

VIRHEARVIOINTI – PÄÄSTÖKAUPPA**Toimitetun/käytetyn polttoainemäärän (toimintotiedot) kokonaisvirheen määrittely**

Kokonaisepävarmuus u_c koostuu eri vaiheiden epävarmuustekijöistä u_i :

$$u_c = \sqrt{\sum u_i^2} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}$$

missä

- u_1 on epävarmuus näytteenotolle ja kosteusmääritykselle,
- u_2 näytteenkäsittelylle ja lämpöarvomääritykselle sekä
- u_3 kuorman punnitukselle

Lopullinen virhearvio ilmoitetaan laajennettuna epävarmuutena $U = 2 \cdot u_c$.
Kerroin 2 vastaa 95 %:n luottamusväliä.

Kokonaisvirheen laskenta perustuu Polttoturpeen laatuohjeiden 1989 ja 1991 näytteenotto ja – käsittelyprosessiin (viite1).

Esimerkki virhetarkastelusta

Ketjutetaan virhetarkastelu ensin kahteen näytteenotto-analysointi ketjuun

- A. kustakin kuormasta otetaan yksittäisnäytteet, joista muodostetaan toimituseräkohtainen näyte ja tehdään siitä kosteusmääritys
- B. toimituserien kosteusmääritysnäytteistä muodostetaan lämpöarvomääritykseen kokoomanäyte) ja
- C. arvioidaan kolmantena osuutena kuorman punnitusvirhe.

Toimituserä on pääsääntöisesti yhden vrk:n aikana toimitettu polttoainemäärä ja lämpöarvomäärityksen kokoomanäyte muodostetaan kuukausittain.

A. Näytteenoton ja kosteusmäärityksen ketjutus ja vaikutus tulosten hajontaan:

Tässä näytteenottoketjussa on neljä tasoa. Määritellään näytteenottotasojen suhteelliset koot (N) ja yksittäisnäytteiden lukumäärät (n) sekä keskihajonta (s).

1. Toimituserä koostuu 10 kuormasta ja kaikista otetaan näytteet:

$$N1 = n1 = 10$$

s1

2. Kuormasta (39 t) otetaan 6 kpl yksittäisnäytteitä ($a' 1 l = 0,33 \text{ kg}$ (tilavuuspaino)):
 - $N2 = 39000/0,33 \approx 118000$ ja $n2 = 6$
 - $s2 = 3,5 \text{ m-\%-yks.}$ (kuormien sisäinen kosteushajonta, viite 2)
3. Kaikkien 10 kuorman osanäytteet kootaan yhteen (60 l), sekoitetaan ja otetaan edustava näyte (5 l) laboratorionäyte kosteusmäärittäjänsä varten (yksi kosteusmäärittäjänsä kohden):
 - $N3 = 60/5 = 12$ ja $n3 = 1$
 - $s3 = 0,88 \text{ m-\%-yks.}$ (rinnakkaislaboratorionäytteiden keskihajonta keskimäärin)
4. Kosteusmäärittäjänsä tulevasta 5 l (= 1650 g) laboratorionäytteestä punnitaan sekoituksen jälkeen kaksi ($a' 100 \text{ g}$) rinnakkaisnäytettä kosteusmäärittäjänsä:
 - $N4 = 1650/100 \approx 17$ ja $n4 = 2$
 - $s4 = 0,61 \text{ m-\%-yks.}$ (rinnakkaismäärittäjänsä keskihajonta keskimäärin)

Tämän ketjun kokonaisvarianssi s_x^2 (viite 3) on

$$s_x^2 = \frac{N1 - n1}{N1 - 1} * \frac{(s1)^2}{n1} + \frac{N2 - n2}{N2 - 1} * \frac{(s2)^2}{n1 * n2} + \frac{N3 - n3}{N3 - 1} * \frac{(s3)^2}{n1 * n2 * n3} + \frac{N4 - n4}{N4 - 1} * \frac{(s4)^2}{n1 * n2 * n3 * n4}$$

koska $N1 = n1$ ja muutoin $Ni \gg ni$, niin kaava supistuu

$$s_x^2 = \frac{(s2)^2}{n1 * n2} + \frac{(s3)^2}{n1 * n2 * n3} + \frac{(s4)^2}{n1 * n2 * n3 * n4}$$

Sijoittamalla kaavaan edellä määritellyt otoksien lukumäärät (n) ja tasojen keskihajonnat (s) saadaan tämän ketjun kokonaiskeskihajonnaksi

$$s_{x1} = 0,47 \text{ m-\% yks.}$$

B. Näytteenjaon ja lämpöarvomäärittäjänsä ketjutus ja vaikutus tulosten hajontaan:

Lämpöarvomäärittäjänsä menevä laboratorionäyte muodostetaan edellisen ketjun jatkona. Tässä näytteenottoketjussa on kolme tasoa. Määritellään näytteenotto-tasojen suhteelliset koot (N) ja otoksien lukumäärät (n) sekä keskihajonta (s).

1. Toimituserien kaikista kosteusnäytteistä otetaan osanäyte kokoomanäytteeseen (esimerkissä 1 toimituserä vuorokaudessa ja 30 päivää eli 1 kuukausi):
 - $N1 = n1 = 30$
 - $s1$
2. Kuukausikokoomanäytteessä ($30 * 0,5 \text{ l}$) erotetaan sekoituksen jälkeen esim. 2 l analyysinäyte:
 - $N2 = 15/2 \approx 8$ ja $n2 = 1$
 - $s2 = 350 \text{ J/g}$ (rinnakkaisnäytteiden keskihajonta keskimäärin, viite 4)

3. Analyysinäytteestä (2 l = 356 g) tehdään jauhamisen (<0,5 mm) ja sekoituksen kaksi lämpöarvon rinnakkaismäärittystä (a' 1 g):

$$N3 = 356/1 = 356 \text{ ja } n3 = 2$$

$$s3 = 36 \text{ J/g (rinnakkaismäärittysten keskihajonta keskimääräinen)}$$

Tämän ketjun kokonaisvarianssi s_x^2 on

$$s_x^2 = \frac{N1 - n1}{N1 - 1} * \frac{(s1)^2}{n1} + \frac{N2 - n2}{N2 - 1} * \frac{(s2)^2}{n1 * n2} + \frac{N3 - n3}{N3 - 1} * \frac{(s3)^2}{n1 * n2 * n3}$$

koska $N1 = n1$, $n2 = 1$ ja $N3 \gg n3$, niin kaava supistuu

$$s_x^2 = \frac{(s2)^2}{n1 * n2} + \frac{(s3)^2}{n1 * n2 * n3}$$

Sijoittamalla kaavaan edellä määritellyt otoksien lukumäärät (n) ja tasojen keskihajonnat (s) saadaan tämän ketjun kokonaiskeskihajonnaksi

$$s_{x2} = 64 \text{ J/g} = 0,064 \text{ MJ/kg.}$$

C. Kuorman punnituksessa tapahtuvaksi virheeksi on arvioitu autovaakojen askelarvojen perusteella $\pm 100 \text{ kg}$.

Kokonaisvirhe:

Edellä esitetyt hajonnat on käsiteltävä suhteellisina, jotta kokonaisvirhe voidaan laskea yhteismitallisilla arvoilla. Kuorman keskimääräiseksi kooksi oletetaan 39 000 kg, turpeen keskikosteudeksi 46,1 m-% ja turpeen keskimääräiseksi kuiva-aineen teholliseksi lämpöarvoksi 20,81 MJ/kg. Vastaavasti suhteelliset keskihajonnat ovat näytteenotolle ja kosteusmäärittäykselle $u_1 = 1,02 \%$, näytteenkäsittelylle ja lämpöarvomäärittäykselle $u_2 = 0,31 \%$ sekä kuorman punnitukselle $u_3 = 0,26 \%$.

$$\text{Kokonaisvirhe: } u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{1,02^2 + 0,31^2 + 0,26^2} = 1,09\%$$

Laajennettu epävarmuus 95 % -luottamusvälillä on $U = 2 * u_c = 2,19 \%$.

Virhetarkastelu eri vaihtoehdoille laitospohjaisesti

Liitteenä on Excel-taulukko, jossa on vastaavat tasot ja mahdollisuus muuttaa laitospohjaisia arvoja. Suosittelemme muuttamaan vain seuraavia muuttujia:

- kuormien lukumäärä toimituserässä
- yksittäisnäytteiden lukumäärä kuormasta
- toimituserien lukumäärä lämpöarvonäytettä kohden

Tasojen hajonnat ja oletuksena käytetyt arvot ovat keskimääräisiä arvoja, jotka on määritelty tilastollisesti.

Viitteet

1. Polttoturpeen laatuohjeet, 1989 ja 1991
2. Tuovila, H., VTT/KPA, Näytteenoton luotettavuus tilastolliselta kannalta, 1984
3. FINAS S51/2000, Liite 1, Näytteenoton virhelähteet, luotettavuuden estimointi ja näytteenottoketjun optimointi, Esimerkki 6 (Minkkinen P.)
4. Impola, R., VTT/PLT, Jyrsinturpeen näytteenottomenetelmien testaus Haapaniemen voimalaitoksella, 1990