



Lämpöarvon määrittäminen

1. Johdanto

Tämän työn tavoitteena oli määrittää yhdyskuntajätteen lämpöarvo kalorimetrimenetelmällä.

Lämpöarvon määrittäminen suoritettiin valmiista pelleteistä, sekä erikseen tuotetusta näyteerästä. Erillisen näyteerän mittaukseen päädyttiin pelletöinnissä havaitun epätasaisen sekoituksen vuoksi. Pelletöidessä muovi kerääntyi matriisiin ympärille, eikä puristunut kokonaisuudessaan pellettiin. Erillisellä näytteellä muovi saatiin sekoittumaan tasaisemmin näytteeseen, joka antaa todellisemman tuloksen jätteen lämpöarvoista.

2. Välineet

- Pommikalorimetri: Isoperibol IKA C6000
- Kosteusanalysaattori: OHAUS MB23
- Tarkkuusvaaka: Radwag ps 1000 r2

Ennen mittauksia kalorimetri kalibroitiin 25°C asteeseen (SFS 16023:2013) valmistajan toimituksen yhteydessä tulleilla bentsoehappo tableteilla. Sytytyslankana käytettiin valmistajan omia puuvilla sytytyslankoja, jonka lämpöarvot laite ottaa automaattisesti laskennassa huomioon.

3. Aineet

- Ilmatiiviissä pussissa säilytetty pelletöity yhdyskuntajäte

Testin pelletteinä käytettiin polttokokeiden kosteuden määrittämisessä käytettyjä kuivattuja pellettejä. Kuivauksen jälkeen pelletit oli säilytetty ilmatiiviissä pussissa.

- Erillinen näyteerä

Mitattu erillinen näyteerä tehtiin pelletöinnissä käytetyistä materiaaleista yhdyskunta jätteen suhteiden mukaisesti. Materiaalit mitattiin ja sekoitettiin käsin sekä kone avusteisesti. Näytteen kokonaispainoksi saatiin 59,336g, josta mittaukseen tuotettiin viisi kappaletta noin. 1g painoisia näytteitä IKA:n ruuvipuristimella. Näytettä tehdessä havaittiin muovin sekoittuvan huonosti muuhun näytteeseen.



4. Menetelmä

Kalorimetrinen mittaus suoritettiin molemmissa mittauksissa alla esitetyn listan mukaisesti:

1. Näytteistä punnittiin 1g näyte, josta mitattiin kosteus kosteusanalysointorilla.
2. Kalorimetrisessä mittauksessa näytettä punnittiin mitta-astiaan (1,0 ±0,2)g (SFS-EN ISO 18125:2017)
3. Punnittu näyte poltettiin pommikalometrissä.
4. Polton jälkeen pommikalometrin astia purettiin ja tarkastettiin täydellinen palaminen.
5. Täydellisesti palaneen näytteen tulokset kirjattiin ylös.

Tarkastuksessa etsittiin noki jäämiä säiliön sisäseiniltä, jotka viittaa epäpuhtaaseen palamiseen. Näytteen palaessa epäpuhtaasti, tulos on hylättävä ja uusittava. Tarvittaessa näytteeseen voidaan lisätä paloa avustavia aineita (SFS 16023:2013, s.11). Näytteiden välissä kalorimetrin säiliö, sekä mitta-asti kuivattiin nukkaamattomalla liinalla.

5. Tulokset

Mittaukset suoritettiin eri päivinä. Mittaus hetkillä huoneen lämpötila pysyi 24°C asteessa. Mitattavat tuotteet ovat kaikki hyvin palavia, eikä näytteissä tullut yhtään epäonnistunutta testiä. Testeihin ei myöskään tarvittu paloa avustavia aineita. Mittauksien tulokset ovat nähtävillä molemmille aineille alla olevista taulukoista.

5.1 Pelletti

Mittaus	Polttoaineen massa (g)	Kosteusprosentti (%)	Lämpötilan muutos (K)	Lämpöarvo (J/g)
Näyte 1	0,921	2	2,5803	22677
Näyte 2	0,992	2	2,6204	21382
Näyte 3	1,058	2	2,7275	20867

5.2 Erillinen näyte-erä

Mittaus	Polttoaineen massa (g)	Kosteusprosentti (%)	Lämpötilan muutos (K)	Lämpöarvo (J/g)
Näyte 1	0,923	4,3	2,2635	19840
Näyte 2	1,085	4,3	2,6723	19936
Näyte 3	1,070	4,3	2,7277	20635

6. Laskut

Testeissä ei määritetty mitattavien aineiden rikki-, typpi- eikä halogeenipitoisuuksia, joten laskenta toteutettiin (SFS 16023:2013, s.15-16) esitetyillä yksinkertaistetuilla laskenta kaavoilla.

Kokonaislämpöarvon (kalorimetrinen lämpöarvon) laskenta toteutettiin kaavalla:

$$q_{v,gr,d} = q_{v,gr} * \frac{100}{100 - M_{ad}} \quad (1)$$

missä

$q_{v,gr,d}$ on Kuivan aineen kokonaislämpöarvo (J / g)

$q_{v,gr}$ on Analysoidun aineen mitattu lämpöarvo (J / g)

M_{ad} on Analysoidun aineen kosteusprosentti (%)

Analysoidun aineen mitattuna lämpöarvona käytettiin mittauksista saatujen tulosten keskiarvoa. Tulokset laskelmista on nähtävillä alla olevassa taulukossa

Näyte	Analysoidun aineen lämpöarvo KA (J / g)	Kosteusprosentti (%)	Kokonaislämpöarvo (J / g)
Pelletti	21 642	2	22 083,67
Erillinen näyte-erä	20 137	4,3	21 041,8

Tehollisen lämpöarvon laskenta toteutettiin kaavalla:

$$q_{p,net,d} = q_{v,gr,d} - 212,2 * \omega(H)d \quad (2)$$

missä

$q_{p,net,d}$ on Kuivan aineen tehollinen lämpöarvo (J / g)

$q_{v,gr,d}$ on Kuivan aineen kokonaislämpöarvo (J / g)

$\omega(H)d$ on Prosentuaalinen vetyttöisyys kuiva aineen massasta (%)

Laskennassa käytettiin prosentuaalisena vetyttöisyytenä (SFS:16023:2013, Annex D) taulukon arvoja.



Jätteen jokaisesta osasta ei ollut listattuna ennalta määritettyjä arvoja, joten vetypitoisuuden laskennallinen selvitys ei ollut mahdollista. Tämän takia päädyttiin laskenta-arvona käyttämään taulukon tuntemattoman jätteen vetypitoisuutta, joka on esitetty olevan 5%.

Näyte	Kokonaislämpöarvo (J / g)	Vetypitoisuus (%)	Tehollinen lämpöarvo (J / g)	Tehollinen lämpöarvo (MJ / kg)
Pelletti	22 083,67	5	21 022,67	21
Erillinen näyte-erä	21 041,8	5	19 980,8	20

7. Tulosten tulkinta sekä virheellisyys

Tuloksia analysoidessa on havaittavissa huomattavaa eroavaisuutta yksittäisissä mittauksissa sekä näyte kohtaisessa mittauksissa.

Yksittäisissä mittaustuloksissa pelletin osalta on nähtävillä huomattavasti suurempaa hajontaa kuin erillisessä näyte-erässä. Pelletin suuri hajonta oletetusti johtuu yksittäisten pellettien koostumuksien eroavaisuuksista. Yksittäisen pelletin koostumukseen vaikuttaa materiaalin läpäisevyys matriisissa puristimen puristaessa. Pelletöinnissä havaittiin ongelmaa muovin läpäisevyydessä, joka voi selittää osan eroavaisuudesta.

Erikseen tuotetussa näyte-erässä vaihtelevuus on alhaisempaa kuin pelletissä, mutta silti kohtuullisen suurta. Tähän oletetusti vaikuttaa myös yksittäisen näytteen koostumuksen eroavaisuus. Näytteitä tehdessä todettiin muovin sitoutuvan sekä sekoittuvan muuhun massaan huonommin kuin muut materiaalit.