

Kristian Taipale

BIOENERGIAN ERI MUODOT JA NIIDEN HYÖDYNTÄMISPOTENTIAALI SUOMESSA

Kandidaatintyö
Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta
Tarkastaja: Risto Mikkonen
Joulukuu 2021

TIIVISTELMÄ

Kristian Taipale: Bioenergian eri muodot ja niiden hyödyntämispotentiaali Suomessa
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Tieto- ja sähkötekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma, sähkötekniikka
Joulukuu 2021

Tässä työssä esitellään bioenergian eri muodot ja niiden käyttökohteet. Bioenergia on palamisreaktiolla lämpönä hyödynnettävä energiamuoto, jonka alkuperä on luonnon kasvusto tai siitä valmistettu polttoaine sekä erilaisista jätteistä valmistetut polttoaineet. Bioenergia on nopeasti yleistyvä energianlähde, jolla korvataan fossiilisia polttoaineita niin sähkön- ja lämmöntuotannossa kuin liikenteen polttoaineissa. Työssä kerrotaan Euroopan Unionin ja sen jäsenvaltioiden itselleen määrittelemistä tavoitteista uusiutuvan energian hyödyntämisestä ilmastonmuutoksen hidastamiseksi. Bioenergialla on näissä tavoitteissa suuri rooli, sillä fossiilisten polttoaineiden korvaaminen suurten tehtaiden ja voimalaitosten energianlähteenä on välttämätöntä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi.

Työssä esitellään liikenteen erilaiset biopolttoaineet sekä EU:n ja Suomen biopolttoaineiden hyödyntämistavoitteet. Liikenteen osuus hiilidioksidipäästöistä on merkittävä, joten ilmastoystävällisemmät polttoaineet voivat vaikuttaa merkittävästi ilmastonmuutokseen.

Työssä tarkastellaan bioenergiaa Suomessa sekä kuinka suuri hyödyntämispotentiaali eri bioenergian muodoilla on. Suomi on asettanut itselleen suuret tavoitteet uusiutuvan energian hyödyntämiselle ja bioenergian osuus tavoitteiden saavuttamisessa on suuri. Suomi on Euroopan kärkimaita uusiutuvassa energiassa ja tavoitteena on, että yli puolet kaikesta energiasta tuotetaan uusiutuvista energialähteistä. Työssä perehdytän siihen, kuinka bioenergian hyödyntäminen Suomessa jakautuu sekä mitkä bioenergian muodot tulevat olemaan tärkeimmässä roolissa tulevaisuudessa.

Avainsanat: Bioenergia, biopolttoaine, energiantuotanto

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. BIOENERGIA	2
2.1 Puuenergia	3
2.2 Turve-energia.....	4
2.3 Pellettienergia	5
2.4 Biopolttoaineet	5
2.4.1 Biokaasu	6
2.4.2 Biodiesel	7
2.4.3 Uusiutuva diesel	7
2.4.4 Bioöljy	8
2.4.5 Bioetanoli.....	8
3. BIOENERGIA SUOMESSA.....	10
3.1 Puuenergia Suomessa.....	10
3.2 Turve-energia Suomessa.....	11
3.3 Pellettienergia Suomessa	12
3.4 Biopolttoaineet Suomessa.....	13
3.4.1 Biokaasu Suomessa	13
3.4.2 Biodiesel Suomessa	14
3.4.3 Uusiutuva diesel Suomessa.....	14
3.4.4 Bioöljy Suomessa	15
3.4.5 Bioetanoli Suomessa	15
4. BIOENERGIAN HANKKEITA SUOMESSA.....	17
4.1.1 Lahti Energian biolämpölaitos	17
4.1.2 Biokaasulla liikkeelle -hanke	17
5. YHTEENVETO.....	19
LÄHTEET	21

1. JOHDANTO

Kehittyvässä maailmassa energiantuotannon riittävyyden merkitys korostuu. Maapallon väkiluvun kasvaessa ja teknologian levitessä yhä useampaan paikkaan on energiaa tuotettava aina entistä enemmän. Maapallon ilmasto lämpenee jatkuvasti kasvihuonepäästöjen noustessa, kun miljoonia vuosia maaperässä säilössä olleet hiilipitoiset energialähteet hyödynnetään ihmisten lisääntyvien energiatarpeiden tyydyttämiseen.

Uusiutuvista energialähteistä on kiinnostuttu kunnolla vasta viimeisen muutaman vuosikymmenen aikana. Öljyn vähentyessä maapallolta sekä kasvihuonepäästöjen vaikutukset ovat saaneet yritykset ja valtiot kiinnostumaan ja investoimaan enemmän uusiutuviin energialähteisiin. Suurimpana uusiutuvan energian lähteenä tällä hetkellä maailmassa toimii bioenergia, joka sisältää kaikki poltettavat uusiutuvan energian lähteet. Näitä poltettavia energialähteitä ovat muun muassa puu, biokaasu sekä biodiesel.

Tässä työssä perehdytään bioenergian eri lähteisiin, niiden ominaisuuksiin sekä käyttökohteisiin. Työssä tarkastellaan myös bioenergian nykytilannetta sekä millaisia mahdollisuuksia bioenergialla on Suomessa. Tutkimuksen tavoitteena on luoda lukijalle hyvä kuva siitä, mitä bioenergia on sekä missä ja kuinka sitä voidaan käyttää uusiutumattomien polttoaineiden sijasta. Tavoitteena on myös antaa lukijalle käsitys bioenergian tilanteesta Suomessa, sekä mitä bioenergialta voi odottaa tulevaisuudessa.

Luvussa 2 määritellään termi bioenergia sekä tarkastellaan, mitä säädöksiä EU:lla on uusiutuvaan energiaan liittyen. Lisäksi luvussa käydään läpi bioenergian eri muodot, raaka-aineet, valmistustavat sekä käyttökohteita. Luvussa 3 tarkastellaan Suomen energiankulutusta ja ilmastotavoitteita sekä perehdytään eri energiamuotojen käyttömääriin ja tulevaisuuden hyödyntämispotentiaaliin. Luvussa 4 esitellään erilaisia bioenergian hankkeita Suomessa. Lopuksi työn keskeisimmät asiat on koottu yhteenvetoon.

2. BIOENERGIA

Energiantuotannolla tarkoitetaan prosessia, jossa primäärienergiavaraston energia muunnetaan ihmiselle käyttökelpoiseen muotoon. Esimerkiksi öljy on primäärienergiavarasto, jonka energia saadaan vapautettua polttamalla. Palamisreaktiossa vapautuu sekä kaasua että lämpöä, joita voidaan molempia hyödyntää ihmisen energiatarpeiden täyttämiseksi.

Energiantuotannossa erilaisten polttoaineiden polttaminen on erittäin suuressa osassa. Vuonna 2020 kaikesta maailmassa tuotetusta energiasta noin 90 % tuotettiin polttamalla erilaisia polttoaineita. Vastaavasti kaikesta polttamalla tuotetusta energiasta noin 89 % kattaa uusiutumattomista polttoaineista tuotettu energia, jota tuotetaan polttamalla öljyä, maakaasua ja kivihiiltä. [1] Tästä jäljelle jäävän osuuden kattaa uusiutuvista polttoaineista tuotettu energia. Tätä uusiutuvaa energiaa kutsutaan bioenergiaksi.

Bioenergialla tarkoitetaan uusiutuvista polttoaineista saatavaa energiaa. Polttoaineena toimii biomassa tai siitä valmistetut polttoaineet. Näitä uusiutuvia polttoaineita ovat puu, turve, puupelletti sekä biopolttoaineet kuten biodiesel ja biokaasu. [2] Bioenergia luokitellaan hiilidioksidineutraaliksi eli se ei lisää hiilidioksidipäästöjä. Bioenergia ei lisää hiilidioksidipäästöjä, koska poltossa ilmakehään vapautuva hiili palautuu takaisin maahan sitoutumalla kasvavaan biomassaan. [3]

Euroopan unionin ilmasto- ja energiapakettina tunnettu lainsäädäntökokonaisuus velvoittaa jäsenmaansa nostamaan uusiutuvan energian osuutta energiantuotannossaan. Uusiutuvan energian käyttöä mitataan niin sanotulla loppukulutuksella. Loppukulutuksella tarkoitetaan käytettyä energian määrää, josta on vähennetty energian siirto- ja muuntohäviöt. [4] RED-direktiivin (Renewable Energy Sources) mukaan uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta tulee olla kaikissa EU-maissa vähintään 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä ja 32 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. [5] Vuoden 2020 tavoitetta ei aivan saavutettu uusiutuvan energian osuuden jäädessä 19,7 % loppukulutuksesta. Uusiutuvan energian käyttö kasvoi 15 vuoden aikana kuitenkin huomattavasti lähtökohdan ollessa 9,6 %. [6]

Tehollinen lämpöarvo kuvaa polttoaineesta vapautuvaa energian määrää yhtä poltettua kilogrammaa kohti. Taulukko 1. sisältää eri polttoaineiden tehollisia lämpöarvoja sekä hintoja Suomessa vuoden 2020 lopussa. [7]

Taulukko 1. *Energianlähteiden ominaislämpöarvoja ja hintoja. [7][8][9][10][11][12][13][14][15]*

Energianlähde	Ominaislämpöarvo (MJ/kg)	Hinta (€/MWh)
Puu (kuiva-aine)	18,5–20	22,5
Turve (kuiva-aine)	21,3	16,1
Pelletti	19–19,2	58,3
Biokaasu	50	N/A
Biodiesel	37,1	N/A
Uusiutuva diesel	44	N/A
Bioöljy	13–18	N/A
Bioetanoli	21	N/A
Raakaöljy	42–47	29
Kevyt polttoöljy	40	76,9

2.1 Puuenergia

Puuenergialla tarkoitetaan puun käyttämistä polttoaineena energiantuotannossa. Puuenergia käyttää polttoaineenaan puunjalostuksessa muodostuvia sivutuotteita kuten puun kuorta, sahanpurua ja mustalipeää. Puuenergiaa saadaan myös metsän hakkuu-alueille jääneistä puun osista kuten oksista ja kannoista. [16]

Puun poltto luokitellaan hiilidioksidineutraaliksi, koska poltossa vapautuvan hiilidioksidin määrä on samaa luokkaa kuin siihen kasvun yhteydessä on varastoitunut. Hakatut metsät uusiutuvat ja pitkällä aikavälillä vapautunut hiili sitoutuu takaisin biomassaan. [17]

Puun tehollinen lämpöarvo voidaan jakaa kahteen ryhmään: saapumistilan teholliseen lämpöarvoon sekä kuiva-aineen teholliseen lämpöarvoon. Saapumistilan tehollisessa lämpöarvossa on otettu huomioon puuaineksen kosteus. Puun sisältämä kosteus vähentää puun tehollista lämpöarvoa, koska osa puun palamisenergiasta kuluu puun sisältämän veden haihduttamiseen. Kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo kertoo, kuinka paljon puun tehollinen lämpöarvo on, kun sen sisältämä vesi jätetään huomiotta. Kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo kuvaa siis puun sisältämää energiamäärää ideaalilanteessa. [7]

Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa riippuu suuresti siitä, mistä saapuva puuaines on peräisin. Suoraan metsistä hakkuualueilta saapuva puu on paljon kosteampaa kuin puunjalostuksesta saapuva jätetäpuu, joka on ehtinyt ennen prosessia sekä prosessin aikana kuivumaan. Hakkuualueilta saapuvan puun tehollinen lämpöarvo vaihtelee välillä 6–15 MJ/kg. Suuri vaihtelu riippuu siitä, missä muodossa puu saapuu. Puunjalostuksesta saapuvan jätetäpuun tehollinen lämpöarvo saapumistilassa vaihtelee 13,4–18 MJ/kg välillä. [7]

Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa kuvaa ideaalitulannetta, jossa puu ei sisällä ollenkaan vettä. Tästä syystä tehollinen lämpöarvo kuiva-aineelle ei juurikaan muutu puuainesten välillä. Tehollinen lämpöarvo puun kuiva-aineelle vaihtelee välillä 18,5–20 MJ/kg. Ainoa poikkeus on koivun kuori, jolle arvo on 21–23 MJ/kg. Pienet vaihtelut johtuvat eri puulajien lämpöarvoista sekä jätetuun tyypistä. [7]

Puuenergiaa käytetään useissa eri käyttökohteissa joko energian, voiman tai lämmön tuottamiseen. Sähköntuotannossa hyödynnetään metsäteollisuuden sivutuotteena syntyvää mustalipeää, puuhaketta, puun kuorta sekä sahanpurua. Lämpö- ja voimalaitoksissa käytetään pääasiassa puun kuorta, mutta myös sahanpurua joko sellaisenaan tai puristettuna pelleteiksi ja briketeiksi. [18] Puuenergiaa hyödynnetään myös asuintalojen ja maatilojen lämmityksessä halkojen ja pilkkeen muodossa.

2.2 Turve-energia

Turve-energialla tarkoitetaan turpeen, eli suolla kasvien maatumisesta syntyneen elopeärisen maa-aineksen käyttämistä energiantuotannossa. Turpeen muodostuminen vaatii kosteat ja viileät olosuhteet. Biomassan epätäydellinen hajoaminen hapettomassa ja kosteassa tilassa aiheuttaa turvekerroksen muodostumisen. [2]

Käyttökelpoisen turpeen tuotanto koostuu useista vaiheista. Ensin turve irrotetaan muusta turvemassasta jyrsimällä. Saadut turvepalat kuivatetaan ja karhetaan, jolloin niistä saadaan poistettua jo maatunut hienoaines. Tämän jälkeen turve on käyttövalmista. [19]

Turvetta ei varsinaisesti luokitella uusiutuviin eikä uusiutumattomiin energialähteisiin, koska turpeen uusiutumisosprosessi on erittäin hidasta. Käytännössä turve on kuitenkin uusiutuvaa energiaa, koska suoalueille alkaa muodostua uutta turvetta vanhan irrottamisen jälkeen. Turvetta myös muodostuu vuositasolla paljon enemmän, kuin sitä käytetään. [19] Näistä syistä turvetta on vaikea jakaa kumpaankaan kategoriaan.

Palaturpeen tehollinen lämpöarvo saapumistilassa on 11,9 MJ/kg ja palaturpeen tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa on 21,3 MJ/kg [7]. Turpeen tehollinen lämpöarvo vastaa suurin piirtein puun tehollista lämpöarvoa.

Turve-energiaa hyödynnetään sekä teollisuudessa että taajamissa. Sitä käytetään lämmön- ja sähköntuotannossa polttamalla yhdessä puun kanssa, jolloin kummankin polttoaineen palaminen on puhtaampaa. Puun ja turpeen palaessa yhdessä turpeen sisältämään rikkiin sitoutuu puusta vapautuvaa klooria ja näin korroosiota aiheuttavia kerrostumia ei pääse syntyämään polttokattilan ja lämmönsiirron pinnoille. [19]

2.3 Pellettienergia

Pellettienergialla tarkoitetaan kasaan puristetusta puuaineksesta valmistettujen kiinteiden puurakeiden käyttämistä energianlähteenä. Raaka-aineet pellettien valmistukselle tulevat teollisuuden jätteistä sahanpurun, kutterinlastun, hiontapölyn ja muun kuoretoman jätetuon muodossa. [2] Pelletin päästöt ovat samaa luokkaa kuin sen valmistukseen käytetyllä puuaineksella ja se uusiutuu samalla tavalla kuin muu puuenergia. Pelletillä on hyvä lämpöarvo ja se palaa puhtaasti, joten palamistuotteena ei synny paljoa tuhkaa. [20]

Puupelletin tehollinen lämpöarvo saapumistilassa on 16,8 MJ/kg ja tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa on 19,0–19,2 MJ/kg [7]. Puupelletin lämpöarvo on samaa suuruusluokkaa kuin puulla, mutta sen etuna on puhtaampi palaminen.

Pellettejä käytetään omakotitalojen keskuslämmityksissä sellaisenaan tai muun polttoaineen, esimerkiksi puuhakkeen seassa. Kotitalouksissa käytettävät pelletit ovat pienikokoisia, jotta ne soveltuvat poltettaviksi pienikokoisissa pellettikattiloissa. Pellettejä käytetään myös lämmöntuotannossa. Lämpökattiloissa käytettävät pelletit ovat suurikokoisempia klapeja muistuttavia puubrikettejä. [18][20] Puubrikettejä myydään myös poltettavaksi puun korvikkeena tulisijoissa.

2.4 Biopolttoaineet

Biopolttoaineet ovat uusiutuvista luonnonvaroista valmistettuja polttoaineita, joilla pyritään osittain tai kokonaan korvaamaan fossiiliset polttoaineet liikennekäytössä. Biopolttoaineet voidaan jakaa pääsääntöisesti ensimmäisen ja toisen sukupolven biopolttoaineisiin. Jaottelussa on otettu huomioon polttoaineen valmistuksessa käytettävät raaka-aineet, valmistusteknologia ja ympäristövaikutukset. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineita valmistetaan sokeri-, tärkkelys- ja öljypitoisista kasveista, kun taas toisen sukupolven raaka-aineita ovat kasvi- ja puupohjainen selluloosa sekä jätteet. Toisen sukupolven biopolttoaineet ovat laadukkaampia ja niiden käyttö on kestävämpää. [21] Erilaisia biopolttoaineita ovat muun muassa biokaasu, biodiesel ja uusiutuva diesel, joita valmistetaan kasviperäisestä biomassasta, kasviöljyistä ja ihmiskunnan jätteistä [2].

Biopolttoaineet itsessään luetaan hiilineutraaleiksi, koska polttoaineen käytöstä vapautuva hiili kuuluu luonnon normaaliin kiertokulkuun. Tästä syystä käytetyt raaka-aineet ovat jalostuksen ohella merkittävimpiä tekijöitä polttoaineen hiilineutraaliuden suhteen. Biopolttoaineiden hiilineutraaliuden tarkastelussa otetaan huomioon kaikki prosessin vaiheet raaka-aineiden tuotannosta aina loppukäyttöön asti. Biopolttoainevalmistajat

ovat tästä syystä joutuneet kehittämään kattavat vastuullisuusjärjestelmät raaka-aineiden tuotantoon. [22]

Biopolttoaineilla on EU-maissa niin sanottu jakeluelvoite. Jakeluelvoitteen mukaan uusiutuvien energialähteiden osuus liikennekäytössä tulee olla kaikissa EU-maissa vähintään 10 % vuoteen 2020 mennessä ja 14 % vuoteen 2030 mennessä. [5] Vuoteen 2020 mennessä tavoitteeseen ei aivan päästy biopolttoaineiden jäätyä 8,9 % osuuteen polttoaineiden kokonaiskulutuksesta [23].

2.4.1 Biokaasu

Kaasumainen polttoaine, biokaasu, tuotetaan mädättämällä biomassaa. Biokaasun tuotantoon soveltuu kaikki kasviperäinen biomassa puuperäisiä biomassoja lukuun ottamatta. [24] Mädäntyvästä biomassasta vapautuva kaasu otetaan talteen ja jalostamalla siitä saadaan biometaania (CH_4), joka on kemiallisesti samaa ainetta kuin maakaasu. [2] Tuotannossa syntyvä jäännöslieite hyödynnetään kasvien lannoitteena, jolloin ravinteet saadaan kierrätettyä takaisin luontoon [24].

Biokaasua syntyy luonnossa kasvien mädäntyessä ja ilmaan vapautuvat kaasut sitoutuvat lopulta takaisin maahan uuteen kasvustoon. Voidaan siis ajatella, että tässä kiertokulussa mukana oleva hiili kuuluu luonnon normaaliin kiertokulkuun. Tästä syystä biokaasu on energiamuotona 100 % uusiutuvaa [25], eikä ihmisen osallistuminen kiertokulkuun ottamalla kaasua talteen ja polttamalla sitä muuta kiertokulun toimintaa kokonaisuutena.

Biokaasu eli metaani on kasvihuonekaasuna selvästi voimakkaampi kuin hiilidioksidi [26]. Tästä syystä metaanin talteenotto ja käyttö polttoaineena on järkevää myös ilmastokannalta, koska metaanin palaessa muodostuu hiilidioksidia ja vettä. Näin ollen ilmakehään pääsee lopulta ilmastoa vähemmän lämmittävää ainetta.

Biokaasuja käyttämällä kasvihuonekaasupäästöt ovat jopa 90 % pienemmät kuin fossiilisia polttoaineita käyttämällä. Tässä vertailussa on otettu huomioon kaikki biokaasun tuotantoon ja kuljetukseen liittyvät päästöt aina käyttöön asti. [27] Biokaasun käyttäminen esimerkiksi ajoneuvojen energianlähteenä on erittäin hyvä vaihtoehto fossiilisille polttoaineille.

Biokaasun (maakaasun) tehollinen lämpöarvo on 50 MJ/kg, joka on yli tuplasti suurempi kuin puupohjaisilla polttoaineilla [8]. Biokaasun etuna on myös sen säilöminen. Kaasuja voidaan yleisesti säilöä paineistettuna nestemäisessä muodossa, jolloin saadaan säilöttyä suuri määrä energiaa pieneen tilaan.

2.4.2 Biodiesel

Biodiesel on biopohjaista polttoainetta, jota valmistetaan esteröimällä kasviöljyä tai rasvoja. Valmistusprosessissa ei voida käyttää heikkolaatuisia tai epäpuhtaita raaka-aineita, joten jätteiden ja ruuantähteiden käyttäminen ei ole mahdollista. [28] Biodieselin valmistuksessa on tärkeää, mitä raaka-aineita sen tuottamiseen on käytetty, koska raaka-aineet vaikuttavat muun muassa kylmäominaisuuksiin, jotka ovat Suomen olosuhteissa merkittävässä roolissa. [29]

Biodieselin käyttö polttoaineena on rajattua sen monien mahdollisten haittavaikutusten takia. Koska biodiesel on esteri, se ei sovellu poltettavaksi sellaisenaan tavallisissa dieselmoottoreissa, jotka toimivat hiilivety-yhdisteillä. Joissakin moottoreissa biodieseliä voidaan kuitenkin käyttää sekoitettuna tavallisiin hiilivety-pohjaisiin polttoaineisiin, kuten dieseliin tai uusiutuvaan dieseliin. [28] Euroopan standardointikomitean (CEN) vuonna 2009 määrittämän EN 590 -polttoainestandardin mukaan polttoaine saa EU:ssa sisältää enintään seitsemän tilavuusprosenttia biodieseliä. [30] Suuremman pitoisuuden käyttäminen saattaa vaurioittaa moottorin osia sekä muodostaa sakkaa polttoainesuuttimiin. Biodiesel kykenee myös sitomaan itseensä vettä, mikä saattaa edesauttaa biokasvuston muodostumista polttoainetankkiin säilytyksen aikana. Tämä mikrobikasvusto voi aiheuttaa tukoksia polttoainesuodattimiin. Biodiesel voi myös sisältää valmistusvaiheesta peräisin olevia epäpuhtauksia, jotka saattavat olla haitallisia kehittyneille moottoreille. [28] Biodieseliä käytetään fossiiliseen dieseliin sekoitettuna, jotta biovelvoitteen mukaisesti uusiutuvan energian käyttömääriin päästäisiin. [22]

Biodieselin tehollinen lämpöarvo on 37,1 MJ/kg. [9] Se häviää vertailussa fossiiliselle dieselille, jonka tehollinen lämpöarvo on 43 MJ/kg. [10]

2.4.3 Uusiutuva diesel

Uusiutuva diesel, tunnetaan myös nimellä parafiininen diesel, on kasviöljystä ja jättepohjaisista raaka-aineista tuotettava polttoaine, jonka kemiallinen koostumus vastaa käytössä olevia fossiilisia polttoaineita. [31] Saman kemiallisen koostumuksen takia myös tehollinen lämpöarvo on samaa suuruusluokkaa fossiilisen dieselin kanssa. Uusiutuvan dieselin tehollinen lämpöarvo on 44 MJ/kg. [11] Useista eri raaka-aineista ja valmistusmenetelmistä huolimatta valmis uusiutuva diesel on aina yhtä laadukasta. Jäteperäisten raaka-aineiden käytön yleistyessä uusiutuva diesel voi tuottaa jopa 90 % vähemmän kasvihuonekaasuja kuin fossiiliset polttoaineet. [22]

Uusiutuvaa dieseliä käytetään fossiiliseen polttoaineeseen sekoitettuna täyttämään EU:n asettamat biovelvoitteet. Sen käytöllä ei ole mitään teknisiä rajoitteita, joten 100 %

uusiutuvaa dieseliä sisältävää polttoainetta voi käyttää missä tahansa dieselmoottorissa. Uusiutuvalla dieselillä on myös fossiilista dieseliä paremmat toiminnalliset ominaisuudet, joten sillä voidaan parantaa polttoaineen setaanilukua sekä kylmäominaisuuksia. [29]

Setaaniluku kuvaa polttoaineen syttymisherkkyttä. Korkean setaaniluvun omaava polttoaine syttyy moottorissa nopeammin ja kuormittaa moottoria matalalukuista polttoainetta vähemmän. Matala setaaniluku aiheuttaa myös ylimääräisiä päästöjä sekä naku-tusta, joka saattaa pahimmassa tapauksessa vaurioittaa moottoria. [32] Uusiutuvan dieselin setaaniluku voi olla jopa yli 70 [29], kun taas fossiilisella dieselillä setaaniluku on noin 51–55 [33].

Uusiutuvan dieselin kylmäominaisuuksia voidaan säätää valmistusprosessin aikana ja alin varastointilämpötila voi laskea jopa -34 celsiusasteeseen. [29] Näin ollen uusiutuva diesel soveltuu kylmäominaisuuksiensa puolesta jopa Suomen kylmimpiin talviin.

2.4.4 Bioöljy

Bioöljy, toiselta nimeltään pyrolyysiöljy, on metsäteollisuuden jätteistä pyrolysoimalla eli kuivatislaamalla valmistettavaa ruskeaa tervamaista öljyä. Raaka-aineina öljyssä käytetään pääasiassa sahanpurua ja muita metsäteollisuuden jätteitä. Öljyn valmistusprosessi on kuitenkin erittäin joustava ja tästä syystä raaka-aineina voi käyttää muutakin kuin puuperäistä ainesta esimerkiksi autonrenkaita, maatalousjätteitä ja turvetta. [34]

Bioöljyä käytetään pääasiassa sähkön- ja lämmöntuotantoon korvaamaan tavallisesti käytössä olevaa fossiilista polttoöljyä. [34] Vaikka bioöljyllä korvataan fossiilista polttoöljyä, niiden kemialliset ominaisuudet poikkeavat toisistaan huomattavasti. Merkittävimmät poikkeavat ominaisuudet ovat korkea vesipitoisuus (20–30 %) ja matala pH-arvo (pH 2–3). Koska bioöljy on happo, tulee se säilöä erilliseen hapon kestävään säiliöön sekä kaiken sen kanssa kosketuksissa olevan materiaalin tulee olla haponkestävää. Bioöljyn korkea vesipitoisuus taas heikentää sen syttymistä, mutta samalla se tasapainottaa palamista ja pienentää typpioksidipäästöjä. Bioöljyn tehollinen lämpöarvo on 13–18 MJ/kg ja se on huomattavasti pienempi kuin fossiilisella polttoöljyllä, jolla lämpöarvo on 40 MJ/kg. [12]

2.4.5 Bioetanoli

Bioetanoli on sokerin käymisprosessilla valmistettavaa alkoholia, etanolia. Raaka-aineet bioetanolille tulevat energiantuotantoa varten perustetuilta viljelyalueilta. Raaka-aineena voidaan käyttää esimerkiksi maissia ja vehnää sekä erilaisia jätteitä kuten kotitalouksien biojätteitä, viljalajien varsia ja muita käyttämättömiä osia sekä sahanpurua. [35]

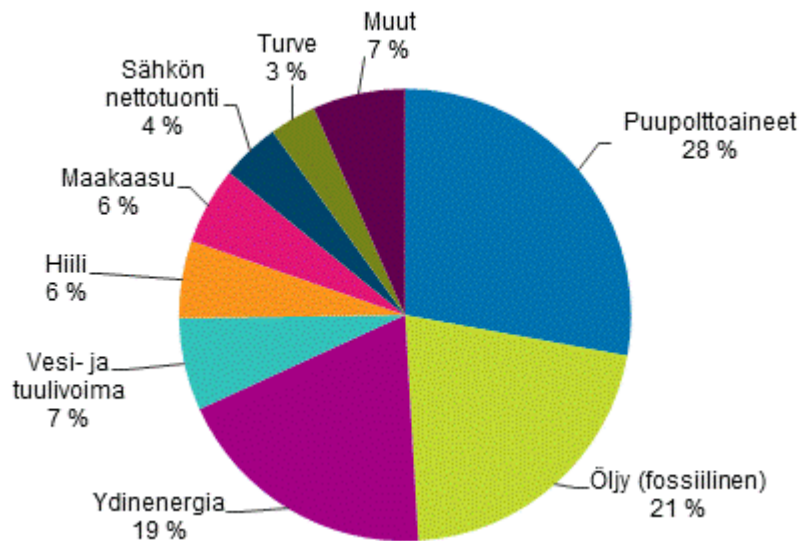
Bioetanolia käytetään pääasiassa bensiinien seassa täyttämään EU:n asettamat bioelvoitteet. Erilaisia bensiinilaatuja on monia, mutta yleisimmin käytössä olevat bensiinilaadut ovat 95 E10 sekä 98 E5. Bensiineissä ensimmäinen luku kuvastaa oktaanilukua ja E-luku kertoo, kuinka paljon bensiini enimmillään sisältää etanolia. Näin ollen 95 laadussa on enimmillään 10 tilavuusprosenttia etanolia ja 98 laadussa on vastaavasti enimmillään 5 tilavuusprosenttia etanolia. [36]

Oktaaniluku kuvaa kuinka hyvin bensiini kestää puristusta syttymättä itsellään. Bensiinin syttyessä liian aikaisin on palaminen hallitsematonta, ja siitä aiheutuu voimakkaita paineiskuja, jotka ilmenevät moottorin nakutuksena. Nakutus on haitallista ja pidemmällä aikavälillä se voi vaurioittaa moottoria. [21]

Harvinaisempi polttoaineena käytettävä bensiinilaatu on E85 korkeaseosetanoli. Tätä bensiinilaatua ei voi käyttää normaaleissa moottoreissa, vaan autossa tulee olla niin sanottu flexfuel moottori. Flexfuel-moottori toimii millä tahansa bensiinin ja etanolin seosuhteella aina 85 etanolin tilavuusprosenttiin asti. Korkeaseosetanolin oktaaniluku on 106 ja näin ollen sen puristuskestävyys on huomattavasti suurempi kuin tavallisella bensiinillä. Tästä syystä edistyksellisissä moottoreissa hyötysuhde ja teho ovat paremmat kuin tavallisella bensiinillä. [37] Etanolin tehollinen lämpöarvo on 21 MJ/kg kun taas fossiilisella bensiinillä arvo on 32 MJ/kg [13]. Tästä syystä E85 bensiinin energiasisältö on tavallista E10 tai E5 bensiiniä pienempi ja näin ollen E85 bensiiniä kuluu käytössä noin 30 prosenttia tavallista bensiiniä enemmän. Korkean etanolipitoisuutensa vuoksi E85 bensiinin käyttäminen kovilla pakkasilla saattaa vaikeuttaa auton käynnistymistä. [37]

3. BIOENERGIA SUOMESSA

Bioenergia on yksi merkittävimmistä energianlähteistä Suomessa. Vuonna 2020 Suomen kokonaiskulutuksesta 40 % tuli uusiutuvista energialähteistä. Uusiutuvan energian kulutus ylitti ensimmäistä kertaa fossiilisten polttoaineiden ja turpeen yhteiskulutuksen. Suomen merkittävimmät energianlähteet ovat puupolttoaineet, fossiilinen öljy sekä ydinenergia (Kuva 1.). [38]



Kuva 1. Energian kokonaiskulutus Suomessa 2020 [39]

Uusiutuvan energian osuus Suomessa kasvaa jatkuvasti. Vuonna 2020 uusiutuvan energian käyttö nousi kaksi prosenttia ja nousun ansiosta uusiutuvan energian käyttö ylsi uudelle ennätystasolle. Vastaavaa nousua on tapahtunut jo usean vuoden ajan. [38][40]

EU:n määrittelemä tavoite uusiutuvalla energialle vuoteen 2020 mennessä oli 20 % kokonaiskulutuksesta. Suomi saavutti tavoitteen helposti, sillä kokonaiskulutuksesta 40 % oli uusiutuvaa energiaa. Suomi on asettanut uusiutuvan tavoitteekseen yli 50 % kokonaiskulutuksen vuoteen 2030 mennessä. [5]

3.1 Puuenergia Suomessa

Puuenergia on ollut Suomen merkittävin bioenergian lähde sekä merkittävin yksittäinen energianlähde vuodesta 2012 lähtien [18]. Sen osuus kaikesta Suomen bioenergiasta vuonna 2020 oli 82 %. Puuenergia on myös Suomen suurin yksittäinen energianlähde 28 %:n osuudella, öljyn ollessa toiseksi käytetyin energianlähde 21 % osuudella (Kuva 1). [38] Suomessa puuenergiaa käytetään pääasiassa sähkön- ja lämmöntuotannossa [7].

Puupolttoaineiden suosion kasvu perustuu metsäteollisuuden sivutuotteiden kuten mustalipeän käytön kasvuun. Mustalipeästä on tullut Suomen merkittävin puupolttoaine. Puuaineksen polttaminen on kuitenkin edelleen suuressa roolissa ja sillä tuotetaankin lähes yhtä paljon energiaa kuin mustalipeällä. Vuonna 2020 puuainesta poltettiin energiantuotannossa yhteensä 19,4 miljoonaa kuutiometriä. [18]

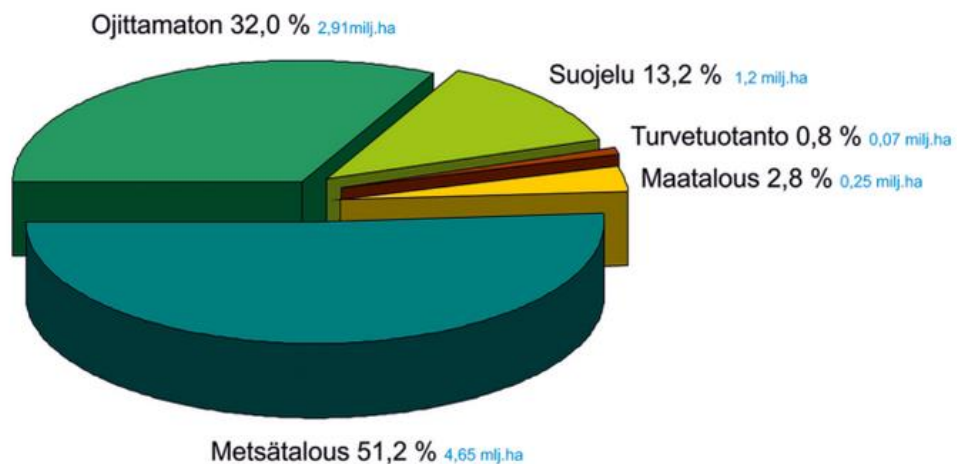
Puun käytön energiantuotannossa voi odottaa lisääntyvän tulevaisuudessa Suomen siirryessä entistä enemmän uusiutuviin energianlähteisiin. Puuenergialla on edelleen paljon hyödyntämätöntä potentiaalia energiantuotannossa, koska suuri osa energiasta tuotetaan edelleen fossiilisilla polttoaineilla, joille puuenergia on hyvä korvaaja.

3.2 Turve-energia Suomessa

Suomessa maan pinta-alasta noin 9 miljoonaa hehtaaria koostuu turvemaasta. Tästä turvemaasta on metsätalouden käytössä 51,2 %, suojeltua turvemaata on 13,2 % ja 32 % on ojittamatonta eli käyttämätöntä turvemaata. Turpeen tuotannolla käytössä on 0,8 % turvemaasta (Kuva 2.), joten Suomen maaperästä löytyisi paljon potentiaalista energianlähdettä. [41]

TURVEMAIKEN KÄYTTÖ SUOMESSA

Turvemaita yhteensä 9,08 milj.ha



Kuva 2. Turvemaiden käyttö Suomessa [41]

Suomessa energianlähteenä käytettävän turpeen keski-ikä on noin 3000 vuotta. Alle 100 vuotta vanhaa turvetta löytyy kuitenkin noin 1–2 miljardia kuutiometriä. Verrattaessa alle 100 vuotta vanhan turpeen määrää Suomen metsien puuvaroihin, 2 miljardiin kuutiometriin, saadaan parempi kuva Suomen turvekasvuston määrästä. Turvetta Suomesta löytyy määrällisesti erittäin paljon ja suuren määrän takia turvetta muodostuu vuositasolla selvästi enemmän kuin sitä käytetään, vaikka uusiutuminen onkin erittäin hidasta. [19]

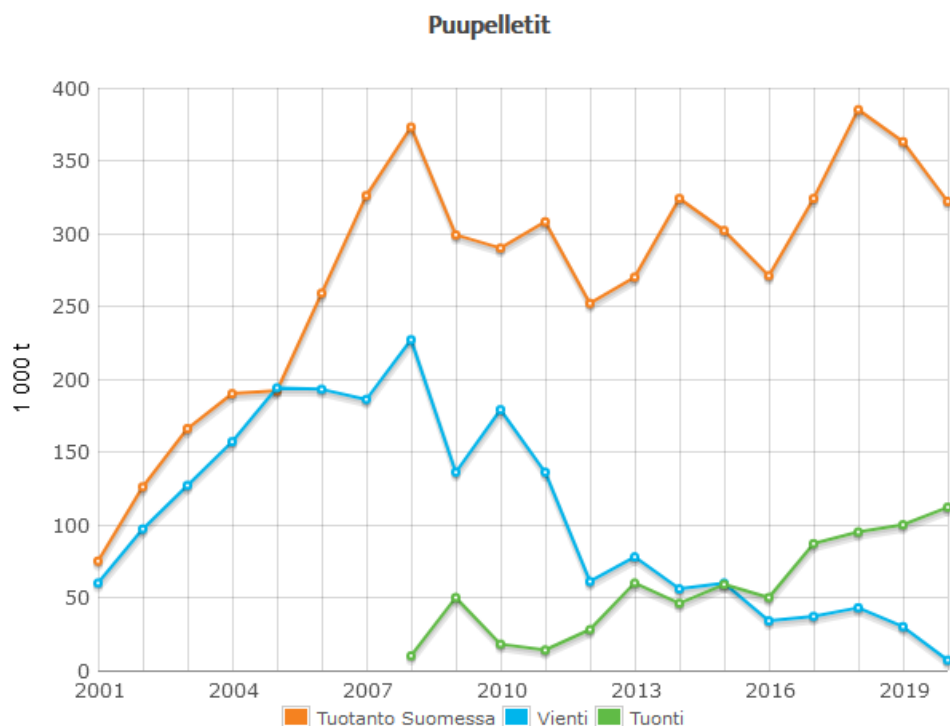
Turve ei kuulu EU:n eikä Suomen energialuokittelussa uusiutuviin energialähteisiin. EU:n energiaverodirektiivi ei vaikuta vain harvoissa jäsenmaissa käytössä oleviin energianmuotoihin, joten päätökset turpeen verotuksesta siirtyvät jäsenmaille. Suomessa turpeen energiakäyttö ei saa valtiolta tukea. Turpeen käytöstä joutuu maksamaan energia-vero 3,0 €/MWh. [19]

Turpeella on paljon hyödyntämispotentiaalia, mutta sen energiakäyttö on vähentynyt viime vuosina päästöoikeuden hinnan ja poliittisten päätösten vuoksi. Sillä on kuitenkin edelleen tärkeä osa energiantuotannossa toimitusvarmuutensa ansiosta. [42]

3.3 Pellettienergia Suomessa

Puupellettien tuotanto Suomessa on kasvanut yli kolminkertaiseksi 2000-luvun aikana. Vuonna 2020 Suomessa tuotettiin 322 000 tonnia puupellettejä, joka oli noin 11 prosenttia vähemmän kuin edellisvuonna. Pellettituotannon kasvu näyttää toistaiseksi saavuttaneen huippunsa vuosina 2008 ja 2018, joiden välillä sekä 2018 jälkeen pellettien tuotanto on ollut vähäisempää. [43]

Pellettienergialla on edelleen paljon hyödyntämätöntä potentiaalia. Puuenergian käytön kasvaminen mahdollistaa myös pellettienergian yleistymisen pellettien ollessa puuenergian jätteistä valmistettu tuote. Kuten Kuva 3. osoittaa, pellettien tuotanto ei ole viime vuosina kasvanut. Pellettien käytön voidaan kuitenkin todeta olevan edelleen kasvussa tuonnin jatkuvasti lisääntyessä.



Kuva 3. Puupellettivarannot Suomessa [43]

Yhä useammat lämpö- ja voimalaitokset käyttävät pellettejä tuotannossaan. Vuonna 2020 energian- ja lämmöntuotannossa käytettiin 250 000 tonnia pellettejä, joka oli noin 11 % vähemmän kuin edellisvuonna. Myös kotitalouksien lämmitykseen toimitetun pelletin määrä pieneni. Vuonna 2020 kotitalouksille toimitettiin 49 000 tonnia pellettejä, joka on noin 4 % vähemmän kuin edellisvuonna. [44][45]

Vuoden 2021 alussa tehdyn arvion mukaan Suomessa oli edelleen noin 130 000 öljylämmitteistä pientaloa [46]. Öljylämmitteisille pientaloille vaihtoehtoisia lämmitysmuotoja ovat sähkö- ja pellettienergian käyttö. Kaikista kolmesta lämmitysvaihtoehdosta pellettienergia on selvästi halvin, noin 5,8 snt/kWh, kun taas sähkölämmityksen hinta on n. 14 snt/kWh ja öljylämmityksen n. 12 snt/kWh. [47] Potentiaalia pellettienergialla olisi vielä paljon, mutta kalliit automatisoidut polttojärjestelmät toimivat hidastavana tekijänä.

3.4 Biopolttoaineet Suomessa

Biopolttoaineita käytetään Suomessa liikenteen polttoaineissa sekä talojen lämmitykseen täyttämään EU:n asettamat jakeluvaihtoehdot. Vuonna 2020 liikenteen polttoaineet kattoivat kaikkiaan 17 % osuuden kaikesta energian loppukäytöstä Suomessa [48], joten uusiutuvien polttoaineiden käytöllä voidaan vähentää merkittävästi hiilidioksidipäästöjä.

Vuonna 2020 polttoaineista 18 % koostui biopolttoaineista ja Suomi saavutti helposti EU:n määrittämän 10 % jakeluvaihtoehdon [49]. Vuoteen 2030 mennessä Suomi on asettanut tavoitteeksi 30 % biopolttoainetta kaikesta polttoaineesta, kun EU:n määrittelemä osuus biopolttoaineille on 14 % [21].

3.4.1 Biokaasu Suomessa

Vuonna 2020 biokaasun osuus Suomen kokonaiskulutuksesta oli noin 0,2 % [50]. Biokaasun yleisin käyttökohde Suomessa on lämmöntuotanto. Biokaasusta tuotetaan myös sähköä yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa tapauksissa, joissa lämpöä muodostuu enemmän kuin sitä tarvitaan. Tällöin noin 30–40 % biokaasun energiasta käytetään sähkön tuotantoon ja loput hyödynnetään lämpönä. [51]

Pieni osa biokaasusta jalostetaan kaasuautoina tunnettujen bi-fuel autojen polttoaineeksi. Bi-fuel auto toimii sekä bensiinillä että biokaasulla. Vuonna 2020 Suomessa oli rekisteröityjä bi-fuel henkilöautoja noin 12 400, joka on noin 0,5 % kaikista rekisteröidyistä henkilöautoista. [52]

On arvioitu, että noin 10 TWh energiaa voitaisiin tuottaa vuosittain biokaasulla. Tämä määrä energiaa olisi tarpeeksi noin miljoonalle kaasuautolle. Tällä hetkellä biokaasun potentiaalista on kuitenkin hyödynnetty vain murto-osa. [53]

Raaka-ainetta biokaasun tuotannolle Suomesta löytyisi paljon. Maataloudesta peräisin olevat peltobiomassat ovat edelleen suuri hyödyntämätön energianlähde. Peltobiomassaksi luokitellaan kaikki muuten hyödyntämätön kasvusto sekä maatalouden jätteet. Arvioiden mukaan vuonna 2030 pelkällä kotieläinten lannalla tuotetulla biokaasulla voitaisiin tuottaa 1,75 TWh energiaa vuosittain. Potentiaalinen energiamäärä olisi monikertainen, mikäli muutkin maatalouden jätteet hyödynnettäisiin biokaasun tuotannossa. [54]

3.4.2 Biodiesel Suomessa

Biodieseliä käytetään Suomessa fossiiliseen dieseliin sekoitettuna EN 590 -polttoainestandardin mukaisesti, jolloin myytävä diesel saa sisältää enintään 7 tilavuusprosenttia biodieseliä [30]. Biodiesel ei kuitenkaan ole ainoa käytettävä biokomponentti, koska sen käyttö ei ole sallittua kaikissa dieselmoottorityypeissä. Vastaavasti puhtaampia biokomponentteja voidaan käyttää biodieseliä enemmän, koska niitä ei koske moottoreiden tekniset rajoitukset. [22]

Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2020 biodieselillä tuotettiin 12 684 TJ energiaa, kun taas fossiilista dieseliä kulutettiin noin 2 459 Mt ja sillä tuotettiin 87 860 TJ energiaa [55][56]. Kun tiedetään biodieselin ominaislämpöarvoksi 37,1 MJ/kg voidaan käytetyn biodieselin määräksi laskea

$$\text{Polttoainemäärä} = \frac{\text{Tuotettu energia}}{\text{Ominaislämpöarvo}} = \frac{12684 \text{ TJ}}{37,1 \text{ MJ/kg}} = 342\,886\,792 \text{ t} \approx 343 \text{ Mt} \quad (1)$$

Prosentuaalisesti tämä tarkoittaa 13,9 % osuutta, jonka perusteella tilastoon on otettu mukaan myös uusiutuvan dieselin osuus, jota voidaan käyttää suurempina pitoisuuksina.

Biodieselin hyödyntämispotentiaali on pieni. Rajattu käyttöprosentti sekä dieselmoottoreiden teknologia rajoittaa sen käyttöä huomattavasti. Myös korvaavat edistyneemmät biopolttoaineet vähentävät sen käyttöä entisestään.

3.4.3 Uusiutuva diesel Suomessa

Uusiutuvaa dieseliä käytetään Suomessa joko sekoitettuna fossiiliseen dieseliin täyttämään biovelvoitteet. Sitä myydään kuitenkin myös sellaisenaan. Uusiutuvan dieselin käyttöä ei ole millään tavalla rajattu, sillä se ei ole haitaksi dieselmoottoreille. [22]

Kuten Lauseen (1) perusteella todettiin, uusiutuvan dieselin ja biodieselin tilastot on yhdistetty, joten tarkkaa tilastoa kummalekaan polttoaineelle ei ole saatavilla. Suurempi osa käytetystä polttoainemäärästä on kuitenkin uusiutuvaa dieseliä ja tämän voi todeta

biodieselille sallittua suuremmasta 13,9 % osuudesta dieselpolttoaineessa. Moni valmistaja ei myöskään käytä dieselinsä biokomponenttina biodieseliä johtuen sen mahdollisista haittavaikutuksista uudemmissa moottoreissa. [28]

Uusiutuva diesel on tärkeässä roolissa siirryttäessä puhtaampiin polttoaineisiin. Jakeluvelvoite nousee jatkuvasti ja entistä suurempi osa polttoaineesta tulee koostua biokomponenteista, joista biodieselin käyttö on erittäin rajattua. Tästä syystä uusiutuvan dieselin käyttö tulee yleistymään jatkuvasti. Uusiutuvalla dieselillä on suuri hyödyntämispotentiaali, koska raaka-aineina toimivaa biojätettä tulee olemaan aina tarjolla. Fossiilisen dieselin syrjäyttämisen esteenä ei periaatteessa ole kuin valmistushinta sekä valmistuskapasiteetti.

3.4.4 Bioöljy Suomessa

Energia- ja ilmastostrategiassa on määritelty, että kevytpolttoöljystä vähintään 10 tilavuusprosenttia tulee koostua biokomponentista vuodesta 2028 lähtien. Määritelmä koskee sekä työkoneissa että rakennusten erillislämmityksessä käytettävää kevytpolttoöljyä. [49]

Vuonna 2019 kevytpolttoöljyllä tuotettiin noin 68 000 TJ energiaa, eikä kevytpolttoöljyssä ollut biokomponentteja [57]. Vuodesta 2028 lähtien kevytpolttoöljyssä on oltava biokomponentti ja jollei muita vaihtoehtoja kehitetä, bioöljyä tullaan käyttämään miljoonia litroja vuosittain. Hyödyntämispotentiaalia olisi reilusti ja raaka-aineina käytettäviä metsäteollisuuden jätteitä Suomessa tuotetaan vuosittain valtavia määriä. Bioöljyn happoisuus, vesipitoisuus ja ominaislämpöarvo luovat kuitenkin suuria haasteita bioöljyn käytölle fossiilisen öljyn korvaajana.

3.4.5 Bioetanoli Suomessa

Bioetanolia käytetään Suomessa bensiiniin sekoitettuna täyttämään biovelvoitteet. Suomessa käytettävät bensiinilaadut ovat 95 E10 sekä 98 E5, mutta myös korkeaseosetanoli E85 laatuista bensiiniä löytyy joiltakin huoltoasemilta. [35] Maatalousperäinen bioetanoli täyttää Suomen valtion kestävyyskriteerit ja tästä syystä sen hiilidioksidivero on puolitettu [58]. Veronalennuksen ansiosta etanolia enemmän sisältävät polttoaineet ovat suhteessa halvempia enemmän bensiiniä sisältäviin bensiinilaatuihin.

Vuonna 2020 Suomessa kulutettiin 945 493 tonnia 95E10 bensiinilaatua sekä 369 369 tonnia 98E5 bensiinilaatua. Liikennekäytössä kulutetun etanolin määrä on noin 113 018 tonnia. Flexfuel autot ovat Suomessa erittäin epäsuosittuja, eikä E85 bensiinilaadulle löydy tilastoa vuodesta 2019 eteen päin. [56]

Bioetanoliilla on vielä paljon hyödyntämätöntä potentiaalia. Flexfuel-autojen heikosta suosiosta huolimatta E85 bensiini antaa kuvan siitä, kuinka paljon enemmän bioetanolia voitaisiin hyödyntää polttoaineena. Bioetanolin käyttöä bensiinissä tullaan todennäköisesti lisäämään tulevaisuudessa. Tämä kuitenkin edellyttää flexfuel-moottoreiden hyödyntämistä tai uusien nykyistä enemmän etanolia hyödyntävien moottoreiden kehittämistä.

4. BIOENERGIAN HANKKEITA SUOMESSA

Bioenergian hyödyntämisen yleistyessä tarve uusille tuotantolaitoksille nousee jatkuvasti. Vaikka moni bioenergian muoto toimii polttoaineena luonnollisessa muodossaan, suuri osa bioenergian polttoaineista pitää tuottaa erilaisista raaka-aineista. Myös vanhoja tuotantolaitoksia korvataan uusilla bioenergiaa hyödyntävillä voimalaitoksilla, jotta tehtaisten tuottama suuri määrä kasvihuonekaasuja saadaan vähenemään.

Suomessa on viime vuosina valmistunut monia bioenergiaa tuottavia ja hyödyntäviä laitoksia ja uusia laitoksia on jatkuvasti suunnitteilla. Tässä kappaleessa esitellään joitakin bioenergian hankkeita, joita Suomessa on ollut käynnissä viime vuosina.

4.1.1 Lahti Energian biolämpölaitos

Lahti Energian vuonna 2020 valmistunut Kymijärvi III -biolämpölaitos perustettiin korvaamaan 1970-luvulla valmistunutta kivihiililaitosta. Laitos oli jatkoa vuonna 2012 perustetulle kierrätyspolttoaineita hyödyntävälle Kymijärvi II:lle. [59]

Kymijärvi III tuottaa kaukolämpöä Lahden kaupungin alueelle. Polttoaineenaan laitos hyödyntää metsäbiomassaa, joka toimitetaan 100 kilometrin säteeltä laitoksesta. Polttoaine koostuu pääasiassa metsähakkeesta ja sahojen sivutuotteista, mutta laitos kykenee hyödyntämään tarvittaessa myös muita kiinteitä polttoaineita. Tehdas tuottaa energiaa kaikkiaan 190 MW teholla. [59]

4.1.2 Biokaasulla liikkeelle -hanke

Pohjois-Savon ELY-keskuksen (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) koordinoima Biokaasulla liikkeelle -hankkeen tavoitteena on saada sekä ihmiset että tuottajat kiinnostumaan biokaasusta. Lähtökohtana on tilanne, jossa biokaasun tuotanto ei ole kannattavaa, koska kysyntää ei ole tarpeeksi, ja vastaavasti kysyntää ei ole, koska tankkausasemia ei ole tarpeeksi. Hankkeen pohjalta on lähdetty selvittämään biokaasun kulutuksesta, kysynnästä sekä tuotantomahdollisuuksista. [60]

Kysyntäongelman ratkaisuksi on kaavailtu raskaan liikenteen hyödyntämistä. Raskas liikenne kuluttaa merkittävän paljon polttoainetta, minkä ansiosta raskas liikenne voisi toimia biokaasun tuotannon ja käytön aloittajana. Kun kaasua olisi saatavilla, uskotaan myös muun autokannan siirtyvän hyödyntämään biokaasua. [60]

Alueelle on suunnitteilla viisi pilottilaitosta, jotka on sijoitettu alueille, joilla biokaasun tuotannolle on suuri potentiaali. Tällä pyritään siihen, että etäisyys tankkausasemille säilyisi riittävän lyhyenä ja biokaasun siirtokulut ja päästöt pysyisivät mahdollisimman pieninä. Iisalmi on osoittautunut potentiaalisimmaksi tankkausasemaksi prosessin alkuvaiheessa keskeisen sijaintinsa ansiosta. [60]

Alueen biomassojen määräksi on arvioitu 255 000 tonnia. Biomassoihin lukeutuu mm. lantaa, yhdyskuntalietteitä sekä teollisuuden jätteitä. Laskelmiin on mahdollista lisätä vielä peltobiomassoista saatavat raaka-aineet. Hyödyntämällä maatalouden jätteitä maatilat saavat ratkaisun mahdolliseen lantaongelmaan sekä tuotettua tiloilleen lannoitteita ja maanparannusaineita. [60]

Hanke on vielä suunnitteluvaiheessa, ja sen lopullista suuntaa saadaan vielä odotella. Hankkeen onnistuessa se voisi toimia suunnannäyttäjänä biokaasun hyödyntämiselle.

5. YHTEENVETO

Suurin osa maailman energiantuotannosta toimii erilaisilla polttoaineilla. Näistä polttoaineista suurin osa on edelleen fossiilista alkuperää. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi Euroopan Unioni ja sen jäsenvaltiot ovat asettaneet tavoitteita uusiutuvan energian hyödyntämiseen liittyen. Jokaisella jäsenvaltiolla on oma ilmasto-ohjelmansa, jolla fossiilisten polttoaineiden käyttöä pyritään vähentämään.

Bioenergian hyödyntäminen on väistämätöntä korvattaessa fossiilisia polttoaineita suurissa voimalaitoksissa sekä liikenteessä. Teoriassa bioenergia soveltuu korvaamaan fossiiliset polttoainevaihtoehdot, mikäli energianlähteitä on riittävästi saatavilla. Todellisuudessa tästä tavoitteesta ollaan vielä kaukana, mutta esimerkiksi sähkön- ja lämmöntuotannossa on päästy merkittävästi eteen päin viime vuosikymmeninä.

Teollisuuden energiantuotannossa puuenergia on potentiaalisin korvaaja öljylle ja kivihiilelle polttopuun runsaan saatavuuden ansiosta. Metsäteollisuuden jätteet hyödyntämällä entistä suurempi osa metsien energiavarannoista saadaan hyödynnettyä sähkön- ja lämmöntuotannossa. Suomessa puuenergia on suurin yksittäinen energianlähde myös fossiiliset polttoaineet mukaan lukien ja puuenergian hyödyntämisen voikin odottaa vain kasvavan.

Toinen potentiaalinen energianlähde teollisuudelle on biokaasu. Suuren energiamääränsä ansiosta biokaasulla voidaan säilöä suuria määriä energiaa pieneen tilaan. Raaka-aineita biokaasulle löytyy runsaasti ja sitä hyödynnetään vasta murto-osa sen koko potentiaalista. Biokaasun käytön voi odottaa yleistyvän, kunhan peltojen biomassoja aletaan hyödyntämään biokaasun tuotannossa.

Myös puusta valmistettuja pellettejä on alettu hyödyntämään teollisuuden energiantuotannossa, mutta suurempi potentiaali pellettien käytöllä on kotitalouksien lämmityksessä. Turpeen hyödyntäminen energiantuotannossa on vaihtelevaa ja on vaikea sanoa, mikä turpeen tulevaisuus on. Turpeella on kuitenkin edelleen rooli energiantuotannossa toimitusvarmuutensa ansiosta.

Kotitalouksien lämmityksessä pelleteistä on pyritty saamaan korvaaja fossiiliselle polttoöljylle. Potentiaalia pelleteillä on, sillä pellettien hinta on alle puolet kilowattituntia kohti verrattaessa sähköön ja polttoöljyyn. Kalliit automatisoidut polttojärjestelmät kuitenkin vaikeuttavat polttoöljyn syrjäyttämistä. Vuodesta 2028 lähtien polttoöljyn tulee sisältää

osittain uusiutuvaa polttoainetta, jollaiseksi kaavaillaan bioöljyä. Myös bioöljyn hyödyntäminen vaatii omanlaisensa järjestelmän bioöljyn ollessa hapanta nestettä. Tämä tulee varmasti näkymään myös pellettienergian yleistymisessä.

Liikenteen polttoaineita on pikkuhiljaa muutettu ilmastoystävällisemmiksi. Tärkeimpinä liikenteen biopolttoaineina toimivat uusiutuva diesel sekä bioetanoli.

Uusiutuva diesel voittaa biodieselin jokaisella osa-alueella seossuhteen ollessa näistä merkittävin. Sallittu seitsemän tilavuusprosenttia biodieseliä ei riitä saavuttamaan EU:n tai Suomen jakeluvolvoitteita nyt eikä varsinkaan tulevaisuudessa biokomponenttien vaadittujen osuuksien noustessa. Dieselin biokomponenttina tullaan jatkossa käyttämään pääasiassa uusiutuvaa dieseliä.

Bioetanoli toimii bensiinin biokomponenttina 10 % osuudella. Tulevaisuudessa etanolin osuutta on nostettava, jotta jakeluvolvoitteet saavutetaan. Toistaiseksi Flexfuel autojen ja 85 % etanolia sisältävän bensiinin hyödyntäminen näyttää epätodennäköiseltä, mutta Flexfuel autoilla voi olla mahdollisuus yleistyä etanolipitoisuuksien noustessa.

Biokaasuautojen omaksuminen Suomessa on ollut hidasta heikon tankkausverkoston vuoksi. Biokaasun suosiota pyritään kuitenkin nostamaan erilaisten hankkeiden myötä. Potentiaalia biokaasulla on myös autojen polttoaineena, mutta tällä hetkellä potentiaalın saavuttaminen näyttää kaukaiselta tavoitteelta.

LÄHTEET

- [1] Global Energy Statistical Yearbook (2021) "World Energy Consumption Statistics". Luettu: 18.11.2021. Saatavilla: <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>
- [2] Bioenergia Ry "Bioenergian tietopankki". Luettu 13.7.2020. Saatavilla: <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/>
- [3] Motiva Oy (2020) "Bioenergian käyttö". Luettu 13.7.2020. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto
- [4] Motiva Oy (2021) "Uusiutuva energia Suomessa". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa
- [5] Ilmasto-opas (2020) "Euroopan unionin ilmastopolitiikka ohjaa jäsenmaita". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/b82589fa-efc6-41c0-b7fd-0f1233b76c86/euroopan-unionin-ilmasto-politiikka-ohjaa-jasenmaita.html>
- [6] Eurostat "What is the share of renewable energy in the EU". Luettu 18.11.2021. Saatavilla: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-4c.html>
- [7] Motiva Oy (2020) "Biopolttoaineiden ominaislämpöarvoja". Luettu 13.7.2020. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/tiet-olahteita/biopolttoaineiden_lampoarvoja
- [8] Gasum Oy (2021) "Kysymyksiä ja vastauksia kaasuautoilusta". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://www.gasum.com/yksityisille/valitse-kaasuauto/ky-symyksia-kaasuautoilusta/>
- [9] ETIP Bioenergy (2020) "Fatty Acid Methyl Esters (FAME) Fact Sheet". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://www.etipbioenergy.eu/fact-sheets/fatty-acid-methyl-esters-fame-fact-sheet>
- [10] World Nuclear Association (2021) "Heat Values of Various Fuels". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/heat-values-of-various-fuels.aspx>
- [11] Neste Oyj "Neste MY – Liiku puhtaasti ja vähennä päästöjä". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: https://www.neste.fi/sites/neste.fi/files/Neste_MY_uusiutuva_diesel_esite.pdf
- [12] LAB Focus (2020) "Pyrolyysiöljyllä voidaan korvata fossiilisia polttoaineita". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://blogit.lab.fi/labfocus/pyrolyysioljylla-voidaan-korvata-fossiilisia-polttoaineita/>
- [13] Neste Oyj (2015) "Bensiiniopas". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: https://www.neste.com/sites/default/files/attachments/bensiiniopas_2015.pdf
- [14] Tilastokeskus (2020) "Energian hinnat". Luettu 25.11.2021. Saatavilla: https://www.stat.fi/til/ehi/2020/04/ehi_2020_04_2021-03-11_fi.pdf

- [15] Neste Oyj "Raakaöljyn hinta". Luettu 30.11.2021. Saatavilla: <https://www.neste.fi/konserni/sijoittajat/markkinatietoa/raakaoljyn-hinta>
- [16] Maa- ja metsätalousministeriö (2020) "Suomessa uusiutuvasta energiasta suurin osa on bioenergiaa". Luettu 16.9.2020. Saatavilla: <https://mmm.fi/bio-talous/bioenergia>
- [17] Suomen Metsäyhdistys (2019) "Neljännes Suomen energiasta tulee puusta". Luettu 16.9.2020. Saatavilla: <https://forest.fi/fi/artikkeli/bioenergia/>
- [18] Maa- ja metsätalousministeriö (2020) "Puupolttoaineet energian tuotannossa". Luettu 16.6.2020. Saatavilla: <https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/puun-energiakaytto>
- [19] Bioenergia Ry (2020) "Tutkittua tietoa turpeesta". Luettu 13.7.2020. Saatavilla: <http://turveinfo.fi/ukk/>
- [20] Bioenergianeuvoja (2020) "Pelletin käyttö". Luettu 13.7.2020. Saatavilla: <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/pelletti/pelletin-kaytto/>
- [21] Motiva Oy (2021) "Nestemäiset biopolttoaineet". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/nestemaiset_biopolttoaineet
- [22] Motiva Oy (2021) "Uusiutuva diesel". Luettu 16.8.2021. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikku-minen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/uusiutuva_diesel
- [23] Eurostat (2021) "Renewable energy statistics". Luettu 24.11.2021. Saatavilla: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics&oldid=515129#of_renewable_energy_used_in_transport_activities_in_2019
- [24] Gasum Oy (2021) "Biokaasu osana kiertotaloutta". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/>
- [25] Suomen kaasuenergia (2021) "Maakaasu ja biokaasu". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://suomenkaasuenergia.fi/maakaasu-ja-biokaasu/>
- [26] Ilmasto-opas "Metaani". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/dec264e2-6350-418c-a1bc-3ef7c80676aa/metaani.html>
- [27] Gasum Oy (2021) Uusiutuvalla biokaasulla voidaan tehokkaasti vähentää päästöjä". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasun-paastot/>
- [28] Neste Oyj (2016) "Mitä eroa on uusiutuvalla dieselillä ja perinteisellä biodieselillä – vai onko mitään?". Luettu 10.5.2021. Saatavilla: <https://www.neste.com/fi/mita-eroa-uusiutuvalla-dieselilla-ja-perinteisella-biodieselilla-vai-onko-mitaan>
- [29] Neste Oyj "Biodiesel ja uusiutuva diesel – Mitä eroa?". Luettu 13.7.2020. Saatavilla: <https://www.neste.fi/artikkeli/biodiesel-ja-uusiutuva-diesel-mita-eroa>

- [30] DieselNet (2015) "EU: Fuels: Automotive Diesel Fuel". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: https://dieselnet.com/standards/eu/fuel_automotive.php
- [31] Neste Oyj (2016) "Neste MY Uusiutuva Diesel™ – suorituskykyinen ja vähähiilinen biopolttoaine". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://www.neste.fi/vastuulliset-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet/neste-my-uusiutuva-diesel>
- [32] St1 (2021) "Diesel". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://www.st1.fi/yri-tyksille/tuotteet-ja-palvelut/polttonesteet/dieselit-ja-adblue>
- [33] Shell (2021) "Shell Diesel Powered By GTL". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://www.shell.fi/motorists/shell-fuels/shell-diesel.html>
- [34] Huoltovarmuuskeskus "Kotimaisen nestemäisen biopolttoaineen logistiikan haasteet ja mahdollisuudet - pyrolyysiöljyn arvoketjuanalyysi". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://www.varmuudenvuoksi.fi/aihe/energiahuolto/235/pyrolyysioiljy - uusi lisa energian omavaraisuuteen>
- [35] European Biomass Industry Association "Bioethanol". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/biofuels/bioethanol/>
- [36] Motiva Oy (2020) "Bensiini". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ ja_liikku- minen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/bensiini
- [37] Motiva Oy (2020) "Korkeaseosetanoli E85". Luettu 17.5.2020. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ ja_liikku- minen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ener- gialahteet/korkeaseosetanoli_e85
- [38] Tilastokeskus (2021) "Uusiutuva energia nousi fossiilisten ja turpeen ohi energian kokonaiskulutuksessa vuonna 2020". Luettu 24.11.2021. Saatavilla: https://www.stat.fi/til/ehk/2020/04/ehk_2020_04_2021-04-16_tie_001_fi.html
- [39] Tilastokeskus (2021) "Liitekuvio 1. Energian kokonaiskulutus 2020*(Korjattu 28.4.2021)". Luettu 24.11.2021. Saatavilla: https://www.stat.fi/til/ehk/2020/04/ehk_2020_04_2021-04-16_kuv_001_fi.html
- [40] Tilastokeskus (2020) "Energian kokonaiskulutus väheni ja uusiutuvan energian kulutus kasvoi prosentoin vuonna 2019". Luettu 24.11.2021. Saatavilla: https://www.stat.fi/til/ehk/2019/ehk_2019_2020-12-21_tie_001_fi.html
- [41] Bioenergia Ry "Turve ja turvemaat". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <http://turveinfo.fi/turve/turve-ja-turvemaat/>
- [42] Bioenergia Ry "Tutkittua tietoa turpeesta". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <http://turveinfo.fi/kayttotavat/energiakaytto/turpeen-energiakaytto/>
- [43] Luonnonvarakeskus (2021) "Puupelletit 2020". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: https://stat.luke.fi/puupelletit-2020_fi
- [44] Luonnonvarakeskus (2020) "Puupellettien tuotanto väheni ja tuonti lisääntyi vuonna 2019". Luettu 16.8.2021. Saatavilla: <https://www.luke.fi/uutinen/puupellettien-tuotanto-vaheni-ja-tuonti-lisaantyi-vuonna-2019/>

- [45] Luonnonvarakeskus (2021) "Tilastotietokanta". Luettu 24.11.2021. Saatavilla: http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_04%20Talou_s_12%20Puu-pelletit/
- [46] Valtioneuvosto (2021) "Öljylämmityksestä luopumisen ohjelmaluonnos lausunnoille – kieltojen sijaan edetään kannustein". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/utkastet-till-atgardsprogram-for-avstaende-fran-oljeuppvarmning-pa-remiss-incident-i-stallet-for-forbud>
- [47] Bioenergia Ry "Pellettienergia – Usein kysytyt kysymykset". Luettu 16.9.2021. Saatavilla: <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/pellettienergia/pelletti-ukk/>
- [48] Tilastikeskus (2020) "Uusiutuva energia nousi fossiilisten ja turpeen ohi energian kokonaiskulutuksessa vuonna 2020". Luettu 24.11.2021. Saatavilla: https://www.stat.fi/til/ehk/2020/04/ehk_2020_04_2021-04-16_tie_001_fi.html
- [49] Maa- ja metsätalousministeriö "Liikenteen biopolttoaineet". Luettu 23.9.2021. Saatavilla: <https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/puun-energiakaytto/liikenteen-bi-opolttoaineet>
- [50] Tilastikeskus "Energian kokonaiskulutus energialähteittäin (kaikki luokat), 1970-2020*". Luettu 24.11.2021. Saatavilla: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ene_ehk/stat-fin_ehk_pxt_12vq.px/table/tableViewLayout1/
- [51] Valtioneuvosto (2020) "Biokaasuohjelmaa valmisteleavan työryhmän loppuraportti". Luettu 23.9.2021. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bit-stream/handle/10024/162032/TEM_2020_3_Biokaasuohjelmaa%20valmistele- van%20tyoryhman%20loppur%20.pdf
- [52] Trafi "Liikennekäytössä olevat henkilöautot 31.12.2007-2020". Luettu 24.11.2021. Saatavilla: https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi_Liikennekay- tossa_olevat_ajoneuvot/030_kanta_tau_103.px/table/tableViewLayout1/
- [53] Gasum Oy "Biokaasu – uusiutuvaa kotimaista energiaa". Luettu 23.9.2021. Saatavilla: <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/>
- [54] Maa- ja metsätalousministeriö "Maatalous uusiutuvan energian tuottajana ja käyttäjänä". Luettu 23.9.2021. Saatavilla: <https://mmm.fi/ruoka-ja-maatalous/bi- okaasu>
- [55] Autoalan Tiedotuskeskus (2021) "Tieliikenteen energiankulutus, TJ/v". Luettu 1.10.2021. Saatavilla: https://www.aut.fi/tilastot/liikenteen_energianku- lutus/tieliikenteen_energiankulutus
- [56] Autoalan Tiedotuskeskus (2020) "Liikenteen polttonesteiden myyntitilastot". Luettu 1.10.2021. Saatavilla: https://www.aut.fi/tilastot/liikenteen_energianku- lutus/liikennepolttonesteiden_myynti
- [57] Tilastokeskus "Energian kokonaiskulutus energialähteittäin (kaikki luokat), 1970-2020*". Luettu 25.11.2021. Saatavilla: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ene_ehk/stat-fin_ehk_pxt_12vq.px/table/tableViewLayout1/

- [58] Eduskunta (2021) "Hallituksen esitys HE 144/2020 vp". Luettu 21.10.2021. Saatavilla: https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_144+2020.aspx
- [59] Lahti Energia Oy "Lämpöä ja sähköä paikallisista polttoaineista". Luettu 30.11.2021. Saatavilla: <https://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/energiantuotanto/#ainutlaatuinen-lauhdevesien-puhdistus>
- [60] Hiilineutraali Pohjois-Savo (2021) "Biokaasulla liikkeelle -hanke puhkaisemassa biokaasukuplaa". Luettu 30.11.2021. Saatavilla: <https://hiilineutraalipohjois-savo.fi/biokaasulla-liikkeelle-hanke-puhkaisemassa-biokaasukuplaa/>