

### Mõõtemääramatuse hindamine

Vastavalt EAK poolt väljastatud tunnistusele, on kaalumisel iga kaalu puhul tekkiv laiendmäärmatuse

arvutatav valemiga:  $U_{MRi} = 1,5 e + 0,03 \times M_{Ri}$

Mitme kaalu kasutamisel kujuneb laiendmääramatuse valemiks  $U_{MRi} = n \times (1,5 e + 0,03 \times M_{Ri})$

Järgnev on EAK poolt hinnatud laiendmääramatuse õigsuse kinnituseks.

#### 1. Mõõtevahendid:

EVOCAR 2000, EVOCAR 2018

Evocar 2000 ja Evocar 2018 piirvea väärtused

Kaalu näit (kg)	e väärtus (kg)	e väärtus x 1,5 (kg)
0-3000	10	15
3001-6000	20	30
6001-10000	50	75

lubatud kõrvalekalle horisontaalasendist kuni 5 °

#### HAENNI

Haenni WL103 piirvea väärtus

Kaalu näit (kg)	e väärtus (kg)	(e väärtus x2) kg
0-10000	50	100

Täpsus OIML nr 76, klass 4

#### 2. Mõõtekoht

Arvutustes lähtutakse järgmistest tingimustest.

Kogumassi määramiseks ei tohi mõõtekohta ühegi suuna kalle ületada 5%.

Teljekoormuse kaalumiskoht peab olema pikisuunas rõhtne (max. 1,0%) ja põiksuunas mitte üle 5% kaldega.

Külgede pidi kaalumisel peab teljekoormuse kaalumiskoht olema piki- ja ristisuunas rõhtne (max. 1,0%).

#### 3. Mõõtemääramatuse hindamine

Mõõtmistel esineb mõõtemääramatus, mis on põhjustatud erinevate tingimuste ja parameetrite mõjust kaalumise tulemusele. Mõõtemääramatuse hindamise aluseks on dokumendi

EA-4/16, *Juhend määramatuse väljendamiseks kvantitatiivsel katsetamisel*, põhimõtted.

Määramatuse arvutus on läbi viidud üksikosa ühekordse standardhälbe tasemel, üleviiduna massimõõtühikule.

Massi mõõtetulemuse liitmääramatuse  $u$  moodustavad kaalumisel järgmised komponendid:

-  $u_{mi}$  - kaalu poolt põhjustatud standardmääramatus, mille arvutamise aluseks vastavalt OIML R 76 nõuetele võetakse  $\Delta=1,5 e$ . Haenni tüüpi kaaludel vastavalt tootja juhistele võetakse määramatuse hindamise aluseks  $\Delta =2e$ . Veapiiride  $\Delta$  ja laiendmääramatuse  $U$  väärtused viiakse standardmääramatuse tasemele. Veapiiride kasutamise korral eeldatakse, et taatlusel jaotuvad mõõtehälbed normaaljaotuse seaduse kohaselt ja on tagatud kahe standardhälbe tase, siis

$$u_{mi} = \Delta / 2 = 1,5 e / 2 \quad \text{või} \quad u_{mi} = \Delta / 2 = 2 e / 2.$$

Kalibreeritud mõõtevahendi korral on tavaliselt rakendatud kattetegurit  $k = 2$ , siis

$$u_{mi} = U/2;$$

-  $u_{MPE}$  – kaalu maksimaalselt lubatud piirvea standardmääramatus, mille hinnangu aluseks võib võtta skaalanäiduga mõõtevahendi puhul skaalajaotise väikseima väärtuse ja numbrinäiduga mõõtevahendi puhul väikseima vahe numbrinäitude vahel ning arvestades ristkülikjaotust:

$$u_{MPE} = e/2\sqrt{3},$$

-  $u_{obj}$  - mõõteobjekti poolt põhjustatud standardmääramatus, mille moodustavad õhu tõstejõust tingitud standardmääramatus  $u_{iil}$  ja mõõtekoha kalletest tingitud määramatus tegelikule massile  $u_{mk}$  ning kaalu kaldest  $u_{kk}$

$$u_{iil} = (V \times \rho) = [50 \text{ m}^3 \times 1,2 \text{ kg/m}^3] = 60 \text{ kg}$$

$$u_{mk} = [M \times (1 - \cos \alpha)] = 136,4 \text{ kg}$$

$$u_{kk} = 0, \text{ kuna kaalu kalde viga kaldel kuni 5 \% sisaldub kaalu e-väärtuses}$$

kus  $M_{max}$  on sõiduki tegelik mass  $M = 44\,000 \text{ kg}$

$V$  on sõiduki maht  $V = 150 \text{ m}^3$

Kui  $\alpha = 5 \%$ , siis  $\cos \alpha = 0,9969$

Üldjuhul võib teepinnal olla nii veoki piki kui ka põiksuunaline kalle. Sama. Sellisel juhul teepinna kallete summaarne mõju tegeliku massi väärtusele on

$$u_{mk} = [1 - (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) / \sqrt{2}] / M = 383 \text{ k}$$

kus  $\alpha_1$  ja  $\alpha_2$  on tee piki- ja ristisuunalised kalded.

Vastavalt praktikale parandustegureid liiklusjärelvalves ei kasutata, seega kõikide mõjurite poolt tingitud hälbed võetakse arvesse kui määramatuse komponendid.

$$u_{obj} = \sqrt{u_{iil}^2 + u_{mk}^2 + u_{kk}^2}$$

#### 4. Mõõtekoha kallete mõju teljekoormusele

Antud viga on väga raske täpselt arvutada, kuna see sõltub telgede vahest, koorma raskuskeskme asendist, siis selle tõttu kasutatakse Haenni poolt koostatud dokumendis P1094 toodud graafilise arvutuse meetodit.

Näide 1.

Kahateljeline sõiduk, telgede vahe 4 m, tee pikikalle 1 %, raskuskese 1 m eespool tagatelge, raskuskeskme kõrgus 2 m üle teepinna.

Esimese silla kaalumise viga 2 %, tagumise silla kaalumise viga 0,75%

Samuti tekib suurenenud viga kui kaalumise teostatakse külgede kaupa, kui soovitakse arvutada telje koormust.

Näide 2

Kaalumine külgede kaupa, külgekalle 2%

Rataste laius 2,5 m, raskuskeskme kõrgus 2 m

Kaalumise viga 3,3 %

**Toodud hinnang määrab kaalumise tingimused teekalde osas:**

- teljekoormuse arvutamine võib toimuda vaid siis, kui mõõtekoha pikikalle ei ole suurem, kui  $\pm 1\%$ ;

- teljekoormuse arvutamiseks, kasutades külgede kaupa kaalumist võib toimuda vaid siis, kui mõõtekoha kalded piki- ja ristisuunas ei ole suuremad, kui  $\pm 1 \%$

- mõõtekeskkonna tingimustest põhjustatud standardmääramatuse  $u_{obj}$  alla on liigitatud ka sõiduki raskuskeskme nihkumisest tingitud viga, mis esineb teljekoormuse mõõtmisel:

Kõik eeltoodud standardmääramatused peavad olema üle viidud massiühikule.

Liitstandardmääramatus arvutatakse järgmiselt

Massi mõõtetulemuse liitmääramatus  $u$  on arvutatav valemiga:

$$u = \sqrt{u_{mi}^2 + u_{MPE}^2 + u_{obj}^2} \leq 1,5 e + 0,03 \times MRi$$

Mitme mõõtetulemuse  $m_i$  korral, sh. sõiduki telgi eraldi kaaludes, kusjuures mõõdised on saadud ühe ja sama kaalu kasutamisel, tuleb arvestada korrelatsiooni mõju ning summeerida määramatused halvimat juhtu arvestades valemiga:

$$u_{\Sigma} = u_1 + u_2 + \dots + u_n < n \times (1,5 e + 0,03 \times MRi).$$

Märkus: Üksikmõõtmise korral jääb reeglina arvestamata määramatuse komponent, mis esineb kaalumiste kordamise korral.

Laiendmääramatus  $U$  on arvutatav seosest

$$U = k \times u,$$

kus  $k = 2$  eeldusel, et mõõtehälvete hajumine 95 % usaldusnivoo korral allub normaaljotusele.

**Tabel 1 Mõõtemääramatuse büdzett ühe telje ja tegeliku massi kaalumisele III täpsusklassi kaaluga.**

Suurus	Arvutusvalem	Standardmääramatus kg	
		Teljekoormus 1000 kg e= 50kg	Tegelik mass 44000kg (8 kaalu) e= 50kg
$u_{mi}$	1,5 e/2	37,5	300
$u_{MPE}$	$e/2\sqrt{3}$	15	120
$u_{obj}$	$u_{obj} = \sqrt{u_{ül}^2 + u_{nk}^2 + u_{kk}^2}$	1	64
$u_{obj}$ teljekoormuse kaalumisel		20	-
<i>Metoodika määramatus</i>	$u = \sqrt{u_{mi}^2 + u_{MPE}^2 + u_{obj}^2}$	45	331
$U_{met}$	$U = 2 * u$	90	662
Lubatud piirväärtus	1,5 e +3 %	105	
Lubatud piirväärtus	$n*(e +3 \%)$		1920

Kokkuvõte

Laiendmääramatus ühe kaaluga mõõtmisel  $U_{n=1} < \pm (1,5 e+3\% \text{ lugemist});$

Laiendmääramatus n kaaluga mõõtmisel  $U_n < \pm n * (1,5 e+3\% \text{ lugemist})$