

Laakerin kestoikälaskenta ISO-281, ISO-281Add1 ja ISO16281 mukaan

Laakerit 6204

$C := 12700$

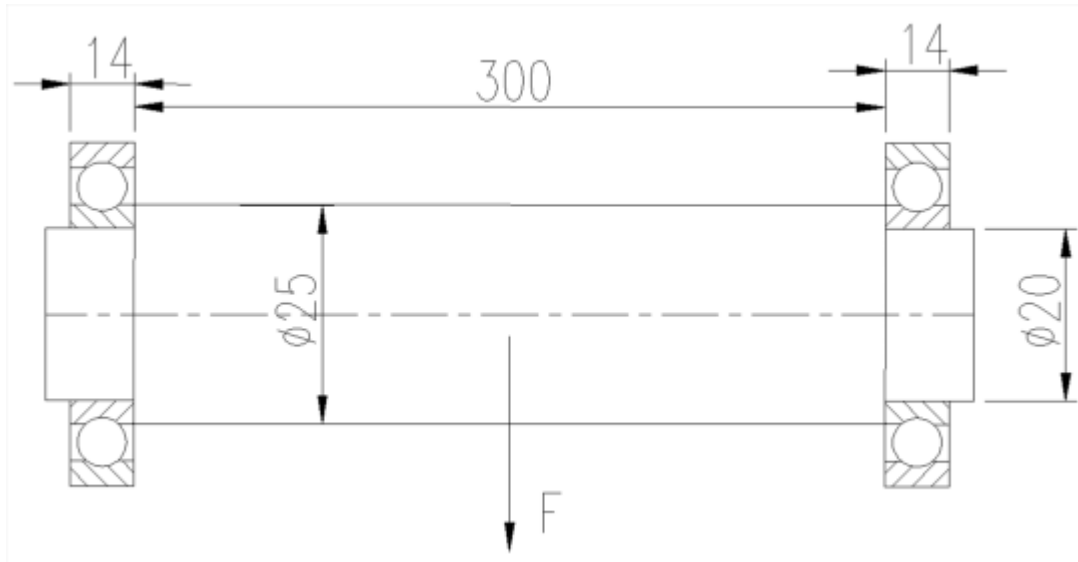
$C_0 := 6550$

$n := 1500$

Käytettävän öljyn viskositeetti

$\nu := 45$

mm^2 / s



Lasketaan laakerin kestoikä kolmella eri tavalla:

1 Vanhemman standardin vuoden 1977 ISO-281 mukaan, jossa huomioidaan voitelun vaikutus a_{23} kertoimella.

2 Uudemman vuoden 2003 standardin ISO-281Add.1 mukaan, jossa huomioidaan voitelun vaikutus, laakerimateriaalin väsymislujuus ja voiteluaineen likaisuusaste.

3 Uusimman vuoden 2008 standardin ISO-16281 mukaan, jossa huomioidaan voitelun vaikutus, laakerimateriaalin väsymislujuus, voiteluaineen likaisuusaste ja laakerin vierintäelinten jousto, välitys sekä akselin taipuma. Tämä laskenta on tehty Schaeffer Finland Oy:n (FAG, INA) laakerilaskentaohjelmalla Bearenx.

Kaikissa näissä on laskettu luotettavuuskertoimen arvolla $a_1 = 1$

Laakeriluettelon mukaan urakuululaakerin vinouskulma saa olla enintään noin 0.15 astetta eli laskemme ylläolevan rakenteen voimalla, jolla saamme 0.15 asteen vinouskulman.

Laakerit 2 kpl 6204 , kierrosluku $n := 1500$ rpm

Laakerietäisyys $L := 314$

$$d := 25 \quad \text{Vinouskulma} \quad \alpha = \frac{F \cdot L^2 \cdot 180}{16 \cdot E \cdot I \cdot \pi}$$

$$E := 210000 \quad I := \frac{\pi \cdot d^4}{64} = 19174.76 \quad \alpha := 0.15$$

$$F := \frac{16 \cdot E \cdot I \cdot \pi \cdot \alpha}{L^2 \cdot 180} = 1710.718$$

$$\text{Akselin siirtymä akselin keskellä} \quad \delta := \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} = 0.274$$

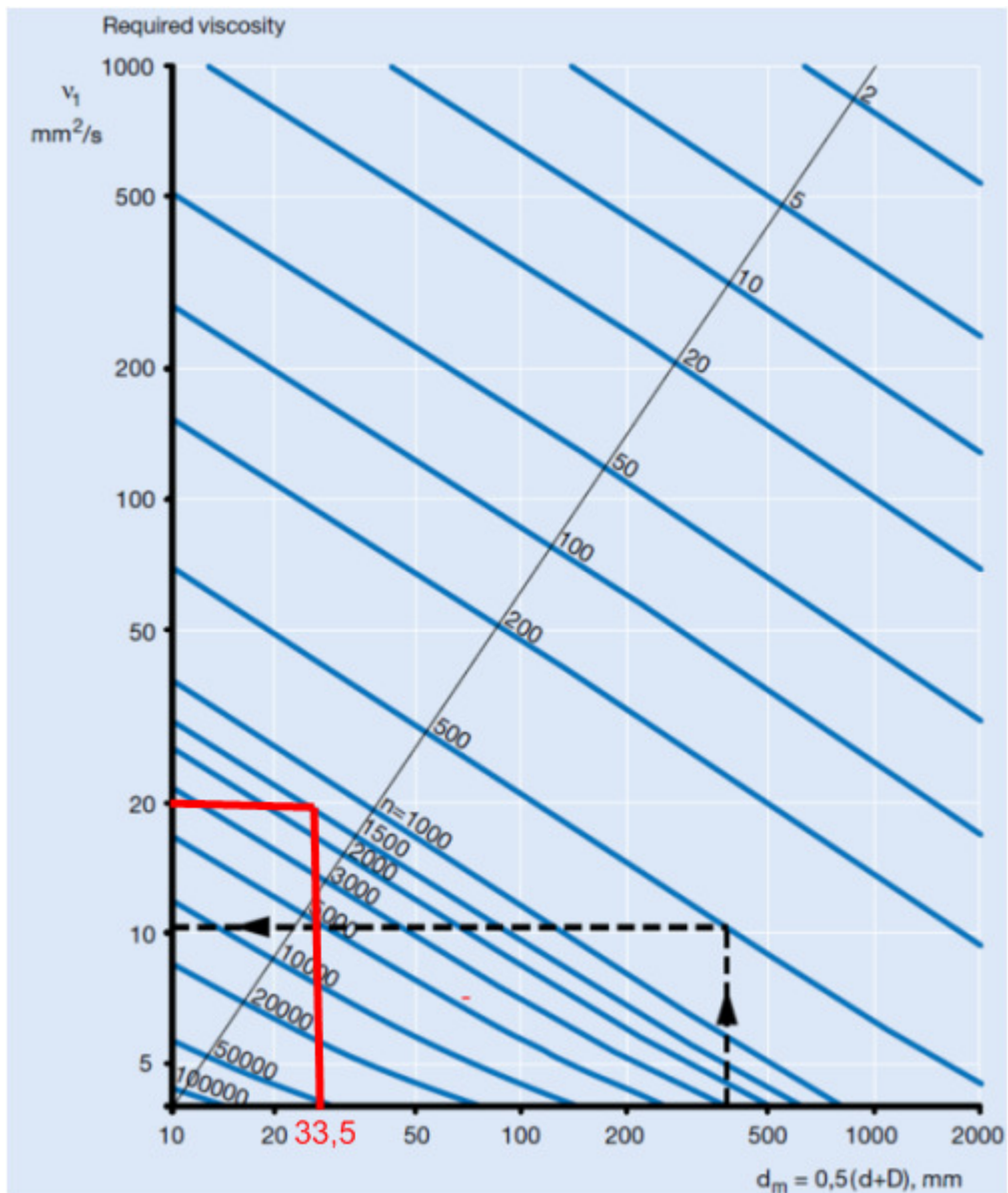
Bearinx ohjelman laskema vinouskulma

$$\alpha_B := \frac{2.5654 \cdot 180}{1000 \cdot \pi} = 0.147 \text{ astetta eli sama kuin yllä}$$

Molempien laakerien säteisvoima on $F_r := 0.5 \cdot F = 855.359$

ja ekvivalentti laakerivoima on $P := F_r = 855.359$

$$L_{10h} := \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^3 = 36368.301$$



kuva 1

Tarvittava öljyn viskositeetti ν_1 kuvan 1 mukaan

Laakerin halkaisijat $D := 47$ $d := 20$ $d_k := \frac{D + d}{2} = 33.5$

Kierrosluku $n := 1500$

Viskositeetti ν_1 voidaan myös laskea seuraavasti

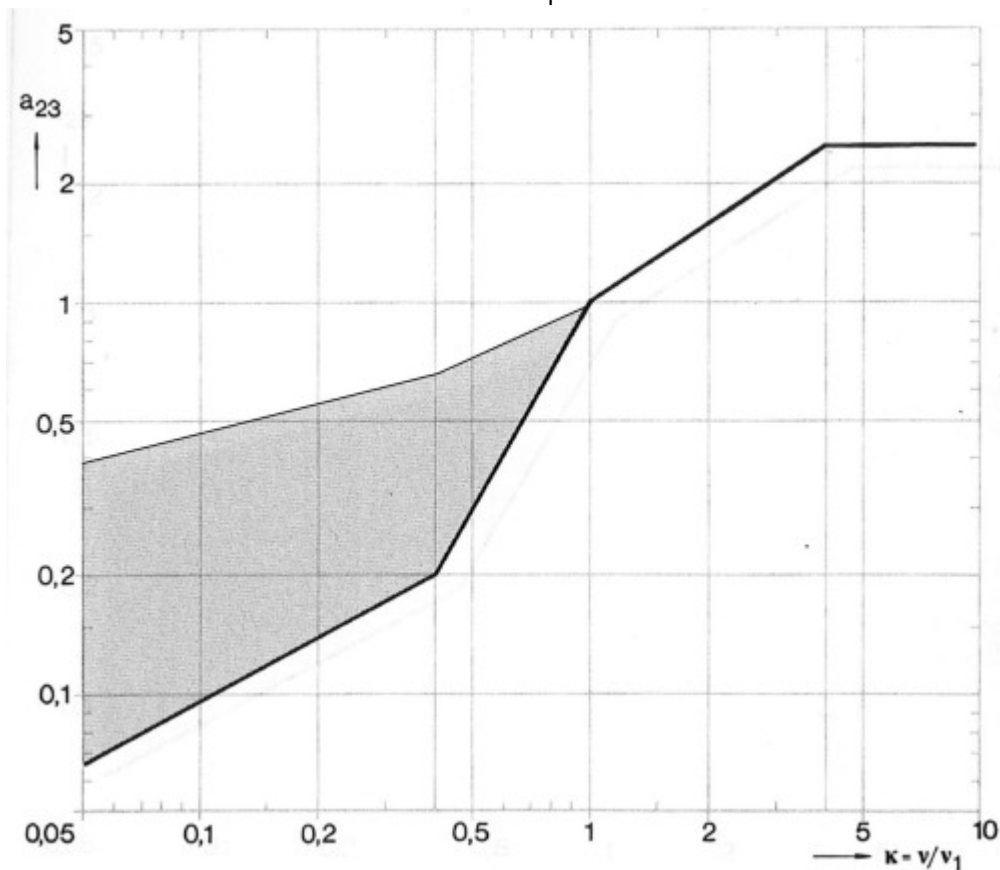
$$\nu_1 := 4500 \cdot n^{-0.83} \cdot d_k^{-0.5} = 1.797 \quad \text{mm}^2 / \text{s} \quad (\text{kun } n < 1000 \text{r/min})$$

$$\nu_1 := 4500 \cdot n^{-0.5} \cdot d_k^{-0.5} = 20.074 \quad \text{mm}^2 / \text{s} \quad (\text{kun } n > 1000 \text{r/min})$$

eli tässä tämä viimeinen $\nu_1 = 20.074$

Käytettävän öljyn viskositeetti $\nu := 45 \quad \text{mm}^2 / \text{s}$

Tällöin saadaan viskositeettisuhde $\kappa := \frac{\nu}{\nu_1} = 2.242$



Kuva 3

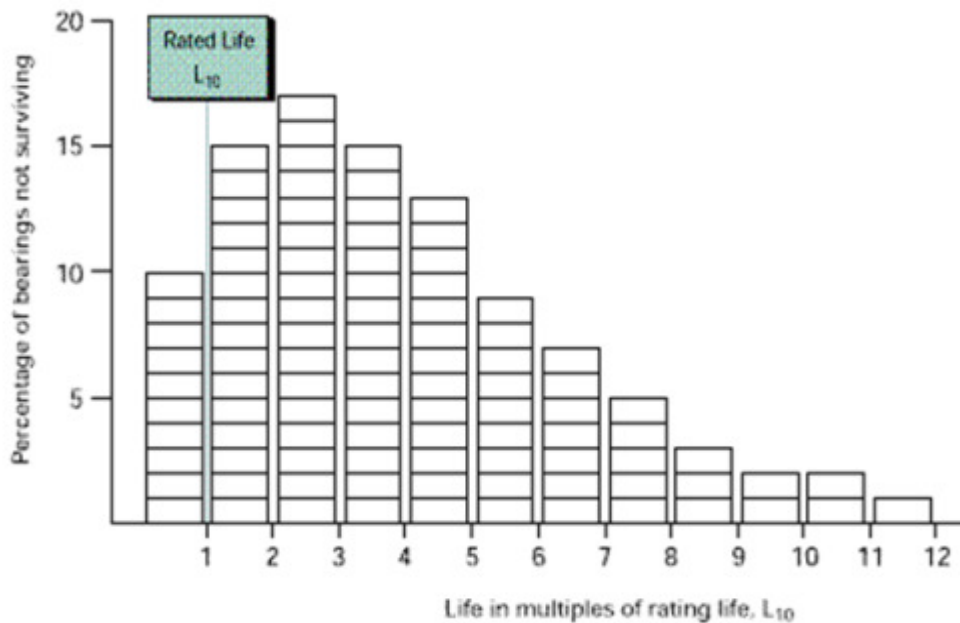
Kerroin kuvan mukaan noin $a_{23} := 1.8$ ja luotettavuuskerroin $a_1 := 1$ jolloin saadaan muunnettu kestoikä

$$L_{na} := a_1 \cdot a_{23} \cdot L_{10h} = 65462.942 \quad \text{joka vastaa kestoikää viskositeetilla} \quad \nu = 45$$

Jolloin myös oletetaan että voiteluöljy on puhdasta.

L_{10h} kestoikä tarkoittaa että isommasta lukumäärästä laakereita noin 10% laakereista ei saavuta kestoikää L_{10h} . Laakeriden vauriojakauma on kuvan 4 muotoinen.

Hyvänä uutisena voidaan sanoa että 90% laakereista kestää huomattavasti enemmän.



Kuva 4

Uusi kestoian laskentakaava on ISO 281Add.1 mukaan

$$L_{na} = a_1 \cdot a_{ISO} \cdot L_{10h}$$

a_{ISO} kerroin huomio voiteluolosuhteet ja voiteluaineen likaisuusasteen e_c sekä laakerin väsymisrajan C_u .

Hyvä puhtaus esim. 2RS laakeri $e_c := 0.8$

Normaalipuhtaus esim 2Z laakeri $e_c := 0.6$

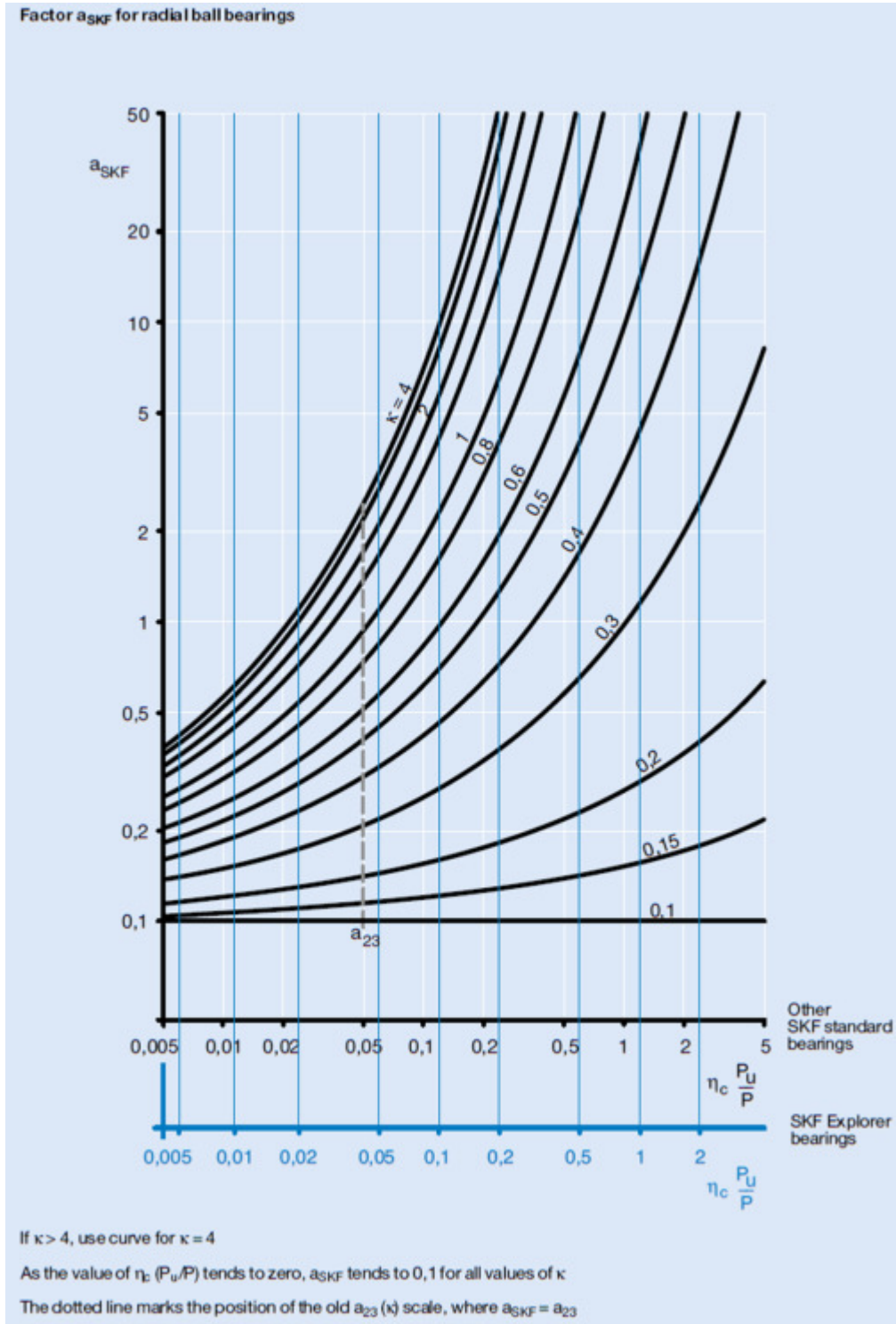
Laakerin 6204 väsymisraja on $C_u := 280$ (SKF käyttää tunnusta P_u)

jos $1 < \kappa < 4$ niin

$$a_{ISO} := 0.1 \cdot \left[1 - \left(2.5671 - \frac{1.9987}{\kappa} \right)^{0.83} \cdot \left(\frac{e_c \cdot C_u}{P} \right)^{\frac{1}{3}} \right]^{-9.3} = 16.502$$

$$L_{nm} := a_1 \cdot a_{ISO} \cdot L_{10h} = 600146.755$$

SKF käyttää a_{ISO} sijasta kerrointa a_{SKF} joka voidaan myös katsoa kuvan 3 avulla. Kuvasta nähdään myös vastaavat a_{23} arvot katkoviivalla. SKF käyttää likaisuusasteesta e_c tunnusta η_c .



Kuva 3

Jos $\kappa > 4$ käytetään arvoa $\kappa=4$ rajataan myös a_{ISO} :n suurin arvo 50:een.

Standardissa ISO

$$a_{ISO} := 0.1 \cdot \left[1 - \left(2.5671 - \frac{2.26497}{\kappa \cdot 0.054381} \right)^{0.83} \cdot \left(\frac{e_c \cdot C_u}{P} \right)^{\frac{1}{3}} \right]^{-9.3} \quad \text{jos } 0.1 < \kappa < 0.4$$

$$a_{ISO} := 0.1 \cdot \left[1 - \left(2.5671 - \frac{1.9987}{\kappa \cdot 0.19087} \right)^{0.83} \cdot \left(\frac{e_c \cdot C_u}{P} \right)^{\frac{1}{3}} \right]^{-9.3} \quad \text{jos } 0.4 < \kappa < 1$$

$$a_{ISO} := 0.1 \cdot \left[1 - \left(2.5671 - \frac{1.9987}{\kappa \cdot 0.071739} \right)^{0.83} \cdot \left(\frac{e_c \cdot C_u}{P} \right)^{\frac{1}{3}} \right]^{-9.3} \quad \text{jos } 1 < \kappa < 4$$

Laskettu normaali likaisuusasteella $e_c := 0.6$

LASKETTU AKSELIN VINOUSKULMALLA 0.15 ASTETTA

$L_{10h} = 36368.301$ Kestoikä perusarvo viskositeeililla $\nu_1 = 20.074$

$L_{na} := a_1 \cdot a_{23} \cdot L_{10h} = 65462.942$ Voitelu huomioitu viskositeetilla $\nu = 45$

$L_{nm} = 600146.755$ a_{ISO} Voitelu ja väsymislujuus ja puhtaus $\nu = 45$

$L_{hmr} := 61115$ Uusimman vuoden 2008 standardin ISO-16281 mukaan, jossa huomioidaan voitelun vaikutus, laakerimateriaalin väsymislujuus, voiteluaineen likaisuusaste ja laakerin vierintäelinten jousto, vällys sekä akselin taipuma. Tämä laskenta on tehty Schaeffer Finland Oy:n laakerilaskentaohjelmalla Bearenx.

Lasketaan vertailun vuoksi voimalla F , joka vastaa akselin vinouskulmaa 0.3 astetta. Tällöin vinouskulma pitäisi vaikuttaa voimakkaasti laakerin todelliseen kestoikään, koska urakuulalaakerin välykset eivät anna tilaa näin suurelle vinouskulmalle.

$F := 2 \cdot F = 3421.437$

Molempien laakerien säteisvoima on $F_r := 0.5 \cdot F = 1710.718$

ja ekvivalentti laakerivoima on $P := F_r = 1710.718$

$$L_{10h} := \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^3 = 4546.038$$

$$a_{ISO} := 0.1 \cdot \left[1 - \left(2.5671 - \frac{1.9987}{\kappa} \right)^{0.83} \cdot \left(\frac{e_c \cdot C_u}{P} \right)^{\frac{1}{3}} \right]^{-9.3} = 4.465 \quad \text{jos } 1 < \kappa < 4$$

LASKETTU AKSELIN VINOUSKULMALLA 0.3 ASTETTA

$$L_{10h} = 4546.038 \quad \text{Kestoikä perusarvo viskositeelilla} \quad \nu_1 = 20.074$$

$$L_{na} := a_1 \cdot a_{23} \cdot L_{10h} = 8182.868 \quad \text{Voitelu huomioitu viskositeetilla} \quad \nu = 45$$

$$L_{nm} := a_1 \cdot a_{ISO} \cdot L_{10h} = 20296.721 \quad a_{ISO} \quad \text{Voitelu ja väsymislujuus ja puhtaus} \quad \nu = 45$$

$L_{hmr} := 3500$ Uusimman vuoden 2008 standardin ISO-16281 mukaan, jossa huomioidaan voitelun vaikutus, laakerimateriaalin väsymislujuus, voiteluaineen likaisuusaste ja laakerin vierintäelinten jousto, vällys sekä akselin taipuma. Tämä laskenta on tehty Schaeffer Finland Oy:n laakerilaskentaohjelmalla Bearenx.

Eli uusimman standardin mukaan kestoikä vähenee suhteessa enemmän verrattuna vanhempiin standardeihin, joissa muodonmuutoksia ei ole huomioitu.