollistaisivat kohtuullisen kokaisen keskitetyn öljynjalostusyksikön perustamisen optimoituun paikkaan, koska nestemäisen pyrolyysiöljytuotteen kuljetus on oleellisesti taloudellisempaa kuin keveän, paljon vettä sisältävän kiinteän raaka-aineen (puu, turve).

Turvetta käyttävillä pienkaasuttimilla voisi olla sovellutusmahdollisuuksia myös kemian tuotantoon niiden yksinkertaisen rakenteen ansiosta.

Turpeen biokaasutusta pidetään mahdollisena; Yhdysvalloissa on tutkittu biokaasun (metaanin) tuottamista turpeesta onnistuneesti ajatuksena hyödyntää maan turvevaroja polttoaineen tuotannossa. Biokaasun valmistaminen turpeesta olisi siinä mielessä edullista, että raaka-aineen ei tarvitse olla kuivattua, koska prosessi tapahtuu luonnostaan vesiliuoksessa. Samassa yksikössä olisi mahdollista/teknisesti tarpeellista mädättää myös muuta biomassaa ja maatalousjätteitä. Polttonestekäytössä biokaasu turpeesta, jos turpeen määrä raaka-aineena on suuri, ei saa uusiutuvan energian etuja, mutta kemiallisten tuotteiden jalostukselle ei ole rasitteita.

Turpeen rakenneosien käyttö muun muassa mekaanisen käsittelyn jälkeen on mahdollista. Turvekuiduista voidaan valmistaa nanoselluun verrattavia aineosia ja käyttää kuitua mm.

komposiittimateriaalina muoveissa. Läpimurtoja kaupalliselle tasolle asiassa ei vielä ole tehty; selvitykset ovat tutkimusvaiheessa. Turvetuotteita kuten eriste- ja akustiikkalevyjä tuotetaan turpeesta kotimaassa jo tällä hetkellä.

Rahkasammal, jota turvesuon elävä pintakerros pääosin on, on uusi lupaava uudistuva biomassa muun muassa kasvualustaksi. Tällä hetkellä Suomen kasvihuoneissa käytettävät kasvualustat on tehty joko perliitistä, turpeesta, kivivillasta tai erilaisista seosmateriaaleista. Hyvälaatuinen kasvuturve uusiutuu hitaasti. Keski-Euroopassa se on hupenemassa ja sen saatavuus on huono. Rahkasammalta voidaan Pohjois-Pohjanmaan alueella tuottaa kestävästi ja uusiutuvan raaka-aineen kriteerit täyttävästi vuosittain arviolta n. 3200 hehtaarilla n. 6,5 miljoonaa kuutiota (tuotantopotentiaali). Tämän tuotantoarvo olisi n. 97 M€ ja lopputuotearvo kasvualustana n. 650 M€. Markkinat Euroopassa kasvualustaliiketoiminnassa, n. 25 miljoonaa kuutiota, eivät nopeasti vedä uutta tuotetta ja koko määrää. Markkinat muualla, esimerkiksi Lähi-idässä, voisivat olla myös tulevaisuuden kohde. Osa rahkasammalesta voitaisiin myös jalostaa mm. bioetanoliksi uusiutuvana energiana.

Turvesaostumille, kuten rauta- ja fosforipitoiset saostumat, ei ole näköpiirissä laajamittaista käyttöä. Saostumat sisältävät halpoja raaka-aineita ja niiden käyttöönotto ei investoinnit ym. huomioon ottaen ole kannattavaa kilpailuedun puuttumisen johdosta.

Oulun yliopistossa on tehty tutkimustyötä prosessien kehittämiseksi muun muassa pyrolyysiprosessin, torrefioinnin, kaasutuksen, bioetanoliprosessien, biokaasun, rahkasammaleen käytön ja monien muiden turpeeseen liittyvien asioiden tiimoilta. Turpeeseen liittyvää tai liitettävissä olevaa osaamista on merkittävästi. Vasta perustettu Bioeconomy Research Community kokoaa yhteen yliopiston biotalouden tutkimusta.

Mielenkiintoisina turpeen ja suomateriaalin uusina tai kehittyvinä alueina tehdyn selvityksen pohjalta näyttävät olevan 1) rahkasammalen potentiaali uusiutuvana suoperäisenä materiaalina, 2) pyrolyysiöljyn tuotanto turve/biomassa -materiaalista ja sen jalostaminen, 3) biokaasun valmistaminen kun turvetta/rahkasammalta on materiaalina ja 4) turpeen kuitujen ja osien käyttö mm. komposiiteissa. Turpeen entistä laajempi käyttö kasvualustoina ja ympäristöturpeena sekä vientimarkkinoiden kasvattaminen uusilla sovellutuksilla on nähtävä suurena mahdollisuutena.

Turpeeseen liittyen tutkimus- ja kehittämishankkeiden eteenpäinvieminen ja suunnittelu olisi luontevaa Oulun yliopiston BRC-ryhmän puitteissa. Biotalous- ja turvealan yritysten mukana olo ja kiinnostus on jatkossakin ensiarvoisen tärkeää asioiden eteenpäin viemisessä.

1 Selvityksen tausta ja tavoitteet



Kuva: Suokone Oy.

Pohjois-Pohjanmaa on Suomen soisin maakunta ja maapallon soisimpia alueita. Suolunnonvaran käytöllä on alueelle tärkeä merkitys. Aktiivisista käyttömuodoista elintarviketuotannolla on pisin historia, aluksi luonnonmukaisena karjanrehun lähteenä, sen jälkeen soille raivattuina turvepeltoina. Turvepeltojen merkitys alueen peltoviljelyssä on suuri muuhun maahan nähden. Laajimmaksi käyttötavaksi on kuitenkin muodostunut puuntuotanto: 1960-1980 -luvuilla 60 % soista ojitetiin metsän kasvatukseen.

Soiden turpeen energiakäyttö alkoi 1970-luvulla ja on ollut Pohjois-Pohjanmaalla mittavaa 1980-luvulta lähtien. Turpeen energiakäyttö perustuu suuriin teollisiin käyttöpisteisiin Oulussa ja Haapavedellä. Pääosa turpeen energiasisällöstä on markkinoitu lämpönä, mutta myös sähköön tuotanto on ollut merkittävää. Energiaturpeen tuotanto ja käyttö on enimmäkseen ollut noin 7 milj. m³ vuodessa.

Ympäristöturpeita tuotetaan energiatuotannon ohessa siihen sopivilta soilta. Alueen turvekerrosten ominaisuuksista johtuen, ei ympäristöturpeiden tuotanto kuitenkaan ole muodostunut yhtä suureksi kuin esimerkiksi Satakunnassa. Ympäristöturvetuotanto ei pysty vastaamaan täysin alueen omaan kysyntään karjataloudessa.

Luonnontilaisten soiden vähentyessä käynnistettiin soiden suojeleminen perusohjelmien vauhdittamana soidensuojelu. Soiden käyttöön liittyneet ristiriidat kuitenkin ovat jatkuneet. Metsätalouden uudisojitukset loppuivat 1990 -luvulla, mutta ojittamattomille avosoille kohdistuneiden turvetuotantohankkeiden ja ojittamattomien soiden luonnonarvojen väliset ongelmat ovat olleet pinnalla sen jälkeen. Energiaturpeen tuotantoon kohdistuu edelleen, tapahtuneesta kehityksestä huolimatta vesiensuojelun tehostamisvaatimuksia. Kasvihuonekaasujen päästölaskennassa turpeen poltto luokituu samaan tasoon fossiilisten energiaraaka-aineiden kanssa.

Soiden käyttöä on yhteen sovitettu kansallisen suostrategian ja siihen liittyvän valtioneuvoston periaatepäätöksen kautta. Tärkeä linjaus on se, että soita muuttava käyttöä ohjataan jo ojitetuille soille. Tämän seurauksena suolunnon monimuotoisuus-

den ja muuttavan käytön välinen ristiriita vähenee ratkaisevasti.

Pohjois-Pohjanmaan biotalouden kehittämissstrategiassa turvevarojen suuri ja hintakilpailukykyinen raaka-ainepotentiaali nousivat vahvasti esille ja samalla se, ettei turpeen jalostustapoja ole pystytty kehittämään energiaturvetalouden synnyn jälkeen. Vastuullisen soiden käytön kehittämisen lähivuosien linjauksina on Pohjois-Pohjanmaan maakuntaohjelmaan 2014-2017 mm. sisällytetty turpeen tuotanto- ja jalostustapojen kehittäminen.

Juuri nyt on syytä selvittää maakunnan runsaille turvevaroilta uusia jalostusmahdollisuuksia. Kannattavuuden perusvaatimuksen rinnalla uuden jalostuksen tulisi tuottaa mahdollisimman hyvä jalostusarvo, täyttää reunaehdot kohdentumisesta muuttuneille soille ja vähäisistä vesistövaikutuksista. Lisäksi ilmastovaikutuksille olisi eduksi, jos jalostukseen liittyvä soiden käyttö olisi energiaturvetuotantoa uusiutuvampaa. Uudet jalostusmuodot voisivat parhaimmillaan tukea asetettua visiota tunnetusta kosteikkomaakunnasta.

Näistä lähtökohdista Pohjois-Pohjanmaan liitto käynnisti keväällä 2015 esiselvityshankkeen ”Turpeen uudet jalostusmahdollisuudet”, jonka tulokset esitetään tässä raportissa. Selvityksen on laatinut TkT Jouko Arvola. Julkaisu toimii samalla maakunnan kehittämisrahalla ja Pohjois-Pohjanmaan liiton rahoituksella toteutetun hankkeen loppuraporttina.

Selvityksen tavoitteena oli:

- turpeen käytön monipuolistaminen ja käyttö korkeamman jalostusasteen tuotteisiin
- turvetuotannon vesiensuojelun helpottuminen ja uusiutuvien osien vahvistaminen
- huoltovarmuuden parantaminen

Selvitys on muodostunut seuraavista osatehtävistä:

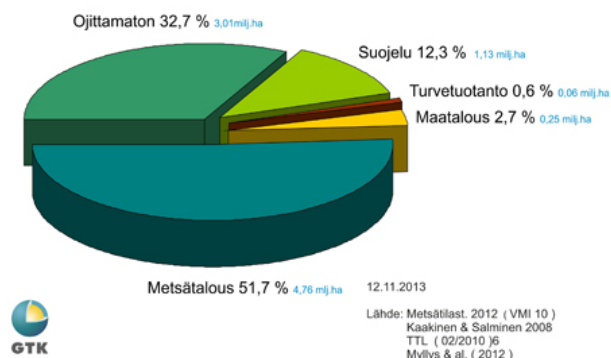
- mahdolliset korkeammalle jalostetut tuotteet turpeesta eli polttoaineet, kemikaalit ja materiaalit
- Oulun yliopiston mahdollisuudet lisätä turvetutkimusta
- turpeen saostumien jalostusmahdollisuudet
- pintaturpeen/rahkasammaleen käyttö uusiin käyttökohteisiin

2 Suomen ja Pohjois-Pohjanmaan turvevarat

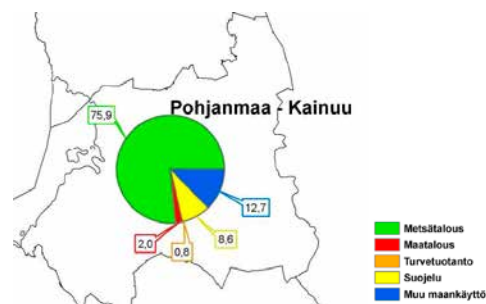


TURVEMAIEN KÄYTTÖ SUOMESSA

Turvemaita yhteensä 9,21 milj.ha



Kuva 1. Turvemaiden käyttö Suomessa GTK:n mukaan.



Kuva 2. Turvemaiden käyttö Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa (Lähde: Ehdotus soiden ja turvemaiden... MMM 2011:1)

Suomessa turvemaiden osuus koko maan pinta-alasta noin kolmannes, mikä on eniten maailmassa. Suot muodostavat Suomen suurimman hiilivaraston. Turvekerrostumiin sitoutuneen veden määrä on noin kolmannes Suomen vesistöjen vesimäärästä. Suot ovat täten erittäin tärkeitä myös maaperän ja sen eliöyhteisöjen vesivarastoina (Lappalainen 2013). Valtakunnan turvevarojen energiasisältö on 12 800 Twh.

Teknisesti käyttökelpoiseksi suoalaksi on laskettu 1,2 miljoonaa ha ja sen turvemääräksi 29,6 miljardia suo-m³. Turpeen kokonaistuotantoa vuonna 2009 oli 63 000 hehtaaria – noin 1 % Suomen suo- ja turvemaa-alasta.

Pohjois-Pohjanmaalla metsätieteellisiä soita on 1 650 000 ha ja yli 20 hehtaarin geologisia soita noin 1 075 000 ha (Virtanen ym. 2003). Tutkittujen teknisesti tuotantokelpoisten turvevarojen kokonaismäärä on 101 000 ha (yli 50 ha ja yli 1,5 m syvät turvealueet). Näistä on muuttavaan käyttöön nykyisten periaatteiden mukaan hyväksyttävissä luonnontilaisuusluokissa 0-2 yhteensä 70 000 ha ja parhaiten soveltuvissa luokissa 0-1 yhteensä 33 000 ha. Maankäytöllisesti soveltuviksi on osoitettu Pohjois-Pohjanmaan 1. vaihemaakuntakaavassa yhteensä 22 000 ha.

Suomen turvemaiden käytön jakauma on esitetty kuvassa 1. Kuvassa 2 on vastaavasti Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun turvemaiden jakauma. Kuvan 2 muu maankäyttö tarkoittaa ojittamattomia soita. Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun alueella on turvemaita käytettävissä kuvien mukaan suurempi osa kuin keskimäärin Suomessa (ojitettu/muu käyttö ja suojeltu ala ei käytettävissä).

Suurimmat turvesuoalat globaalisti on esitetty taulukossa 1 (Grumpelt & Deilmann 2000). Venäjällä ja Kanadassa turvevarat sijaitsevat suureksi osaksi kaukana asutuksesta ja infra-

struktuureista, joten esitetyt turvemäärät eivät ole taloudellisesti kovin käyttökelpoisia.

Taulukko 1. Suurimmat turvemaavarannot maailmassa.

MAA	SUOALA, KM ²
Entinen n-liitto	715 000
Suomi	104 000
Ruotsi	70 000
Norja	30 000
Iso-Britannia	15 000
Kanada	1 113 000
USA	596 000
Brasilia	15 000
Indonesia	263 000

EU-maista suurimmat turvevarat ovat Suomessa (12 793 TWh) ja Ruotsissa (3 490 TWh). Suomen ja Ruotsin turvevarat ovat 90 % kaikista EU:n turvevaroista; muiden maiden turvevarat ovat pienet. Suomessa ja Ruotsissa turvevarat riittävät sadoiksi vuosiksi nykykäytöllä.

Turpeen keskimääräinen vuotuinen kokonaistuotanto EU:ssa oli yhteensä noin 65,5 miljoonaa kuutiometriä (Leinonen 2010a). Kasvuturpeen tuotanto koko EU:ssa oli noin 25,4 miljoonaa kuutiometriä, Suomessa määrä on noin 2 miljoonaa m³. Energiaturpeen keskimääräinen tuotanto oli 2006–2009 EU:ssa yhteensä noin 40,1 miljoonaa m³, Suomessa noin 26,6 TWh eli n. 29 miljoonaa m³. Suomessa tuotettiin siten noin puolet EU:n alueen turpeesta.

3 Turpeen nykyiset käyttömuodot



Nykyiset turpeen käyttömuodot Suomessa ovat (Uosukainen 2015):

- Energiaturve
- Kasvuturve
- Kuivikekäyttö
- Kompostointi
- Ympäristövahinkojen torjunta
- Eristelevyt
- Turvetekstiilit
- Kylpyturve

3.1 ENERGIATURVE

Turpeen energiakäyttö on tärkeä osa Suomen energiantuotantoa. Turpeen käyttö viime vuosina on ollut 20–29 TWh, joka on 6–7 % Suomen primäärienergian tuotannosta.

Suomessa on noin 55 turvetta käyttävää CHP-voimalaitosta. Kattilalehot vaihtelevat välillä 20–550 MW th. Turvetta käyttävien kaukolämpölaitosten määrä on noin 120. Suomessa turve käytetään CHP-tuotannossa (63 %), lauhdetuotannossa (31 %) sekä kaukolämmön tuotannossa (6 %). Turpeen kasvualueilla pienet ja keskisuuret kunnat hyötyvät turpeen käytöstä, koska se tuo lisää verotuloja, jotka tapauskohtaisesti voivat olla kunnalle hyvinkin merkittäviä. Turve on halpaa, varsinkin jos se tuotetaan pienimuotoisesti omaan käyttöön. Samalla se tuo myös ansaitsemismahdollisuuksia pienimuotoiselle urakoinnille (Leinonen 2010a).

Energiaturpeen työllisyysvaikutus Suomessa on n. 9100 htv ja muiden turpeiden n. 1000 htv eli yhteensä yli 10 000 htv. Suorat verotulot ovat arviolta yli 100 M€/a. Kerrannaisvaikutuksineen turvetoimialan arvo kansantaloudelle arvioitiin olevan v. 2010 n. 500 M€/a. Turpeella korvataan vuosittain vähintään 300 M€:n verran tuontipolttoaineita. Ympäristö- ja kasvuturpeiden arvo on noin 100 M€ (Salo 2013).

VTT:n arvion mukaan turpeen vuotuinen energiakäyttö kasvaa vuoteen 2020 mennessä 28–29 TWh:iin. VTT arvioi kasvu- ja ympäristöturpeen lähes kaksinkertaistuvan 4,5 miljoonaan kuutiometriin. Uutta turpeen tuotantopinta-alaa tarvitaan VTT:n arvion mukaan vuoteen 2020 mennessä energiakäyttöön 50 000 hehtaaria ja muuhun turpeen tuotantoon 8 000 hehtaaria. (Leinonen 2010a). Toisaalta Kansallinen energia- ja ilmastostrategia (Valtioneuvoston selonteko 2013) toteaa turpeesta: turpeen energiakäyttöä vähennetään suunnitelmallisesti siten, ettei se korvauddu kivihieillä. Hallitus asettaa tavoitteeksi, että turpeen energiakäyttö vähenee kolmanneksella viime vuosien keskimääräisestä tasosta (23 TWh) vuoteen 2025 mennessä. Vuoden 2025 jälkeen turpeen energiakäyttöä on teknisesti mahdollista edelleen vähentää laitostekannan uusiutua ja teknisten korjausten myötä. Samalla on huomiotava vaihtoehtojen polttoaineiden saatavuus ja mitoitettava

ohjaustoimet siten, ettei turve korvauddu fossiililla polttoaineilla eikä kaukolämmön hinta kohtuuttomasti nouse.

Turpeen käytön ennusteet vaihtelevat edellä olevan perusteella. Periaatteena on ollut, että jokainen hallitus uudistaa energia- ja ilmastostrategian, joten mahdollista on, että turpeen energiakäytön tavoiteluvut muuttuvat vuonna 2015 aloittaneen hallituksen kaudella.

Pitkän aikavälin kansallisen energia- ilmastotiekartan mukaan ”Turpeen poltosta syntyy kasvihuonekaasupäästöjä, joten sen energiakäytöstä on pitkällä aikavälillä luovuttava päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi, ellei CCS:n (Carbon capture and storage) kaupallistuminen mahdollista sen käyttöä. Turve on kuitenkin kotimainen polttoaine jonka käyttö luo työpaikkoja, vahvistaa kauppatasetta sekä parantaa energiamavaruutta ja energian huoltovarmuutta. Lisäksi Suomen nykyiset voimalaitoskattilat eivät yleensä pysty teknisten syiden vuoksi käyttämään polttoaineenaan pelkkää biomassaa, mutta turve soveltuu seospolttoaineeksi biomassan kanssa. Turpeella on seospoltossa biomassan kanssa biomassan alkaaleihin liittyviä polttoteknisiä hyötyjä. Turpeen hyötyjen vuoksi on tärkeä varmistaa, että siitä luovutaan vasta viimeisenä fossiilista polttoaineista luopumisen jälkeen. Turpeen nostoa on edelleen kehitettävä kohti ympäristövastuullista tuotantoa (TEM 2014)”.

Turve on luokiteltu Suomessa hitaasti uusiutuvaksi biopolttoaineeksi, mutta IPCC luokittelee turpeen omaksi polttoaineluokakseen (”turve”). Turpeen polton CO₂ -päästöt sisällytetään kansallisiin päästöihin.

3.2 YMPÄRISTÖTURPEET

Energiakäytön ohella turvetta käytetään Suomessa paljon myös kasvu- ja ympäristöturpeena (2,5 miljoonaa m³/a).

Turpeen käyttö kasvualustana on kansainvälisesti laajimmalle levinnyt turpeen käyttömuoto. Turpeella on hyviä fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia ja sitä on saatavissa runsaasti kilpailukykyiseen hintaan. Turpeen pH on alhainen ja turpeessa ei ole viljelykasvien tuholaisia, tauteja eikä rikkaruohoja. Turvetta on myös helppo käsitellä ja se on puhdasta. Turpeesta ja puhtaasta kivennäismaasta valmistettu multa on hygieenistä. Euroopassa 90 prosenttia puutarhavielijöiden käyttämistä kasvualustoista on turvepohjaisia. Koko maailmassa turve on tällä hetkellä eniten käytetty kasvualustaines. Kasvualustojen valmistuksessa käytetään nykyisin pintaturvevarojen vähennyttä tummempia keskimaatuneita ja pitkälle maatuneita turpeita (Bioenergia ry 2015).

Kasvualustaturpeet jaetaan kasvuturpeisiin, turveseoksiin ja erityiskasvualustatuotteisiin. Kasvuturpeiksi luokitellaan kalkitut ja lannoitetut turpeet ja turvelevyt, joiden orgaanisen

aineksen määrä on vähintään 50 % kuiva-ainetta. Turveseokset ovat erilaisten turvelajien seoksia, joihin voi olla sekoitettuna lannoitteita, kalkitusainetta, kasvualustan rakennetta ja ominaisuuksia parantavia ainesosia ja kompostia. Turpeesta valmistetut puristetut kasvualustatuotteet, joihin voidaan sekoittaa turveseosten tapaan lisäaineita, luokitellaan erityiskasvualustoiksi (Iivonen 2008). Kasvualustat luokitellaan Suomen lainsäädännössä lannoitevalmisteiksi ja niiden valmistusta ja laatua valvotaan viranomaistyönä (Valtioneuvosto 2006).

Ympäristöturpeiden suurin käyttökohde kasvualustakäytön ohella on eläinten kuivittaminen. Kuivittamiseen käytetään Suomessa vuosittain yli 1 miljoona m³ turvetta. Käyttömäärät ovat suurimpia lihanauta- ja hevostiloilla. Turpeen käyttöä verrattuna muihin käytössä oleviin kuivikkeisiin puoltaa sen erinomainen nesteenimukyky, ammoniakkin sitomiskyky, hygieenisuus ja hyvät jälkikäyttöominaisuudet (Iivonen 2008).

3.3 OLEMASSA OLEVIENTÄ KÄYTTÖMUOTOJEN KEHITTÄMISMAHDOLLISUUDET

Yhteenvedona kohdista 3.1. – 3.3. voidaan ennustaa seuraavaa:

Poltto: Turpeen käyttö Suomessa energiakäyttöön jatkuu edelleen ennallaan, mutta kasvua ei tapahdu ja uudet laitokset suunnitellaan käyttämään muita pääpolttoaineita kuin turvetta.

Kasvualusta: Turpeen käyttö lisääntyy kasvualustana varsinkin Euroopan markkinoilla. Kasvualustaliiketoiminta ottaa yhä suuremman osan pintaturpeen tuotannosta ja uusia ratkaisuja kehitetään.

Kuivike: Kuiviketurpeen markkinat kasvavat edelleen ja turve vie markkinaosuuksia muilta kuivikeratkaisuilta.

Turpeen käytölle on löydettävä uusia ratkaisuja ja pyrittävä jalostamaan tuotteet mahdollisimman pitkälle omassa maakunnassa. Seuraavissa osioissa tarkastellaan turpeen uusia jalostusmahdollisuuksia.

TURVE JA BIOTALOUS

Biotalousuuden uudet liiketoimintamahdollisuudet Suomessa perustuvat biomassojen ja vesivarojen hyödyntämiseen, niihin liittyvän teknologian kehittämiseen sekä korkean arvonlisän tuotteisiin ja palveluihin. Palveluiden rooli korostuu jatkossa, mikä muodostaa uuden haasteen osaamiselle. Tärkeimmät kasvun ajurit ovat biotalouden kehittymisen suotuisa toimintaympäristö ja biotalouden kasvua edistävät politiikkatoimet (Valtioneuvosto 2014). Turpeen käytön kehittämisen osalta tärkeää on että, paikallinen tutkimus on mukana kehittämässä uusia ratkaisuja ja maakunnallisiin strategioihin on kirjattu tavoitteet asiassa. Turve on nähtävä osana biotaloutta, vaikka osin sitä ei pidetä täysin uusiutuvana materiaalina.

Kestävän kehityksen mukaiseen kestäväan talouteen voidaan pyrkiä (Kaukovirta-Norja 2013) kolmen strategian kautta; näitä ovat resurssitehokkuus teollisissa prosesseissa (materiaali, vesi energia), nykyisten raaka-aineiden korvaaminen vaihtoehtoisilla raaka-aineilla (myös kierrätys ja uudelleenkäyttö) sekä uudet liiketoimintamallit teollisissa ja kuluttajajekosysteemeissä. Perusratkaisuna asetelma on myös turpeen käytön kehittämisen osalta samanlainen.

Uusiutuva metsäteollisuus – klusteriohjelmassa selvitetiin millaisia toimintamalleja biotalouden alan yritykset tarvitsevat alkuvaiheen kehityksen tueksi sekä miten kehitystä voitaisiin jatkossa tukea ja nopeuttaa (Juvonen 2014). Keskeisiä havaintoja olivat, että liiketoimintamallien kehittämisen osaaminen korostuu teknisen ja prosessiosaamisen rinnalla. Haasteena yritysten kannalta usein on, että innovaatioiden kaupallistaminen edellyttää koko arvoverkoston mukaan ottamista ja uuden liiketoimintamallin kehittämistä nykyisen liiketoiminnan rinnalla. Biotalousuuden alan yrityksiltä puuttuu usein liiketoimintamallien kehittämisen osaamista ja pk-yrityksillä suunnittelun perspektiivi on lähitulevaisuudessa. Biotalousuuden alalla uusien arvoverkoston kehittyminen vaatisi myös vanhojen rakenteiden murta-

mista. Lisäksi havaittiin, että biotalouden liiketoimintamallien kehittäminen ja pilotointi on pääomaintensiivistä toimintaa. Tarvittavat investoinnit ovat suuria suhteessa Suomessa saatavilla olevaan rahoitukseen. Kansainvälisen rahoituksen ja suuryritysten merkitys korostuu. Pohjois-Pohjanmaan alueella on vain muutamia suuryrityksiä, joilla on resursseja rahoittaa uusia mittavia tuotantoinvestointeja. Tällaisia prosessiteollisuudessa ovat Rautaruukki, Stora-Enso, Eka Chemicals, Tamminco ja Kemira.

Biotalous, turve siihen mukaan luettuna, on edellä esitetyn valossa liiketoimintaa, joka yhdistää toimialoja ja teknologioita sekä vaatii laajaa yhteistyötä ja yhteen liitettyjä arvoverkkoja eri toimijoiden välillä. Uusien liiketoiminta-alueiden syntymiseen tarvitaan laaja ymmärrys koko arvoketjusta. Täysin uudet liiketoiminnot alkavat pienistä volyymeistä, joten ne eivät ole välttämättä suuryrityksille heti kiinnostavia. Uuden kehittäminen tarvitsee paljon rahoitusta ja kumppanuuksien luomista.

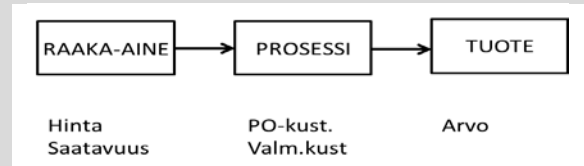
Bisnespotentiaalin arvioiminen riippuu toiminnan taloudellisesta potentiaalista ja bisnesvalmiudesta. Taloudelliseen potentiaaliin vaikuttavat tuotteiden hinnat, markkinoiden koko, markkinoiden kasvu, kilpailu ja ajurit sekä esteet. Bisnesvalmius riippuu tuotantoteknologian kypsyydestä, kehittämiseen ja kaupallistamiseen vaadittavasta työstä, arvoverkon bisnesmallin valmiudesta ja lainsäädännöstä (Nyberg & Pakarinen 2013).

Sitran selvityksessä hajautetun biotalouden kehittämisen keskeisimmistä haasteista kasvun ja menestymisen näkökulmista (Kokkonen 2010) biotaloudessa nähtiin tärkeimpänä taloudellinen tuottavuus. Toisena haasteena nähtiin yhteiskunnallinen hyväksyntä ja kolmantena verkostojen rakentaminen ja hyödyntäminen. Hajautetun biotalouden tuotteista ja palveluista vastaavat parhaiten tulevaisuuden kysyntään biopohjaisista materiaaleista tuotetut liikenne-

polttoaineet. Myös jäte mainittiin tulevaisuuden lähtömaterialina liikennedieselille. Biopolymeerit ja biokemikaalit nousivat myös esiin. Myös uusiutuvan energian tuotanto sekä energiatehokkuutta lisäävien palvelujen ja neuvonnan tarjonnan katsottiin olevan kasvussa. Turve ei tällä hetkellä lukuun ottamatta rahkasammalta ole liikennepolttoaineissa uusiutuvan energian ehtojen mukainen, mutta biokemikaaleissa ja komposiiteissa sillä on mahdollisuuksia.

Kestävän liiketoimintamallin ominaispiirteet vuonna 2030 on pyritty määrittämään laajassa tutkimuksessa (Laukkanen ym. 2013). Sen mukaan vuonna 2030 liiketoimintamallit perustuvat resurssitehokkuuteen; materiaalien ja energian kulutus minimoidaan prosesseissa. Suljetut materiaalikierrot tulevat yleistymään liiketoimintamalleissa, mutta kuinka laajassa mittakaavassa tämä tapahtuu, riippuu materiaalien hintojen noususta ja materiaalitehokkuuteen ajavan sääntelyn kiristymisestä. Vuoteen 2030 mennessä verkostojen rooli on korostunut ekologisen kestävyysedistämässä. Verkostot voivat olla kuitenkin erilaisia kuin tänä päivänä; hajautetun tuotannon ja lähituoteajattelun ympärille voi rakentua pienempien paikallisten toimijoiden muodostamia uusia verkostoja. Vuonna 2030 paikallisuus korostuu ja tuotanto on hajautetumpaa. Kestävien paikallistalouksien ja osittaisen omavaraisuuden merkitys voi nousta uuteen arvoon globaalien ympäristöhaasteiden seurauksena. Elintason maissa liiketoimintojen painopiste tulee siirtymään enemmän tuotteista aineettomiin ja vähemmän resurssi-intensiivisiin palveluihin. Ympäristön kannalta olisi myös merkittävää, että tuotteet olisivat pitkäikäisempiä ja käyttökestävyyttä painotettaisiin nopean tuotesyklin sijaan. Vuoteen 2030 mennessä erilaiset vaihdannan muodot, kuten vuokraus ja yhteiskäyttö lisääntyvät.

Yleisesti myös biotalouden tuotantoa voidaan arvioida kuvan 3 mukaisella hyvin yksinkertaistetulla liiketoimintamallilla.



Kuva 3. Tuotannon yksinkertaistettu liiketoimintamalli.

Kuvassa hinta on valmistajan maksettava osuus raaka-aineesta toimitettuna ja saatavuus tarkoittaa mahdollisuuksia hankkia raaka-ainetta keskeytyksettä ennustettavissa olevaan kustannustasoon jatkuvasti. Pääomakustannukset ovat tuotantovälineisiin ja niihin liittyviin tehdyt investoinnit ja valmistuskustannukset pitävät sisällään kaiken toimintaan ja ylläpitoon liittyvät menot. Tuotteen arvo voi tarkoittaa tuotteen hintaa, mutta laajemmin siihen kuuluu myös muita tuotteen hankkimiseen liittyviä asioita, kuten laatu tai ekologinen lisäarvo, joiden takia tuote voi olla kilpailijoiden vastaavaa parempi vaikka ei halvin.

Myös turvejalosteiden tuotantoa voidaan arvioida sen mukaan, mikä on raaka-aineen hinta ja saatavuus, mikä on tuotantoprosessin vaatima pääomakustannus ja prosessin valmistuskustannus sekä tuotteen arvo asiakkaalle eli hinta, jonka asiakas on valmis maksamaan tuotteesta. Teema turpeen uudet käytöt voi toimia monella tavalla; on esimerkiksi mahdollista käyttää materiaalia raaka-aineena toisen sijasta, voidaan kehittää uusi prosessi, joka hyödyntää turvemateriaaleja ja tehdä turveraaka-aineesta täysin uutta tuotetta markkinoille.

4 Turpeen jalostusmahdollisuudet



Kuva: Elina Palojärvi.

4.1 TURVE RAAKA-AINEENA

Taulukossa 2 on esitetty turpeen tyypillinen koostumus maatumisasteen mukaan. Turpeen alkuainekoostumus on: hiiltä 48 – 60 %, happea 38 – 30 %, vetyä 6.5 – 5% ja typpeä 0,5 – 3% (Alakangas 2000). Ensimmäiset luvut kohdittain ovat pintaturpeelle ja jälkimmäiset pohjaturpeelle; hiili nousee maatumisasteen mukaan ja happi laskee. Raakaöljy, maakaasu ja kivihiili ovat alun perin olleet biomassaa ja ennen muodostumistaan paikoin suotakin. Periaatteessa voidaan siten olettaa, että turpeesta on valmistettavissa kaikkea mitä pitemmälle kehittyneistä mainituista hiilivedyistäkin. Lisäksi turpeella on muita ominaisuuksia, joita hiilivedyillä ei ole, hiilen ja vedyn sisältämisen lisäksi: pintaturpeessa on samat aineosat kuin puubiomassassa (selluloosa, hemiselluloosa) ja vähemmän ligniiniä, mikä voi olla etu. Pohjaturpeessa on paljon bitumia. Pintaturve on kuitumainen materiaali. Jauhettuna turve sopii hienoutensa johdosta moniin käyttöihin, koska se pystyy sitomaan vettä ja aineita tehokkaasti.

Taulukko 2. Turpeen aineosat.

AINEOSA	VÄHÄN MAATUNUT H1-2, %	KESKI- MAATUNUT H5-H6, %	MAATUNUT H9-H10, %
Selluloosa	15-20	5-15	0
Hemiselluloosa	15-30	10-25	0-2
Ligniini ja vastaavat	5-40	5-30	5-20
Humusaineet	0-5	20-30	50-60
Bitumi (vahat ja hartsit)	1-10	5-15	5-20
Typipitoiset aineet	3-14	5-20	5-25

Pohdittaessa turpeen uusia jalostusmahdollisuuksia keskeisiä asioita, jotka nousevat esiin, ovat:

- mitä voidaan valmistaa ja millä kustannuksella sekä mikä on tuotetun hyödykkeen arvo käyttäjälle
- mitä kilpailevia tuotteita tai raaka-aineita on jo olemassa ja mitä uusi tuote korvaa
- mikä on teknologian taso uuden tuotteen tuottamisessa tai onko kehitettävä uusi teknologia
- mikä on teknologian kehittämiskustannus sekä investoinnin suuruusluokka uudelle tuotteelle
- onko kehitysideaa tutkittu jo aiemmin ja millä tuloksilla
- ketkä ovat potentiaaliset toimijat ja intressiryhmät (tuotekehitys, markkina, asiakaskunta)
- miten idea selviää PESTEL-analyysistä uudelle tuotteelle (poliittinen, ekonominen, sosiaalinen, teknologinen, ekologinen ja lainsäädännöllinen sopivuus)

Turve hiililähteenä kilpailee fossiilisten aineiden, hiilen ja hiilivetyjen (raakaöljy, maakaasu) ja uusiutuvien aineiden kuten puubiomassan ja maataloustuotannon keruujätteet, kanssa. Ai-

neosiensa osalta, kuten selluloosa, turve kilpailee mm. puubiomassan kanssa. Turpeen jalostettavuus riippuu keskeisesti jalostuksen kustannusrakenteesta, kilpailevista jalostusaineista, lainsäädännön tuomista mahdollisuuksista tai rajoitteista ja markkinoiden tarpeista. Turve muodostuu pääosin suolalla kasvavasta elävästä rahkasammalesta. Tämä sisältää pääosin samat osat kuin pintaturve, mutta lasketaan uusiutuvaksi materiaaliksi.

Turve muodostuu hitaan hajoamisen tuloksena suolla kasvaneesta rahkasammalesta, saroista ja muista sukasveista. Kuolleen turvekerroksen päällä, suon pinnassa, on elävä sammaleros, joka luetaan uusiutuvaksi materiaaliksi.

Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan turpeen tiedettyjä jalostusmahdollisuuksia edellä mainitut asiat huomioiden. Rahkasammalen jalostusmahdollisuuksia tarkastellaan luvussa 5.

4.2 TURPEEN KÄYTTÖ LIIKENNEPOLTTO-AINEEN RAAKA-AINEENA

Saksassa kehitettiin 1920-luvulla ns. Fischer-Tropsch -menetelmä nestemäisten polttoaineiden tuottamiseksi kivihiilestä. Menetelmässä valmistetaan ensin synteetikaasua (hiilimonoksidi-vety-kaasuseosta) kaasuttamalla eli osittaishapettamalla hiiltä sisältävää raaka-ainetta, jolloin palamistuotteiden, hiilidioksidin ja veden sijasta syntyy hiilimonoksidia ja vetyä. Synteetikaasu johdetaan sitten FT-prosessiin, jossa se reagoi katalyyttireaktoreissa erilaisiksi nestemäisiksi hiilivedyiksi. Tyypillisesti katalyytit ovat rauta- ja kobolttipohjaisia. Menetelmän tarkoitus on tuottaa synteettistä öljyn korviketta käytettäväksi voiteluaineena tai nestemäisenä polttoaineena. Saksa ja Japani käyttivät menetelmää toisen maailmansodan aikana polttoaineiden tuottamiseen omien öljyvarantojen puuttuessa. Suomalainen arvostettu kemisti Gustaf Komppa kehitti 1930-luvulla ns. Komppa-menetelmän synteettisen bensiinin valmistamiseksi turpeesta ja puuraaka-aineesta mutta ei onnistunut saamaan rahoitusta bensiinin teollisen valmistamisen aloittamiseen (Heikura 2004).

Sodan aikana 1940-luvulla Suomessa tehtiin suunnitelma Pelsoon rakennettavasta prosessista ja tehtaasta, jossa kaasutus ja FT-synteesi yhdistämällä voitaisiin valmistaa turpeesta öljyä. Kapasiteetti jalostettuja öljyjä suunnitelmassa oli yli 10000 t/a ensisijaisesti voiteluöljykäyttöön tarkoitettuna. Suunnitelmasa todetaan mm. ”Vaikka puu on verraton raaka-aine, se tuskin voi tulla kysymykseen hiilivetyjen valmistuksessa, koska sen on mm. tyydyttävä puunjaloitusteollisuuden kasvava raaka-ainetarve. Sitä paitsi puun korkea hinta tekee sen kannattamattomaksi juoksevien hiilivetyjen valmistuksen raaka-aineksi. Parempi raaka-aine on turve, jota meillä on käytettävissä toistaiseksi erittäin suuret määrät. Jotta teollisuuslaitoksen raaka-aineen saanti olisi turvattu pitkäksi ajaksi, olisi paikak-

si valittava turverikas seutu, jossa raaka-ainetta olisi ainakin 40 - 50 miljoonaa kuutiota. Pelson eduksi sijaintipaikkana on mainittava, että vankilasta saadaan työväkeä sekä rakennusvaiheen aikana että myöhemmin turpeennostoon.” (Turveteknillisen keskusvaliokunta 1942). Laitoksen rakentamista ei ehditty aloittaa ennen sodan loppumista.

Liikennepolttoaineen valmistusta synteetikaasureitin kautta puubiomassasta ovat Suomessa suunnitelleet Vapo, Stora-Enso sekä Neste ja UPM. Uutta EU-lainsäädäntöesitystä (European Commission 2014) biopolttoaineista on kritisoitu siitä, ettei vuoden 2020 jälkeen ole enää biokomponenttien lisäysoikeutta liikenteen polttoaineissa. Esityksen on tulkittu uhaavan biopolttoaineiden kehittämiseen ja jalostamiseen tarjottuja investointeja (Vapo 2014). Vapo lopetti projektinsa uutisoiden seuraavasti:

”Ajatuksena oli rakentaa Ajokseen Kemiin 150 000 t/a biodieseliliä tuottava tehdas puuaineksista. Kesällä 2012 projekti sai EU:lta sitoumuksen investointituesta arvoltaan 88 miljoonaa euroa, jos projekti toteutetaan. Viimeinen asia, joka kaatoi projektin, oli EU:n tammikuussa 2014 julkaisema uusi ilmasto- ja energiastrategia, mikä ei enää velvoita sitovia rajoja uusiutuviin raaka-aineista valmistetuille biopolttoainekomponenteille liikennepolttoaineissa vuoden 2020 jälkeen.”

Ilman sitovia velvoitteita biopolttoaineet kilpailevat puhtaasti taloudellisilla perusteilla polttoaineen valmistuskustannuksissa fossiilisia polttoaineen valmistustapoja vastaan. Jos taas biokomponenttivelvoite on laissa olemassa, niin eri biopolttoaineet kilpailevat ainoastaan toisiaan vastaan. Raakaöljystä tuotettava liikennepolttoaine on pitkälti helppoa öljyn jalostustislausten avulla, joskin uusien öljykenttien käyttöönotto vaatii usein huomattavia alkuinvestointeja. Biomassasta tehtävästä liikennepolttoaineesta lähdetään liikkeelle kiintoaineesta, joka on kerättävä, käsiteltävä, kuljetettava, kuivattava, kaasutettava eli muunnettava kiintoaine kaasuksi, kaasu komprimoitava ja syötettävä reaktoriin, jossa se muuttuu nesteeksi, joka sitten käsitellään polttoainekäyttöön sopivaksi. Biomassan jalostus polttoaineiksi ei pysty kilpailemaan valmistuskustannuksissa taloudellisilla perusteilla maaperästä valmiina otettavien hiilivetyjen, fossiilisten raaka-aineiden, jalostuksen kanssa ellei hintatasoissa tapahdu hyvin suuria muutoksia. Turve on puun tavoin biomassaa, mutta se ei täytä lainsäädännössä uusiutuvien biomassapolttoaineille asetettavia edellytyksiä hitaasta uusiutuvuudesta johtuen. Turpeen prosessointi on kuitenkin kustannuksiltaan ja tekniikaltaan samanlaista uusiutuvan biomassan, kuten puun, kanssa.

Nesteen ja Stora Enson projekti puuta raaka-aineena käyttävän biodieseliliä valmistavan tehtaan rakentamiseksi lopetettiin vuonna 2012. Neste Oilin ja Stora Enson toimitusjohtajien yhteinen lausunto asiasta oli: ”Olemme laskeneet projektin kus-

tannuksen huolellisesti ja realistisesti ja emme olisi käynnistäneet projektia vaikka olisimme saaneet EU:n rahoitustuen.” (Biomass Magazine 2014).

Myös UPM lopetti oman puubiomassan kaasutukseen pohjautuvan projektin suunnittelun, mutta investoi Lappeenrantaan mäntyöljystä muokattavan liikennepolttoaineen valmistuslaitoksen. Jalostamo tuottaa vuosittain noin 100 000 tonnia uusiutuvaa dieseliliä, UPM BioVernoa, liikennekäyttöön. Kyseessä on maailman ensimmäinen teollisen mittakaavan investointi puupohjaiseen (sellutehtaasta sivutuotteena/jätteenä saatava mäntyöljy) biojalostamoon. Jalostamo on valmistunut vuonna 2014, ja sen investointikustannukset ovat noin 150 miljoonaa euroa. Kannattavuus sille, että valmistetaan mäntyöljystä biodieseliliä eikä kemikaaleja tule siitä, että vuoteen 2020 voimassa olevan EU-lainsäädännön mukaan polttoaineesta on oltava tietty määrä biokomponenttia ja biopolttoaine, joka on tuotettu jätteistä, tähteistä tai syötäväksi kelpaamattomasta selluloosasta tai lignoselluloosasta saa erityiskohtelun. Energiasäilytys lasketaan tällöin täyttävän biopohjaisen komponentin jakeluvaiheen kaksinkertaisena. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä että bensiinijakelija joka käyttää esim. St1:n etanolia tai UPM:n BioVernodieseliliä joutuu ostamaan ja sekoittamaan polttoaineeseen vain puolet tarvittavasta kalliista biokomponenttimäärästä. Tämä antaa biokomponenttitoimittajalle hinnoitteluedun (Lohman 2013). Vuoden 2020 jälkeen prosessi joutunee kilpailemaan valmistuskustannuksilla fossiilisia tuotteita vastaan.

Vuonna 2013 voimaan astuneen lain biopolttoaineista ja bionesteistä (Valtioneuvosto 2013) mukaan biopolttoaineen tai bionesteen elinkaaren aikaisten kasvihuonekaasupäästöjen verrattuina korvaavan fossiilisen polttoaineen kasvihuonekaasupäästöihin on oltava 1 päivästä tammikuuta 2018 vähintään 60 prosenttia pienemmät, jos biopolttoaine- tai bioneste-erä tuotetaan 1 päivänä tammikuuta 2017 tai sen jälkeen toimintansa aloittaneessa laitoksessa. Biopolttoaineella tarkoitetaan biomassasta tuotettua nestemäistä tai kaasumaista liikenteessä käytettävää polttoainetta ja bionesteellä biomassasta muuhun energiakäyttöön kuin liikennettä varten tuotettua nestemäistä polttoainetta. Raaka-aineella tarkoitetaan biomassaa, joka käytetään biopolttoaineen tai bionesteen tuottamisessa tai valmistuksessa.

Raaka-aine ei saa saman lain mukaan olla peräisin aiemmin kuivattamattomalta turvemaalta, jonka kuivatus on tapahtunut vuoden 2008 tammikuun jälkeen.

Edellä olevan perusteella on selkeää, että turpeesta ei käytännössä voida valmistaa uusiutuvan energian ehdot täyttäviä biopohjaisia liikennepolttoaineita tulevaisuudessa, koska turve ei täytä lain edellyttämiä päästövaatimuksia. Siten turpeesta tuotettu polttoaine ei kuulu uusiutuvan energian osioon, jolloin

sen lisääminen muuhun polttoaineeseen on kannattamatonta, ellei se hinnaltaan ole halvempaa kuin fossiilinen polttoaine. Lisäksi uusiutuvan energian tuet eivät ole polttoainelaitosinvestoinnille mahdollisia.

Turpeesta on kannattavaa valmistaa polttoaineita vain, jos se olisi fossiilisista raaka-aineista valmistettaviin polttoaineisiin verrattuna taloudellisesti kilpailukykyistä. Tällä hetkellä tilanne on, että polttoaineita ei juurikaan valmisteta kaasutusreitillä vaan raakaöljyn tislusprosessien kautta, mikä on selvästi edullisin reitti. Mikäli polttoaineita valmistettaisiin synteetikaasureitin kautta, niin vedyn (synteetikaasusta tuotettuna) valmistuslaitoksen investointikustannukset eri raaka-aineista ovat toisiinsa verrattuna suhteessa 1:1,5:2, jossa ensin mainittuna on öljykaasutus, toisena hiilikaasutus ja kolmantena biokaasutus (puu, turve) eli biomassan kaasutuslaitos maksaa kaksi kertaa enemmän kuin öljykaasutuksen rakentaminen ja selvästi enemmän myös kuin hiilikaasutuksen rakentaminen (Basye & Swaminathan 1997, Blesl & Bruchhof 2010). Höyryreformoinnilla maakaasuun perustuvan vedyntuotantolaitoksen investointikustannukset ovat vielä pienemmät kuin öljykaasutuslaitoksen. Myös näköpiirissä olevilla hintatasoilla (USA) maakaasun raaka-ainehinta tulee olemaan selvästi halvempi kuin biomassan raaka-ainehinta (National renewable energy laboratory 2011). Biomassasta ei täten nykytasoa vain kohtuullisesti korkeammilla kustannustasoilla näyttäisi kannattavan valmistaa liikennepolttoaineita kaasutusreitillä kautta, koska esimerkiksi kivihiilen kaasutus on aina edullisempaa kuin turpeen kaasutus, jos raaka-ainehintataso on suunnilleen sama.

Biomassan valmistus biodieseliksi on luonnostasolla selvitetty Oulussa (Leiviskä 2008). Syöttöteholtaan 260 MW:n laitokselle eli n. 100 000 t/a vuodessa biodieselä valmistavalle laitokselle saatiin investointikustannukseksi 245 M€ ja tuotteen hinnaksi jalostamolla kaikki kustannukset huomioiden n. 50 €/MWh, kun biomassan hinnaksi oletettiin 15 €/MWh. Kun jalostamohinta dieselille on maailman markkinoilla pitkään vaihdellut n. 0,6 €/l tasolla eli n. 600 €/t eli n. 54 €/MWh (diesel in polttoarvo n. 11 MWh/t), niin investointi näyttäisi olevan kannattavuuden rajoilla jo raakaöljyn hinnoilla n. 100 dollaria/ barreli.

Käyttämällä Vapon Kemin biodieselsuunnitelmista ilmoittamia tietoja eli valmistettaisiin 150 000 t/a biodieselä investoinnilla 500 M€ ja biomassaraaka-aineen hinnalla 15 €/MWh saadaan 50 % hyötysuhteella (kirjallisuudessa käytetty arvo), kun dieselin polttoarvo 11 MWh/t tuotantokustannukseksi anniteetillä 0, 1 (matala tuotto-vaatimus): raaka-aine + pääoma = $(11/0,5) \times 15 + (500\,000\,000 \times 0,1) / 150\,000 = 330 + 333 = 663$ €/t ilman muita jalostamokustannuksia; nämä huomioiden kustannus nousee tasolle 700 – 800 €/t eli n. 60 – 70 €/MWh. Edellä olevien perusteella riskit huomioiden ei kannata investoida ilman lainsäädännöllisiä kannustimia, kuten biokomponenttilyäksen pakollisuus, raakaöljyn hintatasolla n. 100 \$/

barreli biopolttoainejalostamoon. Mikäli raaka-öljyn hintataso selvästi nousee, investointi muuttuu houkuttelevammaksi; tällöinkin on kuitenkin huomattava kilpailevat raaka-aineet liuskekaasu ja kivihiili, jotka ovat helpompia ja halvempia investointikohteita polttoainetuotantoon globaalisti.

Yhdysvalloissa on tutkittu liikennepolttoaineiden valmistusta biomassasta pyrolyysireitin kautta (nopea pyrolyysi, pyrolyysiöljyn vedytys ja lopuksi vetykrakkaus) (Jones ym. 2009). Osaprosesseja on testattu vain laboratoriomittakaavassa. Tutkimuksen mukaan näyttää, että liikennepolttoaineiden valmistus pyrolyysillä biomassasta on potentiaalisesti houkutteleva reitti. Kustannukset alenevat, mikäli jalostamo voidaan sijoittaa öljynjalostamon yhteyteen. Pyrolyysiöljyreitti saattaa olla kaasutusta edullisempi tapa tuottaa liikennepolttoaineita biomassasta. Asiaa tutkitaan edelleen myös VTT:n toimesta Suomessa (Oasmaa ym. 2013). Jos biomassana on uusiutuva raaka-aine (esimerkiksi puu), se on edullisempaa kuin fossiiliseksi luokiteltu turve lainsäädännön suhtautumisen kannalta polttoainekäyttöön. Kemian teollisuuden raaka-aineeksi pyrolyysiöljyksi valmistettuna turve kelpaa yhtä hyvin kuin puubiomassa, koska lainsäädännöllisiä rajoituksia ei ole kemikaalien valmistuksessa samalla tavalla kuin polttoaineissa. Toisaalta myös turpeen energiakäytön haittoja voidaan tulevaisuudessa mahdollisesti vähentää esimerkiksi hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin (CCS-teknologia) avulla.

4.3 KEMIALLISET TUOTTEET TURPEESTA

Turpeen/biomassan prosessointi

Turve voidaan prosessoida käytettävään muotoon välituotteiksi tai lopputuotteiksi samoilla teknologioilla kuin kivihiili. Kivihiiileen nähden turpeessa on suurempi vety-hiili -suhde, mutta myös suurempi happi-hiili -suhde. Vastaavasti puuhun nähden turpeen vety-hiili -suhde on pienempi, mutta happi-hiili -suhde on myös pienempi (Grumpelt & Deilmann 2000). Koska turpeessa (erityisesti pintaturpeessa) on selluloosaa ja hemiselluloosaa suunnilleen saman verran kuin puuaineksessa, on mahdollistaa tuottaa turpeesta samanlaisia tuotteita samoilla teknologioilla kuin puubiomassoista, mm. bioetanolia. Lisäksi turpeesta on mahdollista valmistaa pienen ligniinipitoisuuden johdosta biokaasua toisin kuin puubiomassasta (Ilvesniemi ym. 2014, Leinonen 2010). Biomassaa voidaan konvertoida happohydrolyysin kautta eri tuotteiksi, kuten levuliinihappo, muurahaishappo ja furfuraali. Kun lähtöaineena on turve, tarvitaan esikäsittelyprosessi, jossa erotusta haittaavia aineita pestään pois. Samalla voidaan lähtöraaka-ainetta muokata tuotteen puhdistuksen kannalta edullisempaan suuntaan vähentämällä suhteellisesti hemiselluloosan ja vastaavasti lisäämällä selluloosan osuutta (Hayes ym. 2006, Ketek 2011). Myös paperin valmistus turpeesta on pantoitettu (Granville 1912).

Turpe muodostuu hitaan hajoamisen tuloksena suolla kasvaneesta rahkasammalesta, saroista ja muista suokasveista. Kuolleen turvekerroksen päällä, suon pinnassa, on elävä sammalkerros, joka luetaan uusiutuvaksi materiaaliksi.

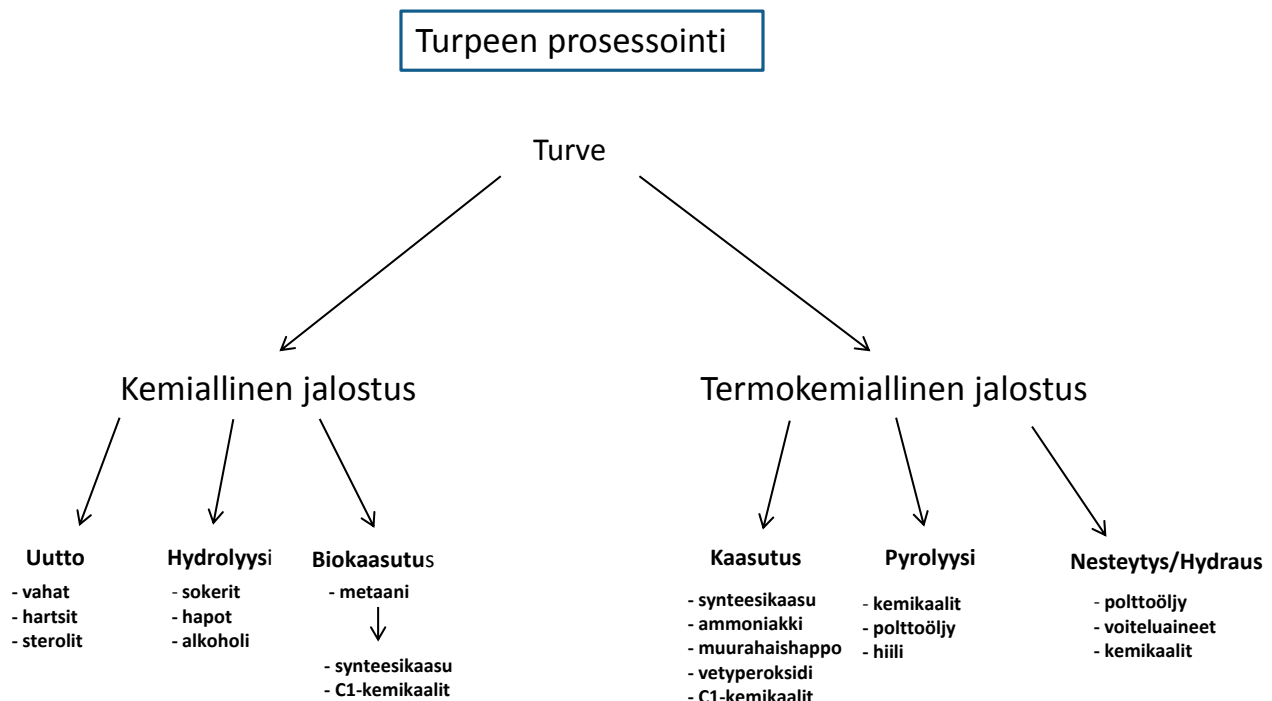
Kuvassa 4 on esitetty periaatekaavio erilaisista tunnetuista kemiantekniikan prosesseista, joilla turvetta voidaan jalostaa uusiksi tuotteiksi. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan turpeen erilaisia jalostustapoja.

Turpeen termokemiallinen kaasutus

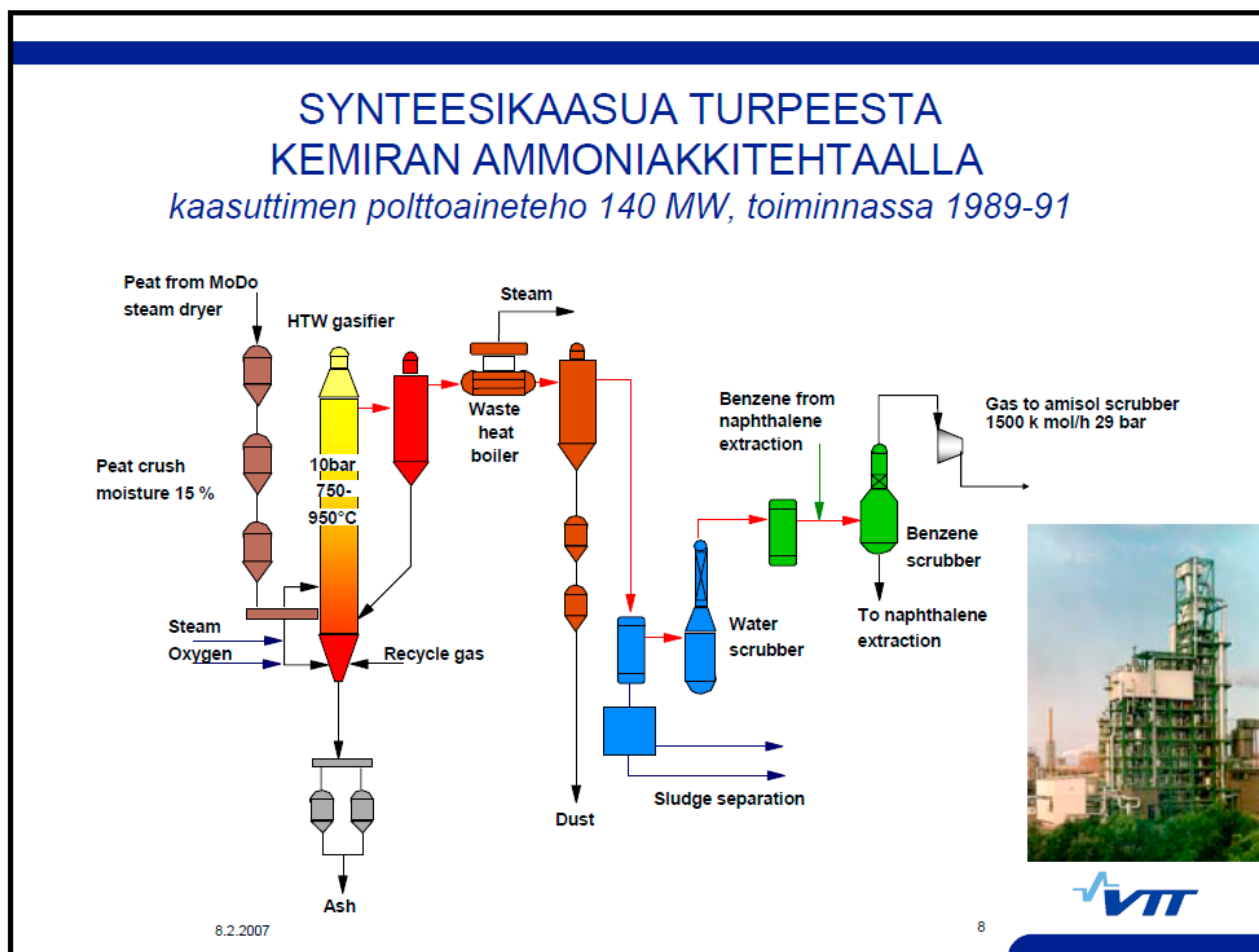
Turpeen kaasutusprosessi on demonstroitu Oulussa 1988 – 1991. Kemiran tehtaille rakennettiin 1980-luvun lopulla ammoniakkitehtaan yhteyteen palaturvetta raaka-aineena käytävä kaasutin, joka tuotti synteesikaasua eli hiilimonoksidi- ja vetykaasujen seosta ammoniakki-, muurahaishappo- ja vetyperoksiditehtaiden raaka-aineiksi. Teknisesti laitos osoittautui toimivaksi ja myös puujauheen kaasutus demonstroitiin koeajossa. Olemassa oleva kaasunpuhdistusprosessi modifioitiin käyttämään myös turpeesta kaasuttamalla saatavaa kaasua. Investoinnin arvo oli kaikkiaan n. 230 miljoonaa markkaa. Prosessi oli Rheinbaun AG:n lisenssiin perustuva HTW-prosessi (high temperature Winkler), joka pohjautui Saksassa toimi-

vaan hiilen kaasutusprosessiin. Insinööritoimistona oli Uhde ja konsortiossa olivat myös mukana perusprosessiin tehtyjen muutosten osalta Linde ja Lurgi. Tuotettavalla kaasumäärällä oli tarkoitus pystyä valmistamaan 80 000 t ammoniakkaa, 40 000 t muurahaishappoa ja 20 000 t vetyperoksidia vuodessa.

Laitos oli teknisesti toimiva. Suurin ongelma käytön kannalta oli käyttökustannus, joka öljyn hinnan pudottua oli huomattavasti öljypohjaista kaasutusta kalliimpi. Lisäksi laitoksen käytössäpito oli teknisesti haastavaa ja käytettävyys ei ollut vielä luotettavalla tasolla; mm. turpeen kulku syöttölaitteistossa ja leijupedin aineksen kierrätykseen liittyvät ongelmat vaikeuttivat tasaista tuotantoa. Myös kaasun laatu jäi tavoitteesta mm. tervojen muodostumisen takia vaikeuttaen lopputuotannon prosesseja. Ongelmia aiheutti myös turpeen vaihteleva laatu. Koeajojen aikana monet ongelmat pystyttiin ratkaisemaan. Suoritetut 17 koeajoa havainnollistivat kuitenkin, että biomassista voidaan valmistaa kemianteollisuuden tuotteita kaasutusreitillä kautta; ammoniakkaa, muurahaishappoa ja vetyperoksidia tuotettiin turpeesta valmistetusta synteesikaasusta (Koljonen ym. 1993, Arvola 2015). Oulussa toiminnassa ollut turvekaasutusprosessi on esitetty kuvassa 5.



Kuva 4. Turpeen prosessointi.



Kuva 5. Oulun turvekaasutuslaitoksen periaate ja kuva laitoksesta (Kurkela 2007, VTT:n luvalla).

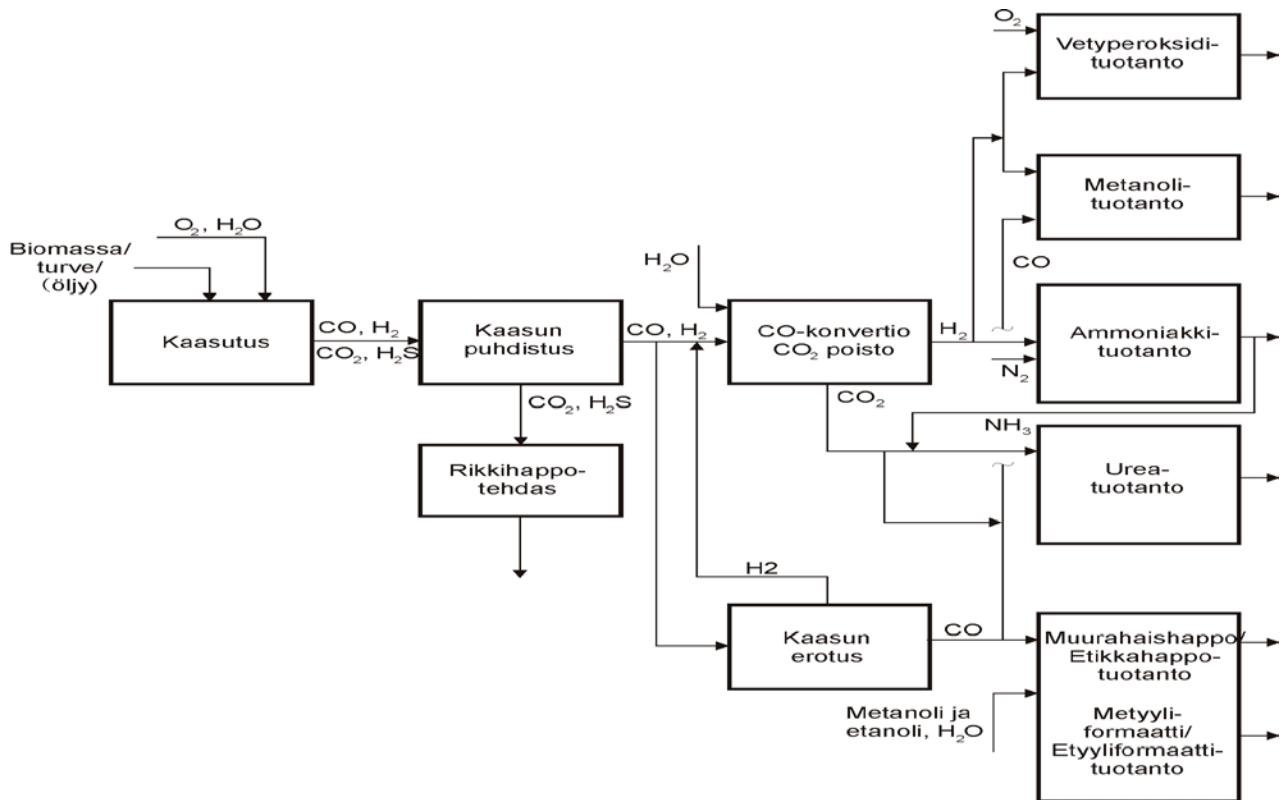
Taulukossa 3 on esitetty tunnettujen synteetikaasusta saatavien kemiallisten tuotteiden valmistuksen kemialliset nettoreaktiot ja tuotteiden globaalit valmistusmäärät (Arvola 2011). Oulussa tuotetaan nykyään vielä muurahaishappoa, vetyperoksidia ja metyyliformiaattia. Ammoniakin ja urean tuotannot on lopetettu 1992 ja 1986. Metanolia tuotettiin Oulussa synteetikaasusta viimeksi 1970-luvulla (Arvola 2015).

Taulukko 3. Synteetikaasua raaka-aineena käyttäviä kemian teollisuuden prosesseja.

Tuote	Nettoreaktio	Gloaali tuotanto (miljoona t/a)	Lähde
Muurahaishappo	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCOOH}$	0.5	Yali (2006),
Metyyli/Etyyli formiaatti	$\text{CO} + \text{CH}_3\text{OH}/\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OOCH}/\text{C}_2\text{H}_5\text{OOCH}$	n.a.	Reutemann & Klezcka (2000)
Etikkahappo	$\text{CO} + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$	8	Cheung et al. (2000), China Chemical Reporter (2006)
Metanoli	$\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$	42	Fiedler et al. (2000), Floren (2010)
Ammoniakki	$3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$	110	Sukumaran (2006)
Urea	$2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{CONH}_2 + \text{H}_2\text{O}$	146	Meessen et al. (2000), Icis.com (2009)
Vetyperoksidi	$\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$	3	Goor et al. (2007), Evonik Industries (2010)

Kuvassa 6 on esitetty miten CO - H₂ -kaasuseoksesta saadaan erotuksen jälkeen puhtaita kaasufraktioita, joista voidaan valmistaa toisaalta C1-kemian tuotteita ja toisaalta vety-pohjaisia tuotteita; esimerkkinä on käytetty entistä Kemiran Oulun tehdasta. CO-kaasu voidaan konvertoida vesikaasureaktiolla vedyksi, jolloin suuremmat vetymäärät ovat käytettävissä mm. ammoniakkituotantoon. Synteetikaasua tuotetaan eniten maakaasua höyryreformoimalla, mutta myös jalostamoiden raskaan pohjaöljyn ja hiilen kaasutuksella. Suurin käyttökohte synteetikaasulle on ammoniakin tuotanto, sitten öljynjalostamoiden tarpeet (vetykrakkaus, vedytys), metanolituotanto, hiilivetyjen nesteytys ja muut pienemmät sovellutukset (Van der Drift & Boerrigter 2006).

C1-kemian tuotteille kaasutus hiilipitoisen raaka-aine materiaalina on eniten käytetty reitti CO-kaasun valmistamiseen. Kemian tuotteille, joissa tarvitaan suuria määriä hiilimonoksidia, biomassan/turpeen kaasutus onkin kilpailukykyisempi vaihtoehto kuin kaasutus polttoainetuotannossa, koska perinteisellä maakaasun höyryreformoinnilla ei päästä suuriin CO-pitoisuuksiin.



Kuva 6. CO-kaasusta kemikaaleja.

Pieniä ilmalla (ei puhdas happi) toimivia puubiomassaa kaasuttavia kaasuttimia valmistavat Oulun alueella Volter Oy ja Gasek Oy. Kempeleen ekokorttelissa on sovellettu pienkaasutuksen ja lämmön sekä sähkön tuotannonperiaatetta onnistuneesti Volterin systeemillä. Suomen Rakennusinsinöörien liitto (RIL) valitsi Kempeleen ekokylän vuoden merkityksellisimmäksi rakennuskohteeksi Suomessa vuonna 2010. Kortteli on Suomen ensimmäinen energia-omavarainen asuinalue, joka on irti valtakunnan sähköverkosta. Ekokortteli on toiminut tuotekehitysalustana Volter-teknologialle. Alueen oma pienvoimalaitos tuottaa sähkö- ja lämpöenergiaa kymmenelle omakotitalolle. Myös yrityksen toimisto- ja tuotekehitystilat sijaitsevat ekokorttelissa. Hiukkavaaraan Oulussa Volterin kaasutin tuottaa puukaasulla rivitaloyhtiön asuntojen lämmön ja yhteisen perussähkön kulutuksen. Alue koostuu kahdeksasta rivitalosta, joissa on yhteensä 32 huoneistoa. Volter yksikkö otettiin käyttöön joulukuussa 2014 ja se on tuottanut lämpöä ja sähköä myös kohteen rakennusvaiheen ajan. Volterin voimala käy rinnan sähköverkon kanssa, mutta pystyy myös toimimaan saarekkeena lisävarusteena toimitetun akuston ja tehoelektroniikan kanssa. Volterin laitteita on myyty myös mm. Australiaan, Englantiin ja Kanadaan (Volter 2015).

Gasek Oy (Gasek 2014) on saanut pienessä mittakaavassa toimivan puun kaasutusteknologian kannattavaksi. Puun kaasutus Gasekilla perustuu päinvastoin kuin suurissa pro-

sesseissa pyrolyysiprosessiin, jossa puun biomassasta eroteetaan kaasuntuvia ainesosia korkeassa lämpötilassa ja hapen saantia rajoittaen. Tämän vähähappisen palamisen ja kaasutuksen seurauksena syntyvä puukaasu puhdistetaan noesta, hiilestä sekä muista hiukkasista, jonka jälkeen se on käytettävissä hyötysuhteeltaan tehokkaasti esimerkiksi polttomoottorissa. Tyypillisimmät käyttökohteet syntyvälle energialle ovat yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto (CHP). Puukaasu sisältää runsaasti vetyä ja hiilimonoksidia, eikä sen poltossa sivutuotteena synny lainkaan ympäristölle haitallisia päästöjä. Puhdas puukaasu mahdollistaa tehokkaiden, huoltovarmojen ja pitkäikäisten voimalaitosratkaisujen valmistamisen.

Pieniä kaasuttimia voidaan rakentaa myös turpeella toimiviksi. Lämmön ja sähkön tuotantoon ei kuitenkaan saada uusiutuvan raaka-aineen tuomia etuja turveraaka-aineella. Kemiallisten tuotteiden valmistukseen prosessi periaatteessa olisi toimiva ratkaisu. Ongelmina kemian sovellutuksissa ovat laitojen pieni kapasiteetti teollisuuden yleensä edellyttämiin volyymeihin nähden sekä ilmakaasutuksen johdosta kaasussa oleva suuri typpimäärä, joka useimmissa prosesseissa muodostaa haitan kaasun käytölle. Kemian tuotteiden valmistuksessa ei toisaalta haittaa ole toistaiseksi lainsäädännöstä; turvopohjainen prosessi kilpailisi talouden ehdoilla ilman vastavia rajoitteita kuin polttoaineiden valmistuksessa. Eräs mahdollinen sovellutuskohde pienille kaasuttimille voisi olla Tal-

vivaaran kaivoksen vedyntuotantoprosessi, jossa on käytetty propaania raaka-aineena. Ajatuksena on laskettu mahdollisuus korvata propaani biomassasta valmistettavalla metaanilla (Arvola 2012), joka tuotettaisiin biokaasutuksella. Biokaasutuksen voisi teoriassa korvata joukko kaasuttimia, jotka tuottavat synteesikaasua, joka konvertoidaan metaaniksi metanoinnilla. Ongelmaksi saattaisi muodostua laitosten pieni kapasiteetti ja liian suuri kaasuttimien määrä, mikä johtaisi kalliiseen investointiin.

VTT on testannut, että puubiomassaa voidaan muuntaa onnistuneesti puhtaiksi BTX-kemikaaleiksi eli bentseeniksi, tolueniksi ja ksyleeniksi. Tutkimuksen tavoitteena oli osoittaa, että puupohjaisilla kemikaaleilla voidaan korvata raakaöljyn käyttöä esimerkiksi muoveissa, polttoaineissa, lääkkeissä ja maaleissa. Uusiutuvista lähteistä saatavien kemikaalien kysyntä on kasvanut nopeasti. Markkinoilla kaivataan myös vaihtoehtoisia, ympäristöä säästäviä tuotantoreittejä. Erityisen haluttuja kemikaaleja ovat puhtaat aromaattit kuten BTX-kemikaalit bentseeni, tolueni ja ksyleeni. VTT:n kehittämä menetelmä BTX-kemikaalien valmistamiseksi perustuu puubiomassan kaasutuksen, Fischer-Tropsch -synteesin ja aromatisoinnin yhdistämiseen. Puhtaiden BTX-jakeiden alustavaksi litrahinnaksi laskettiin 1,4 euroa. Hinta on korkeampi kuin raakaöljystä tällä hetkellä saatavan materiaalin hinta, mutta huomattavasti kilpailukykyisempi kuin muilla vastaavilla biopohjaisilla reiteillä. Kehitystyö jatkuu suuremmassa mittakaavassa VTT:n Bioruukki-pilotointiyksikössä Espoossa (VTT 2015). Kaasutus onnistuu myös turpeesta, mutta uusiutuvan raaka-aineen statusta ei tällöin ole. Toisaalta bentseeniä valmistetaan lähes 50 miljoonaa tonnia vuodessa petrokemian teollisuudessa (IHS Chemical World Analysis 2014) hintaan 500 €/t (European Petrochemicals Outlook 2015), joten tämän tyyppisiä bulkkituotteen korvaamisia uusilla biomassapohjaisilla ratkaisuilla ei voida tehdä laajassa mittakaavassa huomioiden tarvittavat volyymit ja tuotteiden melko alhainen hintataso.

Termokemiallisen kaasutusreitin kautta turve raaka-aineella edellä olevan perusteella näyttäisi kemiallisten tuotteiden valmistus mahdolliselta, mikäli tuotetun synteesikaasun hinta olisi kilpailukykyinen. Näin voisi olla, jos tarvittavat tuotantomäärät olisivat pieniä ja voitaisiin soveltaa esimerkkinä mainittuja pienkaasuttimia. Suurissa laitosinvestoinneissa turvekaasutus ei ole lähitulevaisuudessa taloudellisesti kilpailukykyinen kemian sovellutuksiinkaan, kuten todettiin turpeen biopolttoainekäyttöjenkin osalta (luku 4.2.). BTX-kemikaalit biomassasta edellyttävät uusiutuvan raaka-aineen statussa, joten turveraaka-aine ei tällaisiin käyttöihin liene mahdollinen. Biomassoille ja turpeelle mielekkäämpi reitti BTX-kemikaalien tuottamiseksi saattaa olla pyrolyysiöljyn krakkaus (ks. jäljempänä), koska silloin vältetään vaativia prosessivaiheita kuten Fischer-Tropsch ja aromatisointi. Prosessikehitys on kuitenkin vielä tutkimusvaiheessa ko. jalostukselle.

Turpeen pyrolyysi

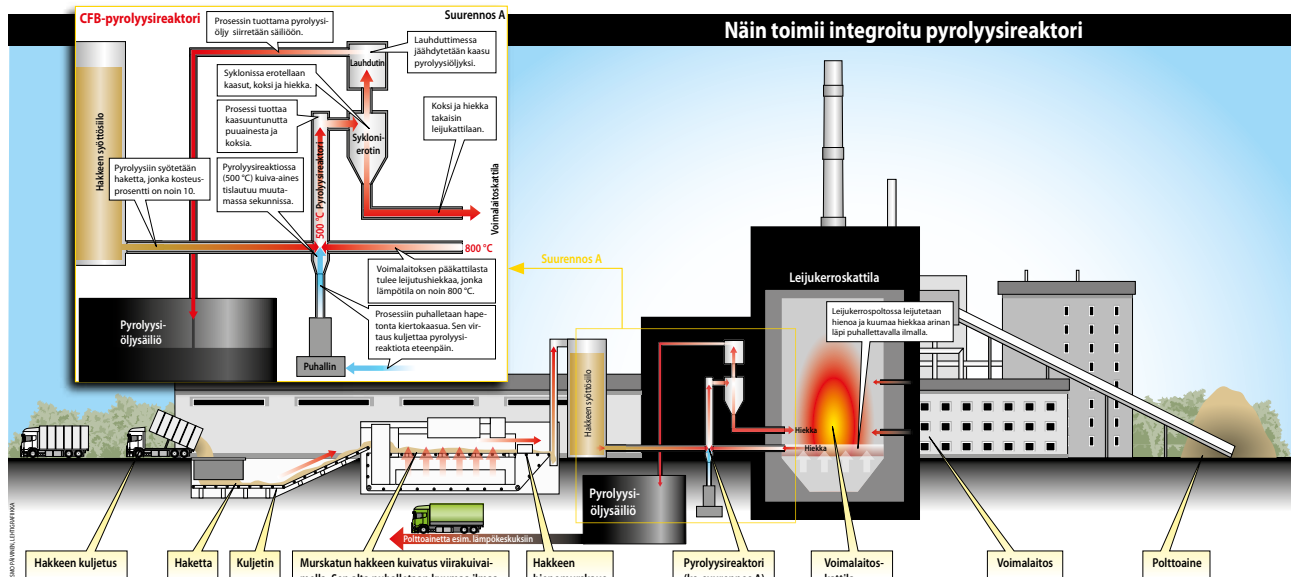
Pyrolyysi on hiilipitoisen materiaalin hajottamista lämmöllä hapettomassa tilassa, jolloin muodostuu tervaa, kaasuja ja nestemäisiä happea sisältäviä hiilivetyjä, bioöljyä. Tavalliset pyrolyysituotteet (alititit) ovat kooksi, terva ja syysi. Tisleenä saatuja tuotteita ovat vesi, hiilimonoksidi, erilaiset hiilivedyt, etikkahappo, metanoli, ammoniakki, fenolit ja orgaaniset emäkset. Lämpötilalla ja viipymäajalla optimoidaan toivottuja komponentteja tuotteeseen. Teollisuudessa kuivatislataan (pyrolyysi) muun muassa puuta, kivi- ja ruskohiiltä, turvetta ja hartsia. Nopeassa pyrolyysissä viipymäaika reaktiovyöhykkeellä on sekuntien luokkaa ja lämpötilataso n. 500°C:ssa, mitä seuraa tuotteen nopea jäähtyminen (Jones ym. 2009). Hiitaasta pyrolyysistä on esimerkkinä historiasta tervan valmistus mäntypilkkkeistä tervahautatekniikalla. Turpeen pyrolyysiä on onnistuneesti testattu Suomessa laboratorio-olosuhteissa (Arpiainen & Lappi 1989), mutta teollisia sovellutuksia ei toistaiseksi ole.

VTT:ssä kehitettiin ns. integroitu tuotantokonsepti, missä nopea pyrolyysi liitetään leijukerroskattilaan. Tässä konseptissa nopean pyrolyysin tarvitsema 500°C:n lämpötilataso tuotetaan leijukattilan kuumen hiekan avulla. Bioöljyn tuotannon yhteydessä syntyvät sivutuotteet (hiiltojäännös ja lauhtumatkaasut) palautetaan jäähtyneen hiekan kanssa kattilaan poltettavaksi sähköön ja lämmön yhteistuotannossa. Näiden ratkaisujen avulla bioöljyn tuotantokustannusta ja kokonaisprosessin energiahyötysuhdetta on mahdollista parantaa huomattavasti. Hyvin onnistuneen pilotoinnin seurauksena Fortum on investoinut maailman ensimmäiseen integroituun nopean pyrolyysin demonstraatiolaitokseen. Metson rakentama laitos on integroitu Fortumin Joensuun voimalaitokseen. Voimalan pääraaka-aine on puubiomassa. Vuoden 2013 lopulla käynnistynyt laitos tuottaa sähköön ja lämmön lisäksi noin 50 000 tonnia bioöljyä vuodessa. Bioöljyllä aiotaan korvata raskasta polttoöljyä Fortumin kaukolämpölaitoksilla, jolloin vuosittain voidaan saavuttaa huomattavia vähennyksiä sekä hiilidioksidia- että rikkidioksidipäästöissä (Oasmaa ym. 2013).

Fortumin Joensuun sähköön ja lämmön yhteistuotantolaitokseen (CHP) integroitava bioöljylaitos alkoi tuottaa vuoden 2013 aikana bioöljyä (Fortum 2015). Erilaisten tuotantoprosessien integroiminen voimalaitokseen sanotaan aloittaneen uuden aikakauden energia-alalla, kun laitoksella voidaan sähköön ja lämmön yhteistuotannon lisäksi tuottaa myös kolmatta tuotetta - bioöljyä. Nopeapyrolyysitekniologiaan perustuva bioöljylaitos on teollisessa mittakaavassa ensimmäinen laatuun koko maailmassa. Joensuun bioöljylaitoksen rakentaminen alkoi vuonna 2012, ja laitoksen aloitti tuotantotoiminnan marraskuun 2013 aikana. Bioöljyn tuotanto lisää Fortumin puun käyttöä energiantuotannossa Joensuussa nykyisestä 300 000 kuutiometristä 600 000 kuutiometriin vuodessa. Bioöljyn tuotantolaitosprojektin työllisyysvaikutusten Joensuun seu-

dulla on arvioitu olevan noin 60–70 henkilötyövuotta. Työpaikkoja syntyy raaka-aineen hankintaan, tuotantolaitokselle sekä logistiikkaan. Fortum investoi bioöljylaitokseen noin 30 miljoonaa euroa ja on saanut hankkeelle valtion investointitukea noin 8 miljoonaa euroa. Uuden teknologian kehittämisen ja konseptointi on tehty yhteistyössä Fortumin, Metson,

UPM:n ja VTT:n kanssa. Tutkimus on kuulunut Tekesin Bio-refine -ohjelmaan. Fortumin tiedotteen mukaan voimalaitoksilla tuotettu bioöljy voi tulevaisuudessa toimia myös raaka-aineena erilaisille biokemikaaleille tai liikenteen polttoaineille. Kuvassa 7 on esitetty Fortumin Joensuun voimalaitoksen ja siihen liitetyn pyrolyysiyksikön toimintaperiaate.



Kuva 7. Fortumin pyrolyysiöljylaitos Joensuussa.

Lappeenrannassa on tehty kannattavuuslaskelmia pyrolyysiöljyn tuottamiseksi puusta (Starck 2011). 400 tonnia päivässä täysin kuivaa biomassaa käyttävän erillistuotantolaitoksen bioöljyn omakustannushinnaksi saatiin 41,9 €/MWh ja integroidulle laitokselle 28,7 €/MWh. Suuremmat tuotantolaitokset vaikuttavat kannattavilta investoinneilta lähes kaikissa herkkyytarkastelun skenaarioissa. Erillistuotantolaitoksen kannattavuus on tosin heikompi. Integroitu tuotantolaitos on kannattava investointi kaikissa tapauksissa, johtuen pitkälti integraation mahdollistamasta ja laskennassa oletetusta matalasta raaka-aineen hinnasta.

Periaatteessa pyrolyysiprosessi onnistuu myös turpeelle tai puun ja turpeen sekoitukselle. Turpeen osalta polttoainekäytössä ei saada uusiutuvan raaka-aineen etuja lopputuotteelle, mutta mahdolliseen kemian jalostukseen raaka-aine olisi kelpo. Pyrolyysiöljy olisi tällä hetkellä raaka-ainetta kemian tuotteiden tai liikennepolttoaineen jalostukselle; jalostusprosesseja tutkitaan, mutta teollisia sovellutuksia ei vielä ole. Oulun Energia on käynnistämässä uutta hanketta, jonka tarkoituksena on korvata Oulun Energian tuotantokäytöstä poistuvaa energiantuotantokapasiteettia uudella yhteistuotantovoimalaitoksella sekä aloittaa uusien biopolttoainejakeiden valmistus biojalostamolla. Biojalostamo on joko pyrolyysiöljyä tuottava pyrolysilaitos tai biohiiltä tuottava biohiililaitos. Biohiiltä ja pyrolyysiöljyä on tarkoitus tuottaa myyntiin polt-

toainemarkkinoille. Pyrolyysiöljyllä voidaan korvata polttoöljyä myös Oulun Energian omissa laitoksissa. Uusi voimalaitos mahdollistaa myös polttoainevalikoiman laajentamisen (puu, turve, kierrätyspolttoaineet). Tavoitteena on, että uusi voimalaitos valmistuisi lämmityskaudelle 2019–2020 (Oulun Energia 2014). Mahdollinen sijoituspaikka on Tamincon Oulun tuotantolaitos. Pyrolyysiöljyä voidaan teoriassa kaasuttaa Tamincon jo toimivissa öljykaasuttimissa, mutta asia vaatii merkittäviä lisäselvityksiä; pyrolyysiöljyn kaasutusta on kuitenkin onnistuneesti testattu Ruotsissa (BTG 2014). Raskaan polttoöljyn korvaaminen pyrolyysiöljyllä muuttaisi muurahaishapon Oulussa kokonaan biopohjaiseksi tuotteeksi.

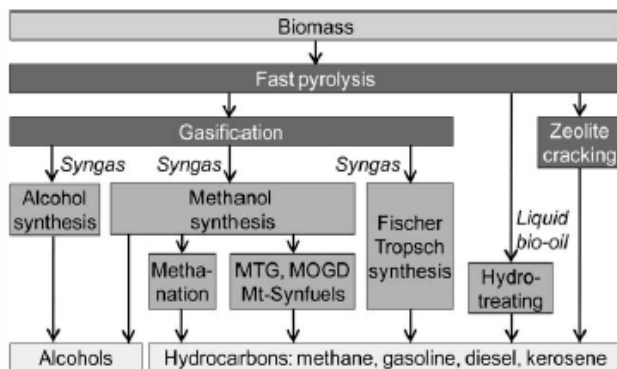
Pyrolyysiöljyprosessi on mahdollista integroida myös joihinkin vanhoihin osin turvetta käyttäviin laitoksiin. Jos laitoksia on useita, voidaan pyrolyysiöljyöljy kerätä ja järjestää keskitetty tuotteen puhdistus ja jalostus tai kaasutus synteesikaasuksi. Jalostuslaitoksen tuote voi olla soveltuvaa kemian tuotteisiin tai niiden valmistukseen (esimerkiksi synteesikaasusta C1-kemikaaleja) tai jos turpeen osuus on pyrolyysiöljyn raaka-aineissa selvästi puuta pienempi, jopa uusiutuvan liikennepolttoaineen valmistukseen. Ideana voisi olla tutkimus Haapajärven turve/puu -lauhdevoimalan muuntamismahdollisuudesta sivutuotetta tuottavaksi pyrolyysiöljyn tuotantolaitokseksi loppujalostuksen, kuten vetykäsitellyn suorittamisen, ollessa paikan siellä, missä vetyä on edullisesti tarjolla. Tällaisia voi-

vat olla Taminco Oulussa, Rautaruukki Raahessa ja Eka Chemicals Oulussa (Arvola 2011).

Pyrolyysireitin kautta avautuu mielenkiintoisia mahdollisuuksia. Prosessi ei ole monimutkainen ja investoinnit ovat kohtuullisia. Useissa CHP-laitoksissa toimivat pyrolyysiöljylaitokset mahdollistaisivat kohtuullisen kokoisen keskitetyn öljyn jalostusyksikön perustamisen optimoituun paikkaan, koska nestemäisen pyrolyysiöljytuotteen kuljetus on oleellisesti taloudellisempaa logistisesti kuin keveän, paljon vettä sisältävän kiinteän raaka-aineen (puu, turve). Tällä hetkellä asian eteenpäin saaminen on kiinni pyrolyysiöljyn jalostusprosessien kehittämisestä.

Turpeen pyrolyysiöljyn jalostus - kaasutus/ nesteytys/hydraus/krakkaus

Turpeesta tai yleisemmin biomassasta saatavan pyrolyysiöljyn jalostaminen tuotteiksi on tutkimuksen alla. Bridgewater (2012) on koonnut yhteenvedon eri vaihtoehtoista, joilla jalostus on mahdollista. Kuvan 8 mukaisesti pyrolyysiöljyn jalostus voidaan tehdä vastaavasti kaasuttamalla kuten normaalisti kemian teollisuudessa kaasutetaan korkeassa paineessa happihöyryseoksella raskaita öljyjakeita. Tuloksena syntyy synteetikaasua, josta voidaan valmistaa kuvan 4 mukaisesti yleisiä kemian teollisuuden tuotteita ja lisäksi Fischer-Tropsch -menetelmän kautta liikennepolttoaineita sekä metanoinnilla metaania (synteettistä maakaasua).



Kuva 8. Pyrolyysiöljyn jalostusvaihtoehtoja kemikaaleiksi ja polttoaineiksi (Bridgewater 2012).

Liikennepolttoaineet turpeesta eivät ole uusiutuvan energian lainsäädännön mukaisia biopolttoaineita, mutta jos käytetään biomassana turvesuon elävää pintakerrosta rahkasammalta, myös uusiutuvuuskeriteeri täyttyy. Pyrolyysiöljyn hydrauksella (vetykäsittelyllä) päästään myös osin samoihin tuloksiin. Hydrauksella saadaan biomassan painosta 25 % konvertoitua naftan kaltaiseksi tuotteeksi ja kaasutuksella 15 %. Kaasutuksen hyötysuhde on huonompi, mutta ulkopuolista vetylähdettä ei tarvita. Katalyyttisellä krakkauksella voidaan tuottaa aromaattisia yhdisteitä (bentseeni, fenoli ym.); ongelmana on kuitenkin voimakas noen muodostus, joka deaktivoi katalyytin.

Mikäli pyrolyysiöljyn jalostuslaitos rakennetaan Pohjois-Pohjanmaalle ja käytetään jalostukseen synteetikaasua tai vetyä, niin mahdollisia paikkoja ovat Tamincon (entinen Kemira) Oulun tehdas, Eka Chemicalsin Oulun tehdas ja Rautaruukin terästehdas, joissa on saatavilla tarvittava kaasus ja muu infrastruktuuri (Arvola 2011).

Turpeen biokaasutus

Yhdysvalloissa on tutkittu biokaasun (metaanin) tuottamista turpeesta onnistuneesti (Ghosh & Klass 1978, Ghosh 1981) ajatuksena hyödyntää maan valtavia turvevaroja polttoaineen tuotannossa. Mitä tahansa biomassaa voidaan, jos biomassassa sisältää hiilihydraatteja, proteiineja, rasvoja, selluloosaa ja hemiselluloosaa pääkomponentteina käyttää biokaasun tuottamiseen (Braun 2007).

Biokaasun valmistaminen turpeesta olisi siinä mielessä edullista, että raaka-aineen ei tarvitse olla kuivattua, koska prosessi tapahtuu luonnostaan vesiliuoksessa. Samassa yksikössä olisi mahdollista mädättää myös muuta biomassaa ja maatalousjätteitä. Biokaasua, joka on osin tuotettu turpeesta, voitaisiin hyödyntää esimerkiksi Talvivaaran kaivoksen vedyn tuotannossa. On laskettu, että metaanin hinta olisi n. 42 €/MWh ilman valtion tukia investointeihin, kun biomassan hinta olisi 12 €/MWh, kun biokaasulaitos olisi kokoluokkaa 19 miljoonaa Nm³/a (Talvivaaran metaanin tarve vedyn tuotantoon) (Arvola 2012). Laitos olisi tuolloin lähellä kannattavuutta, kun korvataan raaka-aineena käytettävää propaania. Turpeen veroton hinta Suomessa on ollut n. 12 €/MWh ja maakaasun verollinen hinta n. 35 € (sähköntuotanto) ja 45 € (lämmöntuotanto) megawattituntia kohden vuonna 2014 (Tilastokeskus 2015).

Suomessa on selvitetty turvepohjaisen lannan hyötykäyttöä biokaasuksi. Hevosenlannasta voidaan saada biokaasua mädättämällä, mutta käytetyllä kuivikkeella on suuri merkitys mädätyksessä tuotetun kaasun määrään. Puupohjaiset kuivikkeet soveltuvat huonommin kuin esimerkiksi turve tai olki. Tämän johtuu siitä, että bakteerit eivät pysty hajottamaan puupohjaista materiaalia. Hevosenlannalle sopivaa biokaasureaktoria ei ole vielä olemassa Suomessa, mutta MTT:llä on rakennettu koekäyttöön reaktori, jolla biokaasun tuotto onnistuu myös kuivasta lannasta, kuten hevosenlannasta. Kokeissa on käytetty hevosenlantaturveseosta, johon lisättiin jonkun veran lehmänlannan mädätysjännöstä (Hippolis.fi 2015). Suomen hallituksen bionalousohjelmaan (2015) on otettu maininta hevosen lannan sallimisesta energiakäytössä, joten periaatteellista estettä ei jatkossa ole turvepohjaisen lannan kaasutukselle. Esimerkiksi Saksassa toimii suuri 15 miljoonaa Nm³ metaania vuodessa tuottava biokaasulaitos, joka käyttää pääraaka-aineena ympäröivien maissipeltojen antimia (ks. ilmakuva laitoksesta tämän raportin kannessa).

Jatkonäkymät biokaasun/metaanin tuottamiselle turpeesta

ovat kaksijakoiset; turvepohjaiselle kuivikkeelle biokaasutus tuo kilpailuedun mm. puupohjaiseen verrattuna, koska käytetyn kuivikkeen hävitys on kaasutuksen kautta hyödyllistä ja puuperäistä kuiviketta ei voida biokaasuttaa. Toisaalta olisi selvítettävä, muuttaako suuri turvemäärän osuus kaasutuksen raaka-aineessa tuotannon leiman ei-uusiutuvaksi, mikä voi vaikuttaa sovellutusmahdollisuuksiin.

Termokemiallisen kaasutuksen ja biokaasutuksen vertailu

Taulukossa 3 on vertailtu synteesikaasun tai metaanin valmistusta eri menetelmillä toisiinsa pohjautuen julkaistuun lähteeseen (Arvola 2011). Uutena on lisätty raaka-ainevaihtoehtoksi turve. Menetelmät taulukossa ovat biomassan termokemiallinen kaasutus korkeassa lämpötilassa (synteesikaasun valmistus), biokaasusta saatava metaani suoraan kaatopaikalta talteen otettuna sekä biokaasutus biomassasta (esim. viljelty ruokohelpi)/jätteestä tai turpeesta. Synteesikaasu ja metaani eivät ole tuotteina täysin vertailukelpoisia, mutta tuotannon käyttökelpoisuutta voidaan verrata. Taulukon 4 kohdat tarkoittavat seuraavassa kuvattuja asioita. Teknologian kypsyyden kuva, voidaanko olemassa olevaa teknologiaa soveltaa sellaisenaan. Investointikustannukset tarkoittavat investoinnin kalteutusta. Käyttökustannukset viittaavat tuotantokustannuksiin. Toiminnallisuus tarkoittavat tuotannon käytettävyyteen, sen toimintavarmuuteen ja helppouteen. Raaka-aineen saatavuus tarkoittaa, onko raaka-ainetta helposti vakiohintaan saatavilla. Tukitarpeet viittaavat tarvittavien tukien suuruuteen (veronmaksajan näkökulma) toiminnan tai investoinnin mahdollistamiseksi. Merkinnät tarkoittavat seuraavia: (+) hyvä, (++) erinomainen, (-) huono, (--) erittäin huono. Jos esimerkiksi vertaillaan biokaasua kasvatetusta biomassasta ja biokaasua turpeesta, niin eroja on kahdessa kohdassa. Raaka-aineen saatavuus saattaa olla rajoitetumpi, kun käytetään viljeltyä biomassaa ja kerättyjä jätteitä verrattuna vakiintuneeseen turvetuotantoon. Viljelty biomassaa (esim. ruokohelpi) edellyttää maatalouteen liittyviä tukia ollakseen tuottajalle kannattavia. Turpeesta tukien osuus on vähäinen.

Vertailun perusteella johtopäätöksenä on, että biokaasu turpeesta näyttäisi olevan parempi vaihtoehto kuin tuettu esimerkiksi ruokohelpipohjaiseen viljeltyyn biomassaan pohjautuva

biokaasutuotanto. Täysin turvepohjainen tuotanto ei kuitenkaan olisi uusiutuvan energian säädösten mukaista biopolttoainetta, mutta kemian tuotteiden valmistukseen hyväksyttävää. Biomassan/turpeen terminen kaasutus näyttäisi olevan heikoin vaihtoehto.

Turpeen hydrolyysi

Yleisesti hydrolyysillä tarkoitetaan kemiallista reaktiota, jossa yhdiste hajoaa vettä lisättäessä takaisin lähtöaineikseen. Biomassat, mukaan lukien turve, sisältävät pääosin selluloosaa, hemiselluloosaa ja ligniiniä.

Biomassan hiilihydraatit voidaan pilkkoa kemiallisesti tai entsymaattisesti monosakkarideiksi. Pilkkoutumiseen vaikuttavat esimerkiksi happamat olosuhteet, lämpötila, paine, aika, hydrolysoiva raaka-aine ja sen väkevyys. Lignoselluloosamateriaalit täytyy kuitenkin esikäsittää, jotta ligniini ja hiilihydraatit saataisiin erotettua toisistaan sekä selluloosan kiteinen rakenne muuttumaan amorfiseksi. Esikäsittely parantaa hydrolyysiprosessin onnistumista mahdollistamalla paremman saannon lyhemmillä reaktioajoilla ja puhtaamman lopputuotteen. Fraktioimalla raaka-ainemateriaali pääkomponenteikseen komponentit voidaan hyödyntää erilaisissa sovelluksissa, kuten jalostamalla kemikaaleiksi tai polttoaineiksi. Hydrolyysissä käytetään apuna happoja tai entsyymejä (Vanninen 2009).

Biomassan esikäsittelyt ja hydrolyysi sekä saatavien jatkojalosteiden, mm. sokereiden jalostaminen edelleen fermentoimalla tuottaa etanolia. Muita prosessista saatavia tuotteita voivat olla käsittelyistä riippuen karboksyylihapot, kuten muurahaishappo. Lisäksi voidaan valmistaa furfuraalia ja levuliinihappoa. (Hayes ym. 2006). Biomassan jalostusprosesseja Oulussa on kehittänyt Chempolis Oy, jonka prosessissa biomassaa fraktioidaan ensin selluloosaksi ja toisaalta hemiselluloosaa ja ligniiniä sisältäväksi osaksi. Selluloosa hydrolysoidaan glukooksiksi, josta voidaan valmistaa etanolia fermentoimalla. Hemiselluloosasta saadaan furfuraalia ja ligniinipitoinen jäänös voidaan polttaa energiaksi (Chempolis 2015).

Beta Renewables on käynnistänyt maailman suurimman kaupallisen biomassapohjaisesta selluloosamateriaalista bioetanolia tuottavan tehtaan Italiassa Crescentinossa vuoden 2013 lo-

Taulukko 4. Vertailu synteesikaasun tai metaanin tuottamisesta eri tavoilla.

	BIOMASSAN KAASUTUS	BIOKAASU KAATOPAICALTA	BIOKAASU BIOMASSASTA	BIOKAASU TURPEESTA
Teknologian kypsyyden	-	++	+	+
Investointikustannukset	--	++	-	-
Käyttökustannukset	-	+	+	+
Toiminnallisuus	-	++	+	+
Raaka-aineen saatavuus	+	--	-	+
Tukitarpeet	+	++	--	+

pulla. Kapasiteetti tehtaalla on 75 000 m³ vuodessa etanolia ja raaka-aineena käytetään pääasiassa paikallista olkibiomassaa. Tehdas tuottaa oman energiansa, kun erotettu ligniinipitoinen aines poltetaan voimalaitoksella. Muita tehtaita on käyttöönottovaiheessa globaalisti ja demonstraatiolaitoksia on olemassa useita kymmeniä (Biofuelstp.eu 2015).

Hydrolyysireitin kautta voidaan valmistaa kemian tuotteita myös turpeesta ja prosessit ovat globaalisti vielä pääosin pilotointivaiheessa biomassojen osalta. Kokonaiskannattavuus jää nähtäväksi. Biopolttoaineita turpeesta (poislukien rahkasammal) prosessilla ei saada uusiutuviin energialähteisiin laskettaviksi raaka-aineesta johtuen, joten prosessilla saatavat tuotteet tulisi turpeesta valmistettuna olla kemianteollisuuden tuotteita kuten karboksyylihappoja.

Turpeen uutto

Turpeen maatuneimmissa osissa bitumipitoisuus kasvaa 5 – 20 prosenttiin. VTT on tutkinut uuttomenetelmillä turvevahojen ja hartsien tuotantoa (Fagernäs ym. 1986) maatuneista turvelajikkeista. Turvevahan todettiin sisältävän estereitä, hydroksihappoja ja steroleita. Tehdyt laskelmat osoittivat, että silloisilla maailmanmarkkinahinnoilla ja markkinoiden pienen koon huomioiden vahatuotanto ei olisi ollut kannattavaa. Maaöljypohjaisten vahojen käyttö oli Suomessa 600 t. Leena Fagernäsin (haastattelu 2015) mukaan selvityksiä kannattaisi jatkaa, mikäli markkinatutkimukset osoittaisivat tarvetta turvepohjaiselle vahatuotteelle tai muille saataville kemikaaleille. Kasvisteroleita tehdään Suomessa nykyään mäntyöljystä 4 000–6 000 tonnia vuosittain Raumalla Forchemin mäntyöljytehtaalla, joten kilpaileva sterolituote turpeesta ei kannattane.

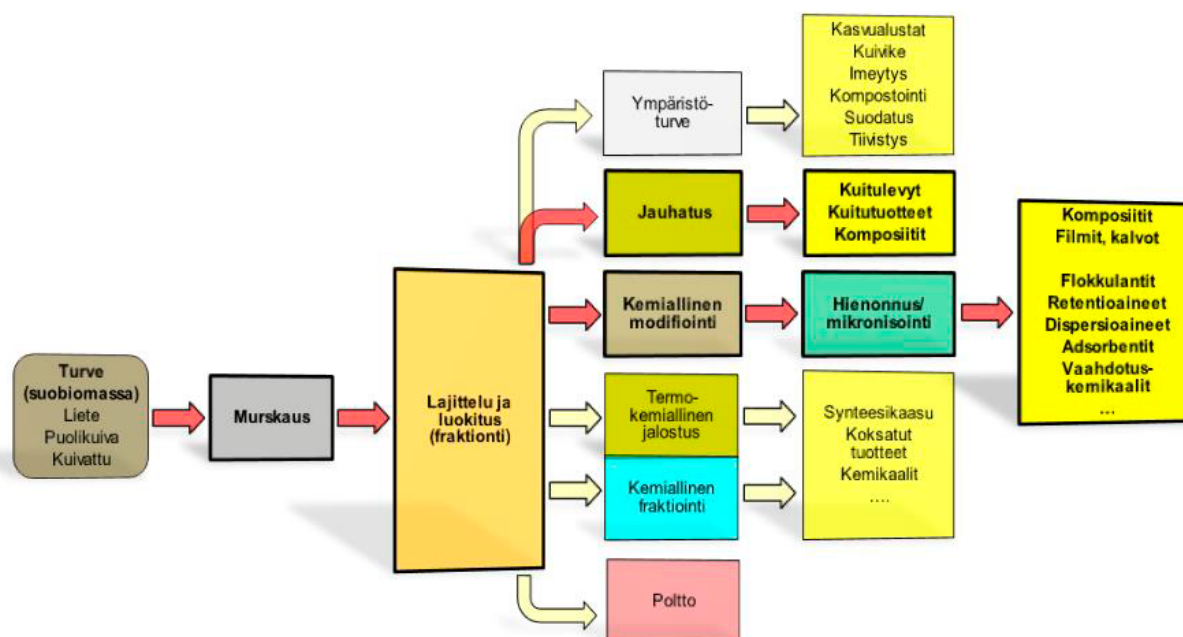
Jatkonäkymät uusille tuotteille turpeen uuton kautta lienevät vähäiset.

4.4 TURPEEN MUUT JALOSTUSMAHDOLLISUUDET

Turpeen osien käyttö

Turpeesta on patentoitu paperin valmistus vuonna 1912. Uudempaa tutkimusta valmistuksesta ei tietokannoista kuitenkaan selviä. Turpeen osiin jakaminen ja näiden käyttö voi kuitenkin olla toimiva ratkaisu esimerkiksi muovikomposiittien valmistuksessa. Turpeen edullisia ominaisuuksia mekaanisen jalostuksen kannalta ovat: kuitumainen, helposti jauhautuva, hydrofobinen, antiseptinen, adsorptio/absorptiokyky, halpa. Kuvassa 9 (Ämmälä 2015) on esitetty turpeen tai rahkasammalen jalostusta uusiin käyttöihin.

Luonnonkuitukomposiittien käytölle ennustetaan 10 % vuosittaista kasvua. Rakennusteollisuudella on suuri potentiaali luonnonkuitukomposiittien hyödyntäjänä. Puumuovikomposiitit löytävät uusia käyttökohteita ja säilyvät suurimpana kuituryhmänä rakennusteollisuudessa. Tulevaisuuden haasteena on parantaa pitkäkuitukomposiittien (kuitu toimii myös lujittavana komponenttina) prosessointia. Luonnonkuidut soveltuvat hyvin eristysmateriaaliksi ja luonnonkuitubetoni on herättänyt kiinnostusta (Lehtiniemi & Järvelä 2012). Turpeen kuiduilla saattaa olla samantaisia käyttösovellutuksia kuin puukuiduilla. Rahkasammalta käytettäessä saadaan lisäksi uusiutuvan materiaalin arvo tuotteille.



Kuva 9. Turpeen ja suobiomassan jalostus.

Turvetuotteet

Konto Oy on keskittynyt valmistamaan huopa- ja levytuotteita pintaturpeesta. Yhtiö valmistaa pääasiallisesti kasvualustoja ja akustiikkatuotteita ja myös jonkin verran öljynimeytys- ja eristet tuotteita. Tuotteet ovat muotoiltavissa eri tiheyksisinä ja eri kuituvaihtoehdoilla myös muihin käyttötarkoituksiin. Tuotteet ja tuotantomenetelmät on patentoitu (Konto Oy 2015).

Turpeen muut käytöt

Turpeen sisältämiä fysiologisesti aktiivisia humusaineita, humus- ja fulvohappoja, voidaan käyttää hoitoturpeissa ja lisäksi hyödyntää myös mm. luonnonmukaisessa viljelyssä kasvien kasvua ja terveyttä edistävinä yhdisteinä (Uosukainen 2015). Laajaa uutta tutkimustietoutta mielenkiintoisesta aihealueesta ei tietokannoissa tällä hetkellä näytä olevan.

4.5 JATKOMAHDOLLISUUKSIA TUOTTEILLE TURPEESTA ERI PROSESSEILLA

Seuraavassa on pohdintaa yhteenvetona kohdista 4.1. – 4.5.

Turpeen termokemiallinen kaasutus synteesikaasun tuottamiseksi on demonstroitu Oulussa Kemiralla suuressa mittakaavassa. Laitos oli teknisesti toimiva, mutta investointi- ja käyttökustannuksiltaan kallis. Uusia tuotantotapoja on kehitteillä kemian tuotteille mm. puubiomassoista ja maakaasun oletettava pitkään matalalla pysyvä hintataso mahdollistaa perinteisten fossiilisten hiilivetyjen säilyttävän keskeisen asemansa kemian teollisuuden raaka-aineena. Oletettavaa on, ettei perinteisellä kaasutusprosessilla tulla rakentamaan turpeeseen pohjautuvia kemian tuotantolaitoksia. Mikäli turpeen termokemiallinen kaasutus jossakin vaiheessa on kilpailukykyistä, laitoksen sijoituspaikaksi on valittava infrastruktuuri, joka on jo olemassa ja jossa vain prosessin alkupää eli kaasutus vaihdetaan eri raaka-aineella toimivaksi, kuten Oulussa tapahtui turvekaasutusinvestoinnissa vuonna 1988. Turvetta käyttävillä pienkaasuttimilla voisi olla sovellusmahdollisuuksia myös kemian tuotantoon yksinkertaisen rakenteensa ja toimivuutensa ilman puhdasta happea johdosta pienissä sovellutuksissa.

Turpeesta ei käytännössä voida valmistaa uusiutuvan energian ehdot täyttäviä biopohjaisia liikennepolttoaineita tulevaisuudessa, koska turve ei täytä lain edellyttämiä päästövaatimuksia. Siten turpeesta tuotettu polttoaine ei kuulu uusiutuvan energian osioon, jolloin sen lisääminen muuhun polttoaineeseen on kannattamatonta, ellei se hinnaltaan ole halvempaa kuin fossiilinen polttoaine. Lisäksi uusiutuvan energian tuet eivät ole tällaiselle polttoainelaitosinvestoinnille mahdollisia. Turpeesta on kannattavaa valmistaa polttoaineita vain, jos se olisi fossiilisista raaka-aineista valmistettaviin polttoaineisiin verrattuna taloudellisesti kilpailukykyistä. Liikennepolttoaineen valmistaminen turpeesta on mahdollista kaasutusreitintä lisäämällä Fischer-Tropsch -laitos synteesikaasulaitoksen

perään polttoaineen tuottamiseksi. Tuotantotapa on kuitenkin hyvin kallis verrattuna hiilivetyjen jalostamiseen ja koska biopolttonestesäädökset eivät koske turvetta, myöskään lain-säädännöllisiä etuja tuotantotavalle ei ole.

Turpeen pyrolyysin ja pyrolyysiöljyn jalostukselle avautuu mielenkiintoisia mahdollisuuksia. Pyrolyysiprosessi ei ole monimutkainen ja investoinnit ovat kohtuullisia. Useissa CHP-laitoksissa toimivat pyrolyysiöljylaitokset mahdollistaisivat kohtuullisen kokoisen keskitetyn öljyn jalostusyksikön perustamisen optimoituun paikkaan, koska nestemäisen pyrolyysiöljytuotteen kuljetus on oleellisesti taloudellisempaa logistisesti kuin keveän, paljon vettä sisältävän kiinteän raaka-aineen (puu, turve). Tällä hetkellä asian eteenpäin saaminen on kiinni varsinkin pyrolyysiöljyn jalostusprosessien kehittämisestä. Nuo prosessit ovat kehitysasteella ja investointikustannukset voivat olla korkeita. Mikäli tuotannon raaka-aineesta turpeen osuus olisi pieni, voisi olla mahdollista korvata pyrolyysiöljyllä fossiilista raskasta polttoöljyä uusiutuvana energiana.

Biokaasun valmistaminen turpeesta on kirjallisuuden mukaan mahdollista. Prosessi olisi siinä mielessä edullista, että raaka-aineen ei tarvitse olla kuivattua, koska prosessi tapahtuu luonnostaan vesiliuoksessa. Samassa yksikössä olisi mahdollista mädättää myös muuta biomassaa ja maatalousjätteitä. Kemian teollisuuteen biokaasusta tuleva metaani turpeesta tehtynä olisi ilmeisesti kustannustehokkaampi kuin termisen kaasutuksen kautta saatava tuote ja kustannuksiltaan edullisempi ratkaisu kuin viljeltyyn biomassaan pohjautuva biokaasu. Biomassan hydrolyysireitin kautta voidaan valmistaa kemian tuotteita myös turpeesta, mutta prosessit ovat globaalisti vielä pääosin pilotointivaiheessa olki- ja puubiomassojenkin osalta. Kokonaiskannattavuus jää nähtäväksi. Biopolttoaineita turpeesta (uusiutuvaa on rahkasammal) prosessilla ei saada uusiutuviin energialähteisiin laskettaviksi raaka-aineesta johtuen, joten prosessilla saatavat tuotteet tulisi turpeesta valmistettuna olla kemianteollisuuden tuotteita kuten karboksyylihappoja.

Turpeesta uuttamalla saadaan mielenkiintoisia tuotteita, mutta tällä hetkellä tutkimusta ei asiasta näytä olevan meneillään. Turpeen osien ja suobiomassan käyttö mm. komposiitteihin ja nanoratkaisut ovat mielenkiintoisia alue, josta saattaa löytyä uusia sovellutuksia. Toisaalta turve kilpailee sovellutuksissa mm. lasin ja puun/sellun kanssa, joten tuotannon arvoketju ei välttämättä nouse korkealle.

Turvetuotteet ovat mielenkiintoinen ja kehittyvä alue; useat käytöt lienevät kuitenkin toistaiseksi erikoissovellutuksissa kuten ekologisina eristeinä.

Liitteessä 2 on vertailtu eri jalostustapoja ja tuotantosuuntia

turpeelle. Varmoja vastauksia ei liitteen pohjalta eri menetelmien hyvydestä ole syytä korostaa. Lähinnä miinukset kuvaavat niitä seikkoja, jotka ovat ongelmallisia ja vaativat kehittämistä ja plussat asioita, joiden uskotaan olevan jo toteutuskelpoisia. Kaasutus tai pyrolyysi on ongelmallinen siinä, että vaikka olosuhteiden muuttuessa toiminta muuttuisi taloudellisesti houkuttelevaksi, osaaminen näissä teknologioissa ja investointien päätökset ovat pääosin muualla kuin Pohjois-Pohjanmaalla. Turpeesta biokaasua -ajatus on mielenkiintoinen; pienimuotoista tutkimusta ja testaamista olisi ehkä mahdollista suorittaa Biotehdas Oy:n biokaasulaitoksessa. Polttonesteiden valmistus kaasuttamalla turpeesta ei lainsäädännön mukaan ole uusiutuvan energian vaatimusten mukaista eikä näköpiirissä ole, että taloudellista kannattavuutta turvepohjaiselle biopolttoaineelle fossiilisena tuotteena olisi saatavissa. Turpeen hydrolyysi kemian tuotteiksi on teoriassa mahdollinen, mutta asia vaatii lisätutkimusta ja tarve markkinoilla saattaa olla kilpailevalle prosessille pieni. Hydrolyysiä voi kuitenkin soveltaa rahkasammaleeseen, jolloin uusiutuvana raaka-aineena prosessia on mahdollista käyttää bioetanolin tuotan-

toon biopolttoaineeksi. Turvetuotteet ovat mahdollisia ja onnistuneet ratkaisut riippuvat yrittäjien innovatiivisuudesta ja markkinoiden tarpeista. Komposiittina voi turve kuitumateriaalina olla toimiva systeemi, mutta asia vaatii tutkimusta ja ongelmaksi voi muodostua turpeen olemus ei-uusiutuvana; rahkasammalen käyttö varsinaisen turpeen sijasta voisi tällöin olla toimiva ratkaisu.

Oleellista uusien ratkaisujen kehittämisessä on etukäteen huomioida ainakin: kilpailevat tuotteet/raaka-aineet ja mitä uusi tuote korvaa, onko valmistusteknologia olemassa, teknologian kehittämisen ja investoinnin kustannukset, toimijat ja intressiryhmät (kilpailijat, markkinat) ja miten idea selviää PES-TEL-analyysistä uudelle tuotteelle (tuotteen poliittinen, ekonominen, sosiaalinen, teknologinen, ekologinen ja lainsäädännöllinen sopivuus valmistukseen ja markkinoille).

Uusista turveideoista löytyy vähän tietoja tietokannoissa. Polttoainekäytön laskeva suunta ja tutkimuksen uudet innovaatiot, kun tutkimukseen panostetaan ovat ajureita, jotka saattavat herättää turpeen jalostuksen uuteen nousuun.

5 Rahkasammalen uusiutuva käyttö



Rahkasammal materiaalina

Rahkasammalet (*Sphagnum*) on laaja soilla kasvava sammalten suku. Sammalet muodostavat maatuessaan turvetta ja turpeen pääkomponentti on usein rahkasammal. Vuodessa rahkasammalen yläosa kasvaa pituutta eri lähteiden mukaan noin puolesta sentistä puoleentoista senttiin. Tyypillisesti sammalkerros soilla on noin 15 – 30 cm, ja tämän alapuolella rahkasammal maatu turpeeksi yhdessä muiden suon kasvilajien kanssa. Pelkistäen ilmaistuna suon elävä ja uusiutuva pintakerros on rahkasammalta (pääkomponentti) ja tämän kerroksen alapuolinen osa on eri maatumisvaiheissa olevaa turvetta. Rahkasammal estää turpeen hajoamisessa muodostuvan metaanin pääsyä ilmakehään hajottamalla metaanin hiilidioksidiksi ja vedeksi ja sitomalla osan hiilidioksidista saman tien kasvuunsa. Rahkasammal kerros kasvaa siten nopeasti sitoen turpeesta hajoamistuotteina syntyviä kasvihuonekaasuja (Larmola 2014). Rahkasammaleen kasvun vuodessa on kasvatuskokeissa Suomessa havaittu olevan 0,5 – 7,5 t/ha vuodessa (Lumme ym. 2014). Chilen olosuhteissa vastaavissa kasvatuskokeissa havaittiin rahkasammalen kasvun optimoimiseksi sammalen keruun käyttöä varten kannattavan ulottua vain 12 cm:n syvyyteen (Díaz ym. 2012). Itä-Kanadassa rahkasammalen kasvatus on arvioitu potentiaaliseksi turpeen käytöstä poistuneille alueille. Kaupallinen kasvatus tarjoaa elinkeinomahdollisuuden ihmisille ja yhteisöille alueilla, joilta turpeennosto on loppunut, kestävällä ja hyväksytyllä tavalla. Rahkasammalen viljelyä on Kanadassa harjoitettu jo 20 vuoden ajan, mutta asia on edelleen kehittyvaiheessa (Aube ym. 2015).

Rahkasammal turpeen korvaajana kasvualustana

Turpeen käyttö kasvualustana on kansainvälisesti laajimmalle levinnyt turpeen käyttömuoto. Koko maailmassa turve on tällä hetkellä eniten käytetty kasvualusta-aines. Turpeella on hyviä fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia ja sitä on saatavissa runsaasti kilpailukykyiseen hintaan (Bioenergia ry 2015). Tällä hetkellä Suomen kasvihuoneissa käytettävät kasvualustat on tehty joko perliittistä, turpeesta, kivivillasta tai erilaisista seosmateriaaleista. Hyvälaatuinen kasvuturve uusiutuu hitaasti. Keski-Euroopassa se on hupenemassa ja sen saatavuus on ajoittain huono. Epäorgaanista kivivillaa puolestaan ei voida polttaa eikä kompostoida. Kasvihuoneen kasvualustaraaka-aineen tulee olla mahdollisimman ympäristöystävällinen. Hyvä kasvualusta sitoo riittävästi vettä ja mahdollistaa tehokkaan ilmanvaihdon juuristolle. Rahkasammalella on nämä ominaisuudet. Lisäksi rahkasammal on uusiutuva luonnonvara. Euroopan mittakaavassa käytetään vuosittain arvioita 22 miljoonaa kuutiometriä kasvatusalustamateriaalia ammattikäyttöön. Kasvihuonekasvatusalustojen osalta markkinoiden koko Euroopassa on yli 2,5 miljardia euroa. Ammattikäyttöön tarkoitettujen kasvihuone-kasvualustojen markkinat ovat Suomessa noin 9 miljoonaa euroa. VTT:n ja MTT:n tekemät alustavat laskelmat osoittavat, että rahkasammalesta valmistetut

kasvualustat ovat hinnaltaan kilpailukykyisiä nykyisin markkinoilla olevien tuotteiden kanssa (VTT 2014). Kanadassa on asiaa selvitetty jo pitempään ja todettu että turvepohjainen kasvualusta voidaan onnistuneesti korvata rahkasammalepohjaisella ja viljellyllä rahkasammalella on myös samat muut käytöt kuin luonnon soilta kerätyillä (Aube ym. 2015).

Tulokset ja johtopäätökset prof. Risto Tahvosen suorittamista ”rahkasammal kasvualustana ja verrattuna turpeeseen -koejärjestelyistä” olivat Piikkiössä (Tahvonen 2013, Tahvonen 2014):

- Rahkasammal on täydellisesti uusiutuva ja kierrätettävä alusta
- Rahkasammalella homehtumiselta suojaavia ominaisuuksia
- Raaka-aine otetaan suon pinnasta, sadonkorjuuväli 30 v., ei ympäristöongelmia, 300 ha sadonkorjuu = 1 000 000 m³ sammalta, vuosittainen uudiskasvu 2-5 t kuivaa sammalmassaa hehtaarilta
- Suomi Länsi-Euroopan maista ainoa, jolla riittävä tuotantopotentiaali: suopotentiaali 700 000 ha (puuntuotannollisesti kannattamattomat ojitetut suot)
- Kasvualustaominaisuudet hyvät muihin tunnettuihin alustoihin verrattuna
- Markkinapotentiaali erittäin suuri oikein tuotteistettuna: kurkun, tomaatin, paprikan taimiruokkuja 500-600 milj. kpl/v, kivivillan korvaajana viljelysäkeissä ylivoimainen, ruokkuvihannesten taimet, pistokkaiden ja solukkotaimien juurrutus, orkideat, viherkatot, ym.

Rahkasammal bioetanoliksi

Rahkasammalen käyttämistä bioetanoliksi on tutkittu. Rahkasammalten viljelytekniikka on alun perin kehitelty lähinnä uuden kasvuturpeen kasvatukseen suonpohjilla, mutta tulosten mukaan se soveltuisi myös korkeamman jalostustason bioenergian, kuten bioetanolin, tuotantoon. Kasvatuksessa pyritään noudattamaan melko lyhyttä satokiertoa. Esimerkiksi 30 vuodessa voidaan rahkasammalten kasvatuksella tuottaa jopa 100 tonnia biomassaa kuiva-aineena hehtaarilla (Metla 2009). Uusiutuvasta rahkasammalesta on kokeissa tuotettu bioetanolia ja sokereita vastaavaan tapaan kuin puupohjaisista raaka-aineista. Rahkasammalten sokereiden ja uuteaineiden koostumus poikkeaa kuitenkin merkittävästi puiden sokerikoostumuksesta; ne voivat tarjota mielenkiintoisen raaka-ainelähteen erikoissokereiden ja lääkeaineiden valmistukseen (Ilvesniemi ym. 2014).

Rahkasammalen muita käyttömahdollisuuksia

Rahkasammalta on vuosisatojen ajan käytetty säilöntään ja lääkkeeksi mm. tulehdusten estämiseen. Rahkasammalesta eristettävät osat ovat tutkimuksen kohteena ja uusia teollisia käyttöjä saattaa löytyä mm. antioksidanttisovellutuksista (Glime ym. 2007, Opelt ym. 2007).

Rahkasammalen saatavuus ja tuotanto

Valtioneuvoston periaatepäätös soiden ja turvemaiden kestävästä ja vastuullisesta käytöstä ja suojelusta vuodelta 2012 toteaa: turvetuotannosta vapautuvat suopohjat hyödynnetään viljelymaana, metsätaloudessa tai muussa vastaavassa käytössä tai lintuvesinä tai muina kosteikkoina tai muulla tavalla luonnon monimuotoisuuden lisäämisessä. Turvetuotantoalueiden jälkikäyttö suunnitellaan ja toteutetaan toimijoiden ja maanomistajien yhteistyönä ottaen huomioon eri jälkikäyttötapojen monimuotoisuus-, ilmasto- ja vesistövaikutukset sekä hyödyntämällä mahdollisuuksien mukaan turvetuotantoalueella käytettyjä vesienkäsittelymenetelmiä myös jälkikäyttövaiheessa. Rahkasammalen viljely voi olla siten eräs merkittävä jälkikäyttömahdollisuus.

Metlan mukaan tehtyjen selvitysten pohjalta rahkasammalten vuotuinen biomassatuotos voi olla vähintään yhtä suuri kuin ojitetun suon puuston maanpäällisen biomassan vuotuinen tuotto. Jos rahkasammalen vuotuinen biomassatuotos olisi kolme tonnia hehtaarilla, tarvittaisiin 67 000 hehtaarin suuruinen ala yhtä terawattituntia vastaavan energiamäärän vuotuisen tuotantoon. Yksi terawattitunti on noin 5 prosenttia kaikesta turpeella tuotetusta energiasta. Tällä energiamäärällä pystyttäisiin kattamaan n. 70 000 omakotitalon vuotuisen lämmitysenergian tarpeen eli yhden hehtaarin rahkasammalen tuotoksella pystytään lämmittämään vuodessa yksi omakotitalo. Alustavissa kenttäkokeissa saavutettiin jo kolmantena siirrostuksen jälkeisenä vuonna noin 2,7 tonnin biomassatuotos hehtaarilla (Metla 2009).

Laskelma rahkasammalen liiketoimintamahdollisuuksista

Pohjois-Pohjanmaalla rahkasammaleen luonnonmukaiseen viljelyyn soveltuva ala on arviolta 92500 hehtaaria (liite 3). Kun sammaleen uudistumisnopeus ennalleen on 30 vuotta, niin 1/30 osa alasta voi olla kerrallaan hyödyntämisen kohteena; vuotuinen kestävä korjuuala on siten 3083 ha. Turpeen jälkikäyttöalueita vapautuu vuosittain keskimäärin 710 ha ja tästä

arviolta kolmannes, eli 236 ha soveltuu rahkasammaleen viljelyyn. Kahdenkymmenen vuoden kertymä rahkasammalen viljelyyn soveltuvista jälkikäyttöalueista on siten noin 5 000 ha ja vuotuinen korjuuala koko tältä alalta 165 ha.

Rahkasammalen luonnonmukaisen tuotannon ja viljelyn yhteenlaskettu vuotuinen tuotantoala on siten laskennallisesti noin 3 250 hehtaaria. Hehtaarilta saadaan uusiutuvasti keskimäärin 20 cm:n syvyyteen asti nostettuna rahkasammalta 2000 m³; täten tuotanto kuutiaina vuodessa on viljelyala hehtaareina kertaa 2000 m³/ha. Raaka-ainetuotannon arvo on käyttäen hintatasona kuiviketurpeen arvoa (Jukaturve Oy:n ja Megaturve Oy:n näkemyksen mukaan hinnan tulisi olla jatkossa 20-30 % korkeampi rahkasammalelle) tuotanto kuutiaina kertaa 15 €/m³. Jos rahkasammalta kasvualustana verrataan pintaturpeesta tehtyyn alustaan ja lisätään 20 % saadaan rahkasammalesta tehdyn alustan arvoksi n. 100 €/m³ ja koko liiketoiminnan arvo on 100 €/m³ kertaa tuotanto kuutiaina.

Maksimi rahkasammalliiketoiminnan arvo on raaka-ainetuotannossa edellä esitetyn perusteella noin 100 M€, ja jos jalostus pystytään tekemään paikallisesti Pohjois-Pohjanmaan alueella koko ketjun liiketoiminnan arvo on noin 650 M€. Taulukossa 5 on asia esitetty tapauksissa, jossa tuotanto on maksimipotentiaalin mukainen ja osia siitä. Mikäli rahkasammalta onnistutaan ottamaan kuvatus mukaisesti viljelyyn, on luultavaa, että vain osa menee kasvualustaksi ja osa voidaan käyttää muihin jalosteisiin, mikäli sellaisia pystytään kehittämään.

Rahkasammalen tuotantopotentiaali Pohjois-Pohjanmaalla, yli 6,5 miljoonaa kuutiota vuodessa, on niin suuri että, valtaosa siitä voidaan ohjata vientiin. Markkinat Euroopassa kasvualustaliiketoiminnassa (n. 25 miljoonaa kuutiota vuodessa turvetta) eivät nopeasti vedä uutta tuotetta ja koko määrää. Koska pintaturpeesta alkaa Euroopassa olla pulaa, niin uusiutuva suomalainen rahkasammal pohjainen kasvualusta voisi asteittain ottaa kasvavan osuuden markkinoilta. Markkinat muualla, esimerkiksi Lähi-Idässä, voisivat olla myös tulevai-

Taulukko 5. Rahkasammalen tuotantopotentiaali ja arvo Pohjois-Pohjanmaalla.

MÄÄRÄ MAKSIMI- MISTA	LUONNON- MUK. TUO- TANTOON SOVELTUVA ALA	KESTÄVÄ ALA	VILJELY TURVE- TUOTANNON JÄLKIKÄYTTÖ- ALUEILLA (20 VUODEN SOVEL- TUVAT ALUEET)	VILJELYALA YHTEENSÄ	TUOTANTO	RAAKA-AINE- TUOTANNON ARVO	LOPPUTUO- TEARVO KASVU- ALUSTANA
%	ha	ha/a	ha/a	ha/a	Milj. m ³	M€	M€
20	18500	617	33	650	1,30	19,5	130,0
40	37000	1233	66	1299	2,60	39,0	260,0
60	55500	1850	99	1949	3,90	58,5	390,0
80	74000	2467	132	2599	5,20	78,0	520,0
100	92500	3083	165	3248	6,50	97,5	650,0

suuden kohde. Kasvualustaliiketoiminnassa toimijoita Suomessa ovat Kekkilä ja Biolan. Euroopassa merkittävä toimija turpeen logistiikassa on Bol Peat. Pohjois-Pohjanmaalle tulisi luoda suunnitelma rahkasammalen/pintaturpeen liiketoiminnan ja jalostuksen kehittämistä yhtä aikaa rahkasammaltuotannon kehittämisen kanssa. Yhteistoiminta jo olemassa olevien toimijoiden kanssa on välttämätöntä.

Liitteessä 1 on SWOT-analyysi rahkasammaleen liiketoiminnasta Pohjois-Pohjanmaan alueella.

Vahvuuksina nähdään mm.:

- Hyvä uusiutuvuusnopeus: peltoviljelyn ja metsätalouden välissä ; tuotteet markkinoitavissa uusiutuvista raaka-aineista valmistettuina
- Soveltuvuus monenlaiseen jalostukseen
- Hyviä ja osin kokeilla varmennettuja laatuominaisuuksia eräissä tuoteryhmissä, mm. kasvialustakäytössä, eristemateriaalina, komposiiteissa
- Turvetuotannon kokemukset ja teknologia osin sovellettavissa
- Vesistövaikutukset paremmin hallittavissa kuin muissa alkutuotantomuodoissa – vesien puhdistuskin voi olla mahdollista joissain tilanteissa
- Paljon potentiaalisia tuotantoalueita on jo maakuntakaavassa kaavamerkinnöillä, jotka todennäköisesti sovellettavissa rahkasammalen tuotantoon
- Suomessa ja Pohjois-Pohjanmaalla nimenomaan rahkasammaleella määrällinen etu

Heikkouksia voivat olla mm.:

- Nimenomaan rahkasammalta jalostavia yrityksiä ei ole
- Turvetaloudesta aiheutuva huono alkuimago
- Markkinoille pääsyn yleiset vaikeudet
- Ojittamattomat avosuot eivät käytettävissä

Mahdollisuuksia voivat olla mm.:

- Globaalin ruoantuotantotarpeen varma kasvu
- Euroopan kasvialustamarkkinat erittäin suuret, myös muualla potentiaalista kysyntää
- Osassa tuotantolinjoja jalostusprosessit yksinkertaisia ja tarvittavat teknologiainvestoinnit melko pieniä
- Rahkasammallajeja n. 40, tutkimuksen kautta niistä voi löytyä erilaisia ominaisuuksia ja jalostusmahdollisuuksia
- Matalan jalostusasteen peruskysyntä joka tapauksessa omalla alueella = kuiviketurpeella suuri ja kasvava kysyntä
- Uusiutuva materiaali - brändiarvo

Uhkina voivat olla mm.:

- Jalostusketju voi valua alueen ulkopuolelle (kasvuturpeen osalta osin näin onkin)
- Ojitettujen soiden tuotantolinjassa alkutuotantojälki alussa (n. 1-2 vuotta) ruma, mikä voi haitata julkisuuskuvan luomista

6 Turpeen saostumien jalostusmahdollisuudet



Kuva: Kimmo Virtanen/GTK.

Tyypillisiä suosautumia ovat (Virtanen 2015): sideriitti FeCO_3 , limoniitti, (götiitti) $\text{FeOOH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, vivianiitti $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 8\text{H}_2\text{O}$, musta amorfinen Fe-saostuma. Teollisia hankkeita suosautumien käyttämiseksi ovat olleet:

- Raudan lähteenä järvimalmin ohella jo 2000 v sitten (mm. Törnävän ruukki 1790-luvulla)
- Suomalmeja on käytetty myös maaliaineena. Rautapitoisista sideriitteistä ja limoniiteista on tehty keltamultaa ja punamultaa. Vivianiittia on käytetty Venäjällä sinisenä maaliaineena.
- 1930-luvun alussa Vihantiin Haisunperälle pigmentti-tehdas, toiminta loppui vajaan 10 v kuluttua kun Fe-pigmenttiä tuotiin edullisemmin ulkomailta
- Vivianiittia 1930 – 1950 fosforilannoitteena paikallisesti
- 2005 pigmenttitehdashanke Vihannissa museorakennuksien maalituotantoon perinteisin tuotantomenetelmin

Pohjois-Pohjanmaan alueen turvesaostumat ovat pääasiasa rauta- ja fosforimineraaleja, joiden raaka-ainehinta ei ole korkea, ja joita louhitaan suuria määriä suoraan maaperästä.

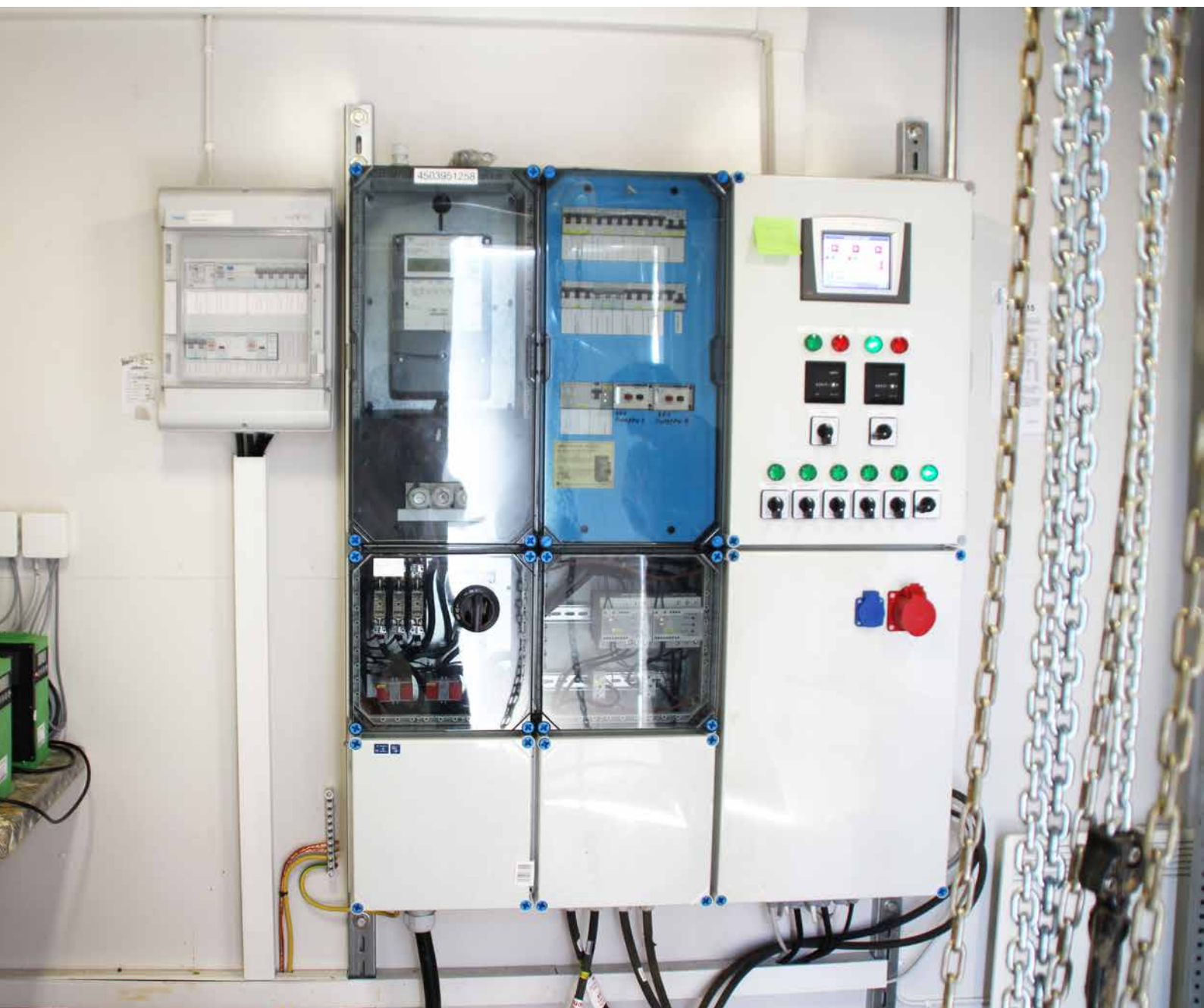
Turpeen käytön asiantuntijoiden ja tutkijoiden haastattelujen perusteella näyttää, että turpeen saostumien käyttöönotto

yleisesti ottaen ei ole relevanttia. Lisäaineet ovat maaperästä. Saatavat tuotteet ovat halpoja ja kilpailuetua ei ole verrattuna moniin suuriin metalli- ja fosforituotantoprosesseihin.

Vihantiin perustettiin Punamulta Oy tarkoituksena tuottaa perinteistä punamultamaalia turvesaostumaperäinen rautaoksidi lähtöaineena. Toimitusjohtajan mukaan hanketta ei viedä eteenpäin, koska samanlaista raaka-ainetta saadaan metallijätteistä ja koska tuotanto osoittautui liian kalliiksi tuotteen hintaan nähden. Vaikka perinnemaalia voitaisiin valmistaa, niin löytyy kuitenkin esimerkiksi Teknokselta valmis vastaava tuote. Hanke on pysäytetty ja ei ole löydetty saostumamateriaalille mitään kannattavaa hyödyntämismahdollisuutta.

Kokonaisuutena näyttää selvältä, että laajamittaista käyttöä ei Pohjois-Pohjanmaan turvesaostumille ole näköpiirissä, koska saostumat sisältävät halpoja raaka-aineita ja niiden käyttöönotto ei investoinnit ym. huomioon ottaen ole kannattavaa kilpailuedun puuttumisen johdosta.

7 Oulun yliopiston turpeeseen liittyvä tutkimus



Kuva: Vapo Oy.

Oulun yliopiston painoalat ovat Biotieteet ja terveys, Informaatioteknologia, Kulttuurinen identiteetti ja vuorovaikutus sekä Ympäristö, luonnonvarat ja materiaalit. Viimeksi mainittu, joka on lähimpänä turvetutkimuksen kenttää, tehtäviin kuuluu ympäristön, luonnonvarojen, energiatalouden, materiaalitieteellisten ilmiöiden, aineen ominaisuuksien ja käytäytymisen sekä katalyyttien tutkimus ja uusien materiaalien kehittäminen. Lisäksi mukana on mallintaminen ja laskennallinen tiede. Tiedekunnista lähimpänä turvealalla tarvittavaa osaamista ovat luonnontieteellinen ja tekninen tiedekunta.

Luonnontieteellisen tiedekunnan tutkimuksen painoalat ovat: aineen rakenne ja synteessimenetelmät, avaruuden ja maapallon rakenne ja dynaamiset prosessit, geenitutkimus, materiaattinen mallintaminen ja laskentamenetelmät, pohjoinen luonto, luonnonvarat ja ekosysteemit sekä tietotekniikka ja sen sovellukset. Luonnontieteellisen tiedekunnan alaisella tutkimusyksiköllä Kestävä kemia & luonnonvarat tehdään tutkimustyötä, jota voidaan hyödyntää turpeen tutkimuksessa. Oulun yliopiston kemian koulutusohjelman opetus ja tutkimus ovat keskittyneet materiaalien kemiaan ja vihreään kemiaan. Materiaalien kemiassa yhdistyvät molekyyli- ja nanotehtaat, katalyytit, valoa säteilevät mikrorakenteet ja näiden laskennallinen tutkimus. Ympäristöystävälliset teollisuusprosessit ja arvokkaiden kemikaalien talteenotto jätteistä ovat esimerkkejä laitoksen vihreän kemian tutkimuksista. Tekninen tiedekunta koostuu prosessitekniikan, ympäristötekniikan, tuotantotalouden ja konetekniikan koulutusohjelmista.

Oulun yliopistoon on perustettu Biotalous tutkimusyhteisö, BRC-Oulu (Bioeconomy Research Community). Yhteisössä on kuusi tutkimusryhmää, joissa toimii 5 professoria, n. 30 postdoc-tutkijaa ja n. 55 tohtorikoulutettavaa. Ryhmät ovat kuitu- ja partikkelitekniikan ryhmä, kemiallisen prosessitekniikka (alueet: biomassan kemiallinen prosessointi, biotekninen prosessointi, erotustekniikat ja teollinen vesien puhdis-

tus), sovelletun kemian ryhmä, orgaanisen materiaalikemia, rakennekemia ja kasvibiologia. BRC-Oulu on tutkijavetoinen verkosto pääpainon ollessa biomassan konvertoimisessa ja jalostuksessa. Yhteisö on mukana useissa kansallisissa ja kansainvälisissä ohjelmissa. Tavoitteena on myös verkostoitua bioekonomiaan liittyviin uusiin aiheisiin ja toimijoihin. Yksiköt ja ryhmät ovat vuonna 2015 vielä muutostilassa. Haastattelujen mukaan toiminta muuttuu entistä enemmän tutkimuspainotteiseksi ja tutkijat myös opettavat. Yhteistyö käytännön elämän ja teollisuuden kanssa pyritään nostamaan uudelle tasolle. Jatkossa vihreään kemiaan ja biotalouteen panostetaan entistä enemmän. Ulkopuolisen projektirahoituksen määrä nousee. Yliopistossa on myös muita yksiköitä, jotka toimintakenttään biotalous sisältyy (esim. CEE ja Thule).

Yliopistossa on tehty tutkimustyötä mm. pyrolyysiprosessin, torrefioinnin, kaasutuksen, bioetanoliprosessien, biokaasun, rahkasammaleen käytön ja monien muiden turpeeseen liittyvien asioiden tiimoilla. Turpeeseen liittyvää tai liitettävissä olevaa osaamista on merkittävästi.

Oulun yliopiston turpeeseen liittyvän tutkimuksen lisääminen on turveteknologioiden eteenpäinviemisen kannalta tärkeää. Paras poikkitieteellinen osaaminen biomassaluonnon alueella on uudessa Biotalous tutkimusyhteisössä (BRC-Oulu), jossa on näkemystä ja tieteellistä osaamista usealta sektorilta kemian, biologian ja prosessitekniikan teknologioiden alueilta. Turpeeseen liittyvät potentiaaliset hankkeet olisi edullista käsitellä ja viedä BRC:n kautta yliopiston organisaatioon. Rahoituksella voidaan synnyttää hankkeita ja aihioita ideoiden pohjalta. Turve on myös nähtävä biomassana muiden joukossa, vaikka se on vain osittain uudistuvaksi hyväksyttyä (rahkasammal kuitenkin täysin uudistuvaa). Erityinen turveinnovointiprojekti BRC:n piirissä toisi innostusta ja potkua turpeen mahdollisuuksien tunnetuksi tekemisessä.

8 Yhteenvedo ja jatkosuositukset



Turpeen käyttö Suomessa energiakäyttöön jatkuu edelleen, mutta kasvua ei tapahdu ja uudet laitokset suunnitellaan käyttämään muita pääpolttoaineita kuin turvetta. Koska ylivoimaisesti merkittävän turpeen käyttöalue kotimaassa ei kasva, vaan voi jopa pienentyä, on turpeen käytölle löydettävä uusia ratkaisuja ja pyrittävä jalostamaan tuotteet mahdollisimman pitkälle omassa maakunnassa.

Turpeen käyttö kasvualustana on kansainvälisesti laajimmalle levinnyt turpeen käyttömuoto ja markkinat kasvavat edelleen. Kasvualustaliiketoiminta ottaa yhä suuremman osan pintaturpeen tuotannosta ja uusia ratkaisuja kehitetään.

Suurin ympäristöturpeiden käyttökohde on eläinten kuivittaminen kasvualustakäytön ohella. Turpeen käyttöä verrattuna muihin käytössä oleviin kuivikkeisiin puoltaa sen erinomainen nesteimukyky ja hyvät jälkikäyttöominaisuudet. Kuiviketurpeen markkinat kasvavat edelleen ja se vie markkinaosuuksia muilta kuivikeratkaisuilta.

Periaatteessa voidaan olettaa, että turpeesta on valmistettavissa kaikkea mitä kivihiilestä ja hiilivedyistä eli öljystä ja maa-kaasusta. Turve vertautuu hyvin myös muihin biomassoihin; pintaturpeessa on samat aineosat kuin puubiomassassa (selluloosa, hemiselluloosa) ja vähemmän ligniiniä, mikä voi olla etu. Pohjaturpeessa on paljon bitumia. Pintaturve on kuitumainen materiaali. Jauhettuna turve sopii hienoutensa johdosta moniin käyttöihin, koska se pystyy sitomaan vettä ja aineita tehokkaasti. Turpeen kuiduilla saattaa olla myös samantaisia käyttösovellutuksia kuin puukuiduilla.

Turpeen jalostettavuus riippuu keskeisesti jalostuksen kustannusrakenteesta, kilpailevista jalostusaineista, lainsäädännön tuomista mahdollisuuksista tai rajoitteista ja markkinoiden tarpeista.

Turpeesta voidaan valmistaa liikennepolttoaineita kaasutuksen ja myös pyrolyysin kautta, joskaan tätä reittiä ei ole kehitetty loppuun saakka. Turpeesta ei käytännössä voida valmistaa uusiutuvan energian ehdot täyttäviä biopohjaisia liikennepolttoaineita tulevaisuudessa, koska turve ei täytä CO₂-päästövaatimuksia. Siten turpeesta tuotettu polttoaine ei kuulu uusiutuvan energian osioon, jolloin sen lisääminen muuhun polttoaineeseen on kannattamatonta, ellei se hinnaltaan ole halvempaa kuin fossiilinen polttoaine. Biomassoista ei yleisesti nykytasoa vain kohtuullisesti korkeammilla hiilivetyjen kustannustasoilla kannata valmistaa liikennepolttoaineita kaasutusreitillä kautta taloudellisilla perusteilla; huomioiden tarvittavat uudet laitosinvestoinnit ei pelkästään taloudellisia perusteita löydy biomassapohjaisille kaasutukseen perustuvilla laitoksilla näköpiirissä olevilla öljyn ja kaasun hinnoilla. Tutkimusten mukaan näyttää, että biopolttoaineiden valmistus pyrolyysillä biomassasta on potentiaalisesti houkutteleva reitti. Pyro-

lyysiöljyreitti saattaa olla kaasutusta edullisempi tapa tuottaa liikennepolttoaineita biomassoista, mutta teknologian kehittäminen pyrolyysiöljyn saamiseksi sopivaan muotoon on kesken. Investoinnin kustannus, saannot ja hiilivetyjen hintataso määrittävät mahdollisen kilpailuedun. Puhdas turve pyrolyysiöljyn raaka-aineena ei mahdollista uusiutuvan energian saamisen saamista tuotteelle polttoainekäytössä.

Kemian tuotteita turpeesta voidaan valmistaa samoilla perusteknologioilla kuin liikennepolttoaineita eli kaasuttamalla ja pyrolyysillä. Kemian tuotantoa eivät säätele uusiutuviin polttoaineisiin liittyvät säädökset. Oulussa vuosina 1988 – 1991 oli toiminnassa turvekaasutus ja koeajoissa palaturpeesta valmistettiin yhtä aikaa ammoniakkia, muurahaishappoa ja vetyperoksidia jatkuvatoimisella prosessilla. Laitoksen toiminta lopetettiin taloudellisten syiden takia kannattamattomana ja palattiin öljyn kaasutukseen turpeen kaasutuksen asemasta. Nykyisillä öljyn ja turpeen hintatasoilla prosessi olisi edelleen kannattamaton, vaikka laitos olisi rakennettuna ja investointikustannuksia ei huomioitaisi; tilanteeseen vaikuttaa myös pienentyneet kaasutarpeet ammoniakkituotannon lopettamisen takia. Periaatteessa C1-kemian tuotteisiin kaasutusmenetelmä ja biomassaraaka-aine ovat soveltuvampi ratkaisu kuin polttonesteiden tuotantoon ja kannattavuus saattaa olla kilpailukykyinen uusia laitoksia rakennettaessa, jos öljyn hinta nousee. Pienet ilmalla toimivat kaasuttimet (Volter, Gasek) ovat käyttökelpoisia taloudellisesti pienissä sovellutuksissa lämmön/sähkön tuotannossa ja myös pienissä kemian tuotannoissa, mikäli sopivia tuotesovellutuksia löytyy.

Oletettavaa on, ettei perinteisellä kaasutusprosessilla tulla lähitulevaisuudessa rakentamaan turpeeseen pohjautuvia suuria kemian tuotantolaitoksia, koska uusien menetelmien ansiosta on öljyn ja varsinkin liuskekaasun tuotantoa onnistuttu lisäämään merkittävästi. Mikäli turpeen termokemiallinen kaasutus jossakin vaiheessa on kilpailukykyistä, laitoksen sijoituspaikaksi on valittava infrastruktuuri, joka on jo olemassa ja jossa vain prosessin alkupää eli kaasutus vaihdetaan eri raaka-aineella toimivaksi, kuten Oulussa tapahtui turvekaasutustinvestoinnissa vuonna 1988.

Pyrolyysireitin kautta avautuu mielenkiintoisia mahdollisuuksia kemian tuotteille. Prosessi ei ole monimutkainen ja investoinnit ovat kohtuullisia. Useissa CHP -voimaloissa toimivat pyrolyysiöljylaitokset mahdollistaisivat kohtuullisen kokoisen keskitetyn öljyn jalostusyksikön perustamisen optimoituun paikkaan, koska nestemäisen pyrolyysiöljytuotteen kuljetus on oleellisesti taloudellisempaa logistisesti kuin keveän, paljon vettä sisältävän kiinteän raaka-aineen (puu, turve). Tällä hetkellä asioiden eteneminen riippuu mm. pyrolyysiöljyn jalostusprosessien kehittämisestä.

Turpeen biokaasutusta pidetään mahdollisena; Yhdysvalloissa

on tutkittu biokaasun (metaanin) tuottamista turpeesta onnistuneesti ajatuksena hyödyntää maan valtavia turvevaroja polttoaineen tuotannossa. Biokaasun valmistaminen turpeesta olisi siinä mielessä edullista, että raaka-aineen ei tarvitse olla kuivattua, koska prosessi tapahtuu luonnostaan vesiliuoksessa. Samassa yksikössä olisi mahdollista/teknisesti tarpeellista mädättää myös muuta biomassaa ja maatalousjätteitä. Polttonestekäytössä biokaasu turpeesta, jos turpeen määrä raaka-aineena on suuri, ei saa uusiutuvan energian etuja, mutta kemiallisten tuotteiden jalostukselle ei ole rasitteita.

Turpeen hydrolysointi tuottaa kemikaaleja tai bioetanolia, mutta prosessit vaativat edelleen kehittelyä. Kemian tuotteet turveraaka-aineesta olisivat ensisijaisena tavoitteena.

Turpeesta on tutkittu kemikaalien erotusta uuttamalla 1980-luvulla. Tällä hetkellä asiassa ei näytä olevan tutkimusrintamalla panostuksia, mutta mielenkiintoisia kemikaaleja mm. steroleja on mahdollista erottaa.

Turpeen osien käyttö mm. mekaanisen käsittelyn jälkeen on mahdollista. Turpeesta on patentoitu paperin valmistus yli 100 vuotta sitten Yhdysvalloissa. Turvekuiduista voidaan valmistaa nanoselluun verrattavia aineosia ja käyttää kuitua mm. komposiittimateriaalina muoveissa. Läpimurtoja kaupalliselle tasolle asiassa ei vielä ole tehty; selvitykset ovat tutkimusvaiheessa. Turvetuotteita kuten eriste- ja akustiikkalevyjä tuotetaan turpeesta kotimaassa jo tällä hetkellä.

Rahkasammal, jota turvesuon elävä pintakerros pääosin on, on uusi lupaava uudistuva biomassa mm. kasvualustaksi. Tällä hetkellä Suomen kasvihuoneissa käytettävät kasvualustat on tehty joko perliitistä, turpeesta, kivivillasta tai erilaisista seosmateriaaleista. Hyvälaatuinen kasvuturve uusiutuu hitaasti. Keski-Euroopassa se on hupenemassa ja sen saatavuus on ajoittain huono. Epäorgaanista kivivillaa puolestaan ei voida polttaa eikä kompostoida. Kasvihuoneen kasvualustaraaka-aineen tulee olla mahdollisimman ympäristöystävällinen. Hyvä kasvualusta sitoo riittävästi vettä ja mahdollistaa tehokkaan ilmanvaihdon juuristolle. Rahkasammalella on nämä ominaisuudet. VTT:n ja MTT:n tekemät alustavat laskelmat osoittavat, että rahkasammaleesta valmistetut kasvualustat ovat hinnaan kilpailukykyisiä nykyisin markkinoilla olevien tuotteiden kanssa. Kanadassa on asiaa selvitetty jo pitempään ja todettu että turvepohjainen kasvualusta voidaan onnistuneesti korvata rahkasammal pohjaisella ja viljellyllä rahkasammalella on myös samat muut käytöt kuin luonnon soilta kerätyillä. Uusiutuvasta rahkasammalesta on kokeissa tuotettu bioetanolia ja sokereita vastaavaan tapaan kuin puupohjaisista raaka-aineista. Rahkasammalten sokereiden ja uuteaineiden koostumus poikkeaa kuitenkin merkittävästi puiden sokerikoostumuksesta; ne voivat tarjota raaka-ainelähteen erikoissokereiden ja lääkeaineiden valmistukseen.

Tehtyjen laskelmien mukaan rahkasammalta voidaan Pohjois-Pohjanmaan alueella tuottaa kestävästi ja uusiutuvan raaka-aineen kriteerit täyttävästi vuosittain n. 3 200 hehtaarilla n. 6,5 miljoonaa kuutiota. Tämän tuotantoarvo olisi n. 97 M€ ja lopputuotearvo kasvualustana n. 650 M€. Markkinat Euroopassa kasvualustaliiketoiminnassa, n. 25 miljoonaa kuutiota vuodessa turvetta, eivät nopeasti vedä uutta tuotetta ja koko määrää. Koska pintaturpeesta alkaa Euroopassa olla pulaa, niin uusiutuva suomalainen rahkasammal pohjainen tuote voisi kuitenkin asteittain ottaa kasvavan osuuden markkinoilta. Markkinat muualla, esimerkiksi Lähi-idässä, voisivat olla myös tulevaisuuden kohde. Osa rahkasammaleesta voitaisiin myös jalostaa mm. bioetanoliksi uusiutuvana energiana.

Turvesaostumista on kaavailtu otettavaksi raaka-aineita teollisuuden tuotteita varten. Selvityksen perusteella kokonaisuutena näyttää kuitenkin, että laajamittaista käyttöä ei Pohjois-Pohjanmaan turvesaostumille ole näköpiirissä, koska saostumat sisältävät halpoja raaka-aineita ja niiden käyttöön otto ei investoinnit ym. huomioon ottaen ole kannattavaa kilpailuedun puuttumisen johdosta.

Oulun yliopistossa on tehty tutkimustyötä prosessien kehittämiseksi mm. pyrolyysiprosessin, torrefioinnin, kaasutuksen, bioetanoliprosessien, biokaasun, rahkasammaleen käytön ja monien muiden turpeeseen liittyvien asioiden tiimoilla. Turpeeseen liittyvää tai liitettävissä olevaa osaamista on merkittävästi. Vasta perustettu Bioeconomy Research Community koostaa yhteen yliopiston biotalouden tutkimusta.

Mielenkiintoisina turpeen ja suomateriaalin uusina tai kehittyvinä alueina tehdyn selvityksen pohjalta ilmeisesti ovat 1) rahkasammalen potentiaali uusiutuvana suoperäisenä materiaalina, 2) pyrolyysiöljyn tuotanto turve/biomassa -materiaalista ja sen jalostaminen, 3) biokaasun valmistaminen kun turvetta/rahkasammalta on materiaalina ja 4) turpeen kuitujen ja osien käyttö mm. komposiiteissa.

Rahkasammalen tutkimusta on tehty erityisesti Etelä-Suomessa, mutta Oulun alueella vähemmän. Yliopistollinen yhteistyö alan osaajien kanssa ja selvitysten sekä tarkempien laskelmien tekeminen olisi tarpeellinen hanke asian eteenpäin viemiseksi Pohjois-Pohjanmaalla. Pyrolyysiöljyä ja sen jalostusprosesseja kehittävät suuret yhtiöt kuten Fortum. VTT:llä on asiaan liittyvää syvällistä tutkimusta. Mahdollisia sovellutuspaikkoja tuotannolle voivat olla Oulun Energian tuleva voimala Laanilassa ja Tamincon kaasutus sen vieressä sekä turvetta/biomassaa käyttävät voimalat muualla kuten Haapavedellä. Biokaasun valmistusta voitaneen testata Oulun yliopistossa turvepohjaisilla syötteillä ja tarvittaessa isompia testejä esimerkiksi Biotehdas Oy:n biokaasulaitoksessa. Turpeen kuitu- ja komposiittitutkimukset ovat yliopistossa, jossa laitekanta on riittävä, tehtävää työtä.

Lähdeluettelo

- Aubé M Quenum M & Ranasinghe LL. (2015): Characteristics of Eastern Canadian cultivated Sphagnum and potential use as a substitute for perlite and vermiculite in peat-based horticultural substrates. *Mires and Peat* 16: Art. 3. URI: <http://www.mires-and-peat.net/pages/volumes/map16/map1603.php>. Siteerattu 14.5.2014..
- Alakangas E (2000) Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT tiedotteita no 2045 Espoo VTT.
- Arpiainen V & Lappi M (1989) Products from the flash pyrolysis of peat and pine bark. *Journal of analytical and applied pyrolysis* 16(4): 355-376.
- Arvola J (2011) Reducing industrial use of fossil raw materials, techno-economic assessment of relevant cases in Northern Finland. Dissertation University of Oulu.
- Arvola J (2015) Kemiran Oulun tehtaan ammoniakkituotannon toiminnan muistiinpanot.
- Arvola J Belt B Härkönen J Möttönen M & Imppola R (2012) Biogas as an option for industrial applications. *International Journal of Sustainable Economy* 4(1):71-78.
- Basye L & Swaminathan S (1997) Hydrogen production costs-a survey. Sentech Inc. Washington.
- Bioenergia ry (2015) Tutkittua tietoa turpeesta. URI: <http://www.turveinfo.fi/kayttotavat/turpeen-muu-kaytto/kasvu-turve>. Siteerattu 20.5.2015.
- Biofuelstp.eu (2015) Flagship and demonstration cellulosic ethanol facilities. URI: <http://biofuelstp.eu/cellulosic-ethanol.html>. Siteerattu 7.6.2015.
- Biomass Magazine (2014) Neste Oil, Stora Enso shelve plans for renewable diesel plant. URI: <http://biomassmagazine.com/articles/7962/neste-oil-stora-enso-shelve-plans-for-renewable-diesel-plant/>. Siteerattu 26.5.2015.
- Biotalous.fi (2015) Biotalous hallitusohjelmassa. URI: <http://www.biotalous.fi/biotalous-hallitusohjelmassa-2015/>
- Blesl M & Bruchof D (2010) Syngas production from Coal. IEA ETSAP. Stuttgart.
- Braun R (2007) Anaerobic digestion: a multi-faceted process for energy, environmental management and rural development. Netherlands, Springer : 335 - 416.
- Bridgwater AV (2012) Upgrading Biomass Fast Pyrolysis Liquids. *Environmental Progress & Sustainable Energy* 31(2): 261-268.
- BTG Biomass technology group (2014) ETC and BTG successfully demonstrate pyrolysis oil gasification. URI: <http://www.btgworld.com/en/news/article?id=84/>. Siteerattu 14.5.2014.
- Chempolis (2015) Bioetanoliprosessi. URI: <http://www.chempolis.com/products-services/formico-technologies/>. Siteerattu 6.6.2015.
- Diaz MF & Silva M (2012) Improving harvesting techniques to ensure sphagnum regeneration in Chilean peatlands. *Chilean journal of agricultural research* 72(2) 2012.
- European Petrochemicals Outlook 2015 (2015). URI: <http://www.platts.com/news-feature/2015/petrochemicals/europe-petrochemical-outlook/index>. Siteerattu 3.6.2015.
- Fagnäs L Thun R Brandt J (1986) Turvevahan ja hartsin tuotanto. VTT tutkimuksia no 440. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo.
- Fortum (2015) URI: <http://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/polttoaineet/biooljy/pages/default.aspx>. Siteerattu 20.4.2015.
- Gasek (2015) URI:<http://www.gasek.fi/>. Siteerattu 3.6.2015.
- Ghosh S (1981) Biomethanation of peat. URI: <http://www.osti.gov/scitech/biblio/5426936>. Siteerattu 5.6.2015.
- Ghosh S Klass DL (1978) Biomethanation of Minnesota reed sedge peat. *Resource Recovery and Conservation* 4(2): 115-139.
- Glime JM (2007) Economic and ethnic uses of bryophytes. URI: <http://flora.huh.harvard.edu/floradata/001/webfiles/fna27/fna27-chapter2.pdf>. Siteerattu 10.6.2015.
- Granville B (1912) Manufacture of paper from peat. US patent no 1,038,565.
- Grumpelt H & Deilmann C Peat (2000) [Wiley Online Library]: Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry. URI:

- http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14356007.a19_015/abstract;jsessionid=6976168CFFA03D7AB-5F33AE622DEE4C1.f03t01?deniedAccessCustomisedMessage=&userIsAuthenticated=false. Siteerattu 25.5.2015.
- Hayes DJ Fitzpatrick S Hayes MHB & Ross JRH (2006) The Biofine Process-Production of Levulinic Acid, Furfural, and Formic Acid from Lignocellulosic Feedstocks. *Biorefineries: Industrial processes and products 1*: 139-164.
- Heikura P (2004) Gustaf Komppa taitava orgaanikko ratkaisi kamferin totaalisynteesin. *Kemia-Kemi Vol. 31 (8)*: 14.
- Hippolis.fi (2015) URI: http://www.hippolis.fi/fi_innohorse/fi_manure/fi_good_practices/fi_biogas. Siteerattu 5.6.2015.
- IHS Chemical 2014 World Analysis – Benzene (2014). URI: <http://press.ihs.com/press-release/aromatic-chemicals/global-demand-benzene-primary-chemical-building-block-chemical-indu>. Siteerattu 3.6.2015.
- Iivonen S (2008) Ympäristöturpeet ja niiden käyttö - raportteja 32. Helsingin yliopisto Ruralia instituutti Mikkeli.
- Ilvesniemi H, Byman O, Hautala S, Häyrynen M, Kilpeläinen P, Kitunen V, Leppänen K, Spetz P, Tanner J, Tapanila T & Tikkanen T (2014) Bioetanolin ja erikoissokereiden valmistus metsistä ja soilta saatavista uusiutuvista raaka-aineista. *Metlan työraportteja* 289: 203-223.
- Jones SB Holladay JE Valkenburg C Stevens DJ Walton CW Kinchin C Elliott DC & Czernik S (2009) Production of Gasoline and Diesel from Biomass via Fast Pyrolysis, Hydrotreating and Hydrocracking: A Design Case. Pacific northwest national laboratory. Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830. URI: http://www.pnl.gov/main/publications/external/technical_reports/pnnl-18284.pdf. Siteerattu 27.5.2015.
- Juvonen L (2014) Biotalous uuden yritystoiminnan kehittäminen – toimintamallin testaaminen ja käyttöönotto. Helsinki, Spinverse Oy.
- Karhu I (toim.) (2013) Yhteenveto Pohjois-Pohjanmaan turvevaroista ja niiden tuotantokelpoisuudesta. Pohjois-Pohjanmaan ja Länsi-Kainuun suo-ohjelma -hankkeen raportteja. Pohjois-Pohjanmaan liitto Oulu 2013.
- Kaukovirta-Norja A (2014) Onko biotaloudessa Suomen tulevaisuus?. URI: http://www.tem.fi/files/39173/Anu_Kaukovirta-Norja.pdf. Siteerattu 14.5.2014. 2014/05/14.
- Ketek (2011) Luonnon kasvikuittujen käyttö biomassaraaka-aineena kemikaalien valmistuksessa. URI: <http://oske.ketek.fi/Kasvikuidut-OSKE-180111.pdf>. Siteerattu 27.05.2015.
- Kokkonen E (2010) Hajautettu biotalous - väylä vihreään tulevaisuuteen, Yhteenveto Sitran hajautettua biotaloutta koskevaasta round - table työpajasta. Helsinki, Sitra.
- Koljonen J Kurkela E & Wilen C (1993) Peat-based HTW-Plant at Oulu. *Bioresource Technology* 46 (1993) 95-101.
- Konto Oy (2015) Tuotteita luonnosta. URI: <http://www.konto.fi/fi/>. Siteerattu 7.6.2015.
- Kurkela E (2007) Biomassasta toisen sukupolven liikenteen polttoaineita. Konferenssiesitys Liekkipäivä Otaniemi 2007.
- Lappalainen E Turpeen tutkimuksen ja käytön kehitys (2013). URI: <http://www.turveruukki.fi/file.php?18>. Siteerattu 25.5.2015.
- Larmola T Leppänen SM Tuittila ET Aarva M Putkinen A Merilä P Fritze H Tirola M (2014) Metaani kerryttää turvetta. Suoseuran 65-vuotisjuhlaseminaari 2014.
- Laukkanen M, Huiskonen J & Koivuniemi J (2013) Kestävät liiketoimintamallit 2030.
- Lehtiniemi P Järvelä P (2012) Luonnonmateriaalipohjaiset polymeerikomposiitit rakentamisteollisuudessa. Miktech Oy. Mikkeli.
- Leinonen A (toim.) (2010a) Turpeen tuotanto ja käyttö .Yhteenveto selvityksistä . VTT tiedotteita no 2550 Espoo VTT.
- Leinonen A (toim.) (2010b) Yhteenveto turpeen tuotanto ja -käytönteologioiden tutkimuksesta ja ehdotus turpeen tuotannon ja käytön kehittämishankekokonaisuudesta. Tutkimusraportti VTT-R-09253-10 Jyväskylä VTT.
- Leiviskä V (2008) BTL-laitoksen edellytykset Pohjois-Pohjanmaalla. Esiselvitys. Pohjois-Pohjanmaan liitto.
- Lohman M (2013) Liikenteen biopolttoaineiden taloudellinen kannattavuus. Otalampi, Awecore Oy.
- Lumme I Silvan N Penttilä T (2014) Suosammalten viljelyn biologiasta ja ekologiasta turvemilla. Metlan työraportteja 289: 64-74.
- Metla (2009): URI: <http://www.metla.fi/uutiskirje/bio/2009-01/uutinen-1.html>. Siteerattu 1.6.2015.
- National renewable energy laboratory (2011) Hydrogen production cost using biomass gasification. Published for the U.S.

- Department of Energy Hydrogen and Fuel Cells Program. URI: <http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/51726.pdf>. Siteerattu 25.5.2015.
- Nyberg P & Pakarinen O. (2013) Biotalous uudet arvoverkot - Metsäbiotalous Roadshow 2013. Jyväskylä, Jyväskylä Innovation.
- Oasmaa A Lehto J Solantausta Y & Sipilä K (2013) Nopea pyrolyysi - laboratorista demonstraatioon. Edullinen tapa valmistaa biopolttoneiteita . URI: http://riihi.mtk.fi/epaper/products/KV_-2013-02-21/pdfs/article_142_3.pdf. Siteerattu 27.5.2015.
- Opelt K Berg Ch & Berg G (2007) The bryophyte genus is a reservoir for powerful and extraordinary antagonists and potentially facultative human pathogens. URI: <http://femsec.oxfordjournals.org/content/femsec/61/1/38.full.pdf>. Siteerattu 10.6.2015.
- Oulun Energia (2014) Energiaa pohjoisen luonnonvaroista. URI: <http://www.ouluenergia.fi/energiantuotanto/>. Siteerattu 5.14.2014.
- Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun suo-ohjelma (2013). Vastuullisella soiden käytöllä tunnetuksi kosteikkomaakunnaksi. Pohjois-Pohjanmaan liitto.
- Salo H (2013) Turpeen merkitys kansantalouden kannalta. Turpeen tutkimus ja käyttö seminaari. Oulu 2013.
- Starck J (2011) Nopeaan pyrolyysiin perustuvan bioöljyn tuotantolaitoksen liiketoiminnallinen malli ja kannattavuuslaskenta Savonlinnan seudulla. Diplomityö Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- Tahvonen R (2013) Rahkasammalesta kasvihuonekasvien kasvualusta. Esitelmä Pohjois-Pohjanmaan liitossa 13.3.2015.
- Tahvonen R (2014) Sammalesta kasvualusta ja kitusuot sammalen tuotantoon. Suo Mires and peat vol 65 (1) 2014.
- Tilastokeskus (2015) Energian hinnat 2014. URI: http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2014/04/ehi_2014_04_2015-03-19_fi.pdf. Siteerattu 6.6.2015.
- Turveteollisuuden keskusvaliokunta (1942) Ehdotus synteettisten voiteluöljyjen valmistamiseksi turpeesta. Suunnitelma 42 s.
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2014) Energia- ja ilmastotiekartta. Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintö 2014.
- Uosukainen H (2015) Turveruukki. Turveseminaari Pohjois-Pohjanmaan liitossa. Oulu 2015.
- Valtioneuvosto (2006) Lannoitevalmistelaki 539/2006.
- Valtioneuvosto (2013) Laki biopolttaineista ja bionesteistä 393/2013.
- Valtioneuvosto (2014) Kestävää kasvua biotaloudesta – Suomen biotalousstrategia. URI: http://www.biotalous.fi/wp-content/uploads/2014/05/Julkaisu_Biotalous-web_080514.pdf. Siteerattu 14.5.2014.
- Valtioneuvoston päätös (2012) Valtioneuvoston periaatepäätös soiden ja turvemaiden kestävästä ja vastuullisesta käytöstä ja suojelusta
- Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle (2013) Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. VNS 2/2013 vp.
- Van der Drift A & Boerrigter H (2006) Synthesis gas from biomass for fuels and chemicals. Synbios conference Tukholma Ruotsi 2005.
- Vanninen M (2009) tyypillisten biomassamateriaalien kemiallinen koostumus. Jyväskylän yliopisto Kemian laitos.
- Vapo (2014) Vapo Oy freezes the Kemi biodiesel project. URI: http://www.vapo.fi/en/media/news/1997/vapo_oy_freezes_the_kemi_biodiesel_project/. Siteerattu 26.5.2015.
- Virtanen K (2015) Turve jatkojalostuksen raaka-aineena ja turpeen saostumien käyttömahdollisuudet. Turveseminaari Pohjois-Pohjanmaan liitossa. Oulu 2015.
- Virtanen K, Hänninen P, Kallinen RL, Vartiainen S, Herranen T & Jokisaari R (2003) Suomen turvevarat 2000. Geologian tutkimuskeskus tutkimusraportti 156.
- Volter Oy (2015) URI: <http://volter.fi/>. Siteerattu 3.6.2015.
- VTT (2014) VTT ja MTT kehittivät kasvihuoneviljelijöille rahkasammalesta ympäristöystävällisiä kasvualustoja. URI: <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/vtt-ja-mtt-kehittivat-C3%A4t-kasvihuoneviljelij%C3%B6ille-rahkasammalesta-ymp%C3%A4rist%C3%B6yst%C3%A4v%C3%A4llisi%C3%A4-kasvualustoja>. Siteerattu 20.5.2015.
- VTT (2015) URI: <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/puhtaita-teollisuuskemikaaleja-puubiomassasta-kaasuttamalla>. Siteerattu 15.5.2015.
- Ämmälä A (2015) Turpeen mahdollisuudet jalostettuna materiaalina. Turveseminaari Pohjois-Pohjanmaan liitossa. Oulu 2015.

Liitteet

Liite 1	SWOT rahkasammal
Liite 2	Turpeen jalostusmahdollisuuksien vertailu
Liite 3	Pohjois-Pohjanmaan turvevarat ja rahkasammaleen tuotantoon soveltuvat alueet
Liite 4	Haastatellut asiantuntijat

LIITE 1 SWOT RAHKASAMMAL

VAHVUUDET	HEIKKOUEDET
• P-P:lla suuri tuotantopotentiaali • Soveltuu hyvin kosteikkomaakunta imagoon ja soiden käytön tavoitteisiin • Hyvä uusiutuvuusnopeus: peltoviljelyn ja metsätalouden välissä : tuotteet markkinoitavissa uusiutuvista raaka-aineista valmistettuina • Soveltuvuus monenlaiseen jalostukseen • Hyviä ja osin kokeilla varmennettuja laatuominaisuuksia eräissä tuoteryhmissä, mm. kasvialustakäytössä, eristämateriaalina, komposiiteissa • Turvetuotannon kokemukset ja teknologia osin sovellettavissa • Vesistövaikutukset paremmin halittavissa kuin muissa alkutuotantomuodoissa – vesien puhdistuskin voi olla mahdollista joissain tilanteissa • Kaksi vaihtoehtoista alkutuotantolinjaa: 1 turvetuotannon suopohjat tai 2 ojitetut suot. Jälkimmäisessä suurempi potentiaali. • Suopohjien tuotantolinjassa alkutuotantojälki heti alussa +-merkinen • Paljon potentiaalisia tuotantoalueita on jo maakuntakaavassa kaavamerkinnöillä, jotka todennäköisesti sovellettavissa rahkasammalen tuotantoon • Suomessa ja PP:lla nimenomaan rahkasammaleella määrällinen etu	• Tuotannon ja tuotteiden kehittäminen aivan alussa • Rahkasammalen jalostuksen tutkimus hiipui -90-luvulla • Koeteltua korjuuteknologiaa ei ole, tuotantokustannukset vielä epäselvät • Koeteltua jalostusteknologiaa ei ole • Nimenomaan rahkasammalta jalostavia yrityksiä ei ole • Turvetaloudesta aiheutuva huono alkuimago • Markkinoille pääsyn yleiset vaikeudet • Ojittamattomat avosuot eivät käytettävissä
MAHDOLLISUUDET	UHAT
• Globaalin ruoantuotantarpeen varma kasvu • Euroopan kasvialustamarkkinat erittäin suuret, myös muualla potentiaalista kysyntää • Osassa tuotantolinjoja jalostusprosessit yksinkertaisia ja tarvittavat teknologiainvestoinnit melko pieniä • Perinteisen turvetalouden näköpiirissä oleva supistuminen voi lisätä alueen yritysten kiinnostusta rahkasammalen tuotantoon ja jalostukseen • Rahkasammallajeja n. 40, tutkimuksen kautta niistä voi löytyä erilaisia ominaisuuksia ja jalostusmahdollisuuksia • Matalan jalostusasteen peruskysyntä joka tapauksessa omalla alueella = kuiviketurpeella suuri ja kasvava kysyntä • Uusiutuva materiaali – brändiarvo	• Samaistaminen turvetuotantoon ja turvetuotannon julkisuusvastaisuus voivat tulla ongelmaksi huonosti lanseeratuna • Jalostusketju voi valua alueen ulkopuolelle • Ojitettujen soiden tuotantolinjassa alkutuotantojälki alussa (1-2 vuotta?) ruma, mikä voi haitata julkisuuskuvaan luomista

LIITE 2 TURPEEN JALOSTUSMAHDOLLISUUKSIEN VERTAILU

	Kemian tuotteet Pyrolyysi tai kaas.	Mädätys kaasutus	Polttonesteet Kaas. + FT	Kemian tuotteita hajottamalla	Turvetuotteet	Komposiitit
Teknologia	-	+	-	+	+	+
Investointikustannus	-	+	--	-	+	+
Markkinat	+	+	-	+	+	+
Raaka-ainesaanti	++	++	++	++	++	++
Kilpailu alalla	-	-	-	-	-	-
Osaaminen /PP	--	+	--	+	-	++
Riskit	-	-	--	-	-	-
Muuta	- 1)		-- 2)			- 3)

++ erinomainen

+ hyvä

- huono

-- hyvin huono

1) Pitkä reitti teknologiassa

2) Lainsäädäntö; ei uusiutuvaa

3) Ei uusiutuvaa

LIITE 3 POHJOIS-POHJANMAAN TURVEVARAT JA RAHKASAMMALEN TUOTANTOON SOVELTUVAT ALUEET

(arvio 20.5.2015)

1. ARVIO RAHKASAMMALTUOTANTOON SOVELTUVASTA SUOALASTA SEUTUKUNNITTAIN

Ojitettujen soiden tuotantolinja

Taulukon 1 ensimmäisessä sarakkeessa on turvemaiden määrä SYKE:n rasteriaineistosta ja toisessa sarakkeessa ojitettujen soiden määrä. Kolmannessa sarakkeessa on metsänkasvatuskelvottomien (kannattamattomien) ojitusaluiden määrä Suo-ohjelma-hankkeessa tehdyn arvion mukaan – Risto Tahvosen ”kitusuo” – käsite ja rahkasammalen tuotantopotentiaaliarvio vastaa tällaisia soita. Neljännessä sarakkeessa on arvio siitä, mikä osuus kannattamattomista ojitusalueista soveltuisi rahkasammalen korjuuseen. Oletusarvona on 50 %: Tahvosen käyttämä oletusarvo

on 35 %. Korjuuta rajoittavia tekijöitä on Pohjois-Suomessa vähemmän, minkä takia tässä on käytetty suurempaa soveltuvuusosuutta.

Tuotantoon soveltuvia alueita on kaikissa seutukunnissa. Kuitenkin sekä suhteellinen osuus turvemaan alasta ja absoluuttiset määrät ovat suurimmat Oulunkaarella ja Koillismaalla. Yksittäistä kunnista Pudasjärven tuotantopotentiaali on kaikkein suurin.

Taulukko 1. Laskelma rahkasammalen korjuuseen soveltuvasta alasta seutukunnittain

	TURVEMAAN KOKONAISMÄÄRÄ, HA (SYKEN AINEISTO)	OJITETUN TURVEMAAN MÄÄRÄ, HA (SYKEN AINEISTO)	METSÄNKASVATUKELVOTTOMAT OJITUSALUEET, HA (SUO-OHJELMAN ARVIO)	RAHKASAMMALEN TUOTANTOON SOVELTUVA
Koillismaan seutukunta	246 493	116 334	46 000	23 000
Oulunkaaren seutukunta*	470 377	283 631	80 000	40 000
Oulun seutukunta	229 184	151 566	17 000	8 500
Raahen seutukunta	100 969	79 737	7 000	3 500
Ylivieskan seutukunta	108 690	92 450	8 000	4 000
Nivala-Haapajärven seutukunta	117 936	102 395	10 000	5 000
Haapaveden-Siikalatvan seutukunta	216 250	171 571	18 000	9 000
Yhteensä	1 489 899	997 685	185 000	92 500
*Pudasjärven osuus	303 275	176 349	55 000	27 500

Turvetuotannosta vapautuvien soiden tuotantolinja

Taulukossa 2 ensimmäinen sarake osoittaa luvitettujen turvetuotantosoiden määrän (15.8.2013). Näistä osa on siirtymässä jälkikäyttöön, osa tuotannon valmisteluvaiheessa tai muussa passiivitilassa. Toisessa sarakkeessa on todellinen aktiivituotantoala purettu arvionvaraisesti seutukunnittaiseksi ottaen huomioon tuotantoalueiden tilannetta eri seuduilla. Kolmannessa sarakkeessa on arvioitu keskimääräinen vuotuinen siirtymä jälkikäyttöön. Tätä lukua voidaan käyttää arviona siitä millainen ala olisi otettavissa rahkasammalen tuotantoon kolmen vuoden jaksolla: varautuminen pystyttäneen tekemään kolmen vuoden aikaikunassa, mutta toisaalta arviolta vain kolmannes alasta soveltuu

rahkasammalen kasvatukseen. Pitkällä tähtäimellä eli 20 vuoden jaksolla jälkikäyttöön vapautuvilta soilta saadaan otettua rahkasammalen viljelyyn noin 5 000 ha.

Kannattavimpaan rahkasammalen viljelyyn päästään keskittämällä mahdollisimman paljon lähekkäisiä suopohjia tuotannolliseksi kokonaisuudeksi. Esimerkiksi vahvistettavana olevassa 1. vaihemaakuntakaavassa on Latva-Karhukankaan alueella osoitettu turvetuotannon jälkikäytön kehittämisen kohdealue, johon sisältyy 1 300 ha juuri vapautuneita tai kohta vapautumassa olevia suopohjia.

Taulukko 2. Laskelma turvetuotannosta vapautuvista ja jälkikäyttöön siirtyvistä soista seutukunnittain, luvut ha.

	TURVETUOTANTOALUEET (LUVITETUT)	AKTIIVITUOTANTO (ARVIO)	KESKIMÄÄRÄINEN SIIRTYMÄ JÄLKIKÄYTTÖÖN VUODESSA (ARVIO)
Koillismaan seutukunta	268	150	10
Oulunkaaren seutukunta	8 561	5 000	250
Oulun seutukunta	4 492	2 000	100
Raahen seutukunta	2 296	1 000	50
Ylivieskan seutukunta	1 222	500	25
Nivala-Haapajärven seutukunta	3 101	1500	75
Haapaveden-Siikalatvan seutukunta	8 416	4 000	200
Yhteensä	28 355	14 150	710

2. ARVIO TURVEVAROISTA

Taulukossa 3 on esitetty GTK:n tietoihin perustuen tutkitut turvevarat ottaen huomioon uuteen YSL:iin sisältyvä rajausta eri luonnontilaisuusluokkien soveltuvuudesta sekä tiedossa olevat luonnonarvosuot. Tutkitut suot kattavat noin 60 % suoalasta luonnon ottamatta Koillismaata, jossa kattavuus on hyvin pieni ja samalla todellisen tuotantokelpoisen alan määrä paljon suurempi esitettyihin lukuihin nähden.

Tuotantokelpoinen ala käsite tässä yhteydessä tarkoittaa teknistaloudellista sekä luonnontilaisuusluokkaa –soveltuvuutta. On myös muita tekijöitä jotka voivat estää tuotannon. Luvut tarkoittavat suokuutiometrejä: Pohjois-Pohjanmaalla turpeen kuiva-aineen määrä on keskimäärin 95 kg/suo-m³ ja energiasisältö 21,3 MJ/kg. Energiaturpeen määrä on suuri, luokkaa satoja milj. suo-m³ kaikissa seutukunnissa, myös Koillismaan todellinen luku. Siten jokaisen seutukunnan jalostusraaka-aineen potentiaali on yli 10 milj. tonnia kuiva-ainetta. Koko maakunnan tutkit-

tujen turvevarojen potentiaali on noin 2 mrd suo-m³ eli 200 milj. tonnia kuiva-ainetta, energiasisältönä runsaat 4 000 PJ (1 PJ = 0,278 TWh). Taulukko sisältää eriteltynä myös ympäristöturpeen, mikä tarkoittaa vähän maatunutta kuivikkeeksi tai kasvualustaksi soveltuvaa turvetta. Tällaista turvetta on jokaisella suolla. Taulukon lukuihin sisältyvät sellaiset suot ja varat, jotka ovat tuotannollisesti merkittäviä. Näin arvioidun ympäristöturpeen määrä on 100 milj. suo-m³.

Maankäytöllisesti soveltuvimmat tuotantoalueet on osoitettu Pohjois-Pohjanmaan vahvistettavana olevassa 1. vaihemaakuntakaavassa (taulukko 4). Ensimmäisessä sarakkeessa on esitetty luonnontilaisuusluokkien 0-1 turvetuotantosuo ja toisessa luokan 2 suot. Kaavaan sisältyvä varanto on 350 milj. suo-m³ eli 35 milj. tonnia kuiva-ainetta. Turvevaroiltaan suurin yksittäinen suo, Pärjänsuo, sisältää 15-20 milj. suo-m³:n varannon.

Taulukko 3. Seutukunnittaiset tutkitut teknistaloudellisesti tuotantokelpoiset turvevarat LT-luokissa 0-2, suo-m³ (lähde: GTK, luvut eivät sisällä tiedossa olevia luonnonarvosuota).

Koillismaa	En.turve ha LT 0-1	En.turve milj. m ³ LT 0-1	Ymp.turve ha LT 0-1	Ymp.turve milj. m ³ LT 0-1
	174	2,79	16	0,178
	En.turve ha LT 2	En.turve milj. m ³ LT 2	Ymp.turve ha LT 2	Ymp.turve milj. m ³ LT 2
	269	4,96	-	-
Oulunkaari	En.turve ha LT 0-1	En.turve milj. m ³ LT 0-1	Ymp.turve ha LT 0-1	Ymp.turve milj. m ³ LT 0-1
	16 307	259,75	198	2,184
	En.turve ha LT 2	En.turve milj. m ³ LT 2	Ymp.turve ha LT 2	Ymp.turve milj. m ³ LT 2
	20 604	354,53	1 751	13,559
Pudasjärvi (sisältyy myös Oulunkaaren lukuihin)	En.turve ha LT 0-1	En.turve milj. m ³ LT 0-1	Ymp.turve ha LT 0-1	Ymp.turve milj. m ³ LT 0-1
	9 265	153,10	44	0,550
	En.turve ha LT 2	En.turve milj. m ³ LT 2	Ymp.turve ha LT 2	Ymp.turve milj. m ³ LT 2
	10 295	175,71	660	4,803
Oulun seutukunta	En.turve ha LT 0-1	En.turve milj. m ³ LT 0-1	Ymp.turve ha LT 0-1	Ymp.turve milj. m ³ LT 0-1
	11 165	160,28	573	4,649
	En.turve ha LT 2	En.turve milj. m ³ LT 2	Ymp.turve ha LT 2	Ymp.turve milj. m ³ LT 2
	12 413	188,99	2 324	34,83
Raahen seutukunta	En.turve ha LT 0-1	En.turve milj. m ³ LT 0-1	Ymp.turve ha LT 0-1	Ymp.turve milj. m ³ LT 0-1
	5 585	74,09	446	2,259
	En.turve ha LT 2	En.turve milj. m ³ LT 2	Ymp.turve ha LT 2	Ymp.turve milj. m ³ LT 2
	3 262	45,11	1 259	8,191
Ylivieskan sk	En.turve ha LT 0-1	En.turve milj. m ³ LT 0-1	Ymp.turve ha LT 0-1	Ymp.turve milj. m ³ LT 0-1
	8 320	117,31	955	5,489
	En.turve ha LT 2	En.turve milj. m ³ LT 2	Ymp.turve ha LT 2	Ymp.turve milj. m ³ LT 2
	3 036	50,07	575	4,383
Nivala-Haapajärvi	En.turve ha LT 0-1	En.turve milj. m ³ LT 0-1	Ymp.turve ha LT 0-1	Ymp.turve milj. m ³ LT 0-1
	10 798	175,87	296	2,596
	En.turve ha LT 2	En.turve milj. m ³ LT 2	Ymp.turve ha LT 2	Ymp.turve milj. m ³ LT 2
	3 733	63,27	250	2,138
Haapavesi-Siikalatva	En.turve ha LT 0-1	En.turve milj. m ³ LT 0-1	Ymp.turve ha LT 0-1	Ymp.turve milj. m ³ LT 0-1
	13 644	195,17	1 429	6,912
	En.turve ha LT 2	En.turve milj. m ³ LT 2	Ymp.turve ha LT 2	Ymp.turve milj. m ³ LT 2
	6 386	93,85	2 202	13,386

Taulukko 4. Turvetuotantoon soveltuvien alueiden varaukset (tu-1 ja tu-2) maakuntakaavassa, tuotantoon soveltuva ala ha

	tu-1	tu-2
Koillismaan seutukunta	185	-
Oulunkaaren seutukunta	6 050	3 005
Oulun seutukunta	2 357	654
Raahen seutukunta	782	126
Ylivieskan seutukunta	1 615	151
Nivala-Haapajärven seutukunta	2 281	354
Haapaveden-Siikalatvan seutukunta	3 912	544
Yhteensä	17 182	4 834

LIITE 4 HAASTATELLUT ASiantuntijat

Arpiainen Vesa VTT	Mutka Kari Biodiili Oy
Asikkala Markku Vihannin Punamulta Oy	Nyrhinen Elina Jukuturve Oy
Breilin Olli GTK	Oinas Pekka Ketek Oy
Fagnäs Leena VTT	Orko Inka VTT
Haapala Antti Itä-Suomen yliopisto	Paananen Paula Avi Oulu
Hannula Markus Jukuturve Oy	Palmen Tuula BusinessOulu
Hannula Sulo Jukuturve Oy	Pellikainen Esa Oulun kauppakamari
Heikkinen Kaisa Syke	Pikka Vesa Turveruukki Oy
Huotari Noora Vapo Oy	Pohjonen Veli MMT, dos.
Ihme Raimo Syke	Pongracz Eva Oulun yliopisto
Ilvesniemi Hannu Luke	Roininen Juha CEE
Illikainen Mirja Oulun yliopisto, prof.	Salo Hannu Bioenergia ry
Immonen Kirsi VTT	Silvan Niko Luke
Isokääntä Hannu Megaturve Oy	Sipilä Kai VTT
Järvinen Juha Kekkilä Oy	Särkkä Liisa Luke
Kantola Jukka NISCluster Oy	Tahvonen Risto MTT, prof.
Karjalainen Satu-Maaria Syke	Tapaninen Mika Ekovilla Oy
Karppimaa Heikki Turveruukki Oy	Taskila Sanna Oulun yliopisto
Karppinen Anssi Syke	Tervonen Pekka CEE
Keinänen Pasi BusinessOulu	Timonen Mika Vapo
Kess Pekka Oulun yliopisto, prof.	Uosukainen Harry Turveruukki
Kivimaa Antti NISCluster Oy	Valpola Samu GTK
Korpela Tauno Naturpolis Oy	Viitanen Mikko Oulun Energian hallitus
Kurkela Esa VTT	Virtanen Kimmo GTK
Laitila Sami Konto Oy	Yrjänäinen Esa Yrjänäisen puutarha
Lassi Ulla Oulun yliopisto, prof.	Ämmälä Ari Oulun yliopisto
Leiviskä Veijo Turveruukki Oy	





Pohjois-Pohjanmaan liitto
Council of Oulu Region

Sepänkatu 20,
90100 OULU Finland

Puh. +358 (0)40 685 4000
Fax. +358 (0)8 3113 577

info@pohjois-pohjanmaa.fi
www.pohjois-pohjanmaa.fi