

Puupolttoaineiden laatuohje

VTT-M-07608-13 – päivitys 2020



Bioenergia ry
Eteläranta 10
00130 Helsinki
www.bioenergia.fi



Energiateollisuus ry
Eteläranta 10
00130 Helsinki
www.energia.fi



Metsäteollisuus ry
Snellmaninkatu 13
00170 Helsinki
www.metsateollisuus.fi

Esipuhe

Puupolttoaineiden laatuohje (VTT-M-07608-13) on tarkoitettu puupolttoaineiden tuottajille, toimittajille ja käyttäjille ohjeeksi, miten puupolttoaineiden laatu luokitellaan ja määritetään. Ohje voi toimia myös viranomaisten apuna mm. päästökaupassa sekä syöttötariffien soveltamisessa puupolttoaineille.

Puupolttoaineiden laatuohjeen ensimmäinen versio laadittiin vuonna 2013 ja siihen osallistui työryhmä, jossa oli edustajia puupolttoaineiden tuottajista ja käyttäjistä, yhdistyksistä sekä viranomaisista. Lisäksi tutkijat ovat toimittaneet aineistoa ja kommentoineet ohjetta vuonna 2013. Työryhmän ja työhön osallistuneiden nimet on julkaistu vuoden 2013 versiossa.

Tämä kolmas päivitetty versio korvaa vuoden 2014 Puupolttoaineiden laatuohjeen. Ohjeessa on tarkistettu SFS-EN ISO 17225-1 ja SFS-EN ISO 17225-4 standardien laatuvaatimuksien muutokset sekä päivitetty myös taulukossa 1 luetellut ominaisuuksien määrittämiseen liittyvät standardit.

Päivityksen on laatinut Eija Alakangas, joka toimii edellä mainittujen standardien laadinnan kansainvälisen standardisointijärjestön (ISO) teknisen komitean ISO/TC 238 laatuluokittelu-työryhmän puheenjohtajana.

Puupolttoaineiden laatuohjeen julkaisijat ovat Bioenergia ry, Energiateollisuus ry, Metsäteollisuus ry ja VTT.

Tärkeimmät muutokset ovat seuraavat: luettelo puupolttoaineiden ominaisuuksien määrittämiseen käytettävistä standardeista päivitetty (taulukko 1), lisätty SFS-EN ISO 17225-9, päivitetty Tilastokeskuksen puupolttoaineluokat, taulukot 3, 4 ja 5 päivitetty uusilla standardien laatuvaatimuksilla, yli 50 MW:n laitoksien LPC BREF-ohjeistus lisätty, lisätty tietoa röntgenkosteusmittauksista, lisätty yli 200 m³ (HCT rekkujen) näytemäärät ja muutettu yksittäisnäytteen määrä latvusmassasta tehdyille hakkeelle 5 litraan, kirjallisuusluettelo päivitetty sekä liitteeseen 3 on muutettu vaaditut seulojen koot ja tehty esimerkkejä hakkuutähdehakkeen palakokoluokituksesta ja liite 10 on poistettu.

Helsingissä, 30. marraskuuta 2020

Harri Laurikka, Bioenergia ry

Jukka Leskelä, Energiateollisuus ry

Timo Jaatinen, Metsäteollisuus ry

Sisällysluettelo

Esipuhe	1
Sisällysluettelo	2
1. Johdanto	5
2. Soveltamisala	6
3. Viittaukset	6
4. Termit ja määritelmät	8
4.1 Puupolttoaineet	8
4.2 Näytteenotto, käsittely ja analyysit	11
5. Käytetyt lyhenteet, symbolit ja energiayksiköt	13
6. Puupolttoaineiden määrittely ja laatuluokittelu	15
6.1. Puupolttoaineiden määrittelyn periaate	15
6.2 Laatuluokkien määrittely	16
6.2.1 Yleisperiaatteet	16
6.2.2 Luokittelu raaka-aineen alkuperän mukaan	16
7. Laadun määrittäminen	22
7.1 Yleistä	22
7.2 Kosteus (M)	22
7.3 Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa ($q_{p,net,ar}$)	23
7.4 Energiatiheys saapumistilassa (E_{ar})	23
7.5 Toimitettu energiamäärä (W)	24
7.6 Irtotiheys (BD)	24
7.7 Palakokojakauma (P)	25
7.8 Muut ominaisuudet	25
8. Puupolttoaineiden laadunvarmistus	26
9. Näytteenotto ja näytteiden käsittely	28
9.1 Yleistä näytteenotosta	28
9.2 Näytteenottosuunnitelma	28
9.3 Näytteenottopaikka	29

9.4 Näytteenottotapa	29
9.4.1 Yleistä	29
9.4.2 Koneellinen näytteenotto	30
9.4.3 Manuaalinen näytteenotto	31
9.5 Yksittäisnäytteiden lukumäärä ja tilavuus	33
9.6 Näytteiden muodostaminen ja käsittely	35
9.6.1 Yleistä	35
9.6.2 Kokoomanäytteet	35
9.6.3 Näytteiden käsittely	36
10. Muut säädökset	39
Kirjallisuus	40
Liite 1 – Puuraaka-aineen (1.1 ja 1.2) luokitus standardin SFS-EN ISO 17225-1 mukaan	43
Liite 2 – Esimerkkejä eri puupolttoaineiden tuoteselosteista	44
Liite 3 – Palakoon määrittäminen	46
Liite 4 – Kosteuden määrittäminen	48
Liite 5 – Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa – laskenta	50
Liite 6 – Irtotiheyden määrittäminen	51
Liite 7 – Esimerkki puupolttoaineiden näytteenotto- ja käsittelyketjusta	53
Liite 8 – Yksittäisnäytteiden lukumäärä	54
Liite 9 – Puupolttoaineiden laatukaavio	55

1. Johdanto

Puupolttoaine on Suomen tärkein uusiutuvan energian lähde, jonka osuus Suomen energian kokonaiskulutuksesta oli 28 % vuonna 2019.

Tämän laatuohjeen tavoitteena on luoda kiinteille puupolttoaineille yksiselitteiset ja selvät luokittelun periaatteet, opastaa laadun määrittämisessä ja toimia näin apuvälineenä puupolttoaineiden kaupassa. Lisäksi tavoitteena on edistää myyjän ja ostajan välistä hyvää yhteisymmärrystä sekä palvella myös laitevalmistajien tarpeita. Ohje auttaa myös viranomaisia lupamenettelyissä ja raportoinnissa.

Ohje ei sisällä kotitalouden puupolttoaineiden laatuluokittelua. Tätä tarkoitusta varten voi soveltaa SFS-EN ISO 17225-4 standardin laatuluokittelua. Myöskään pellettejä ja brikettejä ei käsitellä tässä laatuohjeessa, vaan niiden laadun määrittelyssä sovelletaan omia laatustandardeja (SFS-EN ISO 17225-1, SFS-EN ISO 17225-2 ja SFS-EN ISO 17225-3).

Tämän laatuohjeen laadinnassa on hyödynnetty kiinteiden biopolttoaineiden kansainvälisiä standardeja ja VTT:n laatimaa SolidStandards-projektin hakestandardien opasta. Ohjetta voidaan soveltaa myös kansainväliseen puupolttoaineiden kauppaan ja siitä on laadittu myös englanninkielinen versio.

Puupolttoaineiden luokittelu perustuu raaka-aineen alkuperän luokitteluun ja puubiomassa (Luokka 1) voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

- 1.1 Luonnon- ja istutusmetsän puubiomassa sekä muu luonnonpuu (liite 1),
- 1.2 Puunjalostusteollisuuden sivutuotteet ja tähteet (liite 1) ja
- 1.3 Käytöstä poistettu puu tai puutuote.

Tämä ohje keskittyy metsästä saataviin puupolttoaineisiin sekä teollisuuden puutähteisiin. VTT on laatinut erillisen selvityksen ja luokitteluohjeen käytöstä poistetusta puusta (luokka 1.3) Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön (VTT-M-01931-14). ”Puhtaan” käytöstä poistetun puun laadunmäärittämisessä toimitaan tämän ohjeen periaatteen mukaisesti ja Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön – ohjeen lisälaatukriteerien mukaan.

Jos puupolttoaine koostuu sekoituksista, on eri polttoaineiden prosentuaaliset osuudet (energia) määritettävä ennen sekoittamista ja niiden osuudet on ilmoitettava. Jos sekoitetaan metsäpolttoaineita sekä käytöstä poistettua puuta tai teollisuuden puutähdettä, on eri alkuperää olevien raaka-aineiden prosentuaaliset energiaosuudet ilmoitettava. Syöttötariffijärjestelmään kuuluvien voimalaitosten osalta Energiaviraston on hyväksyttävä voimalaitoskohtaisesti seuranta-suunnitelma, jossa polttoaineiden energiasisällön määrittely on kuvattu mahdolliset seokset huomioon ottaen. Lisäksi jos sekoitetaan puupolttoaineita ja turvetta, niin silloin tämän ohjeen lisäksi on noudatettava myös Energiaturpeen laatuohjetta ja huomioitava päästökaupan vaatimukset.

Tämä laatuohje korvaa puupolttoaineiden laatuohjeen vuoden 2014 version.

2. Soveltamisala

Tämän ohjeen käyttötarkoitus on määrittellä menettely, jota käyttäen puupolttoaineiden laatu ja energiamäärä voidaan ilmoittaa ja todeta yksikäsitteisesti ja tarkoituksenmukaisesti.

3. Viittaukset

Laadun määrittämisessä käytetään taulukossa 1 lueteltuja menetelmiä. Kosteuden määrittämisessä voidaan erikseen sopien käyttää myös muita kosteuden mittaamenetelmiä (esim. pika-kosteusmittareita ja jatkuvatoimisia röntgentekniikkaan perustuvia menetelmiä), jos niiden vastaavuus standardimenetelmiin verrattuna voidaan osoittaa.

Taulukko 1. Luettelo puupolttoaineiden ominaisuuksien määrittämiseen liittyvistä standardeista ¹

Ominaisuus	Standardi ¹
Kokonaiskosteus saapumistilassa (M_{ar})	Kiinteät biopolttoaineet. Kosteuspitoisuuden määrittäminen. Uunikuivausmenetelmä. Osa 2: Kokonaiskosteus. Yksinkertaistettu menetelmä. (SFS-EN ISO 18134-2)
Tuhkapitoisuus (A_d)	Kiinteät biopolttoaineet. Tuhkapitoisuuden määrittäminenmenetelmä. (SFS-EN ISO 18122)
Tehollinen lämpöarvo ($q_{p,net,d}$)	Solid biofuels. Method for the determination of calorific value (SFS-EN ISO 18125) – englanninkielinen
Palakokojakauma (P) ja hienoaineksen määrä (F)	Kiinteät biopolttoaineet. Palakokojakauman määrittäminen puristamattomille polttoaineille. Osa 1: Täryseula-menetelmä (oskilloiva) käyttäen 3,15 mm ja sen yli meneviä seulan aukkoja. (SFS-EN ISO 17827-1) Kiinteät biopolttoaineet. Palakokojakauman määrittäminen puristamattomille polttoaineille. Osa 2: Täryseula-menetelmä (värähtelevä) käyttäen 3,15 mm ja sen alle meneviä seulan aukkoja. (SFS-EN ISO 17827-2)
Irtotiheys (BD)	Kiinteät biopolttoaineet. Irtotiheyden määrittäminen. (SFS-EN ISO 17828)
Hiilen (C), vedyn (H) ja typen (N) pitoisuus	Solid biofuels. Determination of total content of carbon, hydrogen and nitrogen - Instrumental methods (SFS-EN ISO 16948) – englanninkielinen
Rikin (S) ja kloorin (Cl) pitoisuus	Solid biofuels. Determination of total content of sulphur and chlorine (SFS-EN ISO 16994) – englanninkielinen
Vesiliukoisen kloridi- (Cl), natrium- (Na) ja kaliumpitoisuuden (K) määrittäminen	Solid biofuels. Determination of the water soluble chloride, sodium and potassium content (SFS-EN ISO 16995) – englanninkielinen
Pääalkuaineet (Al, Si, K, Na, Ca, Mg, Fe, P ja Ti)	Solid biofuels. Determination of major elements. (SFS-EN ISO 16967) – englanninkielinen
Hivenaineet (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Se, Te, V ja Zn)	Solid biofuels. Determination of minor elements. (SFS-EN ISO 16968) – englanninkielinen
Epäpuhtauksien määrittäminen (yli 3,15 mm, raskaitten kappaleiden määrittäminen)	Solid biofuels — Determination of content of heavy extraneous materials larger than 3,15 mm - englanninkielinen

¹ standardeista käytetään aina uusinta julkaistua versiota (tarkista www.sfs.fi). Vuoden 2021 aikana julkaistaan standardeista päivitettyjä versioita.

Lisäksi laatuluokitteluun, laadunvarmistuksen ja näytteenoton ja -käsittelyn soveltamiseen tarvitaan seuraavia standardeja:

- SFS-EN 15234-1 Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laadunvarmistus. Osa 1: Yleiset vaatimukset (tekstissä käytetään nimitystä: laadunvarmistusstandardin osa 1).
- SFS-EN 15234-4 Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laadunvarmistus. Osa 4: Puuhake ei-teollisuuskäyttöön (tekstissä käytetään nimitystä: laadunvarmistusstandardin osa 4).
- SFS-EN ISO 18135 Kiinteät biopolttoaineet. Näytteenotto (tekstissä käytetään nimitystä: näytteenottostandardi).
- SFS-EN ISO 14780 Kiinteät biopolttoaineet. Näytteen esikäsittely (tekstissä käytetään nimitystä näytteenkäsittelystandardi).
- SFS-EN ISO 17225-1 Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laatuvaatimukset ja luokat. Osa 1: Yleiset vaatimukset. (tekstissä käytetään nimitystä: laatuluokittelustandardin osa 1).
- SFS-EN ISO 17225-4 Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laatuvaatimukset ja luokat. Osa 4: Laatuluokiteltu puuhake (tekstissä käytetään nimitystä: laatuluokittelustandardin osa 4).
- SFS-EN ISO 17225-9 Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laatuvaatimukset ja luokat. Osa 9. Laatuluokiteltu murske ja hake teollisuuskäyttöön (suositellaan yli 5 MW_{th} laitoksille).

4. Termit ja määritelmät

4.1 Puupolttoaineet

Energiapaju (21.10.50²)

Lyhytkiertoisella viljelyllä energiakäyttöön kasvatettu pajupuusto tai pajubiomassa.

Hake, puuhake

Tietykokoisiksi palasiksi haketettu puubiomassa, joka on valmistettu mekaanisesti leikkaavilla terillä. Puuhakkeen palat ovat suorakaiteen muotoisia, sivujen tyypillinen pituus on 5 – 50 mm, ja paksuus on pieni verrattuna muihin mittoihin.

Hakkuutähde (21.20.30)

Hakkuutähdettä on runkopuun hakkuun yhteydessä syntyvä metsään jäävä puuaines, kuten oksat ja latvat sekä hakkuualueille jäävä, pienikokoinen puu, ns. raivauspuu ja hylkypölkyt.

Harvennuspuu (21.10.20)

Harvennushakkuissa poistettava osa metsikön puustosta, harvennushakkuista korjattu puutavara. Ks. myös ranka ja koko puu.

Kanto (21.10.40)

Kaatopinnan alapuolinen rungon osa mukaan lukien puun juuristo.

Kierrätyspuu (21.50.10)

Biopolttoaineeksi luokiteltava puhdas puutähde tai käytöstä poistettu puu tai puutuote, jotka eivät sisällä muovipinnoitteita tai halogenoituja orgaanisia yhdisteitä eikä raskasmetalleja. Esimerkiksi uudisrakentamisen puutähde, kuormalavat, puupakkaukset, jne.

Kokopuu (21.10.20, 21.10.21 pienpuu, 21.10.22 järeä puu)

Kaadettu ja karsimaton puu, juuristo pois lukien. Sisältää rungon kuorineen, oksat ja neulaset/lehdet. Ks. ranka ja runkopuu.

Kuori (21.20.10)

Ainespuusta eri kuorintatekniikoilla syntyvä kuoritähde.

Kutterinlastu, höylänlastu (21.20.40)

Puutavaran höyläyksessä syntyvä puutähde.

Latvusmassa (21.20.30)

Ainespuuhakkuun sivutuote, johon kuuluvat latvat, oksat, neulaset ja lehdet. Latvusmassa on synonyymi latvuksille ja oksille.

² Suluissa on vastaava Tilastokeskuksen polttoaineluokituksen numero. Tarkista Tilastokeskuksen viimeisin polttoaineluokitus Tilastokeskuksen nettisivuilta <http://www.tilastokeskus.fi/polttoaineluokitus>

Lyhytkiertoviljelty puubiomassa (21.10.50)

Puubiomassa, joka on kasvatettu raaka-aineeksi tai energiaksi lyhytkiertometsissä, jonka kiertoaika on 5 – 8 vuotta (esim. energiapaju).

Metsähake

Metsäpuubiomassasta valmistettu puuhake. Suomessa metsähaketermiä käytetään yleisterminä tarkoittaen ranka- (21.10.20), kokopuu-(21.10.20) ja hakkuutähdehaketta tai -mursketta (21.10.30).

Metsäpolttoaine (21.10)

Puupolttoaine, joka on valmistettu puuraaka-aineesta, jota ei ole aikaisemmin käytetty muuhun tarkoitukseen ja se valmistetaan suoraan puusta mekaanisella prosessilla. Ks. kanto, hakkuutähde, metsähake, harvennuspuu ja latvusmassa.

Murske

Puupolttoaine, jolla on vaihteleva palakoko ja -muoto ja joka on valmistettu siten, että puu murskataan tylpillä työkaluilla, kuten teloilla, vasaroilla tai "varstoilla".

Polttoainepuru; polttoainepöly

Jauhettu biopolttoaine, jonka tyyppillinen palakoko on 1 – 5 mm. Esimerkiksi sahanpuru (21.20.20) ja hiontapöly (21.20.40).

Polttohake; energiahake

Yleisnimitys polttoon tai muuhun energiantuotantoon käytettävälle, eri tekniikoilla tehdyille hakkeelle.

Purkupuu (21.30.10)

Käytöstä poistettu puu tai puutuote, jota syntyy purettaessa rakennuksia tai tie- ja vesirakennustyön rakennelmia. Vastaavien kohteiden uudisrakentamisen puutähde on kierrätyspuuta (21.50.10).

Puunjalostusteollisuuden puutähteet

Puubiomassatähteet, jotka ovat peräisin puun käsittelystä sekä sellu- ja paperiteollisuudesta (kuori, korkkitähteet, tasauspätkät, särmäystähteet, kuitulevytähteet, kuituliete, hiontapöly, vaneritähteet, sahanpuru, sahauspinnat, losot ja puulastut).

Puutähde

Puutähteellä tarkoitetaan rakennus-, purku- ja korjaustoiminnassa syntyvää puuta (21.30.10, 21.20.80 tai 21.50.10) sekä puunjalostusteollisuudessa syntyvää puuta, joka voi sisältää liima-, maali-, kyllästys- tms. aineita. Kemiallisesti käsittelemätön puutähde luokitellaan luokkaan A ja kemiallisesti käsitelty puu luokkaan B (21.50.10), jos se ei sisällä halogeenisia orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja puunkyllästysaineilla tai pinnoitteilla tehtyjen käsittelyjen seurauk-

sena enempää kuin luonnonpuu. Luokan A ja B puupolttoaineet voidaan luokitella standardin SFS-EN ISO 17225-1 mukaan ja niihin ei sovelleta jätteenpolttoasetusta. Luokan C (jätepuu) sovelletaan kierrätyspolttoaineiden standardia (SFS-EN 15359) ja niihin sovelletaan jätteenpolttoasetusta (151/2013).

Puutähdehake (21.20.30)

Teollisuuden kuorellisista ja kuorettomista puutähteistä (rimat, tasauspätkät, yms.) tehty hake, joka ei sisällä maalattua tai muuten käsiteltyä puuta.

Ranka (21.10.21 pienpuu, 21.10.22 järeä puu)

Karsittu runko ja pölkky, joka ei yleensä täytä ainespuulle asetettuja vaatimuksia. Termiä käytetään ensisijaisesti pienikokoisesta puusta.

Runkopuu (21.10.22 järeä puu)

Puun rungon osa, josta on poistettu oksat.

Ruskea hake, kuivunut hake

Kuivuneesta ja huuhtoutuneesta hakkuutähteestä (21.20.30) tai kokopuusta tehty polttohake (21.10.20). HUOM. Hakkeen raaka-ainetta on kuivatettu kasassa vähintään 6 viikkoa huhtikuun ja syyskuun välisenä aikana, jolloin neulasten/lehtien määrä on vähentynyt huomattavasti. Hakkeen väristä ei voi päätellä sen klooripitoisuutta tai muiden alkalimetallien pitoisuutta.

Sahanhake (21.20.30)

Sahateollisuuden sivutuotteena syntyvä kuorellinen tai kuoreton hake.

Sahanpuru (21.20.40)

Puuta sahattaessa syntyvät pienet kappaleet. HUOM. Suurin osa partikkeleista on kaikilta kolmelta mitaltaan muutamia millimetrejä, lukuun ottamatta satunnaisia pidempiä kappaleita sahasta ja puun laadusta riippuen.

Sekoitus

on tarkoituksellisesti sekoitettuja biopolttoaineita, joiden seossuhde tiedetään joko energia- tai painoperusteisesti.

HUOM. Jos sekoitussuhde määritetään tilavuusperusteisesti, on se muunnettava energiaperusteiseksi.

Seos

on tahattomasti sekoittuneita biopolttoaineita, joiden alkuperä tiedetään, mutta ei tarkkaa seossuhdetta.

Vihreä hake, viherhake, tuore hake

Tuoreesta hakkuutähteestä tai kokopuusta tehty polttohake.

4.2 Näytteenotto, käsittely ja analyysit

Analyysinäyte

Laboratorionäytteen osanäyte, jonka nimellisesti suurin palakoko on 1 mm tai alle ja jota käytetään monissa kemiallisissa ja fysikaalisissa analyyseissä.

Kokoomanäyte

Yleisnimitys näytteelle, joka muodostetaan yhdistämällä samasta polttoaine-erästä otetut yksittäisnäytteet. Kokoomanäyte voidaan muodostaa myös yhdistämällä homogenisoiduista yksittäisnäytteistä jakamalla erotetut osanäytteet yhdeksi näytteeksi.

Laboratorionäyte

Toimituserästä tai sen osasta kootuista kokoomanäytteistä homogenisoimalla ja jakamalla muodostettu osanäyte, joka toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi. Vertailuja varten voidaan samasta kokoomanäytteestä muodostaa useampia rinnakkaisia laboratorionäytteitä esimerkiksi kosteuden määrittystä varten. Laboratorionäytteen voi valmistaa näytteenotto- ja tai laboratorio sinne toimitetusta kokoomanäytteestä.

Nimellisesti suurin palakoko

Standardissa SFS-EN ISO 17827-1 kiinteiden biopolttoaineiden palakoon määrittämiseen käytetty pyöreäaukkoisen seulan aukkokoko, jonka läpäisee vähintään 95 m-% kokonaispainosta.

Näyte

Polttoainemäärä, joka edustaa suurempaa määrää, jolle laatu on määritettävä.

Osanäyte

Näytteen osa

Osatoimituserä

Osa erästä, jolle testitulokset vaaditaan. Sopijapuolet voivat sopia, että toimituserä jaetaan osatoimituseriin, jotta ominaisuuksien määrittystarkkuus paranee tai määrittämisen rutiinit helpottuvat tai nopeutuvat.

HUOM. Osatoimituserän koon määrittelyssä on otettava huomioon näytteenkäsittelylaitteet tai sen koko sovitaan erikseen.

Tarkkuusvaatimus

Toimituserän jokaiselle merkitykselliselle ominaisuudelle vaadittava kokonaistarkkuus olisi sovitettava asianomaisten kesken. Sopimuksen puuttuessa voidaan käyttää tämän ohjeen arvoja (esim. kosteudelle $\pm 2 - 4$ prosenttiyksikköä). Kokonaistarkkuus näytteenotossa on saavutettava 95 prosentin luottamustasolla. Lisäksi viranomaiset voivat asettaa tarkkuusvaatimuksia esimerkiksi ympäristö- ja päästöluvassa.

Toimituserä

Se polttoaine-erä, johon puupolttoainelajien keskeiset, säännöllisesti valvottavat laatuvaatimukset kohdistetaan. Toimituserän koko sovitaan tapauskohtaisesti. Toimituserä voi olla yksittäinen toimituserä, jossa on sovittu polttoaineen määrä (esim. rekkakuorma) tai jatkuva toimitus, jossa useat kuormat toimitetaan käyttäjälle sovittun ajanjakson sisällä (yleensä 24 tunnin toimitus tai viikkotoimitus). Jos toimituserä on suurempi kuin 1 500 – 2 000 irto-m³ vuorokaudessa, on suositeltavaa jakaa toimitukset kahteen tai useampaan osatoimituserään.

Yksittäisnäyte

Pienin määrä polttoainetta, joka otetaan kerrallaan kokoomanäytteen muodostamiseksi.

Standardissa: SFS-EN ISO 16559 Kiinteät biopolttoaineet. Terminologia, määritelmät ja kuvaukset, on määritelty lisää termejä.

Muut termit ja luokitukset

Euroopan jäteluettelossa (2000/532/EU ja 2014/955/EU) metsästä suoraan toimitettavat puupolttoaineet on luokitettu luokkaan 02 01 07. Vastaavasti metsäteollisuuden puutähteet ja sivutuotteet on luokiteltu luokkaan 03 01, jonka alaluokassa 03 01 01 on kuori ja alaluokassa 03 01 05 sahanpuru, kutterinlastut sekä lastulevy- ja vaneritähde. Paperin ja selluntuotannossa syntyvä kuori ja puutähde luokitellaan luokkaan 03 03 01. Puupakkaukset ovat luokassa 15 01 03 sekä purkupuu ja rakennustoiminnan puutähde kuuluvat luokkaan 17 02 01. Euroopan komissio on julkaissut näiden lisäksi Tekniset ohjeet jätteiden luokittelusta (2018/C124/01).

5. Käytetyt lyhenteet, symbolit ja energiayksiköt

d	Kuiva (kuiva-aineesta) (dry)
ar	Saapumistilassa (as received)
m-%	Painoprosentti, massaprosentti
A	Tuhkapitoisuuden nimike, A_d (m-%, kuiva-aineesta) ³
BD	Irtotiheyden nimike saapumistilassa [kg/m^3] ³
E_{ar}	Energiatiheys saapumistilassa, E_{ar} [MWh/m^3 irtotilavuus (energiamäärä/tilavuusyksikkö)]
E	Energiatiheyden nimike, [MWh/m^3 , irtotilavuus] ³
F	Hienoaineksen määrän nimike (m-% saapumistilassa), hienoaines ilmoitetaan palakokoanalyysissä erikseen.
M	Kokonaiskosteus saapumistilassa, M_{ar} [m-%] märkäpainosta ³
P	Palakoon tai palakokojakauman nimike saapumistilassa, nimike on pääfraktion mukaan ³
$q_{p,net,d}$	Tehollinen lämpöarvo vakioaineessa kuiva-aineessa [MJ/kg]
$q_{v,gr,d}$	Kalorimetrinen lämpöarvo vakiotilavuudessa, kuiva-aineessa [MJ/kg]
Q	Tehollisen lämpöarvon nimike vakioaineessa, saapumistilassa, $q_{p,net,ar}$ [MJ/kg tai kWh/kg tai MWh/t] ³ .

HUOM. 1 MJ/kg vastaa 0,2778 kWh/kg (1 kWh/kg vastaa 1 MWh/t ja 1 MWh/t on 3,6 MJ/kg). 1 g/cm³ vastaa 1 kg/dm³.

Energiayksiköiden muunnokset

Yksikkö	toe	MWh	GJ	Gcal
toe	1	11,63	41,868	10
MWh	0,086	1	3,6	0,86
GJ	0,02388	0,2778	1	0,2388
Gcal	0,1	1,163	4,1868	1

Esimerkiksi: 1 GJ = 0,2778 MWh, 1 MWh = 3,6 GJ

1 TWh = 3 600 TJ

³ Nimiketunnuksia käytetään laatuluokissa tässä ohjeessa sekä standardeissa. Kemiallisia ominaisuuksia nimettäessä käytetään kemiallisia merkkejä, kuten S (rikki), Cl (kloori), N (typpi) ja numeerinen arvo lisätään merkin jälkeen.

T = tera = 1 000 000 000 000

G = giga = 1 000 000 000

M = mega = 1 000 000

k = kilo = 1 000

m^3 = kiintokuutiometri (~ 2.5 hake- m^3).

1 m^3 (kiintokuutiometriä) ~ 2,0 MWh eli 7,2 GJ

6. Puupolttoaineiden määrittely ja laatuluokittelu

6.1. Puupolttoaineiden määrittelyn periaate

Puupolttoaineet määritellään

1. Alkuperän ja raaka-ainelähteen mukaan, mikä luokitellaan standardin SFS-EN ISO 17225-1 taulukon 1 raaka-aineluokan 1 Puubiomassa- pääluokan mukaan (ks. liite 1)
2. Kauppanimikkeen (taulukko 2) ja ominaisuuksien mukaan (tämän julkaisun taulukot 3 – 6, luku 6.2.3)

Taulukko 2. Kauppanimikkeiden luokittelu

Polttoaineen nimi	Tyypillinen palakoko	Tyypillinen valmistusmenetelmä (SFS-EN ISO 17225-1, taulukko 2)
Kokopuu	Puun runko ja oksat	Katkaistu, karsimaton puu, joka sisältää myös latvan, mutta ei sisällä kantoa eikä juuria, ellei erikseen ole mainittu
Ranka/runkopuu	Puun runko	Karsittu ranka tai runkopuu
Hakkuutähde	Latvukset ja oksat	Latvus ja oksat, jotka on katkaistu runkopuusta sekä hakkuualueelle jäävä pienikokoinen puu
Kanto	Kanto	Kanto juurineen paloitteltuna muutamaosaan nostovaiheessa
Hake	16 ...100 mm	Paloittelu mekaanisesti teräväkulmaisilla, leikkaavilla terillä
Murske	Vaihteleva	Murskaus tylppäkulmaisilla terillä
Kuori	Vaihteleva	Puun kuorintatähde, joka voidaan haluttaessa repiä
Nippu, paali	Vaihteleva	Hakkuutähteen tai kokopuiden sidonta pitkänomaisiksi nipuksi (pituussuuntaan sidottu)
Jauhemainen, pölymäinen polttoaine	< 1 mm	Jauhatus
Sahanpuru	1 ... 5 mm	Sahauksessa syntyvä puru
Höylän lastut	1 ... 30 mm	Höyläys leikkaavilla terillä

Eri raaka-aineista voidaan muodostaa hallittuja sekoituksia, joiden energiasuhteet tunnetaan. Tämä vaatii polttoaineen painon ja kosteuden määrittämistä. Polttoaineseosten käyttäminen on sallittua syöttötariffijärjestelmässä, mutta Energiavirasto vaatii, että energiasisältö ilmoitetaan Tilastokeskuksen luokituksen mukaisille polttoainejakeille 7,5 % tarkkuudella. Kokopuu- ja rankahake (21.0.20), metsätähdehake tai –murske (21.10.30) sekä kantohake (21.10.40) ovat metsähakevoimalaitoksen syöttötariffiin oikeuttavia polttoaineita. Jos näitä sekoitetaan toiseen ei-tukea saavaan biopolttoaineeseen, pitää energiamäärä määrittää kullekin erikseen 7,5 % tarkkuudella. Pelkästään syöttötariffiin oikeuttavia tai ei-oikeuttavia polttoaineita voidaan tapauskohtaisesti toimittaa sekoituksina niin, että lämpöarvo ja kosteus määritetään sekoituksesta, kunhan menetelmä on kuvattu Energiaviraston hyväksymässä seurantasuunnitelmassa. Seosasioista on aina hyvä olla yhteydessä Energiavirastoon.

Esimerkkejä erilaisten polttoaineiden tuoteselosteista ja sekoituksista on liitteessä 2.

6.2 Laatuluokkien määrittely

6.2.1 Yleisperiaatteet

Suomessa yleisimmin käytetyt lämpö- ja voimalaitosten puupolttoaineet on luokiteltu eri ominaisuuksien mukaan laatuluokittelustandardeissa osa 1 ja 4.

Laatuluokittelustandardin osassa 1 luokittelu on joustava, joten tuottaja ja käyttäjä voivat valita kustakin ominaisuusluokasta sopivan luokan omalle tuotteelleen ja laitokselleen/käyttökohteelleen. Tämän standardin luokittelu ei sido eri ominaisuuksia toisiinsa lukuun ottamatta kosteutta (M) ja lämpöarvoa (Q, saapumistilassa). Jotkut ominaisuudet ovat velvoittavia (pakollisia), jotkut opastavia (vapaaehtoisia). Tapauskohtaisesti voi osan opastavista ominaisuuksista sopia velvoittaviksi. Standardi sopii paremmin isommille laitoksille. Standardissa on omat laatuluokitukset seuraaville Suomessa yleisesti käytetyille puupolttoaineille; puuhake, puumurske, sahanpuru, höylän lastut eli kutterinpuru ja kuori. Laatuluokittelustandardin osassa 1 hakkeen ja murskeen taulukko on yhdistetty ja palakokoluokitus on muutettu (ks. taulukko 4 tässä julkaisussa).

Tuotestandardi eli laatuluokittelustandardin osa 4 kohdistuu ei-teollisuuskäyttöön soveltuvalla puuhakkeelle ($\leq 5 \text{ MW}_{\text{th}}$) ja pienen kokoluokan sovelluksiin, jotka ovat yleensä $\leq 500 \text{ kW}$ (kotitaloudet, pienet teollisuuden ja julkisen sektorin rakennukset). Ominaisuudet on sidottu toisiinsa muodostaen laatuluokkia (A1, A2, B1 ja B2). Kaikki ominaisuudet ovat velvoittavia (pakollisia).

6.2.2 Luokittelu raaka-aineen alkuperän mukaan

Laatuluokittelustandardin osassa 1 kuvataan myös järjestelmä raaka-aineen alkuperän luokitelemiseksi kiinteiden biopolttoaineiden tuotantoa varten. Ensimmäinen taso määrittelee neljä pääbiomassatyyppeä: puu-, kasvi- ja hedelmäbiomassa, vesibiomassa, sekä sekoitukset ja seokset. Toisella tasolla luokitellaan biopolttoaineen alkuperä, ja tasoilla kolme ja neljä annetaan yksityiskohtaisempaa tietoa esimerkiksi puun osista. Kaikkiaan 115 neljännen tason kuvausta mahdollistavat raaka-aineen alkuperän yksityiskohtaisen kuvaamisen. Taulukoissa 3 ja 5 on kuvattu raaka-aineen laadun ilmoittaminen hakkeelle ja murskeelle. Liitteessä 1 on tarkempi puuraaka-aineen luokitus.

6.2.3 Luokittelu ominaisuuksien mukaan

Laatuluokittelustandardin osan 1 taulukon 5 mukainen luokittelu eri ominaisuuksien mukaan puuhakkeelle ja -murskeelle on esitetty tässä julkaisussa taulukossa 3.

Puupolttoaineiden ominaisuuksista kosteus on tärkein tekijä polttoainekaupassa. Kosteus vaikuttaa lisäksi kuljetuskustannuksiin sekä laitoksella polttoaineiden käsittelyyn sekä polton ja päästöjen hallintaan.

Metsäpolttoaineiden tuotanto- ja varastointimenetelmistä johtuen myös kuormien sisäinen kosteushajonta voi olla suuri, mikä on otettava huomioon näytteenotossa. Toimituskosteuksissa on otettava huomioon myös kausivaihtelut, joiden vaikutusta on pyrittävä vähentämään mm. oikealla ja huolellisella varastoinnilla Tapion ohjeiden mukaan.

Taulukko 3. Puuhakkeen ja -murskeen luokittelu eri ominaisuuksien mukaan

Velvoittavat ominaisuudet (pakollisia, määritettävä aina)	
Raaka-aine (SFS-EN ISO 17225-1)	Standardin taulukosta 1, pääluokka 1 (liite 1)
Palakoko (Mitat) - Analyysi SFS-EN ISO 17827 (Liite 3)	Katso taulukko 4 tässä julkaisussa
Kosteus , M (m-% saapumistilassa) - Analyysi SFS-EN ISO 18134-2 (ks. Liite 4)	Luokat: M 10, M 15, M 20, M 25, M 30, M 35, M 40, M 45, M 50, M 55 JA M 55+ (enimmäisarvo ilmoitettava)
Tuhka , A (m-% kuiva-aineessa) - Analyysi SFS-EN ISO 18122	Luokat: A 0.5, A 0.7, A 1.0, A 1.5, A 2.0, A 3.0, A 5.0, A 7.0, A 10.0 ja A 10.0+ (enimmäisarvo ilmoitettava)
Velvoittavat ominaisuudet (pakollisia ainoastaan kemiallisesti käsitellylle biomassalle (raaka-aineluokille 1.2.2 Kemiallisesti käsitelty teollisuuden sivutuote- tai puutähde (Liite 1); 1.3.2 Kemiallisesti käsitelty käytöstä poistettu puu tai puutuote) tai opastavat ominaisuudet (kaikille muille biomassoille opastava)	
Typpi , N (m-% kuiva-aineessa) - Analyysi SFS-EN ISO 16948 mukaisesti	Luokat: N 0.02, N 0.3, N 0.5, N 1.0, N 1.5, N 2.0, N 3.0 ja N 3.0+ (enimmäisarvo ilmoitettava)
Kloori , Cl (m-% kuiva-aineessa) - Analyysi SFS-EN ISO 16994	Luokat: Cl 0.02, Cl 0.03, Cl 0.05, Cl 0.07, Cl 0.10 ja Cl 0.10+ (enimmäisarvo ilmoitettava)
Rikki , S (m-% kuiva-aineesta) - Analyysi SFS-EN ISO 16994	S 0.02, S 0.03, S 0.04, S 0.05, S 0.08, S 0.10, S 0.10+ (enimmäisarvo ilmoitettava)
Opastavat ominaisuudet (vapaaehtoisia, mutta suositellaan ilmoitettaviksi)	
Tehollinen lämpöarvo , Q (MJ/kg tai kWh/kg saapumistilassa) - Analyysi SFS-EN ISO 18125 (englanninkielinen)	vähimmäisarvo ilmoitettava (lämpöarvon oltava vähintään) (Liitteessä 5 on laskukaavat)
Irtotiheys , BD (kg/m ³ saapumistilassa) - Analyysi SFS-EN ISO 17828 (Liite 6)	Luokat: BD 150, BD 200, BD 250, BD 300, BD 350, BD 400, ja BD 450+ (vähimmäisarvo ilmoitettava)
Tuhkansulamiskäyttäytyminen (°C) - Analyysi SFS-EN ISO 21404	DT (muodonmuutoslämpötila), HT (puoli-pallolämpötila) ja FT (sulalämpötila) ilmoitettava
Epäpuhtauksien (raskaiden yli 3,15 mm materiaalien määrittäminen EM _d , m-%) - Analyysi SFS-EN ISO 19743	Arvo ilmoitettava

Toimituserää koskevaksi kosteuden alarajaksi voidaan puupolttoaineilla sopia alle 30 % vain, kun puupolttoaineita vastaanottava laitos on suunniteltu sovitun rajan mukaisen polttoaineen turvalliseen käsittelyyn.

Laatuluokittelustandardin osan 1 taulukko 5 määrittelee hakkeen ja murskeen ominaisuusluokat (SFS-EN ISO 17225-1, taulukko 5) palakokoluokitusta. Tässä standardissa on hakkeen ja murskeen laatuluokat samassa taulukossa. Lisäksi tehollinen lämpöarvo saapumistilassa tai energiatiheys ovat velvoittavia (vähimmäisarvo ilmoitettava). Murskeelle ja hakkeelle on teknisessä spesifikaatiossa SFS-EN ISO 17225-9 määritelty laatuluokat I1, I2, I3 ja I4. Kaikissa laatuluokissa on myös laatuvaatimukset kemiallisille ominaisuuksille (N, S, Cl, As, Cd, Cu, Pb, Hg, Ni ja Zn). Laatuluokkaa I4 voidaan soveltaa myös kemiallisesti käsitellylle käytöstä poistetulle puulle tai puutuotteelle (1.3.2).

Taulukko 4. Hakkeen ja murskeen palakokovaatimukset standardin SFS-EN ISO 17225-1 mukaan. Julkaistu SFS:n luvalla.

Luokat P16s – P63 (mm) SFS-EN ISO 17827-1				
Laatu- luokka	Pääfraktio (minimi 60 m-%), mm	Karkea fraktio, m-% (seulon koko tai kappaleen pituus, mm)	Hienoaines (F) (< 3,15 mm), m-%	Kappaleen maksimipituus (L), mm
P16s	3,15 mm ≤ m < 16 mm	≤ 6 %, ≥ 31,5 mm	≤ 15 %	45 mm
P31s	3,15 mm ≤ m < 31,5 mm	≤ 6 %, ≥ 45 mm	≤ 10 %	120 mm
P45s	3,15 mm ≤ m < 45 mm	≤ 10 %, ≥ 63 mm	≤ 10 %	200 mm
P16	3,15 mm ≤ m < 16 mm	≤ 6 %, ≥ 31,5 mm	määritetään F-luokista	suurin arvo ilmoitettava
P31	3,15 mm ≤ m < 31,5 mm	≤ 6 %, ≥ 45 mm		
P45	3,15 mm ≤ m < 45 mm	≤ 10 %, ≥ 63 mm		
P63	3,15 mm ≤ m < 63 mm	≤ 10 %, ≥ 100 mm		
Luokat PL10 – PL30+ (mm) SFS-EN ISO 17827-1				
Laatu- luokka	Seulonnan laatu- luokat (m-%)	Pitkien partikkelien (100 mm ≤ m ≤ maksimipartikkelin pituus), m-%	Hienoaines (F) (< 3,15 mm), m-%	Kappaleen maksimipituus (L), mm
PL 10 PL 20 PL 30 PL 30+	kaikkien seulojen tulokset ilmoitettava	0 % ≤ m ≤ 10 % 10 % < m ≤ 20 % 20 % < m ≤ 30 % L > 30 % (arvo ilmoitettava)	määritetään F-luokista	suurin arvo ilmoitettava
Hienoaines, F (< 3,15 mm, m-%) SFS-EN ISO 17827-1				
F02	≤ 2 %			
F05	≤ 5 %			
F10	≤ 10 %			
F15	≤ 15 %			
F20	≤ 20 %			
F25	≤ 25 %			
F30	≤ 30 %			
F30+	> 30 % (maksimi-arvo ilmoitettava)			

s tarkoittaa pienimmille lähinnä kotitalouden laitoksille soveltuvan hakkeen palakokoa.

m tarkoittaa seulalle jäävää massaa.

Liitteen 3 kuvassa 1 on esitelty esimerkein palakoon eri fraktiot laatu-
luokille P45, P45s ja P63. Pääfraktion mukaan nimetään laatu-
luokka ja pääfraktiota on oltava vähintään 60 % painosta. Lisäksi ilmoitetaan hienoaineksen luokka erikseen, esimerkiksi F25.

Laatuluokittelustandardin osassa 4 sallitaan hienoainekselle vain luokat F10 (P31s- ja P45-
luokille) ja F15 (P16s-luokalle). Tällöin laatuluokituksessa merkitään vain P-koodi.

Puuhake ei-teollisuuskäyttöön voidaan luokitella laatu-
luokkiin A1, A2 tai B1, B2 laatu-
luokittelustandardin osan 4 mukaan. Luokitus on kuvattu taulukossa 5. Taulukossa on riveinä aina
luokitettava ominaisuus yhdessä laatu-
luokan kanssa. Sarakkeissa laatu-
luokat sekä niiden vaatimukset on lueteltu.

Taulukko 5. Pienille laitoksille (suositellaan $\leq 5 \text{ MW}_{\text{th}}$) tarkoitettujen puuhakkeen luokitus eri ominaisuuksien mukaan.

Velvoittavat ominaisuudet	Laatuluokka ja sen arvot	
Raaka-aine (SFS-EN ISO 17225-1) 1.1.1 Kokopuu (ei sisällä juuria)(ei sisällä luokkaa 1.1.1.3 lyhytkiertoviljelypuu, esim. paju) 1.1.3 Runkopuu/ranka 1.1.4 Hakkuutähteet	A1, A2	
1.2.1 Kemiallisesti käsittelemätön teollisuuden puutähdde	A1, A2, B1	
1.1 Luonnon- ja istutusmetsän puubiomassa sekä muu luonnonpuu (paitsi luokat 1.1.5 kannot/juuret ja 1.1.6 kuori)	B1	
1.2 Puunjalostusteollisuuden sivutuotteet ja tähteet (voi sisältää myös kemiallisesti käsiteltyä puuta esim. liimattua, laminoitua, maalattua puuta) ¹ , 1.3.1 Kemiallisesti käsittelemätön käytöstä poistettu puu tai puutuote ¹	B2	
Palakoko (Mitat) - Analyysi SFS-EN ISO 17827-1 - valitaan SFS-EN ISO 17225-4 standardin taulukosta 2 tai tämän ohjeen taulukosta 4	A1, A2,	Valitaan taulukosta 4 Ps- tai P -luokista
	B1, B2:	Valitaan taulukosta 4 Ps- tai P -luokista
Kosteus , M (m-% saapumistilassa) - Analyysi SFS-EN ISO 18134-2	A1:	≤ 25
	A2:	> 25 ja ≤ 55
	B1:	≤ 35, alle 10 % ilmoitettava
	B2:	> 35 ja ≤ 55, vaihteluväli ilmoitettava
Tuhka , A (m-% saapumistilassa) - Analyysi SFS-EN ISO 18122	A1:	A 1.5
	A2:	A 1.5
	B1, B2:	A 3.0
Opastavat ominaisuudet		
Tehollinen lämpöarvo , Q (MJ/kg tai kWh/kg saapumistilassa) - Analyysi SFS-EN ISO 18125 (englanninkielinen)	A1, A2:	pienin arvo ilmoitettava
	B1, B2:	pienin arvo ilmoitettava
Irtotiheys , BD (kg/m ³ saapumistilassa) - Analyysi SFS-EN ISO 17828	A1:	BD 150, BD 200, BD 250
	A2:	BD 150, BD 200, BD 250, BD 300
	B1, B2:	pienin arvo ilmoitettava
Velvoittavat ominaisuudet vain luokille B1 ja B2		
Typpi , N (m-% kuiva-aineessa) - Analyysi SFS-EN ISO 16948	B1, B2:	N 1.0
Rikki , S (m-% kuiva-aineessa) - Analyysi SFS-EN ISO 16994	B1, B2:	S 0.1
Kloori , Cl (m-% kuiva-aineessa) - Analyysi SFS-EN ISO 16994 mukaisesti	B1, B2:	Cl 0.05
Raskasmetallit (mg/kg kuiva-aineessa) - Analyysi SFS-EN ISO 16967 Arseeni (As), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), elohopea (Hg), nikkeli (Ni), sinkki (Zn)	B1:	ei tarvita
	B2:	As 1, Cd 1, Cr 10, Cu 10, Pb 10, Hg 0,1, Ni 10 ja Zn 100

¹ ei saa sisältää orgaanisia halogenoituja yhdisteitä tai raskasmetalleja enempää kuin luonnonpuu (tai Käytöstä poistetun puun soveltamisohjeen VTT-M-01931-4 taulukko 10). Purkupuuta ei kuulu standardin piiriin.

² B1 luokkaan luokitellaan hake, joka on valmistettu lyhytkiertoviljelypuusta ja jota on lannoitettu lietteillä.

Toimituserää koskevaksi kosteuden alarajaksi voidaan puupolttoaineilla sopia alle 30 % vain, kun puupolttoaineita vastaanottava laitos on suunniteltu sovitun rajan mukaisen polttoaineen turvalliseen käsittelyyn.

Laatuluokittelustandardin osassa 1 on esitetty laatuluokat myös yleisimmille metsäteollisuuden sivutuotteille (sahanpuru, höylän lastut ja kuori). Luokitus on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Metsäteollisuuden sivutuotteiden ja tähteiden laatuluokitus eri ominaisuuksien suhteen

Velvoittavat ominaisuudet	Sahanpuru, höylän lastut	Kuori
Raaka-aine (SFS-EN ISO 17225-1)	1.2.1.3 tai 1.2.1.4 1.2.2.1	1.2.1.5
Palakoko (Mitat) - Analyysi SFS-EN ISO 17827, liite 3	ei palakokovaatimusta	Nimellisesti suurin palakoko P 16, P 45, P 63, P 100 ja P 200 ja P300
Kosteus , M (m-% saapumistilassa) - Analyysi SFS-EN ISO 18134-2	<i>Sahanpuru:</i> M 10, M 15, M 20, M 25, M 30, M 35, M 45, M 50, M 55, M 60, M 65 ja M 65+ ¹⁾ <i>Höylän lastut:</i> M 10, M 15, M 20, M 30 ja M 30+ ¹⁾	<i>Kuori</i> M 20, M 25, M 30, M 35, M 40, M 45, M 50, M 55, M 60, M 65 ja M 65+ ¹⁾
Tuhka , A (m-% saapumistilassa) - Analyysi SFS-EN ISO 18122	A 0.5, A 0.7, A 1.0, A 1.5, A 2.0, A 3.0, A 5.0, A 7.0, A 10.0 ja A 10.0+ ¹⁾	A 1.0, A 1.5, A 2.0, A 3.0, A 5.0, A 7.0, A 10.0 ja A 10.0+ ¹⁾
Repiminen - Standardin SFS-EN ISO 17225-1 taulukko 9	ei tarvita	revitty tai repimätön kuori
Tehollinen lämpöarvo , Q (MJ/kg saapumistilassa) tai energiatiheys, E (MWh/irto-m ³) - Analyysi SFS-ISO EN 18125 (englanninkielinen)	Vähimmäisarvo ilmoitettava	
Velvoittavat tai opastavat ominaisuudet (velvoittava vain laatuluokalle 1.2.2.1)		
Typpi , N (m-% kuiva-aineessa) - Analyysi SFS-EN ISO 16948	N 0.2, N 0.3, N 0.5, N 1.0, N 2.0, N 3.0 ja N 3.0+ ²⁾	N 0.5, N 1.0, N 2.0, N 3.0 ja N 3.0+ ²⁾
Kloori , Cl (m-% kuiva-aineessa) - Analyysi SFS-EN ISO 16994	Cl 0.01, Cl 0.02, Cl 0.03, Cl 0.07, Cl 0.10 ja Cl 0.10+ ²⁾	Cl 0.02, Cl 0.03, Cl 0.07, Cl 0.10 ja Cl 0.10+ ²⁾
Opastavat ominaisuudet		
Irtotiheys , BD (kg/m ³ saapumistilassa) - Analyysi SFS-EN ISO 17828	BD 100, BD 150, BD 200, BD 250 BD 300, BD 350 ja BD 400+ ¹⁾	BD 250, BD 300, BD 350, BD 400 ja BD 450
Tuhkan sulamiskäyttäytyminen (°C) - Analyysi SFS-EN ISO 21404 (englanninkielinen)	DT (muodonmuutoslämpötila), HT (puolipallolämpötila) ja HT (sulalämpötila) ilmoitettava	

¹ Laatuluokille, joissa on +-merkki perässä, on enimmäisarvo ilmoitettava.

² Typpi ja kloori ovat velvoittavia (pakollisia) vain kemiallisesti käsitellylle puulle (luokka 1.2.2) mm. maalattu tai lakattu puu sekä lastulevy- tai vaneritähde ja opastavia muille puupolttoaineille. Laatuluokittelustandardin osassa 1 on kemiallisesti käsitellylle puulle ilmoitettava myös typpi ja kloori. Lisäksi Käytöstä poistetun puun soveltamisohjeen taulukossa 10 on lisävaatimuksia kemiallisten ominaisuuksien määrittämiseen.

Poltto- ja/tai kaasutuslaitosten (≥ 50 MW) yleisen ympäristönsuojelun tason parantamiseksi ja ilmaan johdettavien päästöjen vähentämiseksi parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa (BAT) on sisällyttävä seuraavat seikat kaikkien käytettävien polttoaineiden laadunvarmistus-/laadunvalvontaohjelmiin osana ympäristöjärjestelmää:

- i. Käytettävän polttoaineen alustava täysimittainen luonnehdinta, joka sisältää vähintään seuraavassa luetellut muuttujat, EN-standardien mukaisesti. ISO-standardeja, kansallisia tai muita kansainvälisiä standardeja voidaan käyttää, jos niillä varmistetaan tietojen vastaava tieteellinen laatu.
- ii. Polttoaineen laadun säännöllinen testaus, jolla tarkistetaan, että se vastaa alustavaa luonnehdintaa ja laitoksen suunnittelun eritelmiä. Testaustiheys ja alla olevasta taulukosta valitut muuttujat perustuvat polttoaineen vaihtelevuuteen ja epäpuhtauspäästöjen (esimerkiksi pitoisuus polttoaineessa, käytettävä savukaasujen käsittely) merkitystä ilmapäästöissä koskevaan arviointiin.
- iii. Laitoksen asetusten vastaava mukauttaminen, kun se on tarpeen ja mahdollista (esimerkiksi polttoaineen luonnehdinnan ja valvonnan sisällyttäminen kehittyneeseen valvontajärjestelmään).

Polttoaineen alustavan luonnehdinnan ja säännöllisen testauksen voivat suorittaa toiminnanharjoittaja ja/tai polttoaineen toimittaja. Jos ne suorittaa toimittaja, niiden täysimääräiset tulokset toimitetaan toiminnanharjoittajalle tuotteen (polttoaineen) toimittajan eritelmän ja/tai takuun muodossa (esim. tuoteselosteessa). Polttoaineen alustavassa luonnehdinnassa voi käyttää julkaisua Alakangas et al. 2016.

Taulukko 7. Biomassalle ja turpeelle luonnehdittavat ominaisuudet

Polttoaine	Ominaisuudet
Biomassa/turve	-Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa (Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa lasketaan liitteen 5 mukaan kosteuden avulla) -Kosteus (Määritysmenetelmä on kuvattu liitteessä 4)
	-Tuhka -C, Cl, F, N, S, K, Na -Metallit ja metalloidit (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn)

7. Laadun määrittäminen

7.1 Yleistä

Puupolttoaineiden eri ominaisuuksien määrittämisessä käytettävät standardit on lueteltu taulukossa 1. Suomessa käytettyjen puupolttoaineiden (puuhake, puumurske, sahanpuru, höylänlastut ja kuori) laatuluokitus on esitetty kappaleessa 6.2. Varsinkin metsäenergian toimituksissa käytetään erilaisia kauppanimikkeitä, joiden määritelmät on kuvattu kappaleessa 4.1 ja taulukossa 2. Yleisnimikkeen metsähake alalajeina käytössä ovat mm. hakkuutähdehake (21.10.30), kokopuuhake, rankahake (21.20.20) ja kantomurske (21.10.40).

Kullekin puupolttoaineen laatuluokituksen perusteena olevalle ominaisuudelle on määritelty raja-arvot, joilla haluttu luokitus määritellään. Puupolttoaine määritellään ilmoittamalla haluttu laatuluokka jokaiselle ominaisuudelle erikseen laatuluokittelustandardin osassa 1. Polttoainekokonaisuus (esim. toimituserä tai polttoainekuorma) kuuluu tarkasteltavan ominaisuuden osalta tiettyyn laatuluokkaan, kun kyseisen ominaisuuden keskimääräinen numeerinen arvo sijoittuu annettujen ääriarvojen välille. Esim. toimituserään, jonka laatuluokka on M35, kuuluu 3 kuormaa, joiden kosteudet ovat 34,0 m-%, 35,3 m-% ja 33,5 m-%. Tällöin keskiasteus on 34,3 p-%, jolloin se täyttää laatuluokan M35 vaatimuksen.

Jatkuvissa toimituksissa on suositeltavaa, että kosteusarvoja valvotaan sovitun toimituserän tai osatoimituserän osalta. Muiden sovittujen valvottavien ominaisuuksien, joista tärkeimpiä ovat yleensä esim. tehollinen lämpöarvo, tuhkapitoisuus ja klooripitoisuus, määrittäminen ja valvonta voidaan sopia yleensä tehtäväksi kerran kuukaudessa, ellei ole erityistä syytä tehdä sitä useammin.

7.2 Kosteus (M)

Valitaan puupolttoainelajikohtaisesta laatutaulukosta toimituserän kosteuden enimmäisarvo tai vaihteluväli (SFS-EN ISO 17225-4).

Puupolttoaineiden on oltava mahdollisimman tasalaatuista ja erityistä huomiota on kiinnitettävä kosteusvaihteluihin. Toimituserän kosteuksia sovittaessa on lisäksi otettava huomioon mahdolliset kausivaihtelut eri puupolttoaineiden osalta.

Kosteuden määrittämissä osan 2 mukainen kosteuden määrittäminen on kuvattu liitteessä 4.

Kosteuden määrittämisessä voidaan erikseen sopia käyttää myös muita kosteudenmittausmenetelmiä (esim. pikakosteusmittareita), jos niiden vastaavuus standardimenetelmiin verrattuna voidaan osoittaa. Pikakosteusmittarit on kalibroitava ja tarkistettava jokaiselle polttoainelle erikseen kosteuden määrittämissä mukaisesti.

Röntgenmenetelmä perustuu röntgensäteilysmittaukseen, jossa säteily suunnataan materiaaliin ja läpäisevää säteilyä mitataan. Mittauksen pääkomponentit ovat detektori, säteilylähde, laser ja joissain asennuksissa kamera. Kosteuden määrittäminen perustuu säteilyn vaimenemiseen. Polttoaineessa oleva vesi lisää vaimennusta, jolloin kosteus on mahdollista määrittää. Polt-

toainelajikohtaiset (esim. metsähake) kosteuden laskentakaavat perustuvat laajaan laitoksilta kerättyyn aineistoon. Energiasisällön laskennassa käytetään röntgenin tuottamaa keskikos-
teutta ja polttoainelajikohtaista kuiva-aineen tehollista lämpöarvoa. Röntgen tunnistaa myös
epäpuhtaudet. Kappale määritetään epäpuhtaudeksi (esim. metalli, jää) kun vaimennus on
suurempi kuin polttoaineilla. Kuormista otetaan kuukausittain käsin tyypillisesti vähintään
6 kosteuden vertailunäytettä vähintään kolmesta kuormasta. Vertailunäytteiden kosteus-
pitoisuuden määrittäminen tehdään standardimenetelmän mukaan. Laskentakaavoja ei muuteta
kuukausittain otettavien vertailunäytteiden pohjalta, vaan niiden tarkoitus on pitkäaineiden
vertailu standardimenetelmään. Lisäksi järjestelmä ottaa valokuvia jokaisesta kuormasta
tasaisin väliajoin. Kuvia voidaan käyttää ongelmatilanteissa esim. kuormien sekoittumisen
tunnistuksessa tai varmentamaan polttoainelajin oikeellisuus. Detektorin toiminta testataan
testikappaleilla. Mikäli testikappaleiden tunnusluvut poikkeavat hyväksytyistä rajoista, suori-
tetaan detektorille kalibrointi. Laitteen toimittaja suorittaa kalibroinnin.

7.3 Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa ($q_{p,net,ar}$)

Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa eli kostean puupolttoaineen tehollinen lämpöarvo
 $q_{p,net,ar}$ lasketaan kaavan 1 mukaan kuiva-aineen tehollisen lämpöarvon ($q_{p,net,d}$) perusteella.

$$q_{p,net,ar} = q_{p,net,d} \times \left(\frac{100 - M_{ar}}{100} \right) - 0,02443 \times M_{ar} \quad (1)$$

missä

$q_{p,net,ar}$	on tehollinen lämpöarvo (vakiopaineessa) saapumistilassa (MJ/kg),
$q_{p,net,d}$	on tehollinen lämpöarvo (vakiopaineessa) kuiva-aineessa (MJ/kg),
M_{ar}	on kosteus saapumistilassa [m-%] ja
0,02443	on höyrystymisen entalpien korjauskerroin (vakiopaineessa) vedelle (kosteus) 25 °C lämpötilassa [MJ/kg per 1 m-% kosteutta].

Laatuluokittelussa käytetään symbolia Q teholliselle lämpöarvolle saapumistilassa. Tulos anne-
taan pyöristettynä lähimpään 0,01 MJ/kg. Jos lämpöarvo muutetaan muotoon kWh/kg, muun-
nos tehdään vasta laskennan jälkeen. Liitteessä 5 on esimerkki lämpöarvon laskennasta.

7.4 Energiatiheys saapumistilassa (E_{ar})

Toimituserän energiatiheys saapumistilassa (E_{ar}) lasketaan saapumistilaisen tehollisen lämpö-
arvon ja irtotiheyden perusteella kaavalla 2.

$$E_{ar} = \frac{1}{3600} \times q_{p,net,ar} \times B D_{ar} \quad (2)$$

missä

E_{ar}	on biopolttoaineen energiatiheys saapumistilassa (MWh/irto-m ³),
$q_{p,net,ar}$	on tehollinen lämpöarvo saapumistilassa (MJ/kg),

BD_{ar} on irtotiheys eli puupolttoaineen tilavuuspaino saapumistilassa ($\text{kg/irto-}\text{m}^3$) ja $\frac{1}{3600}$ on muuntokerroin energiayksiköille (MJ:sta MWh:in).

Tulos annetaan pyöristettynä lähimpään $0,01 \text{ MWh/irto-}\text{m}^3$.

7.5 Toimitettu energiamäärä (W)

Toimitettu energiamäärä W (MWh:na) lasketaan kaavan 3 mukaisesti.

$$W = \frac{Q}{3,6} \times m \quad (3)$$

missä

$\frac{Q}{3,6}$ on saapumistilaisen tehollisen lämpöarvon (MJ/kg) muunto yksiköihin MWh/t ja

m on toimitetun polttoaineen massa/paino (tonnia)

Pienten erien ja satunnaisen käytön kohdalla edellä esitetty menettely voi olla liian raskas, koska mm. ajoneuvovaakoja ei aina ole käytössä pienemmillä laitoksilla. Näissä tapauksissa polttoainetoimituserän energiamäärä voidaan määrittää seuraavasti:

- mitataan toimitettavan polttoaine-erän tilavuus Puutavaran mittauslain mukaan
- määritetään polttoaineen irtotiheys (BD) (liite 6)
- määritetään näytteenottoon perustuen polttoaineen kosteus (M) ja tehollinen lämpöarvo (Q) tai määritetään kosteus, mutta käytetään yhdessä sovittua, tyyppillistä puupolttoainelajikohtaista kuiva-aineen tehollista lämpöarvoa (Alakangas, et al. 2016).

Muista toimitetun energiamäärän määrittämisestä ja soveltamisesta sovitaan erikseen tapauskohtaisesti. Toimitetun polttoaine-erän energiamäärä on mahdollista määrittää pienillä laitoksilla tuotetun energian ja kattilan hyötysuhteen avulla (SFS-EN 12952-15).

7.6 Irtotiheys (BD)

Irtotiheys saapumistilassa (BD, kg/m^3) saadaan jakamalla kuorman punnittu paino sen tilavuudella. Punnitus ja tilavuuden mittaaminen tehdään toimittajan ja käyttäjän toimitussopimuksessa sopimalla tavalla.

Polttoaineen irtotiheys voidaan määrittää hakkeelle ja murskeelle myös 50 litran astialla irtotiheyden määrittämisstandardin mukaan. Menetelmä on kuvattu liitteessä 6.

7.7 Palakokojakauma (P)

Puupolttoaineiden palakokojakauman määrittäminen tehdään palakoon määrittämissä osan 1 mukaan. Palakoon määrittäminen on kuvattu liitteessä 3. Laitoskohtaiset poltto- ja käsittelyjärjestelmät asettavat rajoitteita sekä hienoaineksen määrälle että suurimpien partikkelien maksimimitoille ja määrälle. Suurimman kappaleen pituus määritellään vain karkeasta jakeesta, eli 63 mm:n seuralle jäävästä aineksesta.

7.8 Muut ominaisuudet

Tuhkapitoisuus ja tuhkansulamiskäyttäytyminen ovat polton kannalta tärkeitä ominaisuuksia erityisesti kannoille ja hakkuutähteille. Tuhkapitoisuus on määritettävä aina kannon ja hakkuutähteen lämpöarvomäärittämissä yhteydessä, jos osapuolet eivät ole muuta sopineet.

Myös muut ominaisuudet, esim. kloori-, hiili- ja vetytitoisuus sekä pääalkuaineiden ja hivenainepitoisuudet, jotka koskevat nimenomaan toimitettua puupolttoainetta ja jotka saattavat olla tarpeellisia, voidaan määrittää. Kloorin (Cl), natriumin (Na) ja kaliumin (K) pitoisuuksilla on vaikutusta tuhkan sulamisominaisuuksiin ja sitä kautta kattilan likaantumisen- ja korroosioriskin lisääntymiseen. Siksi nämä kannattaa määrittää toimituksen alkaessa ja suurista polttoaineeristä. Korkeapainehöyrykattiloissa on suositeltavaa määrittää nämä pitoisuudet vähintään neljännesvuosittain kustakin polttoainelajista. Klooripitoisuus ei riitä yksin kuvaamaan, kuinka riskialtis tarkasteltava polttoaine on tulistimien likaantumisen ja korroosion kannalta. Pää- tai tukipolttoaineen sisältämän rikin (suojaava tekijä) ja kloorin (likaava ja syövyttävä) suhde on parempi mittari. Tulosten tulkinnassa kannattaa käyttää ammattilaisten apua, koska ei ole olemassa mitään erityistä kloorirajaa, jolla voidaan olettaa, että kattilassa ei tule ongelmia. Leijukerroskattiloiden petimateriaalin agglomeroitumisen on havaittu aiheutuvan suurimaksi osaksi tuhkan kaliumin (K), kalsiumin (Ca) ja piin (Si) määrän sekä petimateriaalin mukaan. Tuhkan silikaatti voi reagoida tuhkan kaliumin kanssa petilämpötiloissa sulavaksi lasiksi, joka voi sintrata petihiekkaan, jos sitä ei vaihdeta tarpeeksi usein.

Standardeissa mainittuja opastavia (vapaaehtoisia) ominaisuuksia voidaan sopia velvoittavaksi tapauskohtaisesti.

Jos tuottaja tai käyttäjä/ostaja mittaa toimitetun polttoaineen polttoaineominaisuuksia, näiden tietojen tulisi olla perusteltua pyyntöä vastaan kaikkien osapuolten saatavilla.

8. Puupolttoaineiden laadunvarmistus

Laadunvarmistuksella pyritään tuottamaan luottamus siihen, että laatu vastaa pysyvästi sovittuja asiakasvaatimuksia, jotka on yleensä kirjattu toimitussopimukseen tai toimittajan antamaan tuoteselosteeseen. Tuoteselosteen malleja on liitteessä 2. Näin osoitetaan, että sovitut laatuvaatimukset täyttyvät, mikä ei välttämättä merkitse sitä, että polttoaine olisi korkealaatuista. Sovitut laatuvaatimukset kattavat polttoaineen laadun lisäksi polttoainetta tai palvelua toimittavan yrityksen toiminnan laadun (esim. aikataulut, logistiikka ja asianmukainen dokumentaatio). Laadunvarmistus käsittää koko toimitusketjun. Laadunvarmistukseen sovelletaan laadunvarmistusstandardien osia 1 tai 4 sekä ISO 9000-järjestelmää.

Laadunvarmistus mahdollistaa tuottajien ja toimittajien polttoainelaatujärjestelmän laatimisen. Sen tehtävänä on varmistaa, että

- toimitusketju on jäljitettävissä,
- polttoaineen laatuun vaikuttavia vaatimuksia valvotaan, ja
- loppukäyttäjä/ostaja voi luottaa polttoaineen laatuun.

Dokumentaatio on tärkeä osa laadunvarmistusta.

Oikeilla tuotanto-, varastointi- ja kuljetusmenetelmillä on erittäin suuri merkitys toimitettavan puupolttoaineen laadulle. Niillä varmistetaan myös se, että polttoainetta säilytetään oikeissa olosuhteissa. Kaikkien polttoaineen toimitusketjun toimijoiden on pyrittävä välttämään polttoaineen laatua heikentäviä toimia (loppuvarastoinnin osalta myös käyttäjän/ostajan).

Puupolttoaineiden tuotannon jälkeiseen kuljetukseen, käsittelyyn ja varastointiin osallistuvien toimijoiden on dokumentoitava toimintansa.

Puupolttoaineen tuotannossa, varastoinnissa ja jakelussa on käytettävä tarkoituksenmukaisia menetelmiä ja noudatettava Tapion ohjeistusta ”Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen”. Epäpuhtauksia, ylisuuria kappaleita, hienoaineksen lisääntymistä ja laadun heikentymistä polttoaine-erässä on pyrittävä välttämään. Esimerkkejä epäpuhtauksista ovat kivet, maa-aines, metallikappaleet, muovit, jää ja lumi. Kosteuden imeytyminen puupolttoaineeseen voi heikentää sen laatua. Epäpuhtauksien määrittämiseen on kehitetty oma määrittämenetelmä (SFS-EN ISO 19743).

Erityisesti huomioon otettavia tekijöitä:

- sää- ja ilmasto-olosuhteet (esim. vesi- tai lumisateen riski) ja suojaustarve varastoinnin aikana,
- varastointiolosuhteet (esim. ilmankierto, kosteuden imeytyminen, kostuminen pohjan kautta) ja varastoinnin ennakoitu kesto,
- varastojen rakenteet (esim. hienoaineksen määrän kasvun sekä polttoaineen lämpötilan nousun ehkäiseminen),
- kuormaus- ja purkuolosuhteet (esim. epäpuhtaudet, ylisuuret kappaleet ja hienoaineksen määrän kasvu, kytevä tai palava puupolttoaine),

- kuljetuksen vaikutus polttoaineeseen (esim. pölyn muodostuminen, erityisesti sitoutunut pöly tai hienoaines, maantiesuola),
- laadun tasaisuus (toimitetun puupolttoaineen laadun on oltava tekniset ja taloudelliset rajoitteet huomioiden mahdollisimman tasaista; huomioita on kiinnitettävä erityisesti yksittäisten, peräkkäisten kuormien väliseen kosteuseroon, jonka tulisi olla mahdollisimman pieni),
- kosteuden suhteen on pyrittävä mahdollisimman tasalaatuisiin toimituksiin,
- kaikkien välineiden ja laitteiden puhtaus ja soveltuvuus kyseiseen työvaiheeseen ja
- koko toimitusketjun henkilöstön ammattitaito.

Missä tahansa tuotantoprosessin vaiheessa poikkeavaksi havaitut raaka-aineet tai polttoaineet on erotettava ja poistettava tuotantoketjusta. Jos raaka-aineen tai väli-/lopputuotteen visuaalisessa tarkastuksessa tai testauksessa huomataan poikkeamia määritetyistä vaatimuksista, poikkeava erä on hylättävä.

Esimerkkejä tuotteen poikkeavuudesta kertovista tekijöistä ovat liiallinen määrä ylisuuria kappaleita, epäpuhtauksia tai hienoainesta. Erä voidaan saada laatuvaatimukset täyttäväksi esimerkiksi seulomalla se uudestaan. Joissain tilanteissa poikkeavaa tuotetta voidaan käyttää toiseen tarkoitukseen tai se voidaan palauttaa toimitusketjuun raaka-aineena.

Kytevää tai palavaa puupolttoainetta ei saa laitoksille toimittaa. Mikäli kuormaa purettaessa havaitaan kytevää polttoainetta, kuorman purkaminen on keskeytettävä ja varmistettava, ettei kytevää polttoainetta pääse laitoksen käsittelyjärjestelmään.

9. Näytteenotto ja näytteiden käsittely

9.1 Yleistä näytteenotosta

Näytteenotolla tarkoitetaan tietyn, analysoitavaksi soveltuvan erän irrottamista ja erottamista suuremmasta kokonaisuudesta siten, että sekä näyte että alkuperäinen materiaalierä ovat halutuilta ominaisuuksiltaan samanlaisia. Edustava näytteenotto tarkoittaa itse asiassa sekä systemaattisen että satunnaisen virheen pienentämistä.

Hyvän näytteenoton ja käsittelyn yksinkertaistetut periaatteet ovat:

- näytteenottopaikka mahdollisimman lähellä materiaalin polttoaineen luovutusta (omistajan vaihdosta),
- näytteenotto vapaasta liikkeestä esim. putoavasta virrasta,
- näytteenoton kohdistuttava koko polttoainevirtaan tai valtaosaan sitä,
- polttoainevirrasta useampia pienempiä yksittäisnäytteitä,
- vältettävä jatkuvaa osavirrasta tapahtuvaa näytteenottoa ja
- näytekäsittely ja jakaminen eivät saa muuttaa tutkittavia ominaisuuksia.

9.2 Näytteenottosuunnitelma

Hyvän näytteenoton peruseriaate on saada edustava näyte koko kohteena olevasta polttoaineerästä. Jokaisella erän tai osakerän partikkelilla, jota näyte edustaa, tulisi olla yhtäläinen todennäköisyys päätyä mukaan näytteeseen. Näytteen käsittelyn tarkoituksena on pienentää näytettä sen edustavuus säilyttäen. Tämän varmistamiseksi tarvitaan näytteenottosuunnitelma, johon on suositeltavaa liittää näytteenotto- ja käsittelykaavio.

Jokaiselle laitokselle on hyvä laatia yksityiskohtainen näytteenottosuunnitelma, jonka sekä polttoaineiden toimittaja että lämpö- tai voimalaitos (polttoaineen ostaja) hyväksyvät kauppaa tehdessään ja joka jatkossa voi olla osa polttoainekaupan toimitussopimusta. Myös päästökauppa edellyttää laitokohtaista näytteenottosuunnitelmaa. Suunnitelmaa laadittaessa on otettava huomioon laitokohtaisesti polttoaineiden toimituslogistiikka, ajoneuvojen purkumenetelmät, laitoksen vastaanotto- ja käsittelyjärjestelmän asettamat vaatimukset ja rajoitteet parhaalle mahdolliselle ja luotettavalle näytteenotto- ja käsittelymenetelmälle. Lisäksi on otettava huomioon myös turvallisuusnäkökohdat. Suunnitelman pohjalta laaditaan lisäksi myös tiivistetty, yksinkertainen näytteenotto-ohje, jonka mukaan näytteenottajat, useimmiten ajoneuvojen kuljettajat toimivat kuormaa purettaessa.

Suunnitelmassa sovitaan kunkin lämpö- tai voimalaitoksen (polttoaineen ostajan) kanssa

- vastaanottoon parhaiten soveltuva näytteenottopaikka ja -menetelmä,
- käytettävät näytteenottolaitteet ja -välineet,
- yksittäisnäytteiden lukumäärät ja tilavuudet,
- näytteiden käsittely, säilytys ja merkintä sekä näytteenoton dokumentointi ja
- poikkeustilanteiden hallinta.

Tässä laatuohjeessa annetaan sekä näytteenotolle että näytteiden käsittelylle standardien mukaiset yleisohjeet, joiden pohjalta laitospohjaisia suunnitelmia ja ohjeita on mahdollisuus laatia.

9.3 Näytteenottopaikka

Polttoainetoimituksissa ensisijainen näytteenottopaikka on polttoaineen luovutuspaikka eli käytännössä usein vastaanottoasema, missä yksittäisnäytteet kerätään kuorman purkamisen yhteydessä kuormasta putoavasta polttoainevirrasta tai heti sen jälkeen vastaanottotaskusta tai vastaanotosta lähtevältä kuljettimelta tai kuljettimelta putoavasta polttoainevirrasta. Näytteenottopaikaksi on syytä valita paikka, missä varmimmin ja myös kohtuukustannuksin saadaan polttoaine-erästä edustava näyte. Luotettavimmin edustava näyte on mahdollisuus saada liikkuvasta, putoavasta polttoainevirrasta.

Nykyisen kokemuksen mukaan suositeltava järjestys polttoaineiden yksittäisnäytteenotolle on seuraava:

- liikkuva, jatkuva polttoainevirta, ensisijaisesti vastaanottoasemalla, mutta myös kuormaus- tai siirtokuormausvaiheessa esim. terminaaleilla,
- suoraan kuormasta koneellisesti, mikäli läpi kuorman poraavia näytteenottimia tai muita automaattisia näytteenottimia kehitetään.
- vastaanottoasemalla kuormaa purettaessa tai heti kuorman purkamisen jälkeen joko vastaanottotaskusta tai polttoainekentältä,
- kuormausvaiheessa kuormaajan kauhasta tai kasan rintauksesta,
- suurista puupolttoainevarastoista tai -aumoista ei suositella näytteiden ottamista kaupalliseen tarkoitukseen, koska edustavan näytteen saaminen on epävarmaa ja vaatii kohtuuttomasti työtä.

9.4 Näytteenottotapa

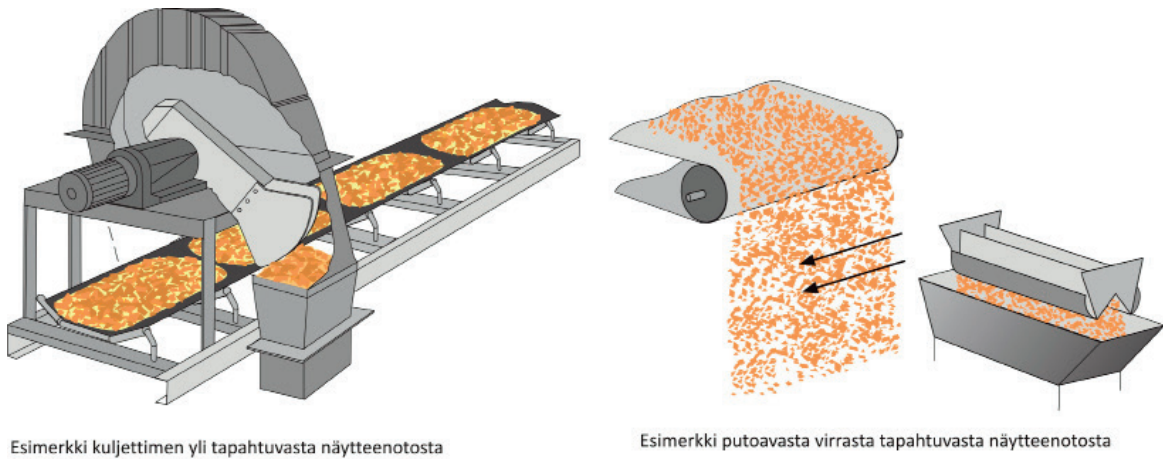
9.4.1 Yleistä

Näytteenotto on se vaihe, joka aiheuttaa eniten epätarkkuutta määritysten tuloksiin. Tämän vuoksi näytteenottoon on kiinnitettävä erityistä huomiota, ja se on tehtävä järjestelmällisesti ja huolellisesti. Tarkimpaan tulokseen päästään, jos näytteenotto saadaan koneelliseksi, mikä on mahdollista jatkuvasta polttoainevirrasta näytteitä otettaessa.

Puupolttoaineiden epähomogeenisuudesta johtuen on usein vaikea ottaa yksittäisnäytteitä tavalla, joka täyttää hyvän näytteenoton periaatteen, jonka mukaan jokaisella yksittäisellä osalla on yhtäläinen todennäköisyys tulla mukaan lopulliseen näytteeseen. Tällainen tilanne on varsinkin otettaessa näytteitä paikallaan olevasta, usein partikkelikoon mukaan lajituneesta polttoaineesta, esim. varastokasoista, silloista, vastaanottotaskusta tai kuormasta. Yksittäisnäytteiden ottaminen on helpompaa ja luotettavampaa, kun polttoaine on liikkeessä, esim. suoraan kuljettimelta tai kuljettimelta putoavasta polttoainevirrasta sekä kuormaa purettaessa tai lastattaessa. Eli näytteenotto on parempi tehdä liikkeellä olevasta, usein putoavasta polttoainevirrasta, jos se on suinkin mahdollista järjestää.

9.4.2 Koneellinen näytteenotto

Koneellisen näytteenoton peruseräperiaatteen mukaan yksittäisnäytteet otetaan siten, että polttoainevirran koko poikkileikkaus on näytteessä keskiarvoperiaatteen mukaan edustettuna. Helpoiten tämä voidaan toteuttaa ottamalla näytteet joko suoraan kuljetinhihnalta leikkamalla näytteeseen osa koko polttoainevirrasta tai kuljettimen päästä putoavasta polttoainevirrasta (kuva 1). Yleensä se tapahtuu siten, että näytteenottolaatikko liikkuu vakionopeudella koko polttoainevirran poikki, jolloin näyte leikkautuu koko polttoainevirrasta. Vaihtoehtoisia menetelmiä näytteenottimen liikeratkaisuiksi on useita. Molemmissa tapauksissa näytteenottimen suuaukon on oltava vähintään 2,5 kertaa materiaalin nimellisesti suurin palakoko (sen pyöreäaukkoisen seulan aukkojen läpimitta, jonka vähintään 95 % polttoaineen painosta läpäisee). Näytteenottolaatikon on oltava riittävän suuri. Näytteenottolaatikon täyttöasteeksi mitoitetaan standardin mukaisesti 2/3 (noin 67 %) koko laatikon tilavuudesta.



Kuva 1. Vasemmalla hihnan poikki ja oikealla putoavasta virrasta ottava näytteenotin. Kuva VTT.

Koneellinen näytteenotto voidaan toteuttaa myös kola- ja ruuvikuljettimilta. Tällaisista epäjatkuvista polttoainevirroista yksittäisnäyte voidaan ottaa avaamalla kuljettimen pohja koko leveydeltään siten, että näytteeseen saadaan koko epäjatkuuserä polttoainetta, esim. kolien väliin jäävä polttoaine-erä.

Näytteenottoa kuljetinlinjassa valittaessa täytyy varmistaa, että eri kuormien ja toimittajien polttoaineet pysyvät erillään näytteenottoaikassa. Samoin näytteenottoväli on mitoitettava kuormien purku- ja kuljetinkapasiteetin mukaan siten, että suunniteltu määrä yksittäisnäytteitä kuormaa kohti saadaan ja että ne levittyvät edustavasti yli koko kuorman pituudelta.

Yksittäisnäytteet voidaan ottaa myös vastaanottoasemalla ruovinäytteenottimilla suoraan kuormasta putoavasta polttoainevirrasta. Koneellisessa näytteenotossa yksittäisnäytteen tilavuudet kasvavat suuriksi, joten automaattijärjestelmiin on yleensä suunniteltu näytteiden murskaus-, sekoitus- ja jakolaitteet. Niistä saadaan kuormakohtainen suhteellisen pieni näyte

toimittajakohtaiseen keräilyastiaan. Näistä kokoomanäytteistä saadaan sekoituksen ja jakamisen jälkeen vuorokausikohtainen laboratorionäyte analysoitavaksi.

Koska kuormia tulee laitokselle sekä eri toimittajilta että sisältäen eri polttoainelaatuja, on varmistettava, että käytetty näytteenotin ja näytteenkäsittelylaitteet puhdistuvat aina kuormakohtaisen näytteenottojakson jälkeen. Samoin on taattava, että koko kerätty näyte-erä (myös hienoaines ja suurimmat kappaleet) siirtyy näytteeseen.

Käytettäessä koneellisia näytteenotto- ja käsittelylaitteita, on niiden luotettavuus testattava lähinnä mahdollisen systemaattisen virheen havaitsemiseksi ja sen poistamiseksi. Lisäksi eri osapuolten on hyväksyttävä niiden käyttöönotto polttoaineen hinnoittelun perustana olevalle näytteenotolle.

9.4.3 Manuaalinen näytteenotto

Useimmilla laitoksilla polttoaineen laatu ja hinnoittelu perustuvat vielä manuaaliseen eli käsin tapahtuvaan näytteenottoon. Yleisimmin yksittäisnäytteet otetaan kuorman purkamisen yhteydessä joko peräpurkuautosta putoavasta polttoainevirrasta tai heti kuorman purkamisen jälkeen, esimerkiksi kuormakohtaisesta polttoainekasasta, vastaanottotaskusta tai polttoainekentältä.

Manuaalinen näytteenotto on mahdollista toteuttaa kuljetinjärjestelmistä samoilla periaatteilla kuin edellä kuvatuilla koneellisilla näytteenottomenetelmillä. Oikein toteutettuina ne ovat kuitenkin työläisiä jatkuvaan käyttöön, koska esimerkiksi otettaessa näytteitä suoraan hihnakuljettimelta on kuljetin pysäytettävä näytteenoton ajaksi.

Manuaalisessa näytteenotossa on käytettävä pitkävartista näytteenottokauhaa (kuva 2), jonka suuaukon läpimitta molemmissa suunnissa on vähintään 2,5 kertaa nimellisesti suurin palakoko.

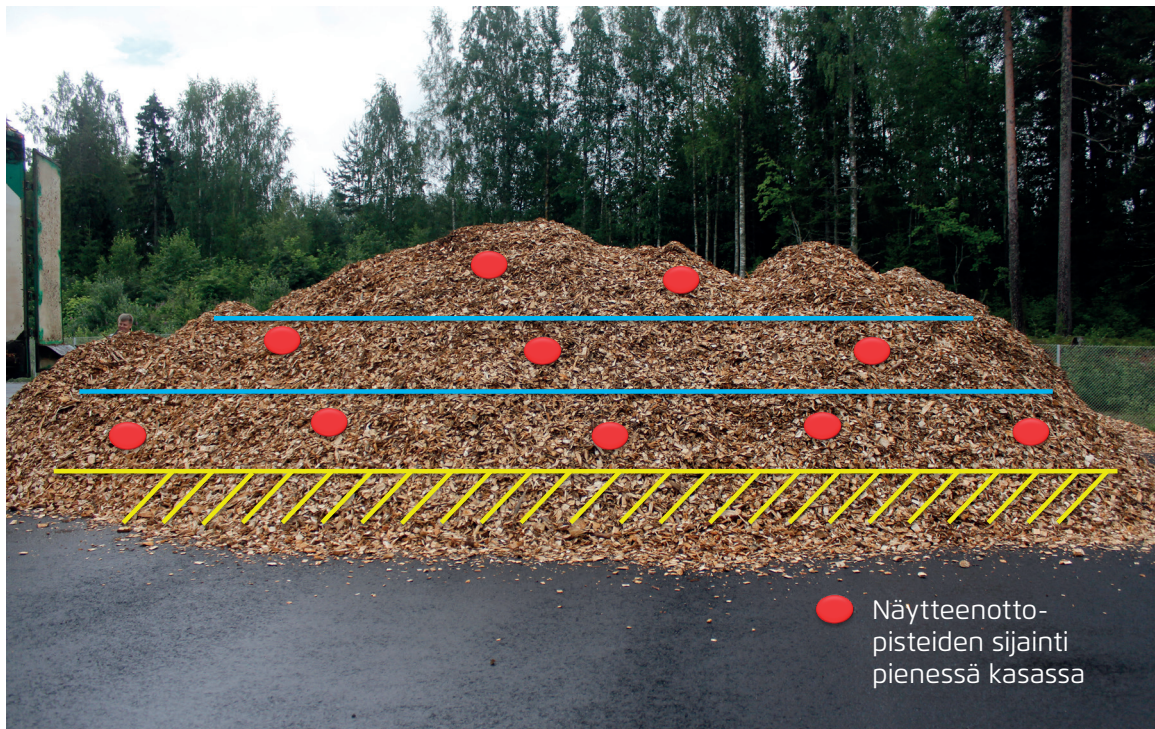


Kuva 2. Kuvassa (vasemmalla) on lapiomallinen näytteenotin polttoainekasasta tapahtuvalle näytteenotolle ja oikealla 3 litran näytteenottokauha liikkuvasta virrasta tapahtuvaan näytteenottoon . Kuva Haklog ky ja Ismo Tiihonen.

Otettaessa näytteitä suoraan kuormasta putoavasta polttoainevirrasta, näytteenottoväli määräytyy siten, että riittävä määrä yksittäisnäytteitä kuormaa kohti saadaan tasaisesti kuorman eri osista. Näytteitä on pyrittävä ottamaan polttoainevirran eri osista myös kuorman leveyssuunnassa. Näytteenottoa on vältettävä esimerkiksi peräpurkuautosta tulevista aivan ensimmäisistä osista sekä viimeisistä ”rippeistä”. Myös turvallisuus on huomioitava näytteenotossa autosta putoavasta polttoainevirrasta. Näytteenotto suositellaan järjestettävän ”lasin takaa” mahdollisimman puhtaasta tilasta pitkävartisella näytteenottokauhalla. Tämä onkin toteutettu jo onnistuneesti monella laitoksella.

Otettaessa näytteitä vastaanottotaskusta esim. sivukippiauton kuorman purkamisen jälkeen näytteenottajan on kierrettävä koko tasku ja otettava näytteet taskun eri osista turvallisuustekijät kuitenkin huomioon ottaen, jotta näytteenotto kohdistuu tasaisesti koko kuorman eri osiin.

Usein polttoainekuorma joudutaan purkamaan polttoainekentälle. Tällöin näytteet on mahdollista kerätä peräpurkuauton putoavasta polttoainevirrasta edellä kuvatulla tavalla. Aina ei kuitenkaan ole mahdollista ottaa yksittäisnäytteitä putoavasta virrasta, vaan näytteenotto joudutaan tekemään vasta kuorman purkamisen jälkeen kuormakohtaisesta kasasta. Tällöinkin on käytettävä näytteenottokauhaa, ja näytteet on kerättävä kasan eri osista siten, että näytteet kohdistuvat mahdollisimman tasaisesti puretun kuorman eri osiin. Polttoaine on lajitunut lähes poikkeuksetta kuormaa purettaessa, jolloin karkeimmat partikkelit ovat valuneet kasan alareunoille ja hienoin aines on jäänyt kasan keskelle ja yläosaan. Tästä syystä näytteitä pitää ottaa tasaisin välein myös kasan korkeussuunnassa. On vältettävä näytteiden ottoa aivan kasan pinnalta vaan näytteet kaivetaan näytekauhalla pintakerroksen alta. Näytteiden ottoa on vältettävä myös aivan kasan pohja- ja reunaosista (kuva 3).



Kuva 3. Näytteenottopisteiden sijainti pienessä polttoainekasassa. Kuva Haklog Ky

Manuaalisessa näytteenotossa pitää pyrkiä mahdollisimman suureen systemaattisuuteen kuormakohtaisia yksittäisnäytteitä otettaessa. Pääperiaate on, että näytteet edustavat tasaisesti koko kuormaa eikä minkäänlaista lajittumista tai valikoitumista saa tapahtua näytteenoton aikana. Näytteenottaja ei saa tehdä valintaa esimerkiksi palakoon suhteen, vaan suurimmatkin näytteeseen tulevat kappaleet ja mahdolliset epäpuhtaudet on otettava mukaan kuormakohtaiseen kokoomanäytteeseen.

9.5 Yksittäisnäytteiden lukumäärä ja tilavuus

Yksittäisnäytteiden lukumäärään vaikuttavat tärkeimmät tekijät ovat tietyn ominaisuuden esim. kosteuden todellinen hajonta siinä erässä (kuormassa), johon näytteenotto kohdistuu, tarkkuusvaatimus ja toimituserään kuuluvien kuormien lukumäärä (liite 8). Kosteushajonnan kasvaessa tarkkuusvaatimus lisää yksittäisnäytteiden lukumäärää helposti kohtuuttomiksi. Kosteuden hajonta kuormissa riippuu polttoainelajista, mutta myös kuormien täyttötavasta. Esimerkiksi suoraan hakkurilla kuormaan haketettaessa tapahtuu lajittumista kuorman eri osiin. Suomessa epähomogeenisten hakkuutähde- ja kokopuuhakkeiden kosteushajonnat ovat suurempia kuin rankahakkeella ja kantomurskeella.

Jos näytteenotto tapahtuu polttoainekuormittain, jatkuvassa polttoainetoimituksessa otetaan yksittäisnäytteitä **vähintään 2 yksittäisnäytettä/50 irto-m³ polttoainetta**. Erikokoisten kuormatilojen yksittäisnäytteiden vähimmäismäärät ovat

- kuorma-auto (nuppi)	vähintään 2 näytettä
- puoliperävaunu (< 100 m ³)	vähintään 4 näytettä
- yhdistelmä (100 – 160 m ³)	vähintään 6 näytettä (2 nupista + 4 perävaunusta)
- konttilyhdistelmät	vähintään 2 näytettä/kontti
- > 200 m ³ HCT-rekka	vähintään 8 näytettä/kontti

Näillä näytemäärillä on mahdollisuus saavuttaa 3 – 5 kuorman toimituserillä noin ± 3 %-yksikön tarkkuusvaatimus kosteudessa ja yli kuuden kuorman toimituksissa tarkkuus paranee noin ± 2 %-yksikköön (liite 8).

Koska varsinkin osalla metsäpolttoaineista on suuri kuorman sisäinen kosteushajonta, pienillä toimituserillä (alle 200 irto-m³) ja määritettäessä kuormakohtaisia ominaisuuksia on yksittäisnäytteiden lukumäärä vähintään kaksinkertaistettava. Tällöin on mahdollisuus saavuttaa Suomen oloissa pääosalla puupolttoaineita noin ± 4 %-yksikön tarkkuus kosteusmäärittämisessä.

Yksittäisnäytteen tilavuus perustuu näytteenottostandardissa kyseisen kiinteän biopolttoaineen palakokoon. Yksittäisnäytteen vähimmäistilavuus lasketaan kaavan 4 mukaisesti:

$$\begin{aligned} \text{Vol}_{\text{incr}} &= 0,5 \quad \text{kun } d_{95} < 10; & (4) \\ \text{Vol}_{\text{incr}} &= 0,05 * d_{95} \quad \text{kun } d_{95} \geq 10 \end{aligned}$$

missä Vol_{incr} on yksittäisnäytteen vähimmäistilavuus, litraa ja d_{95} on nimellisesti suurin palakoko, mm (sen pyöreäaukkoisen seulan aukkojen läpimitta, jonka vähintään 95 % polttoaineen massasta/painosta läpäisee).

Jos hakkeen partikkelin nimelliskoko (d_{95}) on 100 mm, yksittäisnäytettä otetaan vähintään 5 litraa, ja jos nimelliskoko on 63 mm, näytettä otetaan vähintään 3 litraa. Käytännössä Suomessa jälkimmäinen palakoko on hakkeilla tyypillisin.

Huom! Vaikka laskenta antaa palakoolle 45 mm yksittäisnäytteen vähimmäiskooksi 2,25 litraa, on sillekin syytä käyttää näytekokoa 3 litraa. Kantomurskeilla nimelliskoko on suurempi, jolloin yksittäisnäytteen tilavuus on 5 litraa.

Esimerkkejä:

sahanpuru	0,5 litraa
metsähake	3 litraa
murske, latvusmassasta tehty hake	5 litraa
kuori	5 litraa

Koneellisessa näytteenotossa useissa tapauksissa näytettä otetaan jopa kymmeniä litroja kuormaa kohti. Ylijäämänäyte palautetaan näytteen jakamisen jälkeen uudelleen syöttölinjalle. Lopullisen näytteen koko on lähellä manuaalisen näytteenoton yksittäisnäytekokoa. Näytteen asianmukaisella jakamisella on varmistettava edustavan näytteen saanti kustakin kuormasta. Suositeltavaa on, että koneellisen näytteenoton luotettava toiminta ja näytteenoton kannalta edustavan näytteen saanti varmistetaan erillisellä testauksella, jonka sekä polttoaineen toimittaja ja käyttäjä/ostaja hyväksyvät.

9.6 Näytteiden muodostaminen ja käsittely

9.6.1 Yleistä

Näytteenottostandardissa kuvataan menetelmiä, joissa kokoomanäytteet voidaan pienentää laboratorio- ja analyysinäytteiksi, sekä kuvataan näytteiden sekoittamiseen ja jakamiseen soveltuvia laitteita ja menetelmiä.

Näytteiden luotettavassa käsittelyssä on noudatettava tietyt peruseriaatteita

- jakamisen peruseriaate on, että näytteen koostumus ei saa muuttua alkuperäisestä eri käsittelyvaiheiden aikana
- näytteiden huolellinen sekoitus parantaa jakamisen luotettavuutta
- puupolttoaineiden partikkelikokoa pienennettäessä (murskaus, jauhaminen) ei kosteuden muutoksia eikä hienoaineksen häviöitä saa tapahtua
- näytteen lämpenemistä ja kuivumista on vältettävä näytekäsittelyn ja varastoinnin aikana
- kaupalliseen laadunmääritykseen käytettävät näytteenotto- ja käsittelylaitteet sekä -menetelmät on aina testattava yhteisesti sovittavalla tavalla.

9.6.2 Kokoomanäytteet

Kokoomanäytteitä muodostetaan toimitetuista polttoaineista niiden ominaisuuksien määrittämiseksi etupäässä hinnan määrittelyä, mutta myös päästökauppaa ja muuta erikseen määritettyä tarkoitusta varten.

Kokoomanäytteitä muodostetaan sekä polttoaineen kosteuden että polttoaineen kuiva-aineen ominaisuuksien (tuhka, lämpöarvo, yms.) määrittämistä varten. Kokoomanäytteet muodostetaan toimittaja- ja tarvittaessa polttoainelaji- tai toimituspaikkakohtaisesti.

Kokoomanäytteet muodostetaan aina tietyltä ajanjaksolta. Useimmiten tällaisen jakson pituus on

- kosteuden osalta yksi vuorokausi eli toimituserä. Suurissa yli 1 500 - 2 000 irto-m³ toimituksissa on suositeltavaa muodostaa osatoimituseräkohtaisia kokoomanäytteitä.
- kuiva-aineen ominaisuuksien (esimerkiksi lämpöarvo ja tuhkapitoisuus) osalta enintään yksi kuukausi

Näytteenottostandardin mukaan kiinteiden biopolttoaineiden laadunmäärityksessä kokoomanäytteitä ja laboratorionäytteitä muodostettaessa voidaan valita jokin seuraavista menetelmistä

1. Kaikki toimituseräkohtaiset yksittäisnäytteet laitetaan suoraan yhteen astiaan muodostaen kokoomanäytteen, joka lähetetään laboratorioon, jossa siitä valmistetaan laboratorionäyte.
2. Yksittäisnäytteet sekoitetaan keskenään muodostaen kokoomanäytteen, josta sekoituksen ja jakamisen jälkeen muodostetaan laboratorionäyte.
3. Kukin yksittäisnäyte pannaan erilliseen astiaan tai pussiin ja lähetetään laboratorioon. Laboratorio yhdistää näytteet muodostaen laboratorionäytteen.

Suurissa toimituksissa toimittajakohtaiset ja tarvittaessa polttoainelajikohtaiset näytteet kerätään toimituseräkohtaisesti isoon kokoomanäyteastiaan, josta kerran vuorokaudessa sekoituksen ja jakamisen jälkeen saadaan näyte kosteusmääritykseen. Pienemmissä toimituksissa kuormakohtaiset näytteet voidaan ottaa omiin muovipusseihin tai astioihin, jotka toimitetaan kosteusmääritykseen. Puupolttoaineilla ongelmana ovat suuret yksittäisnäytteiden tilavuudet, joten kuormakohtainen kokoomanäyte joudutaan jakamaan pienemmäksi ennen laboratorioon toimittamista.

Kokoomanäyte kuiva-aineen ominaisuuksien määrittämiseksi muodostetaan yleensä kunkin kosteusmääritysnäytteen kuivatusta osasta punnitsemalla kyseisen näytteen edustamaan kuiva-ainetonnimäärään suhteutettu määrä kuivattua näytettä kokoomanäytteeseen. Vastaava näyte voidaan erottaa myös kosteista polttoaine-eristä suhteutettuna näytteen edustamaan toimituserän kokoon.

Kokoomanäytteitä on säilytettävä huolellisesti koko keräysjakson ajan kannellisissa, ilmatiiviissä astioissa mahdollisimman viileässä tilassa. On myös huolehdittava, ettei kosteusmääritykseen kerättävän kokoomanäytteen kosteus muutu säilytyksen aikana.

9.6.3 Näytteiden käsittely

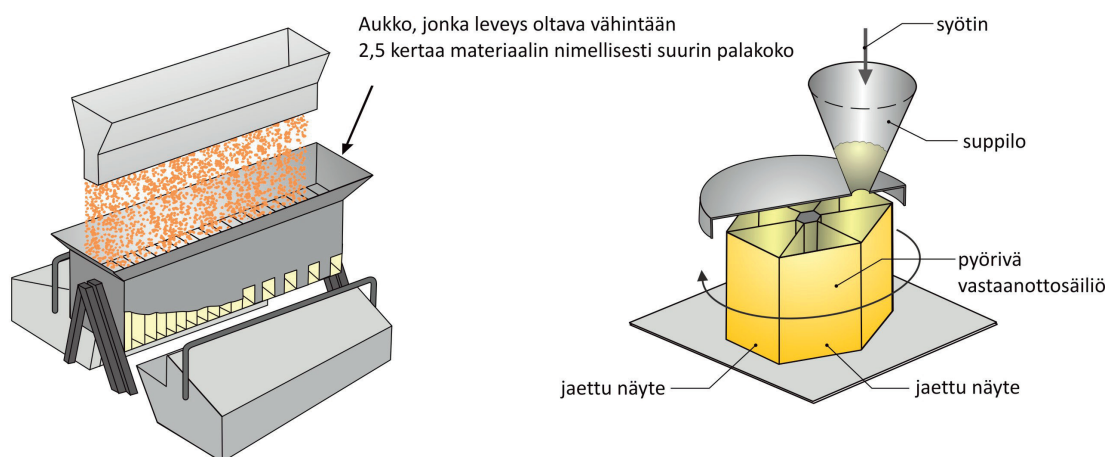
Liitteessä 7 on esitetty näytteenottostandardin mukaiset näyteköön eri pienentämisvaiheet sekä näytemäärien koot eri prosessin vaiheissa.

Kokoomanäyte jaetaan tarvittavan tai halutun kokoiseksi laboratorionäytteeksi, jonka tilavuus kiinteillä polttoaineilla on vähintään kaksi litraa. Vähimmäistilavuuden määrää kosteusstandardin mukainen kosteusmääritys, jonka edellyttämä näytemäärä on vähintään 300 g kostea näytettä. Mikäli halutaan määrittää myös muita polttoaineominaisuuksia, näytemäärän on oltava edellä mainittua suurempi. Jos määritetään samanaikaisesti lämpöarvo, tuhkapitoisuus ja kosteus, niin näytettä tarvitaan noin 500 g. Taulukossa 8 on tarvittavia näytemääriä erilaisille analyyseille.

Taulukko 8. Näytemäärät tyypillisiin analyysiin

Analyysit	Näytemäärä
Perusanalyysit (lämpöarvo; Q, tuhka; A, rikki S, hiili; C, vety; H ja typpi; N)	Noin 2 litraa (voidaan tehdä myös kosteusanalyysinäytteestä)
Kosteus; M	vähintään 300 g kosteaan näytettä eli noin 2 litraa
Irtotiheys; BD	noin 70 litraa, kun palakoko määritetään 50 litran astialla
Palakokoanalyysi; P	vähintään 8 litraa

Suuret kokoomanäytteet voidaan sekoittaa ja jakaa erilaisilla neliöinti- ja kasamenetelmillä, joiden kuvaukset löytyvät näytteenottostandardista. Ennen kokoomanäytteen jakamista olennaista on sen hyvä sekoittaminen. Sekoituksen jälkeen kokoomanäyte voidaan jakaa siihen soveltuvilla laitteilla, josta esimerkkinä ovat kuvan 4 standardin mukaiset jakolaitteet. Puupolttoaineiden partikkelikoon kasvaessa lokerojakajan mitoituksessa on otettava huomioon, että luotettavasti toimivan jakajan lokeron aukon on oltava riittävän suuri eli 2,5 kertaa nimellisesti suurin palakoko. Erityisesti kosteiden polttoaineiden jakamisessa tällaisten mekaanisten jakajien käyttö vaatii merkittävän työpanoksen ja suurta huolellisuutta laitteen puhdistamisessa ja kuivaamisessa ennen seuraavan näytteen käsittelyä.

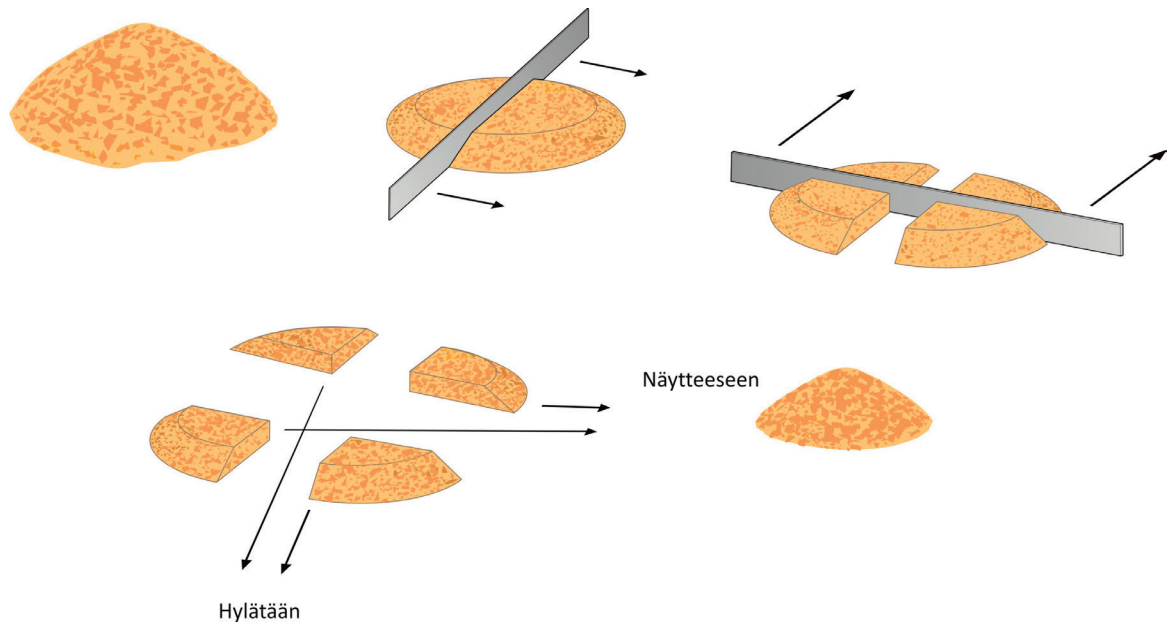


Esimerkki lokeroidusta laatikkojakajasta

Esimerkki pyörivästä jakolaitteesta

Kuva 4. Esimerkki lokeroidusta laatikkojakajasta sekä pyörivästä jakolaitteesta. Kuva VTT

Mikäli näytteenjakajaa ei ole käytettävissä, näyte voidaan jakaa myös käsin kuvassa 5 esitetyllä neliöimismenetelmällä. Näyte sekoitetaan huolellisesti pohjaa myöten, ja koko näyte kaadetaan kasaksi nopeahkolla liikkeellä pöydälle tai sopivan levyn päälle. Tämän jälkeen näyte jaetaan sopivaa apuvälinettä käyttäen neljään yhtä suureen osaan. Osista valitaan käytettäväksi näytteeseen kaksi osaa kuvan 5 mukaisesti (vastakkaiset osat). Neliöinti voidaan tehdä jäljelle jääville osille myös uudestaan, mikäli näytettä on vielä yhden neliöinnin jälkeen liian suuri määrä. Tällöin näyte on sekoitettava huolellisesti ennen toista neliöintiä.



Kuva 5. Neliöintimenetelmällä voidaan jakaa näyte ensin neljään osaan, josta vastakkaiset osat hylätään. Jakamista jatketaan niin kauan kun saadaan tarvittava näytemäärä. Kuva VTT

Kun kokoomanäytteen tilavuus kasvaa, näytteen sekoittamisessa kannattaa käyttää mekaanisia laitteita – joko erikseen suunniteltuja sekoittimia tai betonimyllyjä. Tällöin sekoittimen jälkeen kannattaa käyttää edelleen mekaanisia jakolaitteita, kuten lokeroitu laatikkojakaja. Kaikissa näytteenkäsittelyvaiheissa on oltava huolellinen, ettei tapahdu lajittumista partikkeliin mukaan (karkeat partikkelit, hienoaines/tuhkapitoisuus). Myös laitteiden puhdistumisesta käyttökertojen välillä on huolehdittava sekä polttoaine- että kosteusjäämien suhteen.

Manuaalisessa näytteenotossa edellisen näytteenottajan on puhdistettava näytteenkäsittelypöytä ja seuraavan näytteenottajan on varmistettava, että edellisestä näytteenotosta ei ole jäänyt näytettä tai kosteutta pöydälle.

10. Muut säädökset

Jalostamattoman puutavaran luovutus-, työ- ja urakointimittauksessa sovelletaan lakia puutavaran mittauksesta (414/2013). Lain tarkoittama jalostamaton puutavara pitää sisällään runkokuusta, kuoresta, oksista, kannoista ja juurista valmistetut puutavaralajit käyttötarkoituksesta riippumatta. Sallitut käsittelyt ovat: katkonta, haketus ja murskaus. Myös sahojen ja vaneritehtaiden teollisuushake ja irtotilavuudeltaan yli 20 m³ sahanpuruerät kuuluvat lain piiriin. Laki tuli voimaan 1.7.2013 ja sitä sovelletaan energiapuutavaralajien mittaukseen 1.1.2014 alkaen.

Puutavaran mittauksesta annetun lain mukaisissa mittauksissa lopullinen mittaustulos tuotetaan tilavuuden, painon tai kappalemäärän yksiköinä. Siten esimerkiksi kiintotilavuuden, irtotilavuuden, painon tai kuivapainon määrittäminen ja niihin tarvittavat mittaukset, mukaan lukien kosteuden mittaus, ovat lain piirissä. Lakia ei sovelleta energiasisällön tai lämpöarvon määrittäykseen.

Laki puutavaran mittauksesta sisältää säännökset siitä, mitä mittauksesta on sovittava, kuka mittauksen tekee, millä tavoin mittauksen luotettavuus varmistetaan, mitkä ovat mittausmenetelmien ja -laitteiden vaatimukset, millä tavoin mittaus dokumentoidaan ja millä tavoin mittaustulos ilmoitetaan mittaussosapuolille. Lisäksi laissa määritetään lain valvonnan, mittaustoiminnan kehittämisen, mittauserimielisyyksien ratkaisemisen ja muutoksenhaun organisaatiot ja menettelyt.

Mittausmenetelmien ja -laitteiden ja mittausten tekemisen vaatimuksista säädetään lisäksi maa- ja metsätalousministeriön asetuksella (12/13). Asetus sisältää muun muassa puutavaran mittauksessa käytettävien mittausmenetelmien mittauseriaatteet (mittausmenetelmäryhmät) ja sisällöt, mittauksen luotettavuuden varmistamisen menettelyt, mittauksen suurimmat sallitut poikkeamat ja mittauslaitteiden yleiset vaatimukset.

Puutavaran mittaukseen liittyvät yleiset muuntoluvut annetaan lain perusteella Metsäntutkimuslaitoksen määräyksellä (1/2013). Määräys sisältää hakkuukonemittausta, puutavarapölkkyjen ja -muodostelmien mittausta ja painon ja tilavuuden välisiä muuntoja koskevat muuntoluvut.

Lakia puutavaran mittauksesta sovelletaan puutavaran punnitsemiseen automaattisilla vaailla. Puutavaran punnitsemiseen ei-automattisilla vaailla sovelletaan mittauslaitelakia (707/2011), joka on mittauksen yleislaki.

Puupolttoaineita koskevat kriteerit kestävyyslain (393/2021) mukaan on otettava huomioon 20 MW ja sitä suuremmissa laitoksissa. Tarkemmat ohjeet on kuvattu Energiaviraston toiminnanharjoittajan kestävyyskriteeriohjeessa.

Kirjallisuus

Alakangas, E. 2012. Analysis of particle size of wood chips and hog fuel – ISO/TC 238. VTT-R-02834-12. p. 28.

Alakangas, E. Energiateollisuus 2014. Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön. VTT-M-01931-14. 51 s. Energiateollisuus ry, Metsäteollisuus ry ja Bioenergia ry.

Alakangas, E., Erkkilä, A. & Heikkinen, A. 2013, SolidStandards-projekti. Puuhake – koulutusaineisto, huhtikuu 2013, 44 s.

Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia, VTT Technology 258. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf>

Biopolttoaineita, bionesteitä ja biomassapolttoaineita koskeva toiminnanharjoittajan kestävyyskriteeriohje. Energiavirasto 2021, 109 s.

Energiaturpeen laatuohje -VTT-M-05993-17. Polttoaineluokitus ja laadunvarmistus, näytteenotto ja ominaisuuksien määrittäminen, Bioenergia ry ja VTT, 2017. https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2020/02/VTT_M_05993_17_Energiaturpeen_laatuohje_18.1.2018-3.pdf

Euroopan jäteluettelo - 2000/532/EC [Classification of wastes]

Euroopan komissio. Komission tiedonanto – Tekniset ohjeet jätteiden luokittelusta. 2018/C124/01. Euroopan unionin virallinen lehti, C124/1. 9.4.2018.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2015/2193, tiettyjen keskisuurista polttolaitoksista ilmaan joutuvien epäpuhtauspäästöjen rajoittamisesta (MCP-direktiivi)

Järvinen, T. 2012. Kiinteiden biopolttoaineiden CEN-näytteenottostandardin soveltaminen Suomen oloihin. Tutkimusraportti, VTT-R-01322-12, 55 s.

Järvinen, T. & Impola, R. 2012. Näytteenottostandardin soveltamisohje. Näytteenotto- ja näytekäsittelystandardien (SFS-EN 14778 ja SFS-EN 14780) soveltamisohje metsäpolttoaineille Suomessa. Tutkimusraportti VTT-R-03522-12. 21 s.

KOMISSION TÄYTÄNTÖÖNPANOPÄÄTÖS (EU) 2017/1442, annettu 31 päivänä heinäkuuta 2017, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/75/EU mukaisten parhaita käytettävissä olevia tekniikoita (BAT) koskevien päätelmien vahvistamisesta suuria polttolaitoksia (≥ 50 MW) varten (tiedoksi annettu numerolla C(2017) 5225) (LPC BREF-direktiivi) 17.8.2017 FI Euroopan unionin virallinen lehti L 212/19

Laki puutavaran mittauksesta, 414/2013. Suomen säädöskokoelma, 17.6.2013, 15 s. <http://finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130414>

Heikurainen, M.; Routa, J.; Rintala, P.; Mäkelä, M.; Saarentaus, T.; Immonen, K.; Sirviö, J.; Jaakkola, S.; Palojärvi, K.; Laiho, J.; Hongisto, T. 2020, Energiapuun mittausta, Puutavaran mittauksen toimikunta. 30 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020040110009>

Mittauslaitelaki, 707/2013. Suomen säädöskokoelma, 17.6.2011.
<http://finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110707>

SFS-EN 12952-15, Water-tube boilers and auxiliary installations – Part 15: Acceptance tests.

Kiinteät biopolttoaineet. Terminologia, määritelmät ja kuvaukset

SFS-EN ISO 17225-1, Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laatuvaatimukset ja -luokat. Osa 1: Yleiset vaatimukset

SFS-EN ISO 17225-4, Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laatuvaatimukset ja -luokat. Osa 4: Laatuluokiteltu puuhake

SFS-EN 15234-1, Kiinteät biopolttoaineet. Laadunvarmistus. Osa 1: Yleiset vaatimukset

SFS-EN 15234-4, Kiinteät biopolttoaineet. Laadunvarmistus. Osa 4: Puuhake ei-teollisuuskäyttöön

SFS-EN ISO 18135, Kiinteät biopolttoaineet. Näytteenotto

SFS-EN ISO 14780, Kiinteät biopolttoaineet. Näytteen käsittely

Valtioneuvoston asetus keskiuurten energiantuotantoyksiköiden ja -laitosten (1 – 50 MW) ympäristönsuojeluvaatimuksista. Suomen säädöskokoelma 1065/2017. 29.12.2017 (ns. PIP0-asetus).

Valtioneuvoston asetus ei-automaattisista vaaista, 400/2012. Suomen säädöskokoelma, 28.6.2012. <http://finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120400>

Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Metsätalouden kehittämiskeskus, Tapion julkaisuja. 31 s.

Liitteet

Liite 1. Puuraaka-aineen luokitus

Liite 2. Esimerkkejä eri puupolttoaineiden tuoteselosteista

Liite 3. Palakoon määrittäminen

Liite 4. Kosteuden määrittäminen

Liite 5. Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa – laskenta

Liite 6. Irtotiheyden määrittäminen

Liite 7. Esimerkki puupolttoaineiden näytteenotto- ja käsittelyketjusta

Liite 8. Yksittäisnäytteiden lukumäärä

Liite 9. Puupolttoaineiden laatukaavio

Liite 1 – Puuraaka-aineen (1.1 ja 1.2) luokitus standardin SFS-EN ISO 17225-1 mukaan. Julkaistu SFS:n luvalla.

1.1 Metsän ja istutusmetsän puu-biomassa ja muu luonnonpuu	1.1.1 Kokopuu ilman juuria	1.1.1.1 Lehtipuu
		1.1.1.2 Havupuu
		1.1.1.3 Lyhytkiertoviljelypuu
		1.1.1.4 Pensaat
		1.1.1.5 Sekoitukset ja seokset
	1.1.2 Kokopuu juurineen	1.1.2.1 Lehtipuu
		1.1.2.2 Havupuu
		1.1.2.3 Lyhytkiertoviljelypuu
		1.1.2.4 Pensaat
		1.1.2.5 Sekoitukset ja seokset
	1.1.3 Runkopuu/ranka	1.1.3.1 Lehtipuu, kuorellinen
		1.1.3.2 Havupuu, kuorellinen
		1.1.3.3 Lehtipuu, kuoreton
		1.1.3.4 Havupuu, kuoreton
		1.1.3.5 Sekoitukset ja seokset
	1.1.4 Hakkuutähde	1.1.4.1 Tuore/vihreä, lehtipuu (sisältää lehtiä)
		1.1.4.2 Tuore/vihreä, havupuu (sisältää neulasia)
		1.1.4.3 Varastoitu, lehtipuu
		1.1.4.4 Varastoitu, havupuu
		1.1.4.5 Sekoitukset ja seokset
1.1.5 Kannot/juurakot	1.1.5.1 Lehtipuu	
	1.1.5.2 Havupuu	
	1.1.5.3 Lyhytkiertoviljelypuu	
	1.1.5.4 Pensaat	
	1.1.5.5 Sekoitukset ja seokset	
1.1.6 Kuori (metsästä)		
1.1.7 Sekalainen puu puutarhoista, puistoista, tienvarsilta, viinitarhoilta, hedelmätarhoilta ja uppopuu makeasta vedestä		
1.1.8 Sekoitukset ja seokset		
1.2 Puunjalostusteollisuuden sivutuotteet ja puutähteet	1.2.1 Kemiallisesti käsittelemättömät puutähteet	1.2.1.1 Lehtipuu, kuorellinen
		1.2.1.2 Havupuu, kuorellinen
		1.2.1.3 Lehtipuu, kuoreton
		1.2.1.4 Havupuu, kuoreton
		1.2.1.5 Kuori (teollisuuden toiminnoista)
	1.2.2 Kemiallisesti käsitellyt puutähteet, kuidut ja puuaines	1.2.2.1 Ilman kuorta
		1.2.2.2 Kuorellinen
		1.2.2.3 Kuori (teollisuuden toiminnoista)
		1.2.2.4 Kuidut ja puuaines
	1.2.3 Sekoitukset ja seokset	

Esimerkkejä:

Tuore hakkuutähde, kuusi – 1.1.4.2

Kanto, kuusi – 1.1.5.2

Ranka, lehti- ja havupuuseos (suurin osa lehtipuuta) – 1.1.3.1 & 1.1.3.2

Sahanpuru, kuusi – 1.2.1.4

Kutterinlastu, mänty – 1.2.1.4

Kuori, kuusi – 1.2.1.5

Kutterinlastu-, sahanpuru- ja kuorisekoitus – 50 til-% 1.2.1.4 ja 50 til-% 1.2.1.5

Liite 2 - Esimerkkejä eri puupolttoaineiden tuoteselosteista

Tuoteseloste laaditaan vähimmäisarvojen mukaan ja tyyppillinen vaihteluväli huomioidaan.

Esimerkki 1. Tuoteseloste karsitusta rangasta valmistetulle puuhakkeelle

Tuoteseloste perustuen standardiin EN ISO 17225-1			
Velvoittavat	Ominaisuus	Yksikkö	Laatuluokat
	Raaka-aine	-	1.1.3.1 Karsittu ranka, lehtipuu
	Sijainti		Kyyjärvi
	Mitat, P	mm	P 45, F 10
	Kosteus, M	m-%	M 40
	Tuhka, A	m-% kuiva-aineesta	A 1.0
Opastavat	Irtotiheys, BD	kg/m ³	BD 250
	Energiatiheys, E	MWh/irto-m ³	E 0.80

Laatuluokittelustandardin osan 4 mukainen laatuluokka on A2.

Esimerkki 2. Tuoteseloste hakkuutähdehakkeelle

Tuoteseloste perustuen standardiin SFS-EN ISO 17225-1			
Velvoittavat	Ominaisuus	Yksikkö	Laatuluokat
	Raaka-aine	-	1.1.4.2 Tuore/vihreä, hakkuutähde, havupuu
	Sijainti		Forssa
	Mitat, P	mm	PL10, F25
	Kosteus, M	m-%	M 55
	Tuhka, A	m-% kuiva-aineesta	A 5.0
Opastavat	Irtotiheys, BD	kg/m ³	BD 400+ (408)
	Tehollinen lämpöarvo, saapumistilassa, Q	MJ/kg	Q 7.0

Esimerkki 3. Tuoteseloste kantomurskeelle

Tuoteseloste perustuen standardiin SFS-EN ISO 17225-1			
Velvoittavat	Ominaisuus	Yksikkö	Laatuluokat
	Raaka-aine	-	1.1.5.2 Kannot/juurakot, havupuu
	Sijainti		Forssa
	Mitat, P	mm	P 45, F 20
	Kosteus, M	m-%	M 45
	Tuhka, A	m-% kuiva-aineesta	A 10+ (11,5)
Opastavat	Irtotiheys, BD	kg/m ³	BD 300
	Tehollinen lämpöarvo, saapumistilassa, Q	MJ/kg	Q 8,3

Esimerkki 4. Tuoteseloste sahanpurulle

Tuoteseloste perustuen standardiin SFS-EN ISO 17225-1			
Velvoittavat	Ominaisuus	Yksikkö	Laatuluokat
	Raaka-aine	-	1.2.1.4 Sahanpuru, havupuu
	Sijainti	-	Hämeenkyrö
	Kosteus, M	m-%	M 55
	Tuhka, A	m-% kuiva-aineesta	A 0.5
	Tehollinen lämpöarvo, saapumistilassa, Q	MJ/kg	Q 7.1
Opastavat	Irtotiheys, BD	kg/m ³	BD 300 (arvio)
	Seulonta	-	ei ole seulottu

Esimerkki 5. Tuoteseloste kuorelle

Tuoteseloste perustuen standardiin SFS-EN ISO 17225-1			
Velvoittavat	Ominaisuus	Yksikkö	Laatuluokat
	Raaka-aine	-	1.2.1.5 kuori, havupuu
	Sijainti		Hämeenkyrö
	Mitat, P	mm	P 45, F 20
	Kosteus, M	m-%	M 55+ (60)
	Tuhka, A	m-% kuiva-aineesta	A 10.0+ (10,5)
	Tehollinen lämpöarvo, saapumistilassa, Q	MJ/kg	Q 5.5
	Repiminen	-	revitty

Esimerkki 6. Tuoteseloste kutterinlastu-, sahanpuru- ja kuorisekoitukselle

Tuoteseloste perustuen standardiin SFS-EN ISO 17225-1			
Velvoittavat	Ominaisuus	Yksikkö	Laatuluokat
	Raaka-aine	-	20 m-% 1.2.1.4 Kutterinlastu, 12 m-% sahanpuru, havupuu, 68 m-% 1.2.1.5 kuori, havupuu
	Sijainti	-	Jyväskylä
	Mitat, P	mm	P 50, F 20
	Kosteus, M	m-%	M 50
	Tuhka, A	m-% kuiva-aineesta	A 3.0
	Tehollinen lämpöarvo, saapumistilassa, Q	MJ/kg	Q 8,5
	Repiminen		revitty kuori
Opastavat	Irtotiheys, BD	kg/m ³	Kutterinlastu BD 150 Sahanpuru, BD 300 Kuori, BD 350

Esimerkin 6 sekoitus tehdään terminaalissa, aumaamalla eri puupolttoaineita vuorotellen aloittaen kutterinlastusta, sitten sahanpuru ja kuori muutamien kymmenen senttien kerroksina. Kerrokset tiivistyvät päälle kuormattaessa. Sekoituksen määrän määrittämiseksi lasketaan kuormaajan kauhojen tilavuuden perusteella kuormattu määrä. Paino arvioidaan käyttäen kunkin puupolttoaineen irtotiheyksiä. Irtotiheydet mitataan liitteen 6 mukaisesti ennen sekoittamista. Lämpöarvona voidaan käyttää tyypillisiä arvoja. Kun sekoitus toimitetaan ostajalle, otetaan kuorman painon lisäksi kuten yleensä kosteusnäytteitä kuormasta ostajan vastaanottoasemalla. Kosteusnäytteestä analysoidaan lämpöarvo.

Esimerkissä 6, sekoitus koostuu 36 til.-% kutterinlastun (kosteus n. 10,0 m-%), 11 til.-% sahanpurua (kosteus 55,0 m-%) sekä 53 til.-% kuorta (kosteus 60 %). Eri jakeiden teholliset lämpöarvot saapumistilassa on taulukossa 1. Kuormataan kutterinlastua 10 kauhakuormaa, sahanpurua 3 ja kuorta 15. Jos kauhassa on vaaka, saadaan kunkin erän paino mitattua ja lämpöarvon avulla laskettua energiamäärä. Jos kauhassa ei ole vaakaa ja kauhakuorman koko on 9 m³, niin esimerkissä 6 mainittuja tiheyksiä käyttäen lasketaan painot. Tällöin sekoituksen laskennallinen lämpöarvon keskiarvo on 8,4 MJ/kg. Kun laitokselta saatua lämpöarvoa verrataan tähän, niin lopullinen tulos voidaan korjata energiamäärien suhteessa.

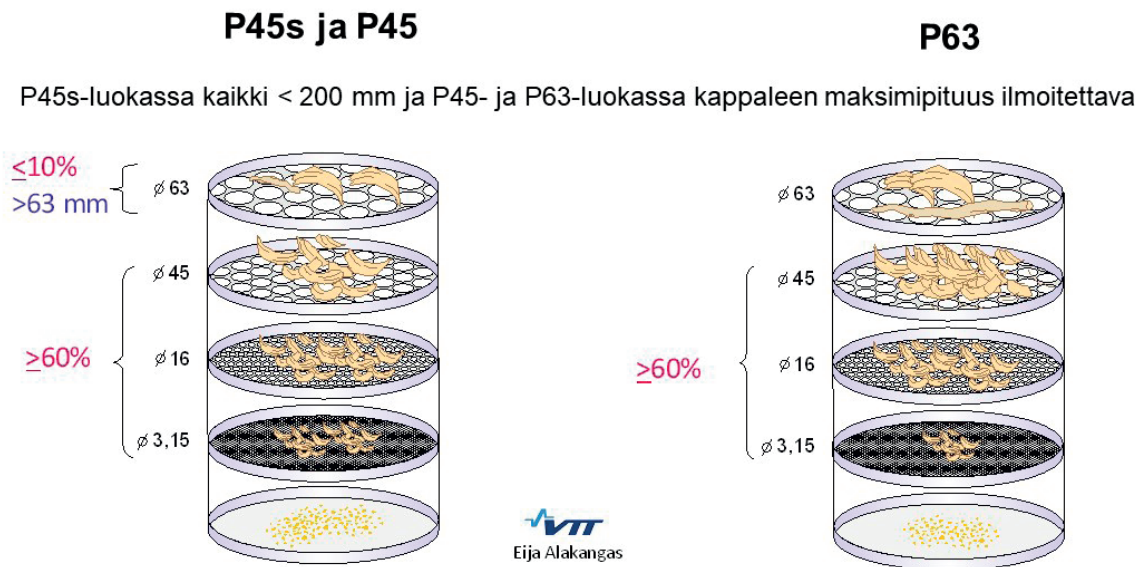
Taulukko 1. Sekoituksen energiamäärän laskenta

Polttoaine	Määrä, kauhan koko m ³ x määrä m ³	Määrä, m ³ x tiheys (kg/m ³), kg	Teh. lämpöarvo, saapumis- tilassa, MJ/kg	Energiamäärä, MJ
Kutterin lastu	9 x 10 = 90 m ³	90 x 150 = 13 500 kg	16,86	227 610
Sahanpuru	9 x 3 = 27 m ³	27 x 300 = 8 100 kg	7,25	58 725
Kuori	9 x 15 = 135 m ³	135 x 350 = 47 250 kg	6,21	293 423
Sekoitus, yht.	yht. 252 m ³	yht. 68 850 kg keskimääräinen tiheys 273 kg/m ³	ka. 8,42 MJ/kg keskikosteus 49,0 m-%	579 758

Liite 3 – Palakoon määrittäminen

Puuhakkeen palakoon määrittäminen standardin SFS-EN ISO 17827-1 mukaan

Tee näytteenotto seula-analyysiä varten näytteenottostandardin mukaisesti. Vaadittava näytemäärä on vähintään 8 litraa. Seulonta tapahtuu seulalla, missä on pyöreillä rei'illä varustelut seulakoot. Käytettävät seulat ovat 3,15 mm, 16 mm, 31,5 mm, 45 mm ja 63 mm standardin ISO 3310-2 mukaan. Palakokojakauma määritetään standardilla SFS-EN ISO 17827-1. Näyte seulotaan vaakasuorasti täryttävien seulojen läpi, joilla palat lajitellaan aleneviin kokoluokkiin mekaanisesti (kuva 1) eli suurin reikä on ylinä ja pienin alinna. Näyte seulotaan alle 20 %:n kosteudessa, seulonta-aika on 15 minuuttia. Seulontasuuntaa vaihdetaan välillä. Tarvittaessa näyte kuivataan näytteenottostandardin ohjeiden mukaan. Kullekin seulalle ja pohja-astian jäänyt aines punnitaan 0,1 g:n tarkkuudella. Kaikki yli 100 mm:n palat poimitaan käsin. Palakokoanalyysi kannattaa teettää siihen erikoistuneessa laboratoriossa.



Luokassa P45s hienoaines (< 3,15 mm, pohjaseula) on F10 ($\leq 10\%$) ja luokissa P45 ja P63 hienoaines ilmoitetaan laatuluokkina F02, F05, F10, F15, F20, F30, F30+

Kuva 1. Palakoon määrittäminen ja laatuvaatimukset luokille P45s, P45 ja P63. Kuva VTT.

Laatuluokittelustandardin osan 1 ja 4 palakokoluokkien nimet viittaavat pääfraktioon (60 % seuloilla olevasta painosta). Esimerkiksi P31:ssä 60 m-%:n pääfraktioon lasketaan seulojen 16 mm ja 31,5 mm jäävän aineksen yhteenlaskettu paino. Yli 45 mm suuria kappaleita saa olla korkeintaan 10 m-%, jolloin hienoaineksen määrä on korkeintaan 30 m-%. Jos hienoaineksen määrä on pienempi, niin silloin pääfraktio on yli 60 m-%.

Kuvassa 1 palakokoluokan perässä oleva s viittaa englanninkieliseen termiin "small", ja tämä palakokoluokka on tarkoitettu pienille laitoksille.

Palakoonmäärittämissä on opastavassa liitteessä palakokojakauman mediaaniarvon määrittäminen (d_{50}). Tämä on arvo, joka erottaa jakauman kahteen yhtä suureen osaan ja joka on graafisesti kumulatiivisen kokojakaumakäyrän leikkauspiste 50 %-vaakaviivalla.

Esimerkki 1

Kokopuu (1.1.1.1) on hakkeen raaka-aine. Seulonnan tuloksena palakoko on P45, F20 ja pisimmän kappa-
leen pituus on 100 mm.

Seulan koko, mm	Hienoaines		Pääfraktio			Karkea fraktio	Maksimipituus, mm
	< 3,15 mm	3,15-16 mm	16-31,5 mm	31,5-45 mm	45-63 mm	63-100 mm	
Seulalle jäävä massa (m), m-%	16,1	46,7	0,0	31,1	3,4	2,7	100

Palakoolle P45 voi ≥ 63 mm partikkeleita olla ≤ 10 %. Tässä esimerkissä karkea fraktio on 2,7%.

Esimerkki 2a. Tuoreen hakkuutähdehakkeen palakokoanalyysijä, seulalle jäänyt massa, m-%
(Alakangas 2012).

Tuore hakkuutähde, seulalle jäänyt massa, m-%									
Seula, mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9
< 3,15	19,5	25,6	33,7	28,3	32,8	24,2	25,1	6,9	6,0
3,15-16	23,2	40,2	40	47,6	46,2	64	52,3	31,7	38,8
16-31,5	13,4	25,7	17,2	17,2	12,8	8,3	16,8	7,5	39,6
31,5-45	10,5	4,8	2,9	1,7	4,7	0,7	3,4	4	8,6
45-63	8,2	3,8	6,3	5,2	0	2,8	2,4	49,9	7,9
> 100	25,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Laatu	PL30, F20	P31, F303	P63, F30+ (33,7 %)	P31, F30	P31, F30+ (32,8 %)	P31, F30	P31, F30	P63, F10	P31, F10

Esimerkki 2b. Kuivuneen hakkuutähdehakkeen palakokoanalyysijä, seulalle jäänyt massa,
m-% (Alakangas 2012).

Kuivunut hakkuutähde				
Seula, mm	1	2	3	4
< 3,15	30,5	41,9	20,4	22,2
3,15-16	41,2	48,7	62,7	62,3
16-31,5	0	0	0	0
31,5-45	26,4	7,8	16,1	15
45-63	1,8	1,7	0,9	0,4
> 100	0,0	0,0	0,0	0,0
Laatu	F30+, P45	F30+ (41,9), PL10	F25, P16	F25, P16

Huomaa, että kuivuneen hakkuutähdehienon hienonaineksen määrä voi olla jopa yli 30 %.

Liite 4 – Kosteuden määrittäminen

Puuhakkeen kosteuden määrittäminen standardin SFS-EN ISO 18134-1 mukaan



Kuva 1. Kosteusnäytteitä lämpökaapissa. Kuva Labtium Oy

Tee näytteenotto näytteenottostandardin mukaisesti. Näytteen pienentämisen perusperiaatteena on, että näytteen koostumus ei saa muuttua alkuperäisestä näytteen käsittelyvaiheiden aikana. Näytteen pienentäminen tehdään näytteenkäsittelystandardin mukaan. Sekoita näyte ennen käsittelyä. Punnitse vaa’alla, jonka tarkkuus on vähintään 0,1 g. Punnitse myös tyhjä kuivausastia (= m_1).

Näytteen koon on oltava vähintään 300 g puuhakkeelle ja -murskeelle. Näytettä ei saa olla liian paksua kerrosta. Näytteen palakoon tulisi olla kosteusmäärittäyksissä enintään 31,5 mm (nimellinen suurin palakoko). Merkitse näyte yksilöivästi.



Kuva 2. Lämpötilan tarkkailu lämpökaapissa. Kuva Labtium Oy.

Kuivata näyte lämpökaapissa, jonka lämpötila on $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Lämpökaapin tuuletusventtiiliin (poistovenktiili) on oltava auki ja kostean ilman on voitava poistua sen kautta esteettä. Tarkkaile lämpötilaa säännöllisesti.

Sijoita näyte kuivausuuniin välittömästi punnituksen jälkeen (punnitusarvo m_2). Ole tarkkana, jotta et menetä näyttemateriaalia! Näytteitä ei saa laittaa liian tiiviisti eikä seinämiin kiinni eikä lämpökaapin pohjalle. Käytä patakinnasta, kun otat näytteen lämpökaapista, palovammojen ehkäisemiseksi.

Kuivata kunnes on saavutettu paino, joka ei muutu, ei kuitenkaan yli 24 tuntia!

Punnitse näyte välittömästi lämpökaapista ottamisen jälkeen (punnitusarvo m_3). Sammuta sen jälkeen lämpökaappi.

Laske kosteus (M_{ar}) märkápainosta seuraavalla kaavalla:

$$M_{ar} = (m_2 - m_3) / (m_2 - m_1) \times 100$$

- M_{ar} kosteus saapumistilassa, m-%
- m_1 tyhjän kuivausastian paino, g
- m_2 kuivausastian ja näytteen yhteispaino ennen kuivausta, g
- m_3 kuivausastian ja näytteen yhteispaino kuivauksen jälkeen, g

Tulos ilmoitetaan 0,1 %-yksikön tarkkuudella. Yksi määrittäminen riittää.

Esimerkki:

$$M_{ar} = (582,47 - 456,96) / (582,47 - 281,13) \times 100 = 41,7 \text{ m-%}$$

Liite 5 – Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa – laskenta

Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineesta voidaan määrittää standardin SFS-EN 14918 mukaisesti tai käyttää yhdessä soveltuvaa tyypillistä tehollista lämpöarvoa eri puulajille. Tyypillisen lämpöarvon saa esimerkiksi laatuluokittelustandardin osan 1 liitteestä B tai Alakangas et al. 2016.

Tehollinen lämpöarvo (vakioaineessa) saapumistilassa $q_{p,net,ar}$ (kosteaa biopolttoainetta) voidaan laskea, kun tiedetään tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa $q_{p,net,d}$ ja kosteus saapumistilassa M_{ar} seuraavalla kaavalla:

$$q_{p,net,ar} = q_{p,net,d} \times (100 - M_{ar}) / 100 - 0,02443 \times M_{ar}$$

Tulos ilmoitetaan 0,01 MJ/kg tarkkuudella.

Esimerkki:

Perustiedot:

Raaka-aine: Hakkuutähteet 1.1.4.2

Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa:

- **Analyysi** SFS-EN ISO 18125 mukaisesti $q_{p,net,d} = 19,50$ MJ/kg
- **Tyypillinen arvo** (Taulukko B.3; SFS-EN ISO 17225-1): $q_{p,net,d} = 19,20$ MJ/kg
(tyypillinen vaihteluväli, Taulukko B.3; SFS-EN ISO 17225-1): ($q_{p,net,d} = 18,5 - 20,5$ MJ/kg)

Kosteus:

- **Analyysi** SFS-EN ISO 18134-2 mukaisesti $M_{ar} = 59,7$ %

Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa:

$$q_{p,net,ar} = 19,50 \times ((100 - 59,7) / 100) - 0,02443 \times 59,7 = 6,40 \text{ MJ/kg (perustuu analyysiin)}$$

$$q_{p,net,ar} = 19,20 \times ((100 - 59,7) / 100) - 0,02443 \times 59,7 = 6,28 \text{ MJ/kg (perustuu tyypillisen lämpöarvon käyttämiseen)}$$

1 MJ/kg vastaa 0,2778 kWh/kg. Laskennoissa käytetään yksikköä MJ/kg, ja muunnos kWh/kg tehdään laskennan loppuvaiheessa.

Energiatiheyden laskenta

Jos käytät toimituksissa tilavuusyksikköä (irto-m³) ja olet mitannut irtotiheyden lasketaan energiatiheys seuraavasti:

$$E_{ar} = (q_{p,net,ar} / 3600) \times BD_{ar}$$

Tässä esimerkissä irtotiheys oli 379,0 kg/m³

$$E_{ar} = 6,40 / 3600 \times 379,0 \text{ MWh/irto-m}^3 = 0,67 \text{ MWh/irto-m}^3$$

Liite 6 – Irtotiheyden määrittäminen

Puuhakkeen irtotiheyden määrittäminen standardin SFS-EN ISO 17828 mukaan

Säiliön korkeuden ja halkaisijan välisen suhteen oltava 1,25 ja 1,50 välillä. Käytä puuhakkeelle ja -murskeelle ns. suurta astiaa, jonka tilavuus on 50 litraa (0,05 m³). Punnitse vaa'alla, jonka tarkkuus on vähintään 10 g. Punnitse myös tyhjä säiliö. Tee näytteenotto ja näytteenkäsittely vastaavien standardien mukaisesti. Määritä näytteen kosteuspitoisuus saapumistilassa SFS-EN ISO 18134-2 mukaisesti välittömästi irtotiheyden määrittämisen jälkeen. Voit näin yhdistää irtotiheys- ja kosteusmäärittämisen, mitä pienemmät laitokset käyttävät yleisesti.



Sekoita näyte (näyttemäärä vajaa 70 litraa). Täytä astia kaatamalla 20–30 cm:n korkeudesta säiliön yläreunan yläpuolelta, kunnes on muodostunut korkein mahdollinen keko.



Täytetty säiliö täräytetään 3 kertaa pudottamalla se vapaasti 15 cm:n korkeudesta puulevylle. Varmista, että säiliö osuu puulevyn pystysuoraan. Täytä säiliön syntynyt tyhjä tila uudelleen.



Poista liika aines pienen soiron avulla, joka kulkee astian yli heiluvilla liikkeillä. Jos näyte sisältää karkeaa ainesta, kaikki kappaleet, jotka estävät soiron vapaan liikkeen, on poistettava käsin. Jos isojen kappaleiden poistaminen aiheuttaa tasoitettuun pintaan isohkoja kuoppia, ne täytetään ja poistomenettely toistetaan.



Punnitse täytetty säiliö. Yhdistä käytetty näyte käyttämättömään näyteainekseen ja toista menettely ja toista menettely ainakin kerran.

Kuvat VTT.

Laske irtotiheys (BD) seuraavilla kaavoilla:

$$BD_{ar} = (m_2 - m_1)/V$$

$$BD_d = BD_{ar} \times (100 - M_{ar})/100$$

missä

BD_{ar} on irtotiheys saapumistilassa, kg/m^3

BD_d on kuiva-aineen irtotiheys, kg/m^3

m_1 on tyhjän säiliön paino, kg

m_2 on täytetyn säiliön paino, kg

V on mittaussäiliön nettotilavuus, m^3

M_{ar} on kosteus saapumistilassa, m-%

Yksittäisten määritysten tulos ilmoitetaan $0,1 \text{ kg}/\text{m}^3$ tarkkuudella. Yksittäisten tulosten keskiarvon laskennassa tulos pyöristetään lähimpään $10 \text{ kg}/\text{m}^3$.

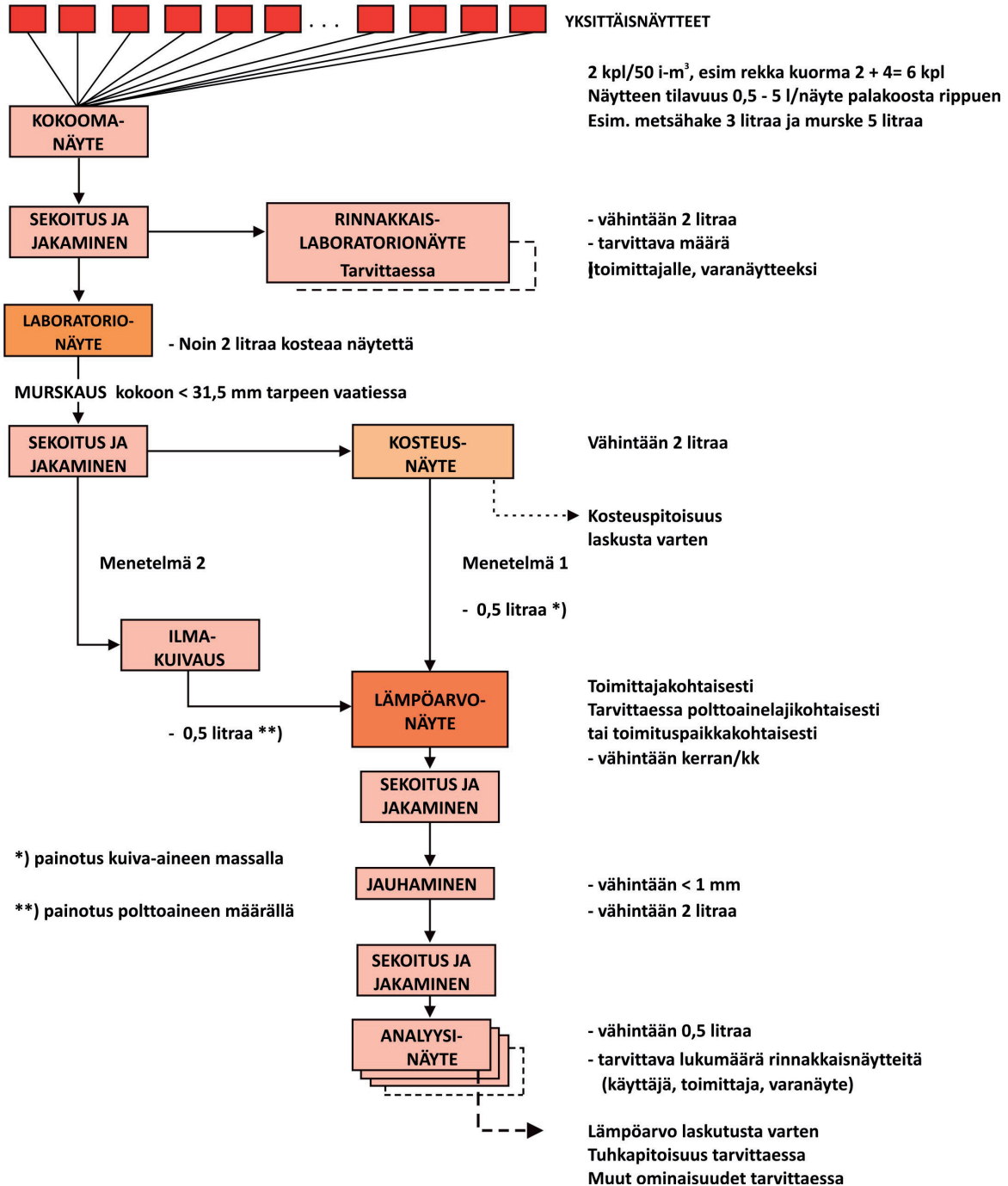
Esimerkki:

$$BD_{ar} = (18,845 - 3,160)/0,05 = 313,7 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$BD_d = 313,7 \times (100 - 41,7)/100 = 182,9 \text{ kg}/\text{m}^3$$

Liite 7 – Esimerkki puupolttoaineiden näytteenotto- ja käsittelyketjusta

ESIMERKKI PUUPOLTTOAINEIDEN NÄYTTEENOTTO- JA KÄSITTELYKETJUSTA



Liite 8 – Yksittäisnäytteiden lukumäärä

Yksittäisnäytteiden minimilukumäärä lasketaan näytteenottostandardissa esitetyn kaavan mukaan

$$n = \frac{4V_I}{NP_L^2 - 4V_{PT}}$$

n = yksittäisnäytteiden pienin lukumäärä,

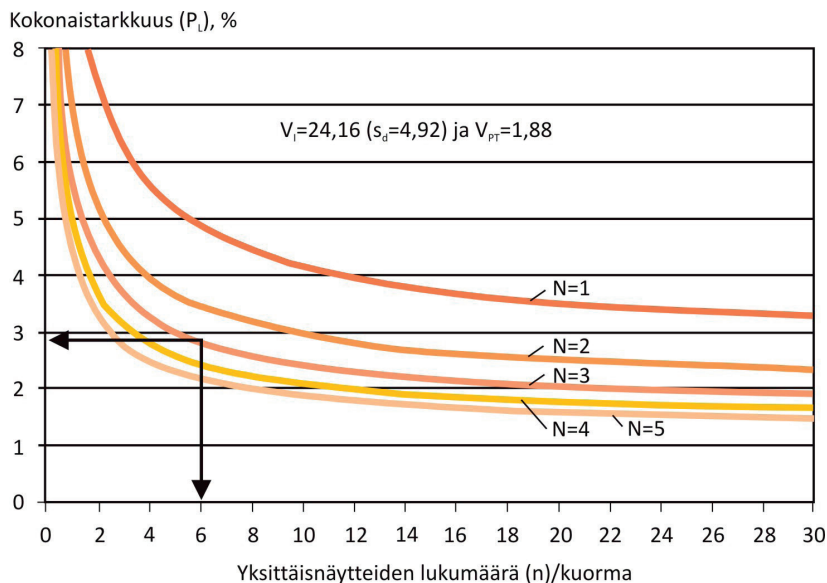
P_L = haluttu kokonaistarkkuus sisältäen näytteenoton, esikäsittelyn ja määrittymisen (analyysin) 95 %:n tilastollisella luottamustasolla,

V_I = primäärinen yksittäisnäytteiden välinen varianssi (= sisäisen hajonnan neliö s_d^2)

N = toimituserän osien (sublot) lukumäärä, Suomessa kuormalukumäärä ja

V_{PT} = esikäsittelyn ja määrittymisen varianssi.

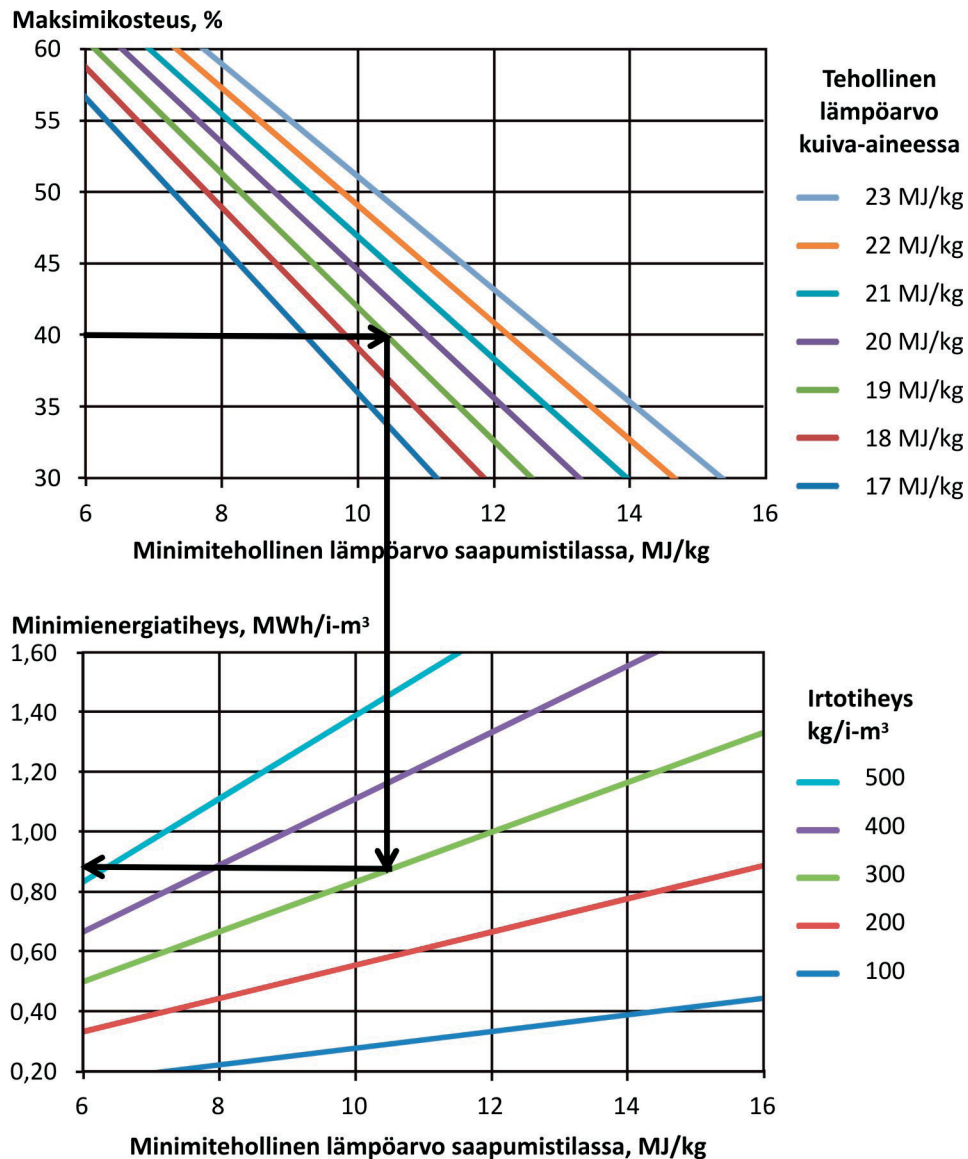
Näytteenoton kokonaistarkkuuteen vaikuttaa eniten sekä toimitetun polttoaine-erän sisäinen hajonta kosteuden suhteen että toimituserän koko eli kuormien lukumäärä. Erilaisten suomalaisten metsäpolttoaineiden sisäisiä kosteushajontoja on selvitetty huomioiden sekä vuodenaikojen vaihtelut että laitosten maantieteellinen sijainti (Järvinen, 2012). Suurimmat hajonnat ovat hakkuutähdehakeella sekä kokopuuhakeella. Alla olevassa kuvassa on esitetty yksittäisnäytteiden lukumäärän vaikutus näytteenoton kokonaistarkkuuteen kosteuden suhteen. Parametrinä on toimituserän koko N (1 – 5 kuormaa). Kosteuden sisäisenä hajontana on käytetty hakkuutähdehakeen eri vuodenaikojen keskimääräistä hajontaa ($s_d = 4,92$ %-yksikköä).



Kuva 1. Yksittäisnäytteiden lukumäärän (n) riippuvuus halutusta kokonaistarkkuudesta (P_L) osierien (N) ollessa parametrinä hakkuutähdehakeella vuodenaikojen keskimääräisellä hajonnalla. Kuva VTT.

- Kun otetaan 6 yksittäisnäytettä kuormasta, kokonaistarkkuus on vajaa ± 3 %-yksikköä toimituserän ollessa 3 kuormaa.
- Tarkkuus lähenee ± 2 %-yksikköä toimituserän kasvaessa 5 kuormaan.
- Kokonaistarkkuuden muutokset ovat suuria pienillä toimituserillä (1 – 2 kuormaa), jolloin yksittäisnäytteiden lukumäärä on kaksinkertaistettava, jotta kokonaistarkkuus pysyy siedettävänä.
- Sisäisen hajonnan vaihtelut eivät vaikuta kuvaajien muotoon, suuremmilla hajonnoilla kuvan käyräparvi siirtyy ylöspäin eli näytteenoton tarkkuus heikkenee.
- Osalle metsäpolttoainetoimituksia on ominaista, että vuodenaikat vaikuttavat toimituserän kosteuden hajontaan, esimerkiksi talvella hajonta on huomattavasti suurempi kuin kesällä.

Liite 9 – Puupolttoaineiden laatukaavio



Esimerkki:

Valitaan polttoaineelle maksimikosteus 40 % ja teholliseksi lämpöarvoksi kuiva-aineessa 19 MJ/kg

→ minimitehollinen lämpöarvo saapumistilassa on 10,42 MJ/kg

Valitaan irtotiheyden minimiarvoksi 300 kg/irto-m³

→ minimiennergiatiheys on 0,86 MWh/irto-m³



ISBN 978-952-93-3223-6