

Kauran oljen, ruokohelven ja hakkeen sopivuus pelleteiksi

[Hilli Anu](#), [Pyy Jussi-Pekka](#), [Imppola Ritva](#)

12.9.2014 ::

Metatiedot

Nimeke: Kauran oljen, ruokohelven ja hakkeen sopivuus pelleteiksi

Tekijä: Hilli Anu; Pyy Jussi-Pekka; Imppola Ritva

Aihe, asiasanat: bioenergia, biopolttoaineet, energialähteet, energiantuotanto, hake, kaura, olki, pelletit, ruokohelvi, uusiutuvat energialähteet, vertailu

Aihe, luokitus: 60.82

Tiivistelmä: Uusiutuvien energialähteiden osuuden pitäisi nousta 27 % EU:n alueen energiankulutuksesta vuoteen 2030 mennessä. Suomessa biopolttoaineiden osalta pyritään lisäämään erityisesti puuperäisten polttoaineiden käyttöä sekä sähkön että lämmön tuotannossa. Myös viljelykasvien biomassoja pyritään hyödyntämään tehokkaammin, esimerkiksi biokaasun tuotannossa.

Puuperäisten raaka-aineiden ja peltobiomassojen käsittelyä voidaan helpottaa puristamalla ne pelleteiksi. Tämän työn tavoitteena oli selvittää kauran oljen sekä ruokohelven soveltuvuutta pelletöintiin ja verrata niiden ominaisuuksia purupelletteihin.

Purupelletit olivat kokeen pelleteistä parhaita. Poltto-ominaisuuksiltaan hakepelletit olivat purupellettien ohella parhaita, mutta niiden irtotiheys ja mekaaninen kestävyys olivat heikohkoja. Kauran olki pellettien kosteuspitoisuudet, tuhkapitoisuudet ja teholliset lämpöarvot olivat muihin raaka-aineisiin nähden heikoimpia.

Ruokohelpipellettien mekaaninen kestävyys ja irtotiheys vaihtelivat erinomaisesta heikokseen. Jos ruokohelpipellettien mekaaninen kestävyys ja irtotiheys saataisiin pellettierissä tasaisen korkeaksi, ruokohelvi olisi käyttökelpoinen raaka-aine pelletöinnissä ja poltossa. Hakkeen ja ruokohelven seospelletit olivat ominaisuuksiltaan osassa pellettieriä erittäin hyviä. Näiden kahden raaka-aineen seossuhteita kannattaisikin tutkia enemmän, jotta optimaalinen seossuhde pelletöintiin löydettäisiin.

Julkaisija: Oulun ammattikorkeakoulu, Oamk

Aikamääre: Julkaistu 2014-09-12

Pysyvä osoite: <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2014091144635>

Kieli: suomi

Suhde: <http://urn.fi/URN:ISSN:1798-2022>, ePooki - Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut

Oikeudet: Julkaisu on tekijänoikeussäännösten alainen. Teosta voi lukea ja tulostaa henkilökohtaista käyttöä varten. Käyttö kaupallisiin tarkoituksiin on kielletty.

Näin viittaat tähän julkaisuun

Hilli, A., Pyy, J. & Imppola, R. 2014. Kauran oljen, ruokohelven ja hakkeen sopivuus pelleteiksi. ePooki. Oulun seudun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut 11. Hakupäivä 12.9.2014. <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2014091144635> (<http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2014091144635>).

Uusiutuvien energianlähteiden käyttöä pyritään lisäämään. Suomessa lisäykset kohdistuvat erityisesti tuulivoimaan ja biopolttoaineiden hyödyntämiseen. Oulun ammattikorkeakoulussa selvitettiin uusien materiaalien, kuten kauran oljen, ruokohelven ja hakkeen soveltuvuutta pellettien raaka-aineeksi. Lisäksi niiden ominaisuuksia verrattiin yleisimmin käytettyihin puuperäisiin raaka-aineisiin, kuten sahan- ja kutterinpuruun.

EU:n tavoitteena on lisätä uusiutuvien energianlähteiden käyttöä 20 %:iin energiankulutuksesta vuoteen 2020 mennessä ja 27 %:iin vuoteen 2030 mennessä. ^{[1] (#cite-text-0-0)} Suomen energiantuotannossa pyritään lisäämään tuulivoiman ja biopolttoaineiden käyttöä. Tämä koskee myös puuperäisiä polttoaineita (hake, sahanpuru ja puunkuori), joiden käyttöä aiotaan lisätä sekä sähkön että lämmön tuotannossa ^{[2] (#cite-text-0-1)}. Energiatuotannossa viljelykasvien biomassasta on hyödynnetty muun muassa olkea lämmön tuotannossa ja ruokohelpeä sekä säilörehua biokaasun tuotannossa. ^{[2] (#cite-text-0-1)}

Oulun ammattikorkeakoulun EkoPelletti T&K -hankkeessa selvitettiin kauran oljen, ruokohelven ja hakkeen soveltuvuutta pelletöintiin ja verrattiin niiden ominaisuuksia purupelletteihin. Puuperäisten raaka-aineiden ja peltobiomassojen käsittelyä voidaan helpottaa ja kuljetuskustannuksia alentaa puristamalla ne pelleteiksi. Useimmat polttolaitteistot on suunniteltu purupohjaisille pelleteille. ^{[2] (#cite-text-0-1)} ^{[3] (#cite-text-0-4)}

Aineisto ja menetelmät

Pellettien raaka-aineina käytettiin purua, haketta, kauran olkea, ruokohelpeä ja näiden erilaisia seoksia (taulukko 1). Pelletöintikokeet tehtiin merikonttiin sijoitetulla, siirrettävällä pelletöintilaitteistolla (kuva 1). Laitteistossa on raaka-aineen esimurskain, vasaramylly, pellettipuristin, pellettien jäähdytystorni ja näitä osia yhdistävä materiaalin kuljetusjärjestelmä ^{[4] (#cite-text-0-5)}. Pelletöintiin käytettävän raaka-aineen määrä oli 30 kg.



Kuva 1. Merikonttiin rakennettu pelletöintilaitteisto (Kuvaaja: Mikko Aalto)

Pelleteistä määritettiin irtotiheys, kosteusprosentti, mekaaninen kestävyys, ylempi lämpöarvo ja tuhkapitoisuus. Määritykset tehtiin Suomen standardisoimisliitto SFS:n kiinteille biopolttoaineille laadittujen näytteenotto ja näytteen esikäsittely sekä fysikaalisten ja mekaanisten testimenetelmien ohjeiden mukaisesti. Lisäksi ylempi lämpöarvo muunnettiin teholliseksi lämpöarvoksi. [5] (#cite-text-0-6) [6] (#cite-text-0-7) Pelkkää purua sisältäviä pellettejä tehtiin 5 erää ja kauran oljesta, hakkeesta ja ruokohelvestä valmistettiin kaksi pellettierää (kuva 2). Seoksista ei tehty toistoja (taulukko 1).



Kuva 2. Kutterinpuru, hake, kauran olki ja ruokohelvi (Kuvaaja: Mikko Aalto)

Pellettien irtotiheys eli tilavuuspaino on pellettien massa tietystä kehystilavuudessa (g/l tai kg/t) [7] (#cite-text-0-8). Irtotiheys on suhteessa pellettien sisältämään energiamäärään. Mitä korkeampi on irtotiheys, sitä enemmän energiaa sama tilavuus pellettii sisältää. Suuren irtotiheyden omaavilla pelleteillä on myös pienemmät kuljetus- ja varastointikustannukset. Irtotiheys määritettiin punnitsemalla määrätty tilavuus pellettejä. [3] (#cite-text-0-4) [6] (#cite-text-0-7)

Kosteuspitoisuus kertoo, kuinka suuri osuus mitattavan materiaalin painosta on vettä. Pellettien kosteuspitoisuus määritettiin kuivaamalla näytteitä noin vuorokausi lämpökaapissa ($105^{\circ}\text{C}\pm 2$). Kosteuspitoisuus laskettiin haihtuneen näyteosuuden ja kostean näytteen alkuperäisen massan suhteesta. [3] (#cite-text-0-4) [6] (#cite-text-0-7)

Pellettien mekaaninen kestävyys määritettiin rumpuseulalla [6] (#cite-text-0-7). Mekaanisella kestävyydellä tarkoitetaan tiivistettyjen polttoaineiden, kuten pelletin, isku- ja/tai hankautumiskestävyyttä, polttoaineen käsittely- ja kuljetusvaiheiden aikana.

Ylempi lämpöarvo määritettiin pommikalorimetrillä. Kun lämpöarvo määritetään pommikalorimetrillä, näyte poltetaan happi-ilmakehässä veden ympäröimässä tilassa. Lämpötilan muutos näytteen ympärillä olevassa vedessä ilmaisee näytteen lämpöarvon, jonka laite mittaa. Tehollista lämpöarvoa laskettaessa vähennetään energiamäärä, joka kuluu polttoaineen luontaisesti sisältämän ja palamisessa syntyvän veden haihtumiseen. [6] (#cite-text-0-7)

Tuhka on epäorgaanisen aineen massa, joka jää jäljelle poltettaessa polttoaine täydellisesti. Tuhkapitoisuus ilmoittaa tuhkan painon polttoaineen kuiva-aineen painosta. [7] (#cite-text-0-8) Tarkemmat kuvaukset käytetyistä menetelmistä ja yksityiskohtaisemmat tulokset on esitetty aiheesta laaditussa opinnäytetyössä [8] (#cite-text-0-16).

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Mittausten mukaan purupellettien irtotiheydet olivat korkeimmat ja hakepellettien alhaisimmat. Hakepellettien irtotiheydet olivat keskimäärin 408 g/l. Seospellettien irtotiheydet olivat hyviä, ollen pääosin yli 500 g/l. Hakkeen ja kauran oljen seospelleteissä irtotiheys oli yleensä sitä parempi, mitä pienempi oli hakkeen osuus. Vaikka seospellettien irtotiheydet olivat hyviä, jäivät ne alle 600 kg/m^3 , joka on Suomen standardisoimisliitto SFS:n kiinteille biopolttoaineille asettamien puu- ja olkipellettien laatuvaatimus irtotiheydelle [5] (#cite-text-0-6). Sen sijaan ruokohelpeä sisältäneissä pelleteissä ylettiin osittain 550 kg/m^3 SFS:n laatuvaatimuksiin.

Taulukko 1. Pellettien irtotiheyden, kosteuspitoisuuden, mekaanisen kestävyden ja tehollisen lämpöarvon tulokset

Raaka-aineseos	Irtotiheys g/l	Kosteus-pitoisuus %	Mekaaninen kestävyys %	Tehollinen lämpöarvo MJ/kg
Puru 100 %	622,10	9,29	94,96	
Puru 100 %	533,90	9,51	86,08	17,51
Puru 100 %	586,67	8,10	93,33	17,53
Puru 100 %	611,78	8,72	95,60	17,62
Puru 100 %	558,00	12,43	95,06	16,12
Hake 100 %	419,18	9,58	80,36	16,95

Hake 100 %	396,28	10,79	74,85	16,42
Hake 98 % / Lingsulfaatti 2 %	413,26	9,77	80,10	16,60
Hake 95 % / Lingsulfaatti 5 %	402,94	10,04	83,97	16,69
Kauran olki 100 %	535,70	11,51	97,66	13,93
Kauran olki 100 %	476,32	14,92	91,73	13,37
Ruokohelpi 100 %	502,40	7,97	62,33	16,08
Ruokohelpi 100 %	575,5	14,61		
Hake 33,33 % / Puru 66,66 %	529,80	10,54		-
Hake 25 % / Kauran olki 75 %	580,60	13,70	91,56	14,48
Hake 50 % / Kauran olki 50 %	522,66	12,96	91,07	15,14
Hanke 50 % / Kauran olki 50 %	401,01	14,12	78,68	14,67
Hake 75 % / Puru 25 %	471,92	12,06	86,04	15,88
Kauran olki 25 % / Puru 75 %		10,79	91,72	16,10
Kauran olki 50 % / Puru 50 %	556,06	12,30	93,05	15,00
Kauran olki 75 % / Puru 25 %	502,72	13,54	93,65	14,00
Hake 25 % / Ruokohelpi 75 %	513,53	7,99	72,29	16,31
Puru 50 % / Ruokohelpi 50 %	574,86	7,83	88,91	16,70
Ruokohelpi 74 % / Hake 24 % / Lingsulfaatti 2 %	543,66	8,90	95,49	16,00
Hake 65 % / Kauran olki 33 % / Lingsulfaatti 2 %	519,29	8,90	94,42	16,37
Hake 80 % / Ruokohelpi 20 %	556,38	9,21	98,21	16,80

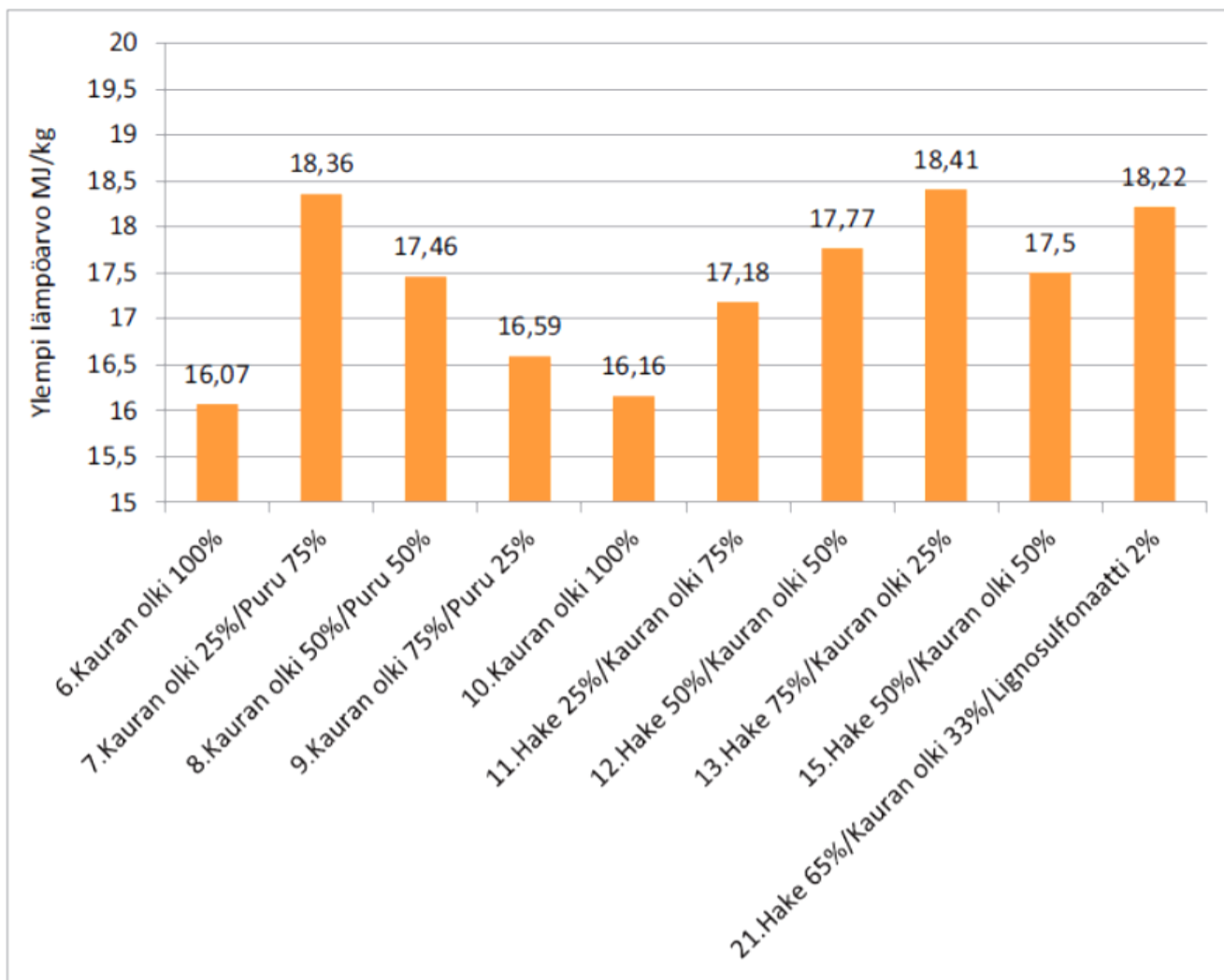
Pellettien (kuva 3) kosteuspitoisuudet vaihtelivat 7,8 - 14,9 %:n välillä. Alhaisimmat kosteuspitoisuudet olivat purupelleteillä ja korkeimmat kauran oljesta sekä kauran oljesta ja hakkeesta valmistetuilla seospelleteillä. (Taulukko 1.) Kaiken kaikkiaan pellettien kosteusprosentit olivat hyviä, sillä SFS:n kiinteiden biopolttoaineiden laatuohituksen mukaan puu- ja olkipellettien kosteuspitoisuus saa olla enintään 10 % ja ruokohelpipellettien 12 % [\[5\] \(#cite-text-0-6\)](#).



Kuva 3. Vasemmalla väriltään tummaa ruokohelpipellettiä ja oikealla vaaleaa purupellettiä (Kuvaaja: Oulun ammattikorkeakoulun Viestintäpalvelut)

Pellettituotannon yksi tärkeimmistä mittareista on mekaaninen kestävyys, koska pienhiukkasten suuri määrä voi aiheuttaa ongelmia muun muassa pellettien varastoinnissa ja syöttöruuvissa [\[9\] \(#cite-text-0-19\)](#). Ei-teollisuuskäyttöön tarkoitettujen puupellettien parhaimmassa luokassa A1 mekaanisen kestävyuden tulee olla yli 97,5 %, kuten myös olkipelleteillä. Ruokohelpipelleteillä mekaanisen kestävyuden tulee olla yli 96,5 % [\[5\] \(#cite-text-0-6\)](#). Näistä pellettieristä ainostaan hake-ruokohelpiseospelletti (80/20) ja yksi kauran oljesta valmistettu pellettierä täyttivät mekaanisen kestävyuden laatuvaatimukset (taulukko 1).

Purupellettien lämpöarvot olivat parhaimmat. Purupellettien ylempien lämpöarvojen keskiarvo oli 18,46 MJ/kg. Haketta sisältävien pellettien ylempät lämpöarvot puolestaan olivat 17,18-19,02 MJ/kg. Purua ja haketta sisältävien pellettien lämpöarvot vastasivat hyvin kutterinlastusta ja sahanpurusta sekä puuhakkeesta valmistettujen pellettien kalorimetrisia lämpöarvoja, jotka vaihtelevat 18,5-19,2 MJ/kg [\[10\] \(#cite-text-0-21\)](#). Alimmilleen ylempät lämpöarvot laskivat, kun valtaosa pelletin raaka-aineesta oli kauran olkea (kuvio 1).



Kuvio 1. Kauran olkea sisältävien pellettien ylempät lämpöarvot [8] (#cite-text-0-16)

Puru- ja hakepellettien teholliset lämpöarvot (taulukko 1) ylsivät pääosin SFS:n kiinteiden biopolttoaineiden laatuluokituksen (A1) mukaisiin tehollisiin lämpöarvoihin (16,5-19 MJ/kg) [5] (#cite-text-0-6). Myös ruokohelpipellettien tai siitä ja hakkeesta valmistettujen pellettien teholliset lämpöarvot olivat hyviä. Ruokohelpipelleteillä tehollisen lämpöarvon pitäisi olla yli 14,5 MJ/kg [5] (#cite-text-0-6), joka ylitettiin kaikilla ruokohelven ja hakkeen seoksesta valmistetuilla pellettierillä. Sen sijaan pelkästä ruokohelvestä valmistettujen pellettien teholliset lämpöarvot jäivät osittain tämän arvon alle (taulukko 1).

Nyt tutkittujen pellettierien tuhkapitoisuudet olivat pieniä. Pelkkää purua sisältävien pellettien tuhkapitoisuus oli alle puoli prosenttia, joka täyttää SFS:n puupohjaisten pellettien tuhkapitoisuuden laatuvaatimukset (alle 0,7 %) [5] (#cite-text-0-6). Purua sisältävien seospellettien tuhkapitoisuuden keskiarvo oli 1,07 %.

Haketta sisältävien pellettien tuhkapitoisuus kasvoi sen mukaan, mitä enemmän sen kanssa sekoitettiin kauran olkea tai ruokohelpeä. Haketta sisältävien pellettien tuhkapitoisuuksien keskiarvo oli 2,27 %.

Kauran olkea sisältäneet pelletit saivat tuhkapitoisuuden keskiarvoksi 3,4 %. Pelkästä kauran oljesta valmistettujen pellettien tuhkapitoisuudet olivat 9,5 % ja 4,1 %. Muiden raaka-aineiden kanssa sekoitettuna kauran olki nostaa pellettien tuhkapitoisuutta. Siitä huolimatta kaikkien kauran olkea sisältävien pellettien tuhkapitoisuusarvo oli selvästi alle 6 %, joka on SFS:n olkipellettien laatuvaatimusten maksimipitoisuus [5] (#cite-text-0-6).

Ruokohelpeä sisältävien pellettien tuhkapitoisuuden keskiarvo oli 3,37 %. Kun ruokohelppi oli pellettien ainoa raaka-aine, tuhkapitoisuudet olivat 4,1 ja 4,9 %. Ruokohelpeä sisältävien pellettien tuhkapitoisuudet jäivät selvästi alle SFS:n laatuvaatimusten, joiden mukaan ruokohelpipellettien tuhkapitoisuus saa olla 8 % [5] (#cite-text-0-6).

Johtopäätökset

Purupelletit olivat kokeen pelleteistä parhaita. Purupelletin lämpöarvot olivat selvästi parhaimmat ja niiden tuhkapitoisuus oli selvästi pienin. Hakepellettien suurimmat ongelmat olivat mekaanisessa kestävyudessa sekä irtotiheydessä. Lignosulfonaatin käyttö sideaineena ei näytä lisäävän hakepellettien mekaanista kestävyyttä. Sen sijaan poltto-ominaisuuksiltaan hakepelletit ovat purupellettien ohella parhaita.

Kauran olkipellettien kosteuspitoisuudet, tuhkapitoisuudet ja teholliset lämpöarvot olivat muihin raaka-aineisiin nähden heikoimpia. Mekaaniselta kestävyydeltään ja irtotiheydeltään ne olivat kuitenkin hakepellettejä parempia. Ruokohelppi pellettien mekaaninen kestävyys ja irtotiheys vaihtelivat erinomaisesta heikohkoon. Jos ruokohelppi pellettien mekaaninen kestävyys ja irtotiheys saataisiin tasaisen korkeaksi, ruokohelppi olisi hyväraaka-aine pelletöinnissä ja kohtuullinen myös poltossa.

Erityisesti on huomioitava hakkeen ja ruokohelven seospelletit, sillä niiden ominaisuudet olivat osassa pellettieriä erittäin hyviä. Näiden kahden raaka-aineen seossuhteita kannattaisikin tutkia enemmän, jotta optimaalinen seossuhde pelletöintiin löydettäisiin. Nyt tutkituissa pellettierissä oli suurta vaihtelua erityisesti irtotiheydessä. Myös purun ja ruokohelven seossuhteita kannattaisi vielä selvittää lisää, sillä nyt tutkittiin vain seossuhde 50/50.

Pelletöintikokeet tehtiin osana [EkoPelletti T&K](http://www.oamk.fi/hankkeet/ekopelletti/) (http://www.oamk.fi/hankkeet/ekopelletti/) -hanketta. Hanke toteutettiin yhteistyössä Oulun ammattikorkeakoulun Tekniikan ja Luonnonvara-alan yksikön sekä Oulun yliopiston Kemian laitoksen ja Prosessi- ja ympäristötekniikan osaston kanssa. Hanketta rahoitti Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto ja Suomen valtio Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen välityksellä.

1. ^Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä sekä direktiivien 2001/77/EY ja 2003/30/EY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta. Hakupäivä 19.5.2014.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ...>
2. ^Bioenergia Suomessa 2012. Biopolttoainetietoja. Hakupäivä 19.5.2014.
<http://www.finbioenergy.fi/default.asp?SivulID=9166>
3. ^Aalto, M. 2013. Pellettien valmistus ja ohjeistus. Hakupäivä 19.5.2014.
<http://www.oamk.fi/hankkeet/ekopelletti/docs...>
4. ^Sweden power chippers AB. Pellettipuristimen PP150 Kompak. Käyttöohjeet. Moniste.
5. ^SFS-Käsikirja 35-1. 2012. Kiinteät biopolttoaineet. Osa 1: Terminologia, luokitusjärjestelmät ja laadunvarmistus sekä analyysitulosten muuntaminen eri ilmoittamisperustoille. Suomen standardoimisliitto SFS RY.
6. ^SFS-Käsikirja 35-2. 2012. Kiinteät biopolttoaineet. Osa 2: Terminologia, näytteenotto ja näytteen esikäsittely, fysikaaliset ja mekaaniset testimenetelmät sekä analyysitulosten muuntaminen eri ilmoittamisperustoille. Suomen standardisoimisliitto SFS RY.
7. ^Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Hakupäivä 16.6.2014.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>
8. ^Pyy, J-P. 2014. Purun, hakkeen, kauran oljen ja ruokohelven pelletöityminen. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 30.5.2014.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201405127393>
9. ^Oberberger, I. & Thek, G. 2010. The Pellet Handbook. London: Earthscan.
10. ^Kuokkanen, M., Kolppanen, R. & Kuokkanen, T. 2011. Nesteiden ja kiinteiden aineiden lämpöarvojen määrittäminen. Hakupäivä 19.5.2014.
http://www.oamk.fi/hankkeet/ekopelletti/docs/ekopelletti_info_010911.pdf