

## MÄTOSÄKERHET – SKRYMDENSITET I ÖDOMETERRING

I det här exemplet finns mätosäkerhetsberäkning för bestämning av skrymdensitet i ödometerring beskriven. För en detaljerad beräkning, se excel-fil under:

P: |Laboratorie|Geolab|Styrande dokument|Dokument|Mätosäkerhet|Mätosäkerhet-Skrymdensitet

### Inledning

Bestämning av skrymdensitet utförs enligt standard SS-EN ISO 17892-2:2014. Skrymdensiteten vid ex. CRS- och DSS-försök bestäms på ett prov från en kolvborrhylsa som trycks in i en ödometerring med specifika mått.

En stor osäkerhet som inte innefattas av mätosäkerhetsberäkningen är att bestämning av skrymdensitet i ödometerring görs på en liten del av provet, detta rapporteras som avsteg från standard då volymen <math><50\text{ cm}^3</math>. Fyller inte provet ödometerringen radiellt rapporteras skrymdensiteten som osäker.

### Utrustning

- Våg (Mettler, XS 2002 S, s/n: 1129032408), mätområde 0–2100 g. Största tillåtna last max 2100 g. Skaldelsvärde 0,01 g.
- Ödometerring, höjd 20 mm, diameter 50 mm.

### Parametrar som påverkar mätosäkerheten

- Vägning (våg)
- Ödometerringens höjd och innerdiameter
- Ojämnhet på ändytan efter trimning med ställinjal

### Förklaring till ingående parametrar

1. Vågen har en mätosäkerhet på  $\pm 0,02$  g enligt det senaste kalibreringsbeviset. Mätosäkerheten är angiven som en utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktorn  $k=2$ . Antas en normalfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_1) = \frac{0,02\text{ g}}{2} = 0,01\text{ g}$$

Vågen har en avläsbarhet på 0,01 g ( $\pm 0,005$  g) i det givna mätområdet 0–2100 g. Antas en rektangelfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_2) = \frac{0,005\text{ g}}{\sqrt{3}} = 0,0028868\text{ g}$$

2. Vid en intern kontroll av flertalet ödometringar som används vid CRS- och DSS-försök konstaterades det att höjden har en standardavvikelse på  $\pm 0,02630$  mm ( $\pm 0,002630$  cm) och innerdiametern en standardavvikelse på  $\pm 0,01633$  mm ( $\pm 0,001633$  cm). Antas en normalfördelning ger det standardosäkerheterna:

$$u(x_3) = 0,002630\text{ cm}$$

$$u(x_4) = 0,001633\text{ cm}$$

3. Ojämnheten på ändytorna efter trimning med ställinjal anses vara försumbar i sammanhanget och påverkar inte mätosäkerheten.

## MÄTOSÄKERHET – SKRYMDENSITET I ÖDOMETERRING

### Sambandet mellan in- och utstorheter

Beräkning av skrymdensiteten,  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>) görs enligt följande formel:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}} = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot d^2 \cdot h}$$

där

$\rho$ : Provets beräknade skrymdensitet (g/cm<sup>3</sup>)

$m$ : Provets massa (g)

$V$ : Provets volym (cm<sup>3</sup>)

$d$ : Provets diameter (cm)

$h$ : Provets höjd (cm)

Med antagna värden för respektive parameter ger det formeln:

$$\rho = \frac{4 \cdot 64,63}{\pi \cdot 4,99^2 \cdot 2,005} = 1,648 \text{ g/cm}^3$$

### Känslighetsfaktorer

Derivering av formeln ovan ger känslighetsfaktorerna som används för beräkning av den sammanlagda standardosäkerheten.

Känslighetsfaktorerna blir:

$$\frac{\partial}{\partial m} \rho = \frac{4}{\pi \cdot d^2 \cdot h} = \frac{4}{\pi \cdot 4,99^2 \cdot 2,005} = 0,025503$$

$$\frac{\partial}{\partial d} \rho = -\frac{8 \cdot m}{\pi \cdot d^3 \cdot h} = -\frac{8 \cdot 64,63}{\pi \cdot 4,99^3 \cdot 2,005} = -0,66063$$

$$\frac{\partial}{\partial h} \rho = -\frac{4 \cdot m}{\pi \cdot d^2 \cdot h^2} = -\frac{4 \cdot 64,63}{\pi \cdot 4,99^2 \cdot 2,005^2} = -0,82208$$

### Sammanställning

Osäkerhetskälla	Storhet $X_i$	Skattning $x_i$	Standard- osäkerhet $u(x_i)$	Sannolikhets- fördelning	Känslighets- faktor $c_i$	Bidrag till mätosäkerheten $u_i(y) = c_i \cdot u(x_i)$
<b>Våg:</b>						
Mätosäkerhet (g)	$m$	64,63	0,01	Normal	0,0255032	0,00025503
Avläsbarhet (g)	$m$	64,63	0,0028868	Rektangulär	0,0255032	0,00007362
<b>Ödometerring:</b>						
Höjd (cm)	$h$	2,005	0,002630	Normal	-0,8220807	-0,00216207
Innerdiameter (cm)	$d$	4,99	0,001633	Normal	-0,6606299	-0,00107881

## MÄTOSÄKERHET – SKRYMDENSITET I ÖDOMETERRING

Detta ger den sammanlagda standardosäkerheten:

$$u_c(y) = \sqrt{u_1^2(y) + u_2^2(y) + u_3^2(y) + \dots + u_n^2(y)} = 0,0024 \text{ g/cm}^3$$

Den utvidgade mätosäkerheten, med täckningsfaktorn  $k = 2$ , vilket för en normalfördelning svarar mot en täckningssannolikhet på ungefär 95 % blir:

$$U_{95}(y) = k_{95} \times u_c(y) = 2 \times 0,0024 \approx 0,005 \text{ g/cm}^3$$

### Slutsats

Vid en skrymdensitet på  $1,65 \text{ g/cm}^3$  uppskattas den utvidgade mätosäkerheten,  $U$ , vid konfidensnivån 95 %, till:

$\pm 0,005 \text{ g/cm}^3$  (ABS) eller  $\pm 0,29 \%$  (RSD)