

## MÄTOSÄKERHET – VATTENKVOT

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

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

### Inledning

Bestämning av vattenkvot utförs enligt standard SS-EN ISO 17892-1:2014. Porvattnets massa hos ett prov bestäms genom att torka provet i en torkugn. Vattenkvoten är kvoten av porvattnets massa och kornens massa. Bestämning av vattenkvot görs rutinmässigt som dubbelprov där det redovisade resultatet avser medelvärde av två prover. På SGI:s geotekniklaboratorium tillämpas en toleransgräns för dubbelprover:

- För  $w > 20$  % får skillnaden mellan dubbelprov vara högst 10 % av medelvärdet.
- För  $w < 20$  % får skillnaden mellan dubbelprov vara högst 2 % av medelvärdet.

Överskrids toleransgränsen skall två kompletterande bestämningar utföras innan medelvärdet beräknas. Vid eventuell fortsatt spridning skall vattenkvoten rapporteras som osäker.

En stor osäkerhet som inte innefattas av mätosäkerhetsberäkningen är att det erhållna värdet är ett genomsnittligt värde för ett inhomogent prov, det kan finnas svårigheter med att ta ut ett representativt prov.

### Utrustning

- Våg (Mettler, PG 5002-S DR, s/n: 1117513776), mätområde 0–5000 g. Största tillåtna last max 1000 g/5000 g. Skaldelsvärde 0,01 g/0,1 g.
- Plastsålar för vägning av prover, vikt ca. 5,50 g.
- Torkugn (Termaks, värmeskåp 4, termometer Nr. 7), temperatur 107,5 °C.

### Parametrar som påverkar mätosäkerheten

1. Vägning (våg)
2. Skillnad i plastsålaens vikt före och efter torkning (våg)
3. Uttorkning av fuktigt prov innan vägning (våg)
4. Torkning av fuktigt material (torkugn)
5. Fuktupptagning efter torkning (våg)
6. Konvektionseffekten (våg)

### 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 0–1000 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 (vägning av 20 plastsålar innan och efter torkning) konstaterades det att plastsålarerna blir i genomsnitt 0,01 g lättare, detta resulterar i, för ett 50 g prov, en påverkan på vattenkvoten med -0,0003 % vilket anses vara försumbart i sammanhanget.

## MÄTOSÄKERHET – VATTENKVOT

- Uttorkning av det fuktiga provet innan vägning beror på flera parametrar, till exempel luftfuktighet, rumstemperatur, vattenkvoten, kontaktyta med luft, jordart samt hur länge provet utsätts för dessa parametrar. Detta anses försumbart eftersom det fuktiga materialet vägs tämligen omgående efter neddelning/provuttag.
- Torkning av fuktigt material sker i torkugn under specificerade tider enligt standard (vanligtvis över natt) eller tills konstant vikt erhålles. Tiden det tar för materialet att torka beror på provmängden, typ av jordart samt temperatur. Vid små provmängder är kvarvarande vatten efter torkning över natt lika med noll. Detta anses inte påverka den totala mätosäkerheten.
- Fuktupptagning efter torkning anses försumbar, vägning sker direkt eller nära inpå att provet antagit rumstemperatur.
- Konvektionseffekten bedöms vara försumbar eftersom provet vägs då provet antagit rumstemperatur.

### Sambandet mellan in- och utstorheter

Beräkning av vattenkvoten,  $w$  (%) görs enligt följande formel:

$$w = \frac{m_w}{m_d} \cdot 100 = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_c} \cdot 100$$

där

$w$ :	Vattenkvoten (%)
$m_w$ :	Vattnets massa (g)
$m_d$ :	Det torkade provets massa (g)
$m_1$ :	Vikt på skål + fuktigt prov (g)
$m_2$ :	Vikt på skål + torkat prov (g)
$m_c$ :	Vikt på skål (g)

Med antagna värden för respektive parameter ger det formeln:

$$w = \frac{55,81 - 35,70}{35,70 - 5,50} \cdot 100 = 66,59 \%$$

### Känslighetsfaktorer

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

Känslighetsfaktorerna blir:

$$\frac{\partial}{\partial m_1} \rho = \frac{100}{m_2 - m_c} = \frac{100}{35,70 - 5,50} = 3,31126$$

$$\frac{\partial}{\partial m_2} \rho = \frac{100 \cdot (m_c - m_1)}{(m_2 - m_c)^2} = \frac{100 \cdot (5,50 - 55,81)}{(35,70 - 5,50)^2} = -5,51621$$

$$\frac{\partial}{\partial m_c} \rho = \frac{100 \cdot (m_1 - m_2)}{(m_2 - m_c)^2} = \frac{100 \cdot (55,81 - 35,70)}{(35,70 - 5,50)^2} = 2,20495$$

## MÄTOSÄKERHET – VATTENKVOT

### 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>Skål + fuktigt prov (våg)</b>						
Mätosäkerhet (g)	$m_1$	55,81	0,01	Normal	3,31126	0,0331126
Avläsbarhet (g)	$m_1$	55,81	0,0028868	Rektangulär	3,31126	0,0095588
<b>Skål + torkat prov (våg)</b>						
Mätosäkerhet (g)	$m_2$	35,70	0,01	Normal	-5,51621	-0,0551621
Avläsbarhet (g)	$m_2$	35,70	0,0028868	Rektangulär	-5,51621	-0,0159239
<b>Vikt på skål (våg)</b>						
Mätosäkerhet (g)	$m_c$	5,50	0,01	Normal	2,20495	0,0220495
Avläsbarhet (g)	$m_c$	5,50	0,0028868	Rektangulär	2,20495	0,0063651

Detta ger den sammanlagda standardosäkerheten:

$$u_c(y) = \sqrt{u_1^2(y) + u_2^2(y) + u_3^2(y) + \dots + u_n^2(y)} = 0,071 \% \approx 0,1 \%$$

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

$$U_{95}(y) = k_{95} \times u_c(y) = 2 \times 0,1 = 0,2 \%$$

### Slutsats

Vid en vattenkvot på 66,6 % uppskattas den utvidgade mätosäkerheten,  $U$ , vid konfidensnivån 95 %, till:

**± 0,2 % (ABS) eller ± 0,3 % (RSD)**