



BIOENERGIAN RETROFIT- LAITOKSET TEOLLISUUDESSA

TIIVISTELMÄ BIOFIT-PROJEKTIN TULOKSISTA

SISÄLTÖ

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | JOHDANTO..... | 3 |
| 2 | Bioenergian retrofitit auttavat vähentämään fossiilisten polttoaineiden kulutusta sähkön tuotannossa ja yhdistetyssä sähkön- ja lämmön tuotannossa..... | 4 |
| | Tekniset vaihtoehdot biomassan lisäämiseksi fossiilisia polttoaineita käytävillä voimalaitoksilla | 4 |
| | Suositukset päättäjille..... | 6 |
| 3 | Bioenergian retrofitit ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannon yhteydessä | 9 |
| | Euroopan markkinoille tarvitaan lisää biopolttoaineita liikennesektorin päästötavoitteiden saavuttamiseksi | 9 |
| | Bioenergian retrofit-mahdollisuudet ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannon yhteydessä..... | 10 |
| | Minkälaisia poliittisia päätöksiä tarvitaan bioenergian hyötykäytön edistämiseksi ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotantolaitoksilla? | 11 |
| | BIOFIT-projektin suositukset biopolttoainesektorille | 11 |
| 4 | Bioenergian retrofitit fossiilisten jalostamoiden yhteydessä | 13 |
| | Fossiiliset öljynjalostamot ovat mukana muutoksessa kohti vähähiilistä tulevaisuutta | 13 |
| | Tekniset vaihtoehdot biomassan integrointiin fossiilisille öljynjalostamoille | 14 |
| | Suositukset päättäjille..... | 15 |
| 5 | Ilmastonmuutos ja kestävä kehitys vievät sellu- ja paperiteollisuutta kohti uusia mahdollisuuksia | 17 |
| | Sellutehtaan sivuvirroista on moneksi..... | 17 |
| | Uusien hiilineutraalien teknologioiden käyttöönotto vaatii rohkeutta ja taloudellista tukea .. | 19 |
| | Poliittinen tilanne – stabiili pitkántähtäimen politiikka selvine tavoitteineen on tärkeää uusille investoinneille | 20 |
| | Yhteenveto | 20 |

1 JOHDANTO

BIOFIT on kolme vuotta kestävä Euroopan Unionin rahoittama Horisontti 2020 -tutkimusprojekti, jonka tavoitteena on helpottaa bioenergian retrofit-laitosten käyttöönottoa Euroopan teollisuudessa ja näin ollen vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Projektissa on mukana viisi teollisuuden alaa: ensimmäisen sukupolven biopolttoaineita tuotanto, sellu- ja paperiteollisuus, fossiiliset jalostamot, fossiilinen sähkön tuotanto ja yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto (CHP). Nämä teollisuuden alat valikoituivat projektiin Horisontti 2020 ohjelman hankehaun mukaisesti.

Bioenergian retrofit tarkoittaa olemassa olevan laitoksen osan korvaamista tai lisälaitteiston asentamista bioenergian lisäämiseksi. Teollisuuden retrofit-laitokset ovat yksi nopeista ja kustannustehokkaista tavoista lisätä uusiutuvan energian osuutta Euroopan energian tuotannossa.

Tämä dokumentti on suomenkielinen yhteenveto BIOFIT-projektin tuloksista, jotka on alun perin esitetty julkaisuissa Technical options for retrofitting industries with bioenergy – a handbook¹, Summary Paper for policy makers: retrofitting Europe’s industry with bioenergy² and Framework conditions for retrofitting Europe’s industry with bioenergy³. Käännökset on julkaistu aiemmin seuraavina LinkedIn Pulse –kirjoituksina:

1. [Bioenergian retrofitit auttavat vähentämään fossiilisten polttoaineiden kulutusta sähkön tuotannossa ja yhdistetyssä sähkön- ja lämmön tuotannossa](#), 25.6.2020
2. [Bioenergian retrofitit ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannon yhteydessä](#), 30.7.2020
3. [Bioenergian retrofitit fossiilisten jalostamoiden yhteydessä](#), 19.8.2020
4. [Ilmastonmuutos ja kestävä kehitys vievät sellu- ja paperiteollisuutta kohti uusia mahdollisuuksia](#), 8.10.2021

Kuten BIOFIT Handbookissa, tässäkin yhteenvedossa fossiilinen sähköntuotanto ja CHP-tuotanto on käsitelty yhdessä, koska niihin liittyvällä toimintaympäristöllä, lainsäädännöllä jne. on niin paljon yhteistä.

¹ <https://www.biofit-h2020.eu/publications-reports/BioFitHandbook-2020-03-18.pdf>

² https://www.biofit-h2020.eu/files/pdfs/D2.6_BIOFIT%20Summary_2019-11-25b.pdf

³ https://www.biofit-h2020.eu/D2.5_BIOFIT%20frameworks_2019-08-02-final-updated-acknowledged.pdf

2 Bioenergian retrofitit auttavat vähentämään fossiilisten polttoaineiden kulutusta sähkön tuotannossa ja yhdistetyssä sähkön- ja lämmön tuotannossa

Tässä tekstissä kuvataan sekä sähköä tuottaviin voimalaitoksiin että lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksiin (CHP), jotka käyttävät fossiilisia polttoaineita, soveltuvia bioenergian retrofit-tekniikoita ja suosituksia teknologioiden edistämiseksi. Dokumentti perustuu [BIOFIT-projektissa](#) tuotettuihin englannin kielisiin julkaisuihin ”[Summary Paper for policy makers: retrofitting Europe’s industry with bioenergy](#)” ja ”[Technical options for retrofitting industries with bioenergy – a handbook](#)”, jotka ovat ladattavissa osoitteessa www.biofit-h2020.eu/publications-reports/

Tekstin ovat kääntäneet VTT:n tutkijat Heidi Saastamoinen (Heidi.Saastamoinen@vtt.fi) ja Elina Mäki (Elina.Maki@vtt.fi).

Sektoriin liittyvät tiedustelut: Manolis Karampinis, karampinis@certh.gr

Sekä pelkästään sähköä että lämpöä ja sähköä (combined heat and power, CHP) tuottavat voimalaitokset, jotka käyttävät fossiilisia polttoaineita, kuten maakaasua, hiiltä tai öljyä, tuottavat suuren osan energiasta monessa Euroopan maassa. Sähköä tuottavat laitokset ovat yleensä suuria, kun taas CHP-laitosten koko voi vaihdella hyvin pienistä yksiköistä, jopa kotitalouskokoluokasta, satojen tai tuhansien megawattien kokoluokkaan.

Noin 25% sähkön tuotannosta Euroopassa on hiiliperäistä (Agora Energiewende and Sandbag, 2018) ja EU:sta, Sveitsistä, Norjasta ja Turkista löytyy vielä yhteensä yli 1000 kivihiltä tai ligniiniä käyttävää voimalaitosta (Energy Brainpool, 2018). Vaikka hiilen polttaminen on varma ja kustannustehokas tapa tuottaa energiaa, paine vähentää sekä hiilidioksidipäästöjä että muita päästöjä kasvaa. Monet maat ovat asettaneet tavoitteeksi lopettaa hiilen käyttö kokonaan. Suomessa tavoitteena on luopua kivihillen käytöstä 2029 mennessä.

Biomassalla tuotetaan vähemmän uusiutuvaa sähköä Euroopassa kuin auringolla tai tuulella. Biomassaperäisessä sähköntuotannossa käytetään pääasiassa kiinteää biomassaa. Seuraavaksi eniten käytetään biokaasua. Tuuleen ja aurinkoon perustuvassa energiantuotannossa haasteena on tuotannon vaihtelevuus, kun taas biomassalla voidaan tuottaa sähköä kulutuksen mukaan.

Tekniset vaihtoehdot biomassan lisäämiseksi fossiilisia polttoaineita käyttävillä voimalaitoksilla

Fossiilisia polttoaineita (yleensä hiiltä) voidaan korvata biomassalla sähköntuotanto- ja CHP-laitoksilla joko osittain (ns. rinnakkaispoltto) tai kokonaan. On olemassa erilaisia teknisiä vaihtoehtoja integroida biomassaa olemassa oleviin fossiilisia polttoaineita käyttäviin laitoksiin; vaihtoehdot riippuvat valitusta biomassasta, siitä paljonko fossiilista polttoainetta korvataan sekä muutosten aiheuttamista kustannuksista. Lyhyesti vaihtoehdot voidaan jakaa seuraaviin kategorioihin:

- Helpoin vaihtoehto on **suora rinnakkaispoltto**, jolla tarkoitetaan toisen polttoaineen polttamista yhdessä tavanomaisen polttoaineen kanssa. Suorassa rinnakkaispoltossa voidaan käyttää hyvin moninaisia polttoaineita. Tarvittavissa muutostöissä on useita vaihtoehtoja. Voidaan esimerkiksi harkita yksinkertaisesti hiilen ja biomassan sekoittamista ja olemassa olevan hiilen syöttö-, murskaus- ja polttotekniikan käyttöä. Vaihtoehtoisesti voidaan ottaa käyttöön kokonaan uudet erityisesti biomassalle suunnitellut vastaanotto, murskaus ja syöttölaitteistot. Pölypolttotekniikassa voidaan biomassalle käyttää omia polttimia. Kiertoleijutekniikka (circulating fluidized bed, CFB) soveltuu suoraan monille polttoaineille ja muutostarvetta ei yleensä ole kuin tilanteessa, jossa polttoainemuutos on suuri.

Suora rinnakkaispoltto on pölypolttolaitoksien vaihtoehtoista vähiten kunnianhimoinen, koska fossiilista polttoainetta voidaan korvata vain vähän, maksimissaan 10-20% polttoaineen lämpöarvosta. Sellaisenaan se käytännössä tarkoittaa hiilen käytön jatkumista laitoksella. Siksi tämä vaihtoehto ei ole enää mahdollinen EU:n tavoitteiden puitteissa, vaikka se on mahdollisesti relevantti siirtymävaiheen vaihtoehto maille, jotka vielä säilyttävät tai laajentava hiiliperäistä energiantuotantoaan.

- **Epäsuora rinnakkaispoltto** tarkoittaa kiinteän biomassan kaasutusta synteesikaasuksi, joka syötetään fossiilisen polttoaineen kattilaan. Tämä vaihtoehto on joustavampi kuin suora rinnakkaispoltto ja potentiaalinen ajatellen suuria biomassaosuuksia, mutta myös kalliimpi, koska on otettava käyttöön kokonaan uusi kaasutin. Kuitenkin tässäkin vaihtoehdossa osa tuotannosta jää fossiilisten polttoaineiden varaan.
- **Biomassan polttaminen erillisessä kattilassa**, joka on yhdistetty fossiilista polttoainetta käyttävään kattilaan vain höyrypiirin osalta, on myös mahdollista. Vaihtoehdon pääomakustannus on melko korkea kuten epäsuoran rinnakkaispoltonkin, mutta vaihtoehdossa on teknisiä etuja.
- **Täydellinen muutos fossiilisista polttoaineista biomassaan** on tehty muutamaan laitokseen Euroopassa ja muualla. Yleisimmin käytetty polttoaine tällaisissa tapauksissa on puupelletti, sen jälkeen hake. Vaikka tällaisen muutoksen tekeminen ei ole täysin ongelmaton ja kullakin laitoksella vastaan tulee omanlaisiaan haasteita, vaihtoehto on kuitenkin jo teknisesti kypsä. Vaatimuksena on, että polttoaineen syöttö ja murskaus vaihdetaan yhteensopivaksi käytettävän biomassan kanssa. Pölypolttokattilassa polttimet on muutettava biomassalle sopiviksi. Pölypolttokattilan voi myös muuttaa BFB-kattilaksi. CFB-kattilassa, joka on alusta asti suunniteltu toimimaan sekä 100% hiilellä että 100% biomassalla muutoksia ei tarvitse tehdä.
- **Biomassaa voidaan myös termisesti esikäsittää** sellaiseksi, että se muistuttaa hiiltä (esimerkiksi lämpöarvon, jauhettavuuden tai säilyvyyden osalta). Termisesti käsitellyn biomassan käyttöä on demonstroitu koeajoin muutamalla pölypolttolaitoksella. Vaikka biomassan termisellä esikäsittelöllä voidaan pienentää laitoksen muutostukustannuksia, tarvitaan kuitenkin infrastruktuuri, jolla tuotetaan tarvittava määrä näin käsiteltyä biomassaa.



Vaskiluodon voimalaitoksella Vaasassa on käytössä metsähakkeen epäsuora rinnakkaispoltto. Metsähakkeen kaasuttimen kapasiteetti on 140 MW. (Kuva: Pohjolan Voima)

Suurin haaste muutettaessa voimalaitosta käyttämään hiilen sijasta biopolttoaineita on biomassan saatavuus; suuren kokoluokan hiilivoimalaitoksen muuntaminen biomassalle vaatii valtavia määriä raaka-ainetta ja logistiset järjestelyt voivat olla monimutkaisia erityisesti laitoksilla, joille ei ole ennen tuotu raaka-ainetta ulkopuolelta. Tällaisia ovat esimerkiksi ligniittivoimalaitokset, jotka toimivat ligniittilouhosten yhteydessä ja näin ollen kaukana satamista.

On myös huomattava, että täydellistä muutosta hiilestä biomassaan on kaupallisesti demonstroitu käytännössä vain puuperäisillä biopolttoaineilla (pääasiassa pelleteillä). Agrobiomassat voivat tarjota mahdollisuuden pienempiin polttoainekustannuksiin kuin puupelletit, mutta niiden polttamisessa on omat tekniset haasteensa, kuten myös mobilisointiin ja logistiikkaan liittyvät haasteet, ja konversiota näillä polttoaineilla on vielä demonstroitava suuressa kokoluokassa.



Draxin voimalaitos Selbyssä, Iso-Britanniassa on muunnettu käyttämään hiilen sijasta puupellettejä. Neljän voimalaitosyksikön muunnos teki voimalaitoksesta maailman suurimman bioenergian kuluttajan. (Kuva: Drax)

Vaikka jotkin kansalaisjärjestöt ovat eri mieltä, voimalaitosten muuttaminen hiileltä biomassalle on ainoa vaihtoehto suuren kokoluokan välittömään uusiutuvan energian tuotantoon. On myös huomattava, että EU-tasolla on säädetty vaatimukset kestäväille ja tehokkaalle biomassan käytölle sähköntuotannossa. Nämä vaatimukset on kirjattu REDII-direktiiviin. Niihin kuuluvat mm. kestävyyskriteerit biomassan hankinnalle, minimi kasvihuonekaasupäästövähennys koko tuotantoketjussa ja monet tekniset rajoitukset, kuten esimerkiksi sähköntuotannon minimihyötysuhde (36%) pelkille sähköntuotantolaitoksille, joiden terminen syöttöteho on yli 100 MW. Lisäksi on mahdollista käyttää hiilidioksidin talteenotto- ja varastointimenetelmiä biomassan käytön yhteydessä, mikä mahdollistaisi negatiiviset päästöt.

Suosituksat päättäjille

Poliittinen halu vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja jo käytössä olevat poliittiset toimenpiteet (esimerkiksi päästökauppajärjestelmä) ovat vahvasti heikentäneet hiilivoimaloiden tulevaisuuden näkymiä EU:ssa. Biomassan käytöllä hiilen sijaan olemassa olevien voimalaitosten käyttöikä voidaan pidentää, eikä Euroopan teollisuuden tarvitse "hylätä" jo rakennettuja laitoksia siirtymävaiheessa hiilineutraaliuteen. Kuten edellä on esitetty, vaihtoehtoja tämän tyyppisen muutoksen toteuttamiseen on useita. Toteuttamismahdollisuuksiin vaikuttavat mm. biomassan saatavuus, poliittiset päätökset, kansalliset hiilineutraaliustavoitteet ja yrityksen strategia.

REDII-direktiivi⁴ on jo luonut enemmän tilaa retrofiteille EU:ssa. Avainasia direktiivissä on, että biomassan rinnakkaispolttoprojekteja, joissa biomassan terminen osuus on pieni, ei tueta tulevaisuudessa. Tämän lähestymistavan takia biomassan käyttö sähkön ja lämmön tuotannossa erottuu jatkuvasta hiilen käytöstä.

BIOFIT:n poliittisten suositusten tarkoituksena on varmistaa bioenergian rooli Euroopan energiamurroksessa:

- **EU:n energialähteiden eriytyessä on tunnustettava biomassan rooli tärkeänä raaka-aineena sähköntuotannossa.** Euroopan sähköverkko tarvitsee vielä säädettävää, säästä riippumatonta sähköntuotantoa. Kun hiilen käytöstä luovutaan (samoin kuin joissakin maissa ydinenergiasta), tähän tarkoitukseen käytetään enenevässä määrin maakaasua. Vaikka maakaasua pidetään puhtaampana polttoaineena kuin hiiltä, se on silti fossiilinen polttoaine, joka vaikuttaa kasvihuonekaasupäästöihin ja lisää EU:n riippuvuutta tuontipolttoaineista. Biomassan käytöllä tätä riippuvuutta voidaan hajauttaa tai vähentää, jos hyödynnetään kotimaisia resursseja. Lisäksi biomassaa pidetään hiilineutraalina ja sillä voidaan tuottaa merkittävä ja tasainen määrä vihreää energiaa verkkoon.
- **On hyväksyttävä, että biomassalla on roolinsa hiilivaltaisilla alueilla siirryttäessä fossiilisesta energiantuotannosta uusiutuvaan tuotantoon.** Sähköntuotannon hiilidioksidipäästöjen vähentäminen on todellinen haaste sekä Euroopassa että kansallisella tasolla ja aluetasolla. Hiilivaltaisilla alueilla hiilikaivosten ja -voimalaitosten sulkeminen aiheuttaa lisäksi sosioekonomisia ongelmia, koska on odotettavissa, että työpaikkoja häviää. Projektit, joissa hiilestä siirrytään biomassaan voivat auttaa näitä alueita siirtymäkaudella pitämään yllä ”energiantuottajan” mainetta ja hyödyntämään kertynyttä asiantuntemusta samalla kun paikallisia työpaikkoja pystytään säilyttämään voimalaitosten käytössä ja biomassan logistiikkaketjuissa.
- **Paikallisten biomassavarojen käyttöä tulisi tukea.** Siirryttäessä sähköntuotannossa hiilestä biomassaan tarvitaan suuria määriä biopolttaineita. Nykyään tällaisessa tapauksessa käytetään pääosin tuontipellettejä. Pellettien käyttöä ei tule sivuuttaa, mutta on huomioitava, että Euroopassa on suuri määrä potentiaalisia agrobiomassoja, joita voisi hyödyntää tehokkaasti sähkön ja lämmön tuotannossa. Koska edellä mainittujen resurssien käytössä on sekä teknisiä että toimitusketjun luomiseen liittyviä haasteita, erityistä poliittista tukea tarvittaisiin kannustimeksi projekteille, joiden tavoitteena on hyödyntää näitä resursseja.
- **Innovatiivisia projekteja tulisi tukea ja nousevia teknologioita edistää.** Yhdistämällä biomassaperäinen sähköntuotanto hiilidioksidin talteenottoon, varastointiin ja hyödyntämiseen (ns. BECCS- ja BECCU-teknologiat) voidaan mahdollisesti päästä negatiivisiin hiilidioksidipäästöihin Euroopan sähköntuotannossa. Näitä teknologioita demonstroivia projekteja voitaisiin harkita tuettavaksi [Innovation Fund](#) -ohjelmassa ja/tai arvioida kansallisissa strategisissa tiekartoissa.
- **Lämmön hyödyntämistä on edistettävä suurilla voimalaitoksilla.** Suuret fossiilista polttoainetta käyttävät voimalaitokset on usein suunniteltu ja niitä operoidaan siten, että lämpöä ei juuri hyödynnetä. Toisaalta uudet biomassaa hyödyntävät laitokset suunnitellaan yleensä alusta lähtien CHP-yksiköiksi. Retrofit-projektien tulisi pyrkiä, siinä määrin kuin on mahdollista, maksimoimaan polttoainehyötysuhde, jotta biomassaresurssi hyödynnettäisiin mahdollisimman tehokkaasti. Uuden lämmöntarpeen luominen esimerkiksi teollisuuden tai prosessien avulla voi myös elävöittää hiilialueita muutokaudella. Tällaisia konsepteja on jo

⁴ <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>

tutkittu esimerkiksi [ARBAHEAT H2020 –projektissa](#), jossa hiiltä käyttävä sähköntuotantolaitos muutetaan CHP-laitokseksi.

EU:n ulkopuolella Energy Community⁵ -maissa biomassan rinnakkaispolttoon tai voimalaitosten täydelliseen biomassakonversioon vaikuttaa kansallinen lainsäädäntö. Poliittiset toimenpiteet, jotka mahdollistaisivat biomassan kasvavan markkinan sektorilla ovat samoja, jotka ovat jo toimineet EU:ssa tai tietyissä jäsenmaissa:

- Hiilidioksidipäästön hinnoittelumekanismien perustaminen (esim. hiilivero, päästökauppa).
- Biomassan osuuden kasvattamisen tukeminen sähkön ja lämmön tuotantosektorilla.
- Pakollinen uusiutuvan energian osuuden määrääminen yritysten sähköntuotantoon.

BIOFIT on Euroopan Unionin rahoittama kolmivuotinen Horizon 2020 tutkimusprojekti (817999). Projektin tavoitteena on tukea teollisuuden bioenergian tuotantoratkaisuiden käyttöönottoa viidellä teollisuuden alalla: 1. sukupolven biopolttoaineen tuotanto, sellu- ja paperiteollisuus, fossiiliset jalostamot, fossiilinen sähköntuotanto, ja yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto. Projektiin kuuluu 14 jäsentä kahdeksasta Euroopan maasta: Ruotsi, Alankomaat, Saksa, Espanja, Suomi, Itävalta, Bosnia-Herzegovina ja Kreikka.

Lue lisää projektista: www.biofit-h2020.eu

⁵ <https://www.energy-community.org/>

3 Bioenergian retrofitit ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannon yhteydessä

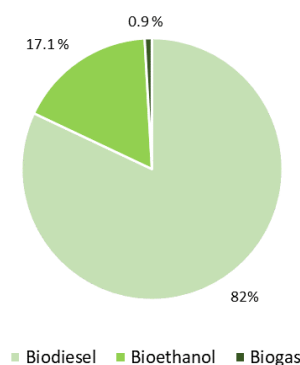
Tässä tekstissä kuvataan ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotantolaitoksiin soveltuvia bioenergian retrofit-tekniologioita ja suosituksia teknologioiden edistämiseksi. Dokumentti perustuu [BIOFIT-projektissa](#) tuotettuihin englannin kielisiin julkaisuihin "[Summary Paper for policy makers: retrofitting Europe's industry with bioenergy](#)" ja "[Technical options for retrofitting industries with bioenergy – a handbook](#)", jotka ovat ladattavissa osoitteessa www.biofit-h2020.eu/publications-reports/

Tekstin ovat kääntäneet VTT:n tutkijat Heidi Saastamoinen (Heidi.Saastamoinen@vtt.fi) ja Elina Mäki (Elina.Maki@vtt.fi).

Sektoriiin liittyvät tiedustelut: Arne Gröngroft, Arne.Groengroeft@dbfz.de

Euroopan markkinoille tarvitaan lisää biopolttoaineita liikennesektorin päästötavoitteiden saavuttamiseksi

Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineilla tarkoitetaan yleensä elintarviketuotantoon soveltuvista raaka-aineista valmistettavia polttoaineita. Tällaisia polttoaineita ovat esimerkiksi kasviöljyistä vaihtoesteröity biodiesel (FAME, fatty acid methyl esters), vetykäsittelyistä kasviöljyistä valmistettu uusiutuva diesel (HVO, hydrogenated vegetable oil) ja erilaisista ravintokasveista valmistettu bioetanoli. FAME- ja HVO-dieseliä tuotetaan yleensä öljyä sisältävistä kasveista, kuten rapsista. Bioetanolia sen sijaan valmistetaan sokereita tai tärkkelystä sisältävistä kasveista, kuten sokerijuuresta tai viljasta. Näiden polttoaineiden etuna on se, että ne voidaan sekoittaa tavallisten liikennepolttoaineiden joukkoon. Lisäksi bioperäisestä raakakaasusta voidaan valmistaa ja jalostaa tehokkaasti biometaania, joka on paineistetun maakaasun (CNG) kaltaista. EurObserv'Erin mukaan vuonna 2018 Euroopan liikenteen biopolttoaineista 82% oli biodieseliä, 17,1% bioetanolia ja 0,9% biokaasua. Suomessa tavoitteena on saavuttaa 30% biopolttoaineisuus liikenteessä vuoteen 2030 mennessä.



Liikenteessä käytettyjen biopolttoaineiden osuudet energiasäällön mukaan EU:ssa 2018 (lähde: EurObserv'ER 2019)

Euroopassa biodieselin tuotanto on suuremmissa roolissa kuin bioetanolin tuotanto. Biodieseliä tuotettiin vuonna 2015 11,5 miljoonaa tonnia vuodessa, kun taas bioetanolia tuotettiin 1,9 miljoonaa kuutiota vuodessa. Tuotanto jakautuu monille tehtaille ympäri Eurooppaa. Viime aikoina biopolttoaineiden tuotantomäärät ovat pysyneet suhteellisen vakaina. Joissakin maissa tuotanto on vähentynyt, kun valtion tuki tuotannolle on pienentynyt (esimerkiksi Espanjassa sekoitusvaatimukset ovat pienentyneet), vaikkakin selkeää sertifiointijärjestelmää käytetään kestävän tuotannon arvioimiseksi ja varmistamiseksi. Tavoitteena on enenevässä määrin täydentää ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotantoa toisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannolla. Toisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannossa ei käytetä ravintokasveja raaka-aineena vaan

polttoaineita tuotetaan lignoselluloosapohjaisista raaka-aineista ja jäteöljyistä. Toisin sanoen toisen sukupolven biopolttoaineiden valmistus ei kilpaile ruoan tuotannon kanssa. Näillä raaka-aineilla on myös parempi kasvihuonekaasutase, eikä niiden käyttöä siksi rajoiteta RED II –direktiivissä, kuten ravinto- ja rehuviljakasvipohjaisien biopolttoaineiden käyttöä.

Bioenergian retrofit-mahdollisuudet ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannon yhteydessä

Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotantolaitoksilla voidaan aloittaa toisen sukupolven biopolttoaineiden tuotanto tai olemassa oleva laitos voidaan muuttaa kokonaan toisen sukupolven biopolttoaineiden tuotantoon sopivaksi. Näin voidaan tehdä esimerkiksi investoimalla lisälaitteisiin, jotka mahdollistavat selluloosapohjaisen etanolin tuotannon, biodieselin valmistamisen useammasta raaka-aineesta tai biokaasun tuotannon. Lisäksi bioenergian retrofit voidaan toteuttaa parantamalla olemassa olevan laitoksen hiilidioksiditasetta esimerkiksi valmistamalla lisäksi biokaasua olemassa olevan tuotannon jätevirroista, biodieseliä biometanolista tai sähköpolttoaineita.



Biodiesel, biodieselsekoite ja fossiilinen diesel (Kuva: DBFZ)

Monet kasviöljypohjaisen biodieselin tuotantolaitokset tasapainottelevat taloudellisen kannattavuuden rajamailla. Joitakin biodiesel-laitoksia ei ole suunniteltu hyvin ja/tai niitä ei käytetä hyvin. Esimerkiksi pienillä yrityksillä ei välttämättä ole riittävää kokemusta tekniikasta tai laitoksen käytöstä. Usein tällaisille laitoksille on taloudellisen kannattavuuden takia tärkeää, että ne voivat käyttää halvempia jäteöljyjä tai rasvahappoja raaka-aineenaan. Tämä on mahdollista, jos laitokselle asennetaan erityislaitteisto jäteöljyjen esikäsitteilyä varten. Tällainen retrofit on tehty esimerkiksi Elin Verdin biodieselin tuotantolaitokselle Volosissa Kreikassa ja Crimsonin tuotantolaitokselle Bakersfieldissä Kaliforniassa. Lisäksi biodiesel-laitoksen puhdistusosa voidaan varustella uudelleen tuotteen laadun parantamiseksi. Näin avautuu uusia markkinoita, joilla biodieselillä on erityisvaatimuksia, kuten esimerkiksi Skandinaviassa, jossa biodieseleitä on pystyttävä käyttämään matalissa lämpötiloissa. Myös sivutuotteita, kuten rasvahappoja ja glyserolia, voidaan käyttää paremmin hyödyksi biodiesel-laitoksille tehtyjen jälkiasennusten myötä.

Bioetanoli-laitoksilla voidaan tuottaa lisää bioenergiaa hyödyntämällä alkoholin tuotannon tähteitä, kuten rankkia tai tislausjätettä. Rankin ja tislausjätteen orgaaniset yhdisteet voidaan mädättää anaerobisesti metaanirikkaaksi biokaasuksi, jota voidaan käyttää maakaasun vaihtoehtona. Näin on tehty joillakin bioetanoli-laitoksilla, kuten Saksan Anklamissa Suiker Unien laitoksella ja Verbion laitoksilla Saksan Zörbigissä ja Schwedtissä. Lisäksi olemassa olevat bioetanolilaitokset voidaan muuntaa siten, että ne pystyvät prosessoimaan lignoselluloosapohjaisia raaka-aineita, kuten olkia, ja tuottamaan biopolttoaineita, jotka täyttävät RED II:n vaatimukset kehittyneille liikennepolttoaineille. Tämä onnistuu esimerkiksi asentamalla ylimääräistä tuotantokapasiteettia, joka on tarkoitettu

nimenomaan lignosellupohjaiselle raaka-aineelle tai käyttämällä olemassa olevaa laitosta kokonaan uuteen tarkoitukseen. On myös mahdollista laajentaa bioetanoli-prosessi tuottamaan kerosiinia alkoholista (ns. ATJ-prosessi, alcohol to jet). Tätä retrofit-vaihtoehtoa tarkastellaan BIOFIT-projektin tapaustarkasteluna (Case Study: Swedish Biofuels). Kahden prosessin yhdistäminen voi parantaa ATJ-biokerosiinin valmistuksen taloudellisuutta.

Minkälaisia poliittisia päätöksiä tarvitaan bioenergian hyötykäytön edistämiseksi ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotantolaitoksilla?

Biopolttoainesektori on raskaasti säännelty. Jokaisella lainsäädäntömuutoksella on vaikutuksensa sekä jo tehtyjen että mahdollisten retrofit-investointien kannattavuuteen. Muutokset nykyiseen lainsäädäntöön pitäisi siksi tehdä varoen, jotta olemassa olevan teollisuuden luottamus liiketoimintasuunnitelmaansa säilyy. Säännösten muuttamisesta aiheutuva riski voidaan pitää biopolttoaineiden tuotantosektorilla korkeana, mikä voi heikentää investointihalukkuutta sektorilla.

On selvää, että jos halutaan päästä asetettuihin tavoitteisiin liikennesektorin päästöjen osalta, lisää uusiutuvien polttoaineiden tuotantokapasiteettia on rakennettava. Bioenergian retrofit-laitosten rakentaminen on järkevää, kun voidaan tuottaa lisää polttoaineita tai parantaa olemassa olevan prosessin hyötysuhdetta. Siirtyminen yhdestä bioperäisestä raaka-aineesta toiseen, eli ensimmäisen sukupolven (1G) biopolttoaineidentuotannosta toisen sukupolven (2G) tuotantoon voi johtaa kestävämpinä pidettäviin polttoaineisiin, mutta ei merkittävästi vähennetä fossiilisten polttoaineiden käyttöä liikennesektorilla. Siirtyminen ravintokasvipohjaisista biopolttoaineista (1G) kohti kehittyneitä ei-ravintokasvipohjaisia polttoaineita (2G) on kuitenkin tärkeää, jotta pysytään mukana sääntelykehyksessä tapahtuvissa muutoksissa ja saavutetaan liikennepolttoaineiden bio-osuudelle asetetut tavoitteet.

Yleisesti ottaen biopolttoaineiden tuotantolaitokset Euroopassa ovat suhteellisen uusia. Suurin osa niistä on rakennettu vuoden 2005 jälkeen ja siksi kalliit investoinnit olemassa olevan kapasiteetin muuttamiseksi voivat tuntua aikaiselta laitoksen käyttäjän näkökulmasta.

BIOFIT-projektin suositukset biopolttoainesektorille

- Jotta biopolttoaineilla voidaan edesauttaa ilmastotavoitteisiin pääsyä, niiden tulisi olla niin ympäristöä säästäviä kuin mahdollista ja niillä tulisi pystyä korvaamaan niin paljon fossiilisia polttoaineita kuin mahdollista. Biopolttoaineisiin liittyvän lainsäädännön tulisi edistää kehittyneiden biopolttoaineiden tuotantoa (2G) nykyisen tuotannon lisäksi. Tämä rohkaisisi investoimaan sekä retrofit-laitoksiin että kokonaan uusiin laitoksiin. Nykyisten ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden määrittelemistä kehittyneiksi biopolttoaineiksi tulisi välttää, koska niillä ei voida korvata enempää fossiilisia polttoaineita kuin jo todellisuudessa korvataan.
- Jättemateriaalien määritelmää pitäisi selkeyttää ja sen tulisi olla kaikille jäsenmaille sama. Jos RED II –direktiivin liitteen IX jätevirran määritelmä ei ole yhtenäinen kaikissa jäsenvaltioissa, syntyy sivumarkkinoita tai kilpailua maiden välillä. Tämä luo erilliset maakohtaiset markkinat ja johtaa sekaannuksiin erilaisten jättemääritelmien ja tukijärjestelmien takia.
- Siitä, että polttoaine ei ole RED II:n tavoitteiden mukainen ei rangaista, mikä on este toisen sukupolven biopolttoaineiden tuotantolaitosinvestoinneille. Jos seuraamusmaksut tulevat osaksi investointisuunnitelmaa kehittyneiden biopolttoaineiden osalta, uudet laitokset saattaisivat tulla kannattaviksi. Tämän mahdollistamiseksi pitkän aikavälin vakaa lainsäädäntö ilman tulkinnanvaraisuutta on tärkeä.
- Samojen minimiseuraamusmaksujen siitä, että RED II:n tavoitteita ei saavuteta, pitäisi koskea kaikkia jäsenmaita. Lisäksi seuraamusten pitäisi olla tarpeeksi suuria ollakseen tehokkaita.

- Kuluttajat eivät voi nykyään aina valita fossiilisen ja uusiutuvan polttoaineen välillä tankkausasemilla. Biopolttoaineen tuottajilla ei myöskään tällä hetkellä ole suoraa yhteyttä asiakkaisiin ja vain rajalliset mahdollisuudet mainostaa tuotteidensa hyötyjä. Asiakkaille pitäisi tarjota tankkausasemalla mahdollisuus valita kestävämpi polttoaine.
- Ainakin puhtaasti uusiutuvien polttoaineiden (E85, B100) pitäisi olla saatavilla tankkausasemilla. Esimerkiksi Ranskassa ja Ruotsissa puhtaita biopolttoaineita on tuotu markkinoille menestyksekkäästi. Uusiutuvien polttoaineiden hyötyjä – tai niiden osuuksia polttoaineseoksessa fossiilisen polttoaineen kanssa – tulisi mainostaa ja tehdä ne näkyviksi asiakkaalle. Tulisi myös olla pakollista autonvalmistajille taata, että korkeampia sekoitussuhteita (E15, B20) voidaan käyttää heidän autoissaan.
- Jotkut asiakkaat varustavat autonsa muutossarjalla, koska vain muutamia joustavasti polttoaineita käyttäviä autoja on myynnissä Euroopan markkinoilla. On olemassa teknologioita, joilla autoista voi tehdä joustavamman polttoaineen suhteen, jolloin kuluttaja voi valita kaikkien sekoitussuhteiden väliltä sekä käyttää puhtaita biopolttoaineita (B85, B100). Ongelmana on kuitenkin, että näiden teknologioiden käyttöönotto tyypillisesti johtaa auton takuun menettämiseen.
- Biometaani on jo tarjolla oleva kehittynyt biopolttoaine maakaasun jatkeeksi tai vaihtoehdoksi, mutta sen käyttö ei ole aina mahdollista liikennesektorilla. Iso osa synteettistä maakaasua käyttävistä kulkuneuvoista pystyisi hyödyntämään biometaania, jota jo tuhannet biokaasulaitokset, jotka käyttävät biopohjaisia jätteitä raaka-aineinaan, tuottavat Euroopassa. Jotta biometaania voidaan enenevässä määrin käyttää uusiutuvana polttoaineena, välttämättömän infrastruktuurin, kuten paineistetun maakaasun tankkausasemien, rakentamista täytyisi edistää ja tukea. Lisäksi biometaanin pumppausta maakaasuverkkoon tulisi yksinkertaistaa ja siihen liittyviä esteitä poistaa.
- Jotkin arvokkaat jätevirrat, joita voi käyttää biopolttoaineiden valmistukseen, ovat hajanaisesti saatavilla ja vaikeita hyödyntää. Jotta jätevirtojen saatavuutta voitaisiin parantaa biopolttoaineiden valmistuksessa, tähteiden ja jätteiden keruujärjestelmiä tulisi kehittää ja virtojen keräämiseen kannustaa. Esimerkiksi käytetyn ruokaöljyn (UCO, used cooking oil) keräämistä varten pitäisi olla sertifikaatti- tai valvontajärjestelmä, jotta voidaan välttyä petoksilta. Eläinrasvojen osalta tiukempi järjestelmä on jo olemassa ja se perustuu EU:n hygieniasäännöksiin.

BIOFIT on Euroopan Unionin rahoittama kolmivuotinen Horizon 2020 tutkimusprojekti (817999). Projektin tavoitteena on tukea teollisuuden bioenergian tuotantoratkaisuiden käyttöönottoa viidellä teollisuuden alalla: 1. sukupolven biopolttoaineen tuotanto, sellu- ja paperiteollisuus, fossiiliset jalostamot, fossiilinen sähköntuotanto, ja yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto. Projektiin kuuluu 14 jäsentä kahdeksasta Euroopan maasta: Ruotsi, Alankomaat, Saksa, Espanja, Suomi, Itävalta, Bosnia-Herzegovina ja Kreikka.

Lue lisää projektista: www.biofit-h2020.eu

4 Bioenergian retrofitit fossiilisten jalostamoiden yhteydessä

Tässä tekstissä kuvataan fossiilisiin jalostamoihin soveltuvia bioenergian retrofit-teknologioita ja suosituksia teknologioiden edistämiseksi. Dokumentti perustuu BIOFIT-projektissa tuotettuihin englannin kielisiin julkaisuihin "[Summary Paper for policy makers: retrofitting Europe's industry with bioenergy](#)" ja "[Technical options for retrofitting industries with bioenergy – a handbook](#)", jotka ovat ladattavissa osoitteessa www.biofit-h2020.eu/publications-reports/

Tekstin ovat kääntäneet VTT:n tutkijat Heidi Saastamoinen (Heidi.Saastamoinen@vtt.fi) ja Elina Mäki (Elina.Maki@vtt.fi).

Sektoriin liittyvät tiedustelut: Patrick Reumerman, reumerman@btgworld.com

Fossiiliset öljynjalostamot ovat mukana muutoksessa kohti vähähiilistä tulevaisuutta

Fossiiliset öljynjalostamot ovat yleensä erittäin suuria teollisuuskomplekseja, joissa raakaöljyä prosessoidaan ja jalostetaan käyttökelpoisemmiksi tuotteiksi, kuten bensiiniksi, dieseliksi, bitumiksi, lämmitysöljyksi, kerosiiniksi ja nestekaasuksi (LPG). Raakaöljyn jalostuskapasiteetti EU:n käytössä olevilla jalostamoilla, joita on noin 90, on yhteensä 13,2 miljoonaa barreliä päivässä, mikä vastaa 13 %:a koko maapallon kapasiteetista. EU:n liikennesektori on tällä hetkellä 95 %:sesti riippuvainen nestemäisistä (fossiilisista) polttoaineista ja aiheuttaa yli 25 %:a EU:n kasvihuonekaasupäästöistä. Tarve vähentää tuotteiden ja tuotannon päästöjä näkyy fossiililla jalostamoilla mm. kiinnostuksena käyttää biomassaa tuotannon syötteenä. Uusiutuvan dieselin tuotannon aloittaminen monilla jalostamoilla on tästä hyvä esimerkki.



Fossiiliset jalostamat ovat suuria teollisuuskomplekseja, joissa valmistetaan fossiilisia liikennepolttoaineita ja muita tuotteita (Kuva: Thessaloniki Refinery of Hellenic)

Vähähiiliseen talouteen siirtyminen on öljynjalostussektorin tulevaisuuden päähaaste. FuelsEurope⁶, joka edustaa Euroopan öljynjalostamoja, julkaisi vuonna 2018 Vision 2050 -raportin⁷, jossa esitetään näkemys öljynjalostusteollisuuden vähähiilisestä tulevaisuudesta. Raportin pääkohtia ovat sektorin sitoutuminen maailmanlaajuisen ilmastonmuutosongelman ratkaisemiseen, uusien raaka-aineiden

⁶ <https://www.fuelseurope.eu/>

⁷

<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Highlights%20%26%20summary%20of%20the%206th%20EU%20Refining%20Forum%20FINAL.pdf>

käytön lisääminen vaihtoehtoisten nestemäisten polttoaineiden tuottamiseksi (biopolttoaineet sekä jätoperäiset ja uusiutuvalla sähköllä tuotetut polttoaineet), uusien teknologioiden tarve kestävien biopolttoaineiden tuottamiseksi, hiilidioksidin talteenotto (CCS) ja hyötykäyttö (CCU) sekä uusiutuvan vedyn valmistus ja power-to-liquids -teknologiat. Raportin perusteella on selvää, että Euroopan öljynjalostussektori haluaa vähentää hiilidioksidipäästöjään merkittävästi, ja että bioenergia ja biopolttoaineet ovat osa tätä ratkaisua.

Tekniset vaihtoehdot biomassan integrointiin fossiilisille öljynjalostamoille

Biomassan integroinnissa olemassa oleville jalostamoille on kaksi erityisen tärkeää etua:

- Voidaan hyödyntää olemassa olevaa jalostamoinfrastruktuuria, mikä tarkoittaa pienempiä pääomakustannuksia, mahdollisuutta kasvattaa uusiutuvan liikennepolttoaineen tuotantoa nopeasti ja olemassa olevan tietotaidon hyödyntämistä.
- Olemassa olevien jalostamojen muuntamisella voidaan mahdollisesti välttää niiden sulkeminen ja näin ollen myös siihen liittyvät hintavat toimenpiteet, kuten maaperän puhdistus.

Lähtötulevaisuuden mahdollisuudet biomassan integroimiseksi jalostamoihin voidaan jakaa kahteen pääkategoriaan, jotka on esitetty seuraavissa kappaleissa.

HVO biodieselin valmistus olemassa olevilla jalostamoilla

HVO (Hydrogenated Vegetable Oil) on uusiutuva diesel, suoraan käännettynä vetykäsittely kasviöljy, vaikka sitä voidaan valmistaa myös eläinperäisistä jäterasvoista ja kasviöljyntuotannon sivutuotteista. Tässä retrofit-konseptissa uusiutuvia nestemäisiä öljyjä, kuten palmuöljyä ja käytettyä ruokaöljyä, jalostetaan uusiutuvaksi liikennepolttoaineeksi joko olemassa olevilla jalostamoilla tai erillisillä laitoksilla. Se tapahtuu vetykäsittelyllä (hydrogenation).

Tällä hetkellä HVO:ta valmistaa suuressa mittakaavassa ENI (Porto Marghera, Italia), Total (La Mede, Ranska), PREEM (Göteborg, Ruotsi) ja Neste Oil (Porvoo, Suomi). HVO:n kokonaistuotantokapasiteetti EU:ssa on 2,6 miljoonaa tonnia vuodessa. Raaka-aine vaihtelee etupäässä käytetystä palmuöljystä (ENI) käytettyyn ruokaöljyyn (UCO, Total) ja mäntyöljyyn (PREEM).

HVO-biodiesel on ominaisuuksiltaan hyvin samankaltainen kuin perinteinen fossiilinen diesel. Etuna on, että se ei kärsi matalan lämpötilan aiheuttamasta jäätymisongelmasta. Toisin kuin perinteisellä biodieselillä HVO:lla ei ole sekoitusrajoitteita, vaan sitä voidaan vapaasti sekoittaa perinteisen dieselin joukkoon. Siksi ei ole yllättävää, että HVO-biodieselin tuotantoa pyritään kasvattamaan Euroopassa neljään miljoonaan tonniin vuodessa muutamien seuraavien vuosien aikana. Tällä hetkellä HVO kattaa 17 % biodieselin tuotannosta EU:ssa. Suurin ongelma tuotannossa on raaka-aineen saatavuus, koska bioperäisten öljyjen kerääminen suurina määrinä kestävästi yhteen paikkaan on haastavaa.

Lignoselluloosapohjaisten välituotteiden jalostaminen

Liikennepolttoaineita voidaan jalostaa lignoselluloosapohjaisista välituotteista, kuten pyrolyysiöljystä tai hydrotermisellä nesteytyksellä (HTL, hydrothermal liquefaction) valmistetusta raakaöljystä. Viimeksi mainittua teknologiaa ei ole vielä demonstroitu kaupallisessa kokoluokassa, mutta pyrolyysiöljyä tullaan käyttämään PREEM:in Lyselikin jalostamolla jo kuluvan vuoden aikana.



Pyrolyysiöljyä

Lignoselluloosapohjaisia välituotteita voidaan kuljettaa korkean energiatihedyn ansiosta kustannustehokkaasti suurina määrinä jalostamoille. Lisäksi välituotteet ovat homogeenisia ja usein nestemäisessä muodossa, mikä helpottaa niiden käsittelyä jalostamolla yhdessä perinteisen raaka-aineen kanssa. Lignoselluloosapohjaisia raaka-aineita on myös enemmän tarjolla välituotteiden valmistukseen kuin HVO:n tyyppillisiä raaka-aineita.

Suosituksat päättäjille

Kokonsa takia jalostamot tarvitsevat lähes poikkeuksetta suuren määrän biomassaa saavuttaakseen taloudellisen kannattavuuden liikenteen biopolttoaineiden tuotannolle. Siksi erityisesti tuotannon kestävyteen on kiinnitettävä huomiota ja sen varmistaminen vaatii uusia ratkaisuja. Esimerkiksi nykyiset menetelmät eivät aina toimi uusiutuvan hiilen osuuden määrittämiseksi ”vihreissä” jalostamotuotteissa. Fossiiliin jalostamoihin liittyvät suositukset BIOFIT-projektissa liittyvätkin pääasiassa biomassan saatavuuteen.

Biomassan saatavuutta voidaan parantaa mm. seuraavin konkreettisin keinoin:

- Maa- ja metsätalouden tähteiden keräämistä voidaan edesauttaa poistamalla lainsäädäntöä, joka estää tähteiden keräämistä ja varastoinnin suuressa mittakaavassa.
- Energiakasvien viljelyyn reunamailla voidaan kannustaa mm. demonstraatioprojekteilla ja lainsäädännöllä.
- Käytetyn ruokaöljyn ja eläinrasvojen keräämiseen tarkoitettut verkostot eivät toimi optimaalisesti kaikkialla Euroopassa. Kannustimien (esimerkiksi, jotta ihmiset keräisivät omat jätteensä) ja hyvän logistiikan yhdistelmä voi olla suotuisa, ja hallinnon tulisi luoda ja käynnistää tämä järjestelmä. Eläinrasvojen asiallisia hävittämiskeinoja tulisi ajaa käytäntöön ja valvoa. Jätevedenpuhdistamoiden rasvoja voisi myös hyödyntää uutena raaka-aineena nestemäisten biopolttoaineiden valmistuksessa.

Muut suositukset:

- Tuotteilla, joihin bioenergiaa voidaan varastoida väliaikaisesti (englanniksi intermediate bioenergy carriers), voi olla merkittävä rooli jalostamoiden raaka-aineena energiatihedystensä ja tasalaatuisuutensa ansiosta. Arvoketjun rakentamista raaka-aineista tuotantoon kuitenkin tarvitaan. Jotkin arvoketjut, kuten pyrolyysiöljyn hyödyntäminen jalostamoilla, ovat jo

markkinoilla. Tukitoimet pilotti- ja demonstraatiokokoluokassa sekä markkinoille pääsyn edistäminen on suositeltavaa. Lignoselluloosapohjaisten välituotteiden valmistukseen tulisi kannustaa sekä jalostamoja että muita käyttötarkoituksia varten. Tällöin markkinat kasvavat riittävän suuriksi, jotta välituotteita voidaan kaupata kuin mitä tahansa hyödykettä.

- Jalostamon tuottaman biopolttoaineosuuden kestävyuden laskennalle tarvitaan Euroopan laajuinen määritelmä. Euroopan laajuinen määritelmä on tuotettava huolellisesti, nopeasti ja yhdessä sektorin kanssa.
- Jotta ”vihreitä polttoaineita”, jotka sisältävät myös fossiilisia polttoaineita, voitaisiin vapaammin myydä tai kuljettaa, tulisi kehittää ja ottaa käyttöön niihin liittyvä sertifiointijärjestelmä.
- Koska jalostamot toimivat globaalissa ympäristössä, on tärkeää taata niille tasapuoliset toimintaedellytykset. Kaikkien EU:n markkinoille tulevien uusiutuvien polttoaineiden kestävyys täytyy pystyä takaamaan riippumatta siitä tuleeko polttoaine EU:n sisältä vai ulkopuolelta.
- Nykypäivänä on mahdollista tuottaa biopolttoaineita, joilla on samoja tai jopa parempia ominaisuuksilla kuin fossiililla polttoaineilla, joten näiden sekoittaminen on yhä pienempi ongelma. HVO:n sekoittamiseen liittyvä lainsäädäntö ei kuitenkaan ole aina tarkoituksenmukainen. Se ei aina huomioi ”vihreää hyötyä”, joka HVO:n sekoittamisesta fossiiliseen dieseliin syntyy. Tämä vähentää vihreiden polttoaineiden mahdollisuuksia markkinoilla ja siten niiden taloudellista arvoa. Tämän takia EU:n täytyy kehittää laskentakaava, jolla määritellään HVO:n tuottama ”vihreä sisältö” polttoaineessa. Tällainen käytäntö on jo olemassa bensiinin biosisällön laskemiseksi.

BIOFIT on Euroopan Unionin rahoittama kolmivuotinen Horizon 2020 tutkimusprojekti (817999). Projektin tavoitteena on tukea teollisuuden bioenergian tuotantoratkaisuiden käyttöönottoa viidellä teollisuuden alalla: 1. sukupolven biopolttoaineen tuotanto, sellu- ja paperiteollisuus, fossiiliset jalostamot, fossiilinen sähköntuotanto, ja yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto. Projektiin kuuluu 14 jäsentä kahdeksasta Euroopan maasta: Ruotsi, Alankomaat, Saksa, Espanja, Suomi, Itävalta, Bosnia-Herzegovina ja Kreikka

Lue lisää projektista: www.biofit-h2020.eu

5 Ilmastonmuutos ja kestävä kehitys vievät sellu- ja paperiteollisuutta kohti uusia mahdollisuuksia

Tässä tekstissä kuvataan sellu- ja paperiteollisuuteen soveltuvia bioenergian retrofit-tekniikoita ja suosituksia teknologioiden edistämiseksi. Dokumentti perustuu BIOFIT-projektissa tuotettuihin englannin kielisiin julkaisuihin [“Summary Paper for policy makers: retrofitting Europe’s industry with bioenergy”](#), [“Technical options for retrofitting industries with bioenergy – a handbook”](#) ja [“Pulp and Paper – Sectoral Recommendation Paper”](#), jotka ovat ladattavissa osoitteessa www.biofit-h2020.eu/publications-reports/

Tekstin ovat kirjoittaneet VTT:n tutkijat Heidi Saastamoinen (Heidi.Saastamoinen@vtt.fi) ja Elina Mäki (Elina.Maki@vtt.fi).

Euroopassa on CEPI:n vuoden 2019 tilastojen⁸ mukaan 151 sellutehdasta ja 740 paperitehdasta, jotka tuottavat vuosittain 38,1 miljoonaa tonnia sellua ja 89,9 miljoonaa tonnia paperia ja kartonkia. Tehtaiden määrä on laskenut tasaisesti vuodesta 1990 lähtien, vaikkakin kokonaistuotantomäärät ovat pysyneet melko vakaina. Perinteisten tuotteiden lisäksi sellu- ja paperiteollisuus on vähitellen kasvattanut tuotevalikoimaansa kehittämällä uusia korkeampiarvoisia tuotteita kuten biopolttoaineita, biokomposiitteja ja biopohjaisia muoveja, samalla uudistaen liiketoimintaansa. Digitalisaatio, kestävä kehitys ja energia- ja materiaalitehokkuus ovat alan kehityksen ajureita. Ilmastonmuutos lisää uusiutuvan energian, polttoaineiden ja tuotteiden tarvetta samaan aikaan kun metsien rooli hiilinieluinä on yhä suurempi ja mahdollisesti rajoittaa neitseellisen puun käyttöä.

Sellu- ja paperiteollisuudessa käytetyistä polttoaineista 60,0% on biomassaa ja sektorin primäärienergiasta sillä tuotetaan 52,5% CEPI:n jäsenmaissa¹. Energiatohokkuustoimenpiteet vähentävät tasaisesti primäärienergiankulutusta sektorilla ja bioenergian käyttö on vähitellen lisääntynyt. Erityisesti Pohjoismaissa tehtailla käytetään pääasiassa bioenergiaa ja fossiilisten polttoaineiden käyttö lähestyy nollaa, sillä tehtailla on käytettävissä laajasti metsävarantoja. Sen sijaan erityisesti Keski- ja Etelä-Euroopan paperitehtailla on ongelmia saada käyttöönsä bioperäisiä raaka-aineita, ja nämä tehtaot käyttävätkin polttoaineenaan pääasiassa maakaasua.

Sellutehtailla, jotka käyttävät metsäteollisuuden tähteitä energian tuotannon raaka-aineena, on yleensä hyvät edellytykset bioenergian retrofiteille. Tehtaot, joiden yhteydessä ei ole enää paperitehdasta, kuluttavat vähemmän energiaa kuin ennen, mikä mahdollistaa korkeampiarvoisten bioenergiatuotteiden valmistamisen sivuvirroista. Kun nämä tehtaot yleensä tuottava energiaa enemmän kuin käyttävät ja ovat lähestulkoon hiilineutraaleja, integroidut bioenergian retrofit-laitokset yleensä valmistavat uusia energiatuotteita myyntiin.

Sellutehtaan sivuvirroista on moneksi

Sellu- ja paperiteollisuus tuottaa lukuisia sivuvirtoja, jotka tarjoavat monta vaihtoehtoa bioenergian lisäämiseksi. Bioenergian retrofiteilla voidaan selluteollisuudessa korvata fossiilisia polttoaineita (maakaasua, hiiltä ja öljyä) uusiutuvilla polttoaineilla tehtaon energian tuotannossa tai tuottaa uusiutuvia polttoaineita sivuvirroista. Mahdollisuudet riippuvat paljolti tehdasympäristöstä. Retrofitit voidaan jakaa niihin, jotka tuottavat energiaa tehtaon omaan käyttöön, ja bioenergiatuotteiden tuotantoon sulfaatti- ja sulfiittisellutehtailla.

Retrofitit laitosten energiantuotantoon

Pohjoisilla sellutehtailla kalkkiuuni on tyypillisesti tehtaon ainoa osa, joka saattaa vielä käyttää fossiilista polttoainetta (pääasiassa maakaasua tai polttoöljyä). Tämä fossiilinen polttoaine voidaan korvata biokaasulla, kuoren kaasutuksen synteetikaasulla, puujauholla, ligniinillä tai mäntyöljyillä. Suurin potentiaali päästövähennyksille löytyy kuitenkin Keski- ja Etelä-Euroopan paperitehtailta, joilta

⁸ CEPI. Capi Key Statistics 2019 – European pulp and paper industry. 2020.

puuttuu sellutehtaan tuottama energia ja käytössä on fossiilinen polttoaine. Niissä fossiilista polttoainetta voidaan muualta ostetun biopolttoaineen lisäksi korvata osin tehtaan omalla tuotannolla, esimerkiksi anaerobisen jätevedenpuhdistuksen biokaasulla.

Retrofitit sulfaattiselluteollisuuteen

Sulfaattisellutehtaalla sivuvirtoja voidaan hyödyntää tehokkaasti, sillä usein nämä tehtaot tuottavat energiaa enemmän kuin käyttävät ja usein myyvätkin sitä, jos tehtaan yhteydessä ei ole paperitehdasta. Niillä voidaan siis hyödyntää ylimääräistä lämpöä ja sivuvirtoja, joita käytetään nykyisellään energian tuotantoon, ja tehdas pysyy silti energiaomavaraisena. Polttoaineita voidaan tuottaa esimerkiksi mustalipeästä, ligniinistä (joka erotetaan mustalipeästä), kuoresta, jäteveden puhdistuksen lietteestä, raakamäntyöljystä ja metanolista (joka erotetaan mustalipeästä haihdutusvaiheessa).

Ligniini ja osa hemiselluloosasta päätyy mustalipeään, joka on tyypillisesti poltettu soodakattilassa bioenergiaksi. Ligniini on helposti kuljetettava väliaine, jota voidaan käyttää monenlaisiin tuotteisiin tai jalostaa biopolttoaineeksi.

Mustalipeästä voidaan valmistaa DME:tä, biometanolia, Fischer-Tropsch biopolttoaineita kaasuttamalla, tai raakabioöljyä hydrotermisellä nesteytyksellä ja edelleen biopolttoainetta öljynjalostamalla. Mustalipeän haihdutusvaiheessa voidaan erottaa metanolia ja mäntyöljyä. Metanolia voidaan puhdistettuna käyttää biopolttoaineena. Mäntyöljystä voidaan jalostaa biopolttoaineita. On kuitenkin huomattava, että polttoainekäytön lisäksi sekä metanolista että mäntyöljystä voidaan myös tehdä korkeampiarvoisia tuotteita kuten steroleita ja sideaineita. Sellutehtaan jätevesilietteestä voidaan mädättää biokaasua tai tehdä biohiiltä HTC-tekniologialla. BIOFIT-projektissa tehtiin tapaustarkastelu C-Green Technology Ab:n HTC-tekniologian käytöstä pohjoismaisella sellutehtaalla (<https://www.biofit-h2020.eu/c-green-finland-pulp-and-paper/>). Alla olevassa kuvassa on C-Green Technology Ab:n valmistamaa biohiiltä.

Uusiutuvan dieselin tuotanto, kuoren kaasutus, lietteen mädätys, biometanolin tuotanto ja ligniinin erotus ovat teknologisesti kypsiä ja kaupallisia tekniologioita. Sen sijaan mustalipeän kaasutus, hydroterminen nesteytyminen (HTL) ja hydroterminen hiilestys (HTC) ovat demonstraatiovaiheessa.



C-Green Technology Ab:n HTC-tekniologialla valmistamia biopellettejä ja –hiiltä (Kuva: C-Green Technology Ab).

Retrofitit sulfiittiselluteollisuuteen

Sulfiittiselutehtaalla mustalipeän sokerit voidaan jalostaa biokaasuksi. Ligniini (lignosulfonaattien muodossa) yleensä myydään eikä sitä polteta kuten sulfaattiselutehtaalla. Sulfiittiselutehtaiden keittoprosessissa syntyvästä hemiselluloosasta voidaan jalostaa bioetanolia tai biokaasua. Myös sulfiittiselutehtaiden lipeää voidaan kaasuttaa ja siitä voidaan erottaa metanolia, ja kuorta käyttää bioenergiaksi tai biopolttoaineen tuotantoon.

Uusien hiilineutraalien teknologioiden käyttöönotto vaatii rohkeutta ja taloudellista tukea

Sellu- ja paperiteollisuuden yritysten mahdollisuudet toteuttaa bioenergian retrofittejä poikkeavat suuresti toisistaan. On yrityksiä, jotka jo käyttävät paljon bioenergiaa ja etsivät aktiivisesti mahdollisuuksia tuottaa uusia korkeamman arvon tuotteita, kuten biopolttoaineita. Toisaalta on yrityksiä, joilla ei ole mahdollisuuksia käyttää suuria määriä biomassaa, ja jotka ovat riippuvaisia fossiilisesta energiasta. Tuotannon kustannustehokkuuteen liittyvät paineet, huoli kestävästä, biomassan saatavuus sekä raaka-aineeksi että energiantuotantoon, ja metsien rooli hiilinieluna luovat haasteita koko sektorille. Joitakin lainsäädännöllisiä esteitä sellu- ja paperiteollisuuden jäte- ja sivuvirtojen käyttämisessä energian tuotantoon on havaittu. Tämän kaltaisia pullonkauloja pitäisi tarkastella lähemmin ja jäte- ja energialainsäädännön yhteensopivuutta selvittää ottaen huomioon uusien teknologioiden tuomat mahdollisuudet sekä välttämättömät vaatimuksen terveyteen, turvallisuuteen ja kestäväan kehitykseen liittyen. Alustavia suosituksia päättäjille kirjattiin BIOFIT:n julkaisussa: "Summary Paper for policy makers: retrofitting Europe's industry with bioenergy" seuraavasti:

- Bioenergian retrofitit ovat tekniseltä kypsyystasoltaan vielä eri vaiheissa, mikä voi hidastaa niiden hyödyntämismahdollisuuksia. Investointihalukkuutta rajoittaa retrofit-laitosten korkeat investointikustannukset. Lisäksi vähemmän kehittyneille teknologioille investointikustannuksia on vaikea määrittää tarkasta. Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen voi olla teknisesti ja taloudellisesti toteutettavissa, mutta taloudellista tukea voidaan tarvita.
- Sivuvirtojen hyödyntämiseen käytettäviä kaupallisia prosesseja on jo olemassa monia. Näihin kuuluvat mm. kuoren polttaminen ja kaasuttaminen, biokaasun tuotanto lietteestä, etanolin tuottaminen sulfiittiselutehtaan mustalipeästä, mäntyöljyn jalostaminen liikennepolttoaineeksi ja ligniinin erotus sulfaattiselutehtaan mustalipeästä. Kuoren ja mustalipeän kaasuttaminen biopolttoaineeksi, metanolin puhdistaminen, raakabio-öljyn valmistaminen ligniinistä ja mustalipeästä ja lietteen hydrotermien hiiletys ovat pilottilaitoksilla tai sellutehtaan yhteydessä demonstroituja teknologioita. Nousevien teknologioiden pääsyä markkinoille voitaisiin vauhdittaa tutkimusta ja kehitystä rahoittamalla sekä investointituilla, jotka on kohdistettu sivuvirtojen hyödyntämisen, energiatehokkuuden parantamisen ja kasviuonekaasujen vähentämisen mahdollistaville teknologioille.
- Paperitehtailla, jotka eivät sijaitse sellutehtaan yhteydessä, saattaa olla vaikeuksia päästä käsiksi bioraaka-aineeseen kannattavasti ja kestävästi, ja ne käyttävät näin ollen vielä muita polttoaineita, kuten maakaasua, hiiltä ja polttoöljyä energian tuotannossaan. Tutkimusta ja rahoitusta pitäisi kohdentaa raaka-ainevalikoiman laajentamisen tukemiseen ja ongelman näkyvyyden parantamiseen. Mahdolliset tavat tukea fossiilisten polttoaineiden käytön lopettamista sektorilla voisivat liittyä esimerkiksi vaihtoehtoisten raaka-aineiden löytämisen tukemiseen ja energiatehokkuuteen sekä muihin teknologisiin ratkaisuihin investoimiseen.
- Teollisuudenala kohtaa kovaa kansainvälistä kilpailua ja siksi tarvittavien ratkaisuiden hiilen käytön vähentämiseksi sektorilla pitäisi olla kustannustehokkaita ja vaihtoehtoja uusiksi rahoitusmekanismeiksi tulisi harkita.

Poliittinen tilanne – stabiili pitkäntähtäimen politiikka selvine tavoitteineen on tärkeää uusille investoinneille

Poliittinen kehys, joka vaikuttaa sellu- ja paperiteollisuuden retrofitteihin EU-tasolla liittyy pääasiassa Uusiutuvan energian direktiiviin (2018/2001, RED II) ja polttoaineiden laatudirektiiviin ((EU, 2015/1513, FQD). Näiden direktiivien tarkoitus on kasvattaa uusiutuvan energian osuutta energian loppukäytössä ja liikennesektorilla, rajoittaa kriittisten raaka-aineiden käyttöä (kuten ravinto- ja rehuviljakasvit ja ne raaka-aineet, joilla on riski epäsuoriin maankäytön muutoksiin), ja vähentää liikennepolttoaineiden kasvihuonekaasuja.

Bioenergian retrofitit liittyvät sekä fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen tuotantolaitoksilla että uusiin bioenergiatuotteisiin etenkin liikennesektorille. RED II:n kohdennetut tavoitteet kehittyneille biopolttoaineille ajavat myös sivuvirtojen hyödyntämiseen. Lisäksi sivuvirtojen ja jätteen käyttöä valvotaan jätelainsäädännöllä ja niihin vaikuttaa kiertotalousaloitteet.

Raaka-aineen saatavuus tulevaisuudessa ja bioenergian hyväksyttävyyys luovat epävarmuutta sektorille. Raaka-aineen saatavuuteen vaikuttaa kiristyvät kestävyyskriteerit, huoli hiilinielujen riittävydestä ja huoli vaikutuksista luonnon monimuotoisuudelle. Pitkäntähtäimen tuki ja johdonmukaisuus lainsäädännön kehittämisessä ovat tärkeitä investointien tukemiseksi ja retrofit-teknologioiden käyttöönoton laajentamiseksi, sillä näillä teknologioilla on tyypillisesti korkea investointikustannus.

Moni sellu- ja paperiteollisuudelle mahdollinen retrofit-teknologia on jo todistettu toimivaksi ja on kaupallinen, mutta silti niitä on käytössä vain muutamalla laitoksella Euroopassa. Vähäinen määrä olemassa olevia retrofittejä johtuu siitä, että niiden taloudellista kannattavuutta on vaikea arvioida. Toinen haaste on, että teknologioita ei voi suoraan kopioida laitokselta toisella, vaan toteutus riippuu laitoksen käyttämästä massanvalmistusteknologiasta, paikallisesta toimintaympäristöstä ja markkinoista. Jollei tuotteelle ole valmista markkinaa alueella, retrofitin käyttöönotto kohtaa vielä ylimääräisen haasteen. Retrofittien pääraaka-aineena käytetään jäännöksiä ja sivuvirtoja, kuten kuorta, mustalipeää ja lietettä. Nämä sivuvirrat riittävät hyvin laitosten toteuttamiseen ja riittävään tuotantoon, eivätkä siksi ole rajoittavia tekijöitä.

Yhteenveto

Retrofitit tarjoavat paljon vaihtoehtoja fossiilisen polttoaineen käytön korvaamiseksi ja uusien energiatuotteiden valmistamiseksi sellu- ja paperiteollisuudessa. Vaikka pohjoisen Euroopan sellu- ja paperitehtaat käyttävät jo pääosin bioenergiaa primäärienergianlähteenä, retrofitteilla voidaan silti auttaa pienentämään sektorin hiilidioksidipäästöjä. EU-tason lainsäädäntö kannustaa edistyneiden biopolttoaineiden tuotantoon liikennesektorille ja uusiutuvan energian osuuden lisäämiseen energian tuotannossa.

Retrofitit mahdollistavat sellu- ja paperiteollisuuden tuotevalikoiman laajentamisen ja parantavat energia- ja materiaalitehokkuutta. Sen sijaan, että vastaavat laitokset rakennettaisiin erilleen teollisuudesta, retrofitteja pidetään yleensä kustannustehokkaampina vaihtoehtoina biopolttoaineen tuotantoon.

Vaikka moni edellä luetelluista retrofit-teknologioista on kypsä, retrofit-laitosten kokonaismäärä on pysynyt pienenä. Tehokas olemassa olevien arvoketjujen hyödyntäminen tai uusien luominen on avain retrofit-laitosten menestymiseen. Investointikustannukset ovat tyypillisesti korkeita, joten pitkäntähtäimen poliittiset linjaukset tukevat retrofittien käyttöönottoa.

BIOFIT on Euroopan Unionin rahoittama kolmivuotinen Horizon 2020 tutkimusprojekti (817999). Projektin tavoitteena on tukea teollisuuden bioenergian tuotantoratkaisuiden käyttöönottoa viidellä teollisuuden alalla: 1.

sukupolven biopolttoaineen tuotanto, sellu- ja paperiteollisuus, fossiiliset jalostamot, fossiilinen sähköntuotanto, ja yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto. Projektiin kuuluu 14 jäsentä kahdeksasta Euroopan maasta: Ruotsi, Alankomaat, Saksa, Espanja, Suomi, Itävalta, Bosnia-Herzegovina ja Kreikka

Lue lisää projektista: www.biofit-h2020.eu

Lainaukset, tunnustukset ja vastuuvapaus

Saastamoinen, H., Mäki, E. (2021). Bioenergian retrofit-laitokset teollisuudessa - Tiivistelmä BIOFIT-projektin tuloksista, BIOFIT, Horisontti 2020, projektinumero 817999, Teknologian tutkimuskeskus VTT, www.biofit-h2020.eu

Tämä hanke on saanut rahoitusta EU:n tutkimuksen ja innovoinnin Horisontti 2020 - puiteohjelmasta avustussopimuksen nro 817999 nojalla.

Asiakirjan sisältö edustaa vain tekijöiden näkemyksiä. Euroopan unioni ei ole vastuussa tässä esitettyjen tietojen käytöstä.

