

# SKF-laakerien kunnossapito



© SKF, @PTITUDE, CARB, DURATEMP, HYDROCAM, INSOCOAT, KMT, KMTA, LUBRILEAN, RELIABILITY MAINTENANCE INSTITUTE, SENSORMOUNT, SPEEDI-SLEEVE, SYSTEM 24, WAVE ja VIBRACON ovat SKF-yhtymän rekisteröityjä tavaramerkkejä.

™ SKF EXPLORER on SKF-yhtymän rekisteröity tavaramerkki.

© SKF-yhtymä 2016

Tämän julkaisun sisältö on julkaisijan omaisuutta eikä sitä saa kopioida (ei myöskään julkaista otteita siitä) ilman julkaisijan ennakkoon myöntämää kirjallista lupaa. Julkaisun tietojen oikeellisuus on huolellisesti tarkistettu, mutta julkaisija ei vastaa vahingoista tai taloudellisista menetyksistä, suorista tai epäsuorista eikä myöskään seurauksista, jotka mahdollisesti ovat syntyneet käyttämällä tämän julkaisun tietoja.

**PUB SR/P7 10001/1 FI** · Joulukuuta 2016

Tietty kuva/tietyt kuvat julkaistu Shutterstock.com:in annetun lisenssiluvan mukaan.



1	Perusteet .....	8	1
2	Vierintälaakerien asentaminen .....	44	2
3	Laakeripesäyksiköiden asentaminen.....	92	3
4	Laakeripesien asentaminen.....	122	4
5	Tiivisteiden asentaminen.....	140	5
6	Linjaus .....	158	6
7	Voitelu.....	178	7
8	Tarkastus .....	216	8
9	Vianetsintä.....	228	9
10	Irrrottaminen.....	252	10
11	Laakerivauriot ja niiden syyt .....	288	11
12	Kunnossapidon tukipalvelut.....	324	12
13	Liitteet .....	332	13
14	Hakemisto .....	438	14



# SKF-laakerien kunnossapito



# Alkusanat

SKF-laakerien kunnossapitokirja on kattava työkalu kunnossapidon ammattilaisille. Tämän ohjekirjan suosituksilla SKF haluaa edistää turvallisia ja taidokkaita kunnossapidon toimintatapoja, joiden avulla voidaan pidentää laakereiden käyttöikää, lyhentää seisokkeja ja vähentää suunnittelemattomia huoltotoimenpiteitä.

Tätä ohjekirjaa ei ole tehty laitteiden suunnittelukäsikirjaksi. Tarkkoja tietoja laakerijärjestelmien suunnittelusta on osoitteessa [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

## Kunnossapitokirjan rakenne

Kunnossapitokirja on jaettu 14 lukuun, jotka on merkitty oikeanpuoleiseen marginaaliin numeroituilla sinisillä merkinnöillä:

- Luku 1 kattaa laakerointien perusteet, laakerikomponentit ja laakerointikokoonpanot.
- Luvut 2–5 sisältävät vierintälaakereiden, laakeripesien, laakeriyksikköjen ja tiivisteiden asennusohjeita.
- Luvussa 6 kuvataan koneen linjaukseen liittyvät huoltotoimet.
- Luku 7 antaa tietoja ja suosituksia laakereihin liittyvistä voitelun tärkeistä huoltotoimista.
- Luku 8 kattaa tarkastuksen ja kunnonvalvonnan huoltotoimet.
- Luku 9 käsittelee vianetsintää, yleisiä ongelmatilanteita ja suositeltuja ratkaisuja.
- Luku 10–5 sisältää vierintälaakereiden, laakeriyksikköjen, laakeripesien ja tiivisteiden irrotusohjeita.
- Luku 11 käsittelee laakerivaurioita ja laakerivaurioiden ISO-luokitusta.
- Luvussa 12 on yleiskatsaus SKF:n lisäresursseista huoltotöiden tueksi.
- Luku 13 sisältää liitteet ja tärkeitä viitetietoja huoltotöitä varten sekä SKF:n kunnossapitotuotteiden yleiskatsauksen.
- Luku 14 sisältää hakemiston.

Ohjekirjan tietojen oikeellisuus sekä ohjeiden selkeys ja menettelytapojen asiallisuus on huolellisesti tarkistettu, mutta julkaisija ei vastaa virheistä tai puutteista tai SKF:n toimittamien työkalujen tai muiden laitteiden väärinkäytöstä.

## Kestävää kehitystä koskeva huomautus

Kestävä kehitys merkitsee tehtävien suorittamista resurssitehokkaalla tavalla pitäen mielessä tulevien sukupolvien hyvinvointi. Laakereiden kunnossapidossa on useita alueita, joilla energiaa on mahdollista säästää, jätetuollosta voiteluaineen käytön vähentämiseen ja laitteiden ja työkalujen asianmukaiseen käyttöön. SKF on sitoutunut kestävään kehitykseen ja kannustaa muita edistämään energia- ja materiaalisäästöjä.

# Tämä on SKF

Pienestä mutta nerokkaasta ratkaisusta ruotsalaisen tekstiilitehtaan linjausongelmaan ja viidestätoista työntekijästä vuonna 1907 SKF on kasvanut teollisen osaamisen globaaliksi edelläkävijäksi. Vuosien mittaan olemme kasvattaneet osaamistamme laakereista ja laajentaneet sen koskemaan tiivisteitä, mekatroniikkaa, palveluita sekä voitelujärjestelmiä. Osaamisverkostomme käsittää 46 000 työntekijää, 15 000 jälleenmyyjää, toimipaikat yli 130 maassa ja kasvavan määrän SKF Solution Factory -toimipisteitä eri puolilla maailmaa.

## Tutkimus ja tuotekehitys

Meillä on käytännön kokemus yli neljästäkymmenestä toimialasta perustuen työntekijöidemme omakohtaiseen tietämykseen niiden toiminnoista. Maailman johtavat asiantuntijamme ja kumppanilyöpistomme ovat lisäksi uuden teoreettisen tutkimuksen ja tuotekehityksen edelläkävijöitä tribologiassa, kunnonvalvonnassa, kalustonhallinnassa ja laakereiden teoreettisen käyttöön alalla. Olemme pysyvästi



sitoutuneet tutkimukseen ja tuotekehitykseen, joka auttaa meitä pitämään asiakkaamme oman toimialansa kärkijoukossa.



*SKF Solution Factory tuo SKF:n tietämyksen ja teollisen kokemuksen paikalliseen käyttöön tarjoamalla asiakkaille ainutlaatuisia ratkaisuja ja palveluita.*



## Vastaamme suurimpiin haasteisiin

Tietämykseen ja kokemukseen perustuva verkostomme ja taitomme yhdistää ydinteknologioitamme toimimaan yhdessä antaa meille mahdollisuuden innovatiivisiin ratkaisuihin, jotka täyttävät tiukimmatkin vaatimukset. Teemme tiivistä yhteistyötä asiakkaidemme kanssa laitteistojen koko käyttöiän ajan ja autamme heitä kasvattamaan liiketoimintaansa kannattavasti ja vastuullisesti.

## Työtä kestävää tulevaisuutta varten

Vuodesta 2005 alkaen SKF on toiminut aktiivisesti vähentääkseen toimintojensa ja alihankkijoidensa toimintojen aiheuttamia ympäristöhaittoja. Jatkuvan teknologisen kehitystyömme tuloksena on syntynyt SKF BeyondZero -valikoima tuotteita ja palveluita, jotka parantavat tehokkuutta ja vähentävät energiahukkaa sekä edistävät uutta teknologiaa tuuli-, aurinko- ja merienergian hyödyntämiseksi. Tämä kattava lähestymistapa auttaa vähentämään sekä omien toimintojemme että asiakkaiden toimintojen ympäristövaikutuksia.



*SKF:n IT- ja logistiikka-järjestelmä- sekä sovel-lusiantuntijoiden avulla SKF:n valtuutetut jälleen-myyjät tarjoavat asiak-kailleen kaikkialla maailmassa laadukasta tuote- ja sovellusosaamista.*

# SKF – the knowledge engineering company

## Me osaamme – te menestytte

*SKF:n elinkaarenhallinta on keino yhdistää teknologinen tietämyksemme pitkälle kehitettyihin palveluihin ja käyttää niitä laitteiston elinkaaren jokaisessa vaiheessa auttaaksemme asiakkaita menestymään kestävästi ja kannattavasti.*



### Yhteistyössä kansanne

Tavoitteenamme on auttaa asiakkaitamme parantamaan tuottavuutta, minimoimaan ylläpitotoimet, parantamaan energia- ja resurssitehokkuutta sekä optimoimaan suunnittelua pitkän käyttöiän ja luotettavuuden takaamiseksi.

### Innovatiiviset ratkaisut

Olipa sovelluksenne lineaarinen, pyörivä tai näiden yhdistelmä. SKF:n suunnittelijat voivat tehdä yhteistyötä kanssanne sen elinkaaren jokaisessa vaiheessa ja parantaa koneen suorituskykyä tarkastelemalla sovellusta kokonaisu-

tena. Tämä lähestymistapa ei keskity pelkästään yksittäisiin komponentteihin kuten laakereihin tai tiivisteisiin. Se paneutuu koko sovellukseen ja selvittää, miten sen eri osat toimivat yhdessä.

### Suunnittelun optimointi ja varmistaminen

SKF voi yhteistyössä kanssanne optimoida nykyisiä tai uusia malleja hyödyntämällä omaa 3-D-mallinnusohjelmistoaan, jota voidaan käyttää myös virtuaalitestauslaitteena mallin toimivuuden varmistamiseksi.



### **Laakerit**

SKF on maailman johtava vierintälaakereiden, nivellaa-  
kereiden, laakeriryksiköiden ja laakeripesien suunnitte-  
lija, kehittäjä ja valmistaja.



### **Mekaaninen kunnossapito**

SKF:n kunnonvalvontateknologia ja ylläpitopalvelut voi-  
vat auttaa vähentämään ennakoiduttomia huoltokat-  
koksia, parantamaan toimintojen tehokkuutta ja pie-  
nentämään ylläpitokustannuksia.



### **Tiivistämisratkaisut**

SKF tarjoaa vakiotiivisteitä ja erityistarpeisiin suunni-  
teltuja tiivisteratkaisuja koneiden käytettävyyden ja  
luotettavuuden lisäämiseksi, kitkan ja energiahävikin  
vähentämiseksi sekä voiteluaineen käyttöiän  
lisäämiseksi.



### **Mekatroniikka**

SKF:n fly-by-wire-järjestelmät lentokoneisiin ja dri-  
ve-by-wire-järjestelmät off-road-ajoneuvoihin, maa-  
talouskoneisiin ja trukkisovelluksiin korvaavat raskaita,  
paljon rasvaa tai öljyä kuluttavia mekaanisia ja hydrau-  
lisiä ratkaisuja.



### **Voiteluratkaisut**

Käyttämällä SKF:n voitelujärjestelmiä, jotka ulottuvat  
erityisvoiteluaineista uusinta kehitystä edustaviin voite-  
lujärjestelmiin ja voitelunhallintapalveluihin, voidaan  
vähentää voiteluun liittyviä huoltokatkoksia ja voiteluai-  
neen kulutusta.



### **Toimilaitteiden ja liikkeen hallinta**

Laajalla tuotevalikoimallaan – toimilaitteista ja kuula-  
ruuveista profiilihoiteisiin – SKF voi yhteistyössä kans-  
sanne ratkaista suurimmatkin lineaarisiiin järjestelmiin  
liittyvät haasteenne.



100-16

SKF NJ 315 ECJ  
SKF NJ 315 ECJ  
SKF NJ 315 ECJ  
SKF NJ 315 ECJ  
SKF NJ 315 ECJ

SKF NJ 315 ECJ  
SKF NJ 315 ECJ

SKF NJ 315 ECJ  
SKF NJ 315 ECJ  
SKF NJ 315 ECJ  
SKF NJ 315 ECJ  
SKF NJ 315 ECJ  
SKF NJ 315 ECJ

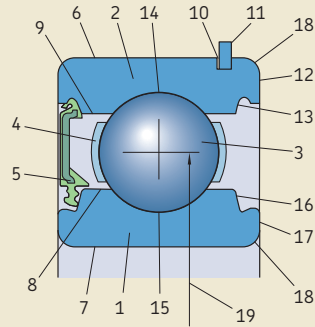
SKF  
SKF  
SKF  
SKF

<b>Termistö</b> .....	<b>10</b>	<b>Laakereiden aseointi</b> .....	<b>31</b>
<b>Vierintälaakereiden tyypit ja rakenteet</b> ..	<b>12</b>	Laakerien säteittäinen aseointi .....	31
Säteisvierintälaakerit .....	12	Sovitteen valitseminen .....	32
Painelaakerit .....	18	Suosittelut sovitteet ja toleranssit .....	35
Juoksurullat .....	19	Mitta-, muoto- ja	
Y-laakerit .....	21	pyörimistarkkuusvaatimukset .....	35
		Laakerisijojen pinnankarheus .....	36
<b>Laakerimerkinnät</b> .....	<b>22</b>	Laakereiden aksiaalinen aseointi .....	37
Perusmerkinnät .....	22	Olakkeiden ja pyörityksien mitat .....	38
Jälkimerkinnät .....	24	<b>Tiivistejärjestelmät</b> .....	<b>39</b>
<b>SKF-tuotteiden tunnistaminen</b> .....	<b>26</b>	Ulkopuoliset tiivisteet .....	39
Laakereiden tunnistaminen .....	27	Integroidut tiivisteratkaisut .....	40
Kaksiosaisen laakeripesän ja laakeriryksikön		<b>Laakerien, tiivisteiden ja voiteluaineiden</b>	
merkinnät .....	27	<b>varastointi</b> .....	<b>41</b>
Varaosatiivisteet .....	27	Laakerien, laakeriryksiköiden ja -pesien	
<b>Laakereiden kestoikä</b> .....	<b>27</b>	varastointi .....	41
Luokiteltu kestoikä .....	27	Elastomeeritiivisteiden varastointi .....	42
SKF-laakereiden kestoikä .....	27	Voiteluaineiden varastointi .....	42
		Voiteluaineiden hävittäminen .....	43
<b>Käyttöikä</b> .....	<b>28</b>		
Laakerin kestoikä .....	28		
Tiivisteiden kestoikä .....	28		
Voiteluaineen kestoikä .....	28		
Puhtaus .....	28		
<b>Laakerin sisäinen vällys</b> .....	<b>29</b>		
<b>Laakerijärjestelmät</b> .....	<b>30</b>		
Laakerointijärjestelmät .....	30		
Ohjaavan ja vapaan pään			
laakeroinnit .....	30		
Säädettävät laakerijärjestelmät .....	31		

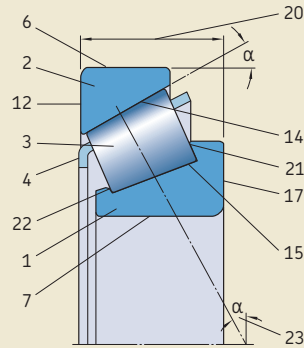
# Termistö

## Laakerit (→ kuva 1)

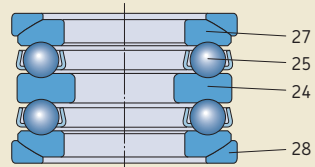
- 1 Sisärenngas
- 2 Ulkorengas
- 3 Vierintäelin: kuula, lieriörulla, neula, rulla, kartiorulla, pallomainen rulla, kaarirulla
- 4 Pidin
- 5 Tiiviste – valmistettu elastomeeristä, hankaava (kuvassa) tai hankaamaton Suojalevy – valmistettu teräslevystä, hankaamaton
- 6 Ulkorengaan ulkohalkaisija
- 7 Sisärenkaan reikä
- 8 Sisärenkaan olakkeen halkaisija
- 9 Ulkorengaan olakkeen halkaisija
- 10 Lukitusrengan ura
- 11 Lukitusrengas
- 12 Ulkorengaan otsapinta
- 13 Tiivisteiden kiinnityspinta
- 14 Ulkorengaan vierintäpinta
- 15 Sisärenkaan vierintäpinta
- 16 Tiivisteiden vastinpinta
- 17 Sisärenkaan otsapinta
- 18 Viiste
- 19 Laakerin keskihalkaisija
- 20 Laakerin kokonaisleveys
- 21 Ohjauslaippa
- 22 Ohjauslaippa
- 23 Kosketuskulma
- 24 Akselilaatta
- 25 Pidin-vierintäelinisarja
- 26 Pesälaatta
- 27 Pesälaatta, jossa pallomainen pinta
- 28 Sovitelaatta



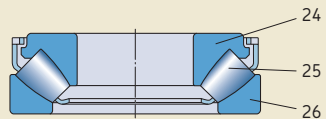
Urakuulalaakeri



Kartiorullalaakeri



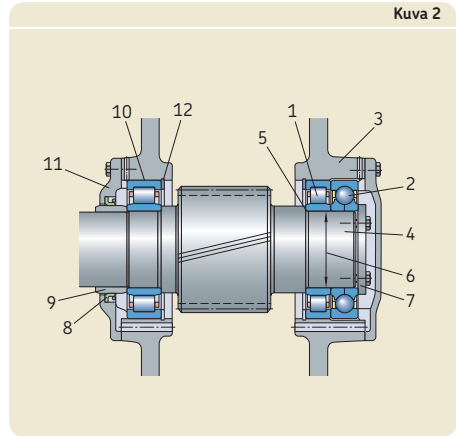
Kaksisuuntainen painekuulalaakeri



Pallomainen painerullalaakeri

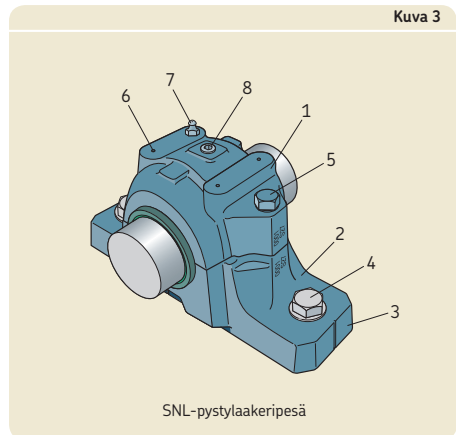
## Laakerijärjestelmät (→ kuva 2)

- 1 Lieriörullalaakeri
- 2 Nelipisteveistokuululaakeri
- 3 Pesä
- 4 Akseli
- 5 Akselin olakkeen otsapinta
- 6 Akselin halkaisija
- 7 Lukituslevy
- 8 Säteisakselitiiviste
- 9 Etäisyysrengas
- 10 Laakeripesän reikä
- 11 Pesän kansi
- 12 Lukituslevy



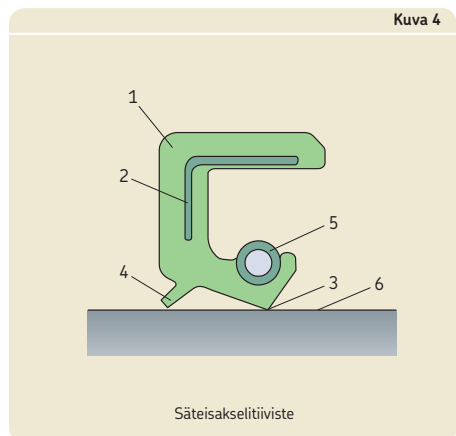
## Pesät (→ kuva 3)

- 1 Pesän kansi
- 2 Pesän jalusta
- 3 Pesän kiinnitysalku
- 4 Kiinnityspultti
- 5 Kansipultti
- 6 upotus
- 7 Rasvanippa
- 8 Kierteitetty reikä, esim. rasvanippa, lämpötila-anturi ym.



## Tiivisteet (→ kuva 4)

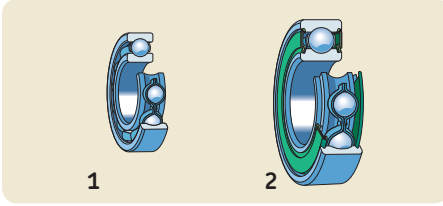
- 1 Kumipinta
- 2 Teräslevyvahvistus
- 3 Tiivistehuuli
- 4 Tiivisteiden pölyhuuli
- 5 Jousi
- 6 Tiivisteiden vastinpinta



## Vierintälaakereiden tyypit ja rakenteet

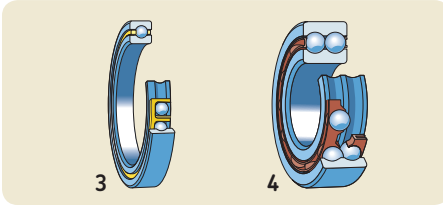
Tämä osa sisältää yhteenvedon erilaisista laakereiden vakiotyypeistä ja -malleista. Useimmista esitetään kuvat.

### Säteisvierintälaakerit

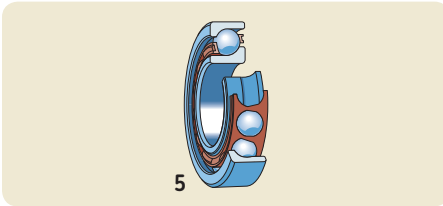


#### Urakuulalaakerit

yksiriviset, täyttöaukolliset tai -aukottomat avoin perusrakenne (1)  
suojalevyillä hankaavat tiivisteet (2)  
lukitusrengasurallinen, laipparenkaallinen tai -renkaaton

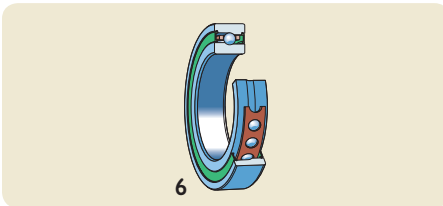


yksirivinen, ohutrenkainen avoin perusrakenne (3)  
hankaavilla tiivisteillä kaksirivinen (4)

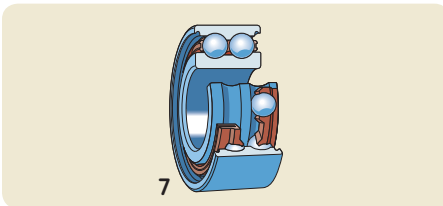


#### Viistokuulalaakerit

yksiriviset  
Yksittäin asennettavan laakerin rakenne pareittain asennettava rakenne (5)



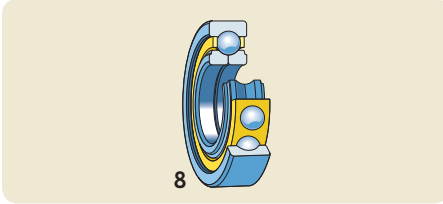
yksirivinen, tarkkuus- ja erikoistarkkuus avoin perusrakenne  
hankaavilla tiivisteillä avoin, suurille nopeuksille hankaavat tiivisteet (6)  
avoin, suurille kuormituksille hankaavilla tiivisteillä



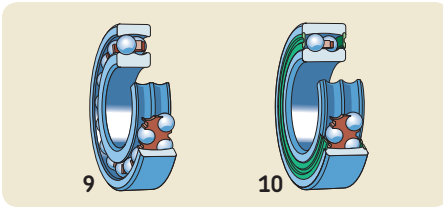
kaksiriviset  
yksiosainen sisärenkas (7)  
avoin perusrakenne suojalevyillä hankaavilla tiivisteillä kaksiosainen sisärenkas



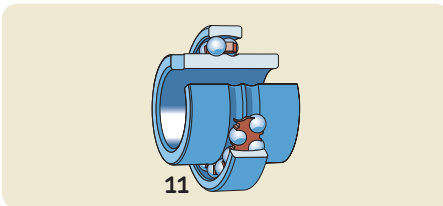
## Säteisvierintälaakerit



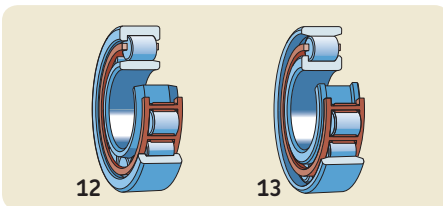
Nelipisteviistokuululaakerit (8)



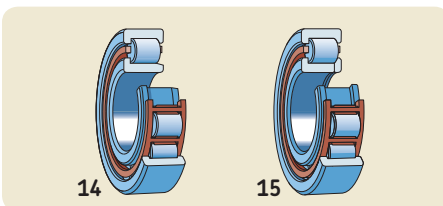
Pallomaiset kuululaakerit  
lieriö- tai kartioreikäinen  
avoin perusrakenne (9)  
hankaavat tiivisteet (10)



jatkettu sisärengas (11)

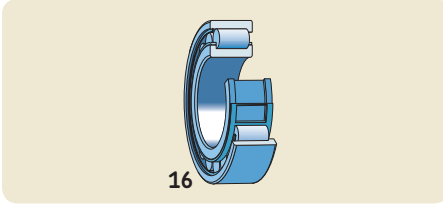


Lieriörullalaakerit  
yksiriviset  
NU-rakenne (12)  
N-rakenne (13)



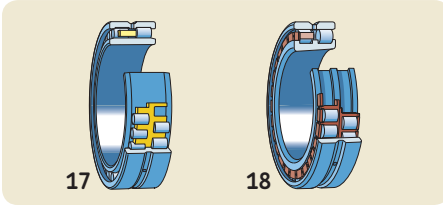
yksiriviset  
NJ-rakenne (14)  
kulmarenkaalla  
NUP-rakenne (15)

## Säteisvierintälaakerit

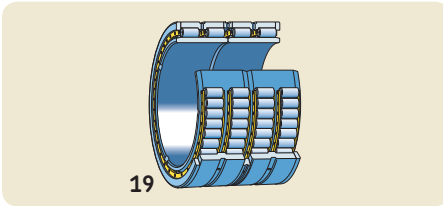


### Lieriörullalaakerit

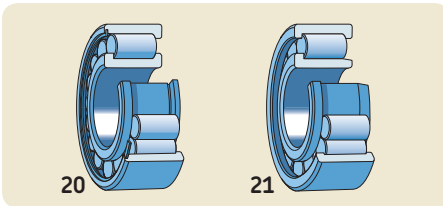
yksiriviset  
NCF-rakenne (16) suurille kuormituksille,  
täysrullaversio



kaksiriviset  
lieriö- tai kartioreikäinen  
NNU-rakenne (17)  
NN-rakenne (18)  
NNUP-rakenne

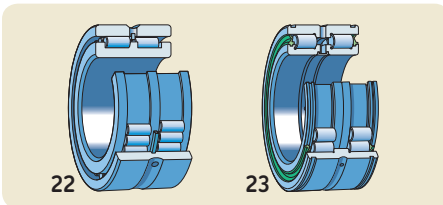


neliriviset  
lieriö- tai kartioreikäinen  
avoin rakenne (19)  
hankaavilla tiivisteillä



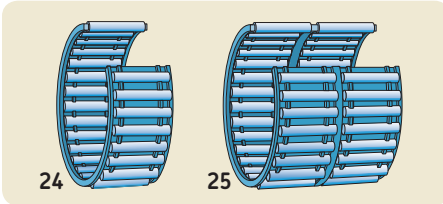
### Lieriömäiset täysrullalaakerit

yksiriviset  
NCF-rakenne (20)  
NJG-rakenne (21)



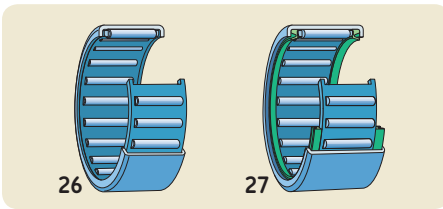
kaksiriviset  
kiinteät laipat sisärenkaassa (22)  
kiinteät laipat sisä- ja  
ulkorenkaissa  
hankaavat tiivisteet (23)

## Säteisvierintälaakerit



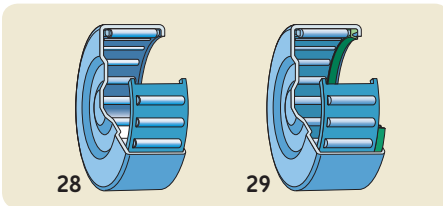
## Neularulla-pidinasennelma

yksirivinen (24)  
kaksirivinen (25)



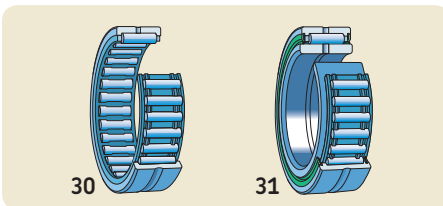
## Neularullaholkit, avoimet päät

yksi- tai kaksirivinen  
avoin perusrakenne (26)  
hankaavat tiivisteet (27)



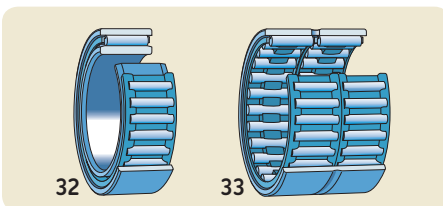
## Neularullaholkit, suljettu pää

yksi- tai kaksirivinen  
avoin perusrakenne (28)  
hankaava tiiviste (29)



## Laipalliset neulalaakerit

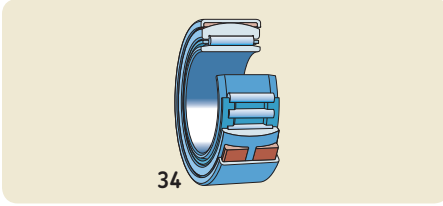
yksi- tai kaksirivinen  
sisärenkaattomat (30)  
sisärenkaalliset  
avoin perusrakenne  
hankaavat tiivisteet (31)



## Laipattomat neularullalaakerit

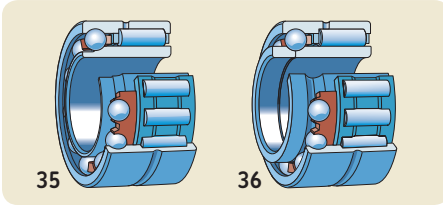
yksi- tai kaksirivinen  
sisärenkaalliset (32)  
sisärenkaattomat (33)

## Säteisvierintälaakerit



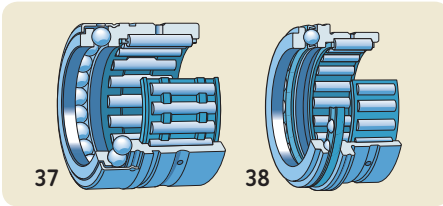
### Itseohjautuvat neularullalaakerit

ilman sisärengasta  
sisärenkaalliset (34)

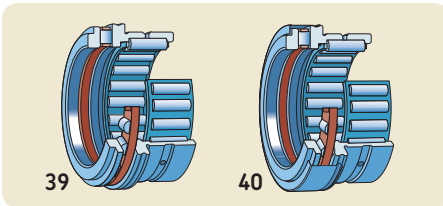


### Yhdistetyt neularaakerit

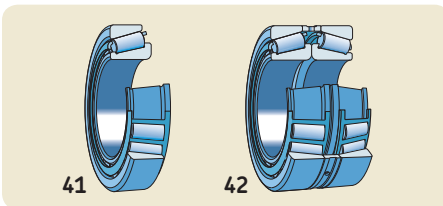
Neularulla-/viistokuulalaakerit  
yksisuuntaiset (35)  
kaksisuuntaiset (36)



Neularulla-/paineakuulalaakerit  
paineakuulalaakeri (37), täysrullaversio ilman  
pidintä  
pidin ottaa ohjauksen kuulista  
kannellinen tai kanneton (38)



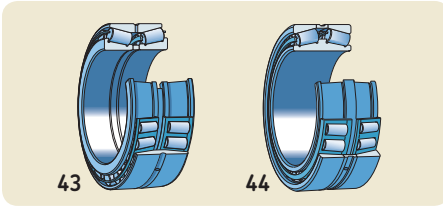
Paineneularaakerit/lieriömäiset  
painerullalaakerit  
kannettomat (39)  
kannelliset (40)



### Kartiorullalaakerit

yksiriviset  
yksittäin asennettavat (41)  
pareittain asennettavat laakerisarjat  
X-järjestelmä (42)  
O-järjestelmä  
Tandem-järjestelmä

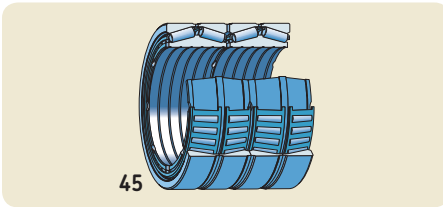
## Säteisvierintälaakerit



kaksiriviset

TDO-kokoonpano (O-järjestelmä) (43)

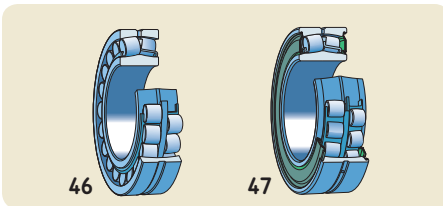
TDI-kokoonpano (X-järjestelmä) (44)



neliriviset

TQO-kokoonpanon avoin rakenne  
avoin rakenne (45)

hankaavilla tiivisteillä

TQI-kokoonpano, nelirivinen, (2 x  
X-järjestelmä)

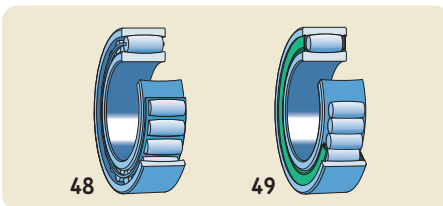
Pallomaiset rullalaakerit

lieriö- tai kartioreikäinen

avoimet perusrakenteet (46)

hankaavat tiivisteet (47)

täriseviin kohteisiin



CARB-kaarirullalaakerit

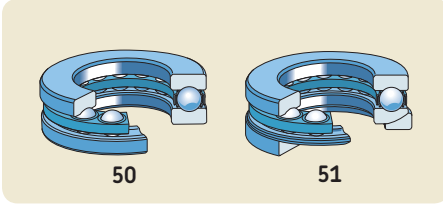
lieriö- tai kartioreikäinen

rullat ottavat ohjauksen pitimestä (48)

täysrullaversio

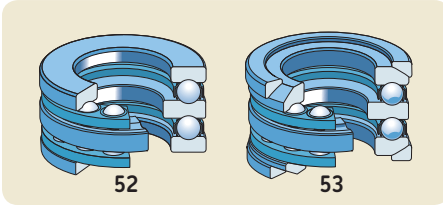
hankaavat tiivisteet (49)

## Painelaakerit

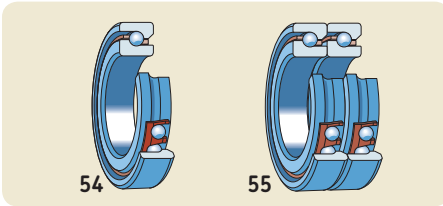


### Painekuulalaakerit

yksisuuntaiset  
litteä pesälaatta (50)  
pyörästetty pesälaatta  
istukkalaatallinen (51) tai -laataton

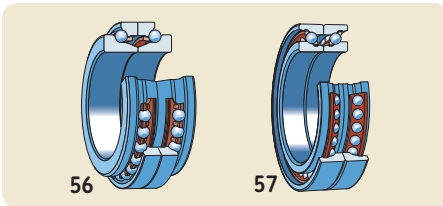


kaksisuuntaiset  
litteät pesälaatat (52)  
pyörästetyt pesälaatat  
istukkalaatallinen (53) tai -laataton

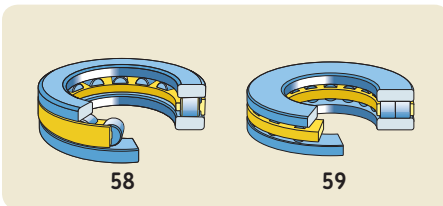


### Viistopainekuulalaakerit

tarkkuus- ja erikoistarkkuuslaakerit  
yksisuuntaiset  
yksittäin asennettavan laakerin  
rakenne (54)  
pareittain asennettava rakenne  
pareittain asennettavat laakerisarjat (55)



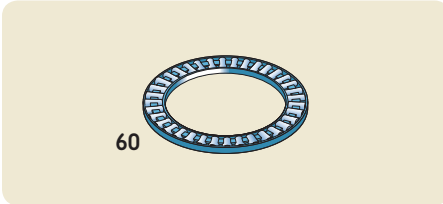
kaksisuuntaiset  
perusrakenne (56)  
rakenne suurille pyörimisnopeuksille (57)



### Painelieriörullalaakerit

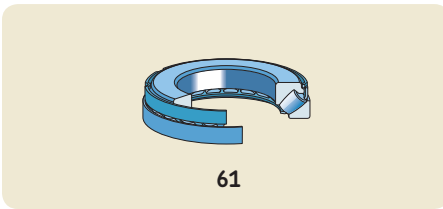
yksisuuntaiset  
yksirivinen (58)  
kaksirivinen (59)  
komponentit  
lieriömäiset painerulla- ja pidinasennelmat  
akseli- ja pesälaatat

## Painelaakerit



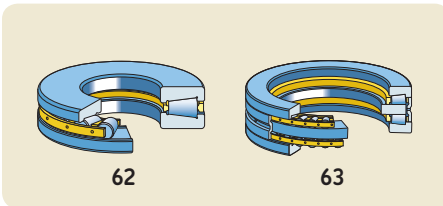
### Paineneulalaakerit

yksisuuntaiset  
Neularulla- ja pidinasennelmat (60)  
juoksulaatat  
painelaatat



### Pallomaiset painerullalaakerit

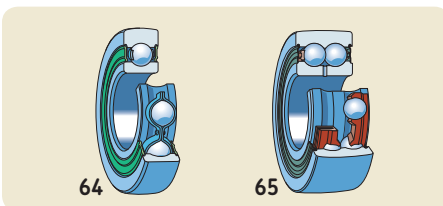
yksisuuntaiset (61)



### Kartiorullapainelaakerit (Rullalaakerit)

yksisuuntaiset  
kannellinen tai kanneton (62)  
kararuvin laakerit  
kaksisuuntaiset (63)

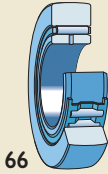
## Juoksurullat



### Juoksurullat

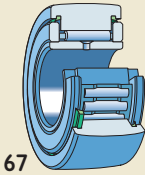
yksirivinen nokkarulla (64)  
kaksirivinen nokkarulla (65)

## Juoksurullat

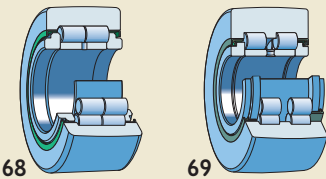


### Tukirullat

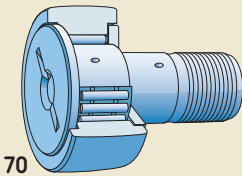
neularulla- ja pidinasennelma, ilman aksiaaliohjausta  
hankaavalla tiivisteellä tai ilman  
ilman sisärengasta  
sisärenkaalliset (66)



neularullat sekä painelaatat aksiaaliohjausta varten  
hankaavalla tiivisteellä tai ilman  
neularulla- ja pidinasennelma (67)  
täysrullaversio

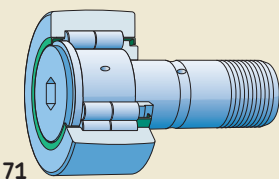


täyslierörullat, aksiaaliohjaus laippojen avulla  
sokkelotiivisteet (68)  
hankaavat tiivisteet (69)  
lamellitivistimet



### Nokkarullat

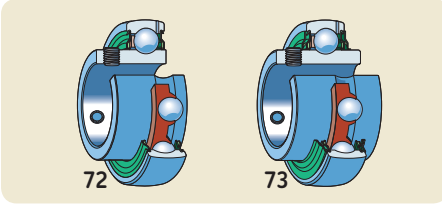
neularullat, aksiaaliohjaus tappi-, painelevy- ja rullalaippojen avulla  
hankaavalla tiivisteellä tai ilman  
samankeskiällä kiinnityksellä (70)  
epäkeskiällä lukkorengaskiinnityksellä  
neularulla- ja pidinasennelma (70)  
täysrullaversio



täysrullaversio, aksiaaliohjaus tappi-, laipparengas- ja rullalaippojen avulla  
sokkelotiivisteet (71)  
hankaavilla tiivisteillä  
samankeskiällä kiinnityksellä (71)  
epäkeskiällä lukkorengaskiinnityksellä

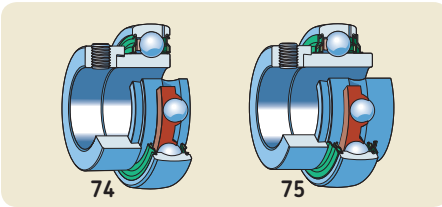


## Y-laakerit

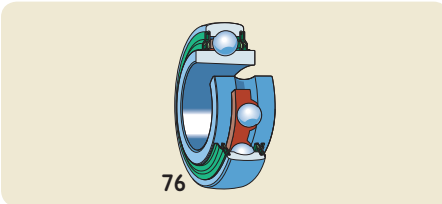


### Y-laakerit

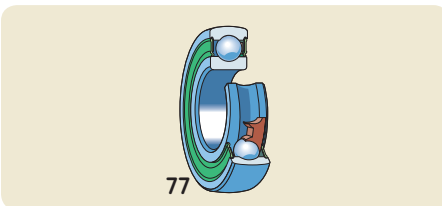
pidätinruuvilliset  
toiselle puolelle jatkettu sisärenkas (72)  
molemmille puolille jatkettu sisärenkas (73)



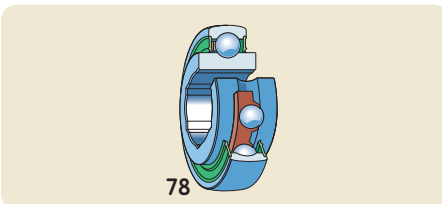
epäkeskolukituksella  
toiselle puolelle jatkettu sisärenkas (74)  
molemmille puolille jatkettu sisärenkas (75)



kartioreikäiset  
molemmille puolille jatkettu sisärenkas (76)  
Asennetaan kirstysholkille



vakiosisärenkaalla  
Asennetaan akselille ahdustusovitteella (77)



kuusikulmaisella reiällä varustetut  
molemmille puolille jatkettu sisärenkas (78)

## Laakerimerkinnät

### Perusmerkinnät

Kaikissa SKF:n vakiolaakereissa on perusmerkintä, joka yleensä koostuu kolmesta, neljästä tai viidestä numerosta tai kirjaimien ja numeroiden yhdistelmästä. Järjestelmä, jota käytetään lähes kaikissa kuula- ja rullalaakerityypeissä, esitetään **taulukossa 1**. Numeroilla sekä kirjainten ja numeroiden yhdistelmillä on seuraava merkitys:

- Ensimmäinen numero, ensimmäinen kirjain tai kirjainten yhdistelmä ilmoittaa laakerin tyypin.
- Kaksi seuraavaa numeroa ilmoittaa ISO-mittasarjan; ensimmäinen numero ilmoittaa leveys- tai korkeussarjan (mitat B, T tai H) ja seuraava numero halkaisijasarjan (mitta D).
- Perusmerkinnän kaksi viimeistä numeroa ilmoittaa laakerin koon; kun ko. numeerinen arvo kerrotaan viidellä, saadaan sisäreiän halkaisija millimetreissä.

Laakereiden perusmerkintäjärjestelmän tärkeimmät poikkeukset on lueteltu tässä.

- 1 Joissakin tapauksissa laakerityypin tai mittasarjan ensimmäinen numero jätetään ilmoittamatta. Nämä arvot esitetään sulkeissa **taulukossa 1**.
- 2 Laakerissa, joiden reiän halkaisija on 10, 12, 15 tai 17 mm, on seuraavanlaiset perusmerkinnän loppuosat (kaksi viimeistä numeroa):  
00 = 10 mm  
01 = 12 mm  
02 = 15 mm  
03 = 17 mm
- 3 Laakereissa, joiden reiän halkaisija on pienempi kuin 10 mm tai vähintään 500 mm, se ilmoitetaan yleensä millimetreissä ilman koodia. Laakerin kokoluokan numeerinen arvo erotetaan muusta laakerimerkinnästä kautaviivalla, esim. 618/8 (d = 8 mm) tai 511/530 (d = 530 mm). Tämä pätee myös vakiolaakereihin (standardin ISO 15:1998 mukaan), joiden reiän halkaisija on 22, 28 tai 32 mm, esim. 62/22 (d = 22 mm).

4 Myös joissakin pienissä laakereissa, joiden reiän halkaisija on pienempi kuin 10 mm, kuten urakuulalaakerit, pallomaiset kuulalaakerit ja viistokuulalaakerit, reiän halkaisija ilmoitetaan millimetreissä, mutta sitä ei eroteta sarjamerkinnästä vinoviivalla, esim. 629, 129 tai 709 (d = 9 mm).

5 Reiän halkaisijat, jotka poikkeavat vakioimistoista, ilmoitetaan millimetreissä enintään kolmen desimaalin tarkkuudella. Tämä reiän halkaisijan tunniste kuuluu perusmerkintöihin ja erotetaan perusmerkinnästä vinoviivalla, esim. 6202/15.875 (6202 erikoisreiällinen laakeri d = 15,875 mm =  $\frac{5}{8}$  tuumaa).

### Laakerisarjan tunnisteet

Kaikki vakiolaakerit kuuluvat laakerisarjoihin, jotka ilmoitetaan perusmerkinnällä ilman kokotunnusta. Laakerisarjan tunnisteet sisältävät usein jälkimerkinnän A, B, C, D tai E tai näiden kirjainten yhdistelmän, esim. CA. Niiden avulla voidaan tunnistaa eroja sisäisessä rakenteessa, kuten kosketuskulmassa.

Tavallisimmat laakerisarjan tunnisteet esitetään laakerikuvantojen yläpuolella **kaaviossa 1**. Sulkeissa olevia arvoja ei ilmoiteta.



## Jälkimerkinnot

Jälkimerkintöjen avulla tunnistetaan laakerimalli/rakenne, sen muunnokset tai ominaisuudet, jotka eroavat alkuperäisestä tai nykyisestä vakio-laakerista. Yleisimmin käytetyt jälkimerkinnot on lueteltu tässä.

- CN** Laakerin normaali säteisvälys (sisäinen), käytetään yleensä vain lisäkirjaimen kanssa, joka ilmoittaa pienennetyn tai mukautetun välialueen
- CS** Teräslevyvahvistettu hankaava akryyli-nitriili-butadieenikumitiiviste (NBR) laakerin toisella puolella
- 2CS** Hankaava tiiviste laakerin molemmalla puolella
- CS2** Teräslevyvahvistettu hankaava fluorikumitiiviste (FKM) laakerin toisella puolella
- 2CS2** Teräslevyllä vahvistettu hankaava fluorikumitiiviste (FKM) laakerin molemmalla puolella
- CS5** Teräslevyvahvistettu hankaava hydrattu (vanhennettu) akryyli-nitriili-butadieenikumitiiviste (HNBR) laakerin toisella puolella
- 2CS5** CS5 hankaava tiiviste laakerin molemmilla puolilla
- C1** Laakerin sisäinen välys pienempi kuin C2
- C2** Laakerin sisäinen välys pienempi kuin normaali (CN)
- C3** Laakerin sisäinen välys suurempi kuin normaali (CN)
- C4** Laakerin sisäinen välys suurempi kuin C3
- C5** Laakerin sisäinen välys suurempi kuin C4
- F** Teräksinen tai erikoisvalurautainen massiivipidin, keskitetty vierintäelimiin
- FA** Teräksinen tai erikoisvalurautainen massiivipidin, keskitetty ulkorenkaaseen
- FB** Teräksinen tai erikoisvalurautainen massiivipidin, keskitetty sisärenkaaseen
- G..** Rasvatäyttö. Toinen kirjain ilmaisee rasvan lämpötila-alueen ja kolmas itse rasvan. Kolmikirjaimisen rasvakoodin jälkeinen arvo ilmaisee, että täyttöaste poikkeaa vakiosta: Arvot 1, 2 ja 3 merkitsevät vakiota alhaisempaa täyttöä ja 4–9 suurempaa täyttöä.
- H** Teräksestä stansattu laippatyyppinen pidin, karkaistu

- HT** Rasva korkeille lämpötiloille. HT tai HT-merkintää seuraavat kaksi numeroa ilmoittavat rasvatyyppin. Muut täyttöasteet kuin vakiot ilmoitetaan kirjaimella tai kirjaimen/arvon yhdistelmällä HTxx-merkinnän jälkeen.
- J** Stansattu teräslevypidin, keskitetty vierintäelimiin, karkasematon
- K** Kartioreikä, 1:12
- K30** Kartioreikä, 1:30
- LHT** Rasva alhaisille ja korkeille lämpötiloille. LHT tai LHT-merkintää seuraavat kaksi numeroa ilmoittavat rasvatyyppin. Muut täyttöasteet kuin vakiot ilmoitetaan kirjaimella tai kirjaimen/arvon yhdistelmällä LHTxx-merkinnän jälkeen.
- LS** Teräslevyvahvistettu tai -vahvistamaton hankaava akryyli-nitriili-butadieenikumitiiviste (NBR) tai polyuretaanitiiviste (AU) laakerin toisella puolella
- 2LS** Hankaava LS-tiiviste laakerin molemmalla puolella
- LT** Rasva alhaisille ja korkeille lämpötiloille. LT tai LT-merkintää seuraava kaksilukuisen numero ilmoittaa itse rasvan. Muut täyttöasteet kuin vakiot ilmoitetaan kirjaimella tai kirjaimen/arvon yhdistelmällä LTxx-merkinnän jälkeen.
- M** Messinkinen massiivipidin, keskitetty vierintäelimiin
- MA** Messinkinen massiivipidin, keskitetty ulkorenkaaseen
- MB** Messinkinen massiivipidin, keskitetty sisärenkaaseen
- ML** Messinkinen yksiosainen, ikkunatyyppinen massiivipidin, keskitetty sisä- tai ulkorenkaaseen
- MT** Rasva (tehdastäyttö) keskimääräisille lämpötiloille. MT tai MT-merkintää seuraavat kaksi numeroa ilmoittavat rasvatyyppin. Muut täyttöasteet kuin vakiot ilmoitetaan kirjaimella tai kirjaimen/arvon yhdistelmällä MTxx-merkinnän jälkeen.
- N** Lukitusrenkaan ura ulkorenkaassa
- NR** Lukitusrenkaan ura ulkorenkaassa ja asianmukainen lukitusrengas
- P** Ruiskupuristettu pidin, lasikuituvahvisteinen polyamidi 66 (PA66), keskitetty vierintäelimiin

<b>PHA</b>	Ruiskupuristettu pidin, lasikuituvahvisteinen polyeetterieetteri- ketoni (PEEK), keskitetty ulkorenkasaaseen	<b>W64</b>	Solid Oil -voitelu (imeytetty öljy)
<b>RS</b>	Teräslevyvahvistettu tai -vahvistamaton hankaava akryyli-nitriili-butadieeniku- mitiiviste (NBR) laakerin toisella puolella	<b>Y</b>	Stansattu messinkinen massiivipidin, keskitetty vierintäelimiin
<b>2RS</b>	Hankaava RS-tiiviste laakerin molem- malla puolella	<b>Z</b>	Teräslevystä puristamalla valmistettu suojalevy laakerin yhdellä puolella
<b>RSH</b>	Teräslevyvahvistettu hankaava akryyli- nitriili-butadieenikumiitiiviste (NBR) laa- kerin toisella puolella	<b>ZZ</b>	Suojalevy laakerin molemmalla puolella
<b>2RSH</b>	Hankaava RSH-tiiviste laakerin molem- malla puolella		
<b>RSL</b>	Teräslevyvahvistettu pienikitkainen akryyli-nitriili-butadieenikumiitiiviste (NBR) laakerin toisella puolella		
<b>2RSL</b>	Pienikitkainen RSL-tiiviste laakerin molemmalla puolella		
<b>RS1</b>	Teräslevyvahvistettu hankaava akryyli- nitriili-butadieenikumiitiiviste (NBR) laa- kerin toisella puolella		
<b>2RS1</b>	Hankaava RS1-tiiviste laakerin molem- malla puolella		
<b>RS1Z</b>	Teräslevyvahvistettu hankaava akryyli- nitriili-butadieenikumiitiiviste (NBR) laa- kerin toisella puolella ja suojalevy toi- sella puolella		
<b>RS2</b>	Teräslevyvahvistettu hankaava fluoriku- mitiiviste (FKM) laakerin toisella puolella		
<b>2RS2</b>	Hankaava RS2-tiiviste laakerin molem- malla puolella		
<b>RZ</b>	Teräslevyllä vahvistettu hankaamaton akryyli-nitriili-butadieenikumiitiiviste (NBR) laakerin toisella puolella		
<b>2RZ</b>	Hankaamaton RZ-tiiviste laakerin molemmalla puolella		
<b>TN</b>	Ruiskupuristettu pidin, polyamidi 66 (PA66), keskitetty vierintäelimiin		
<b>TNH</b>	Ruiskupuristettu pidin, lasikuituvahvisteinen polyeetterieetteri- ketoni (PEEK), keskitetty vierintäelimiin		
<b>TN9</b>	Ruiskupuristettu pidin, lasikuituvahvisteinen polyamidi 66 (PA66), keskitetty vierintäelimiin		
<b>V</b>	Täysrullalaakeri (ilman pidintä)		
<b>WT</b>	Rasva (tehdastyttö), laajan lämpötila- alueen rasva. WT tai WT-merkintää seuraavat kaksi numeroa ilmoittavat rasvatyyppin. Muut täyttöasteet kuin vakiot ilmoitetaan kirjaimella tai kirjai- men/arvon yhdistelmällä WTxx-merkin- nän jälkeen.		

## SKF-tuotteiden tunnistaminen

### Laakereiden tunnistaminen

**HUOM.:** Voidaksesi varmistaa, että saat aitoja SKF-tuotteita, osta niitä vain SKF:ltä tai SKF:n valtuutetuilta jälleenmyyjiltä.

Lähes kaikissa SKF:n laakereissa on seuraavat tunnisteet sisä- tai ulkorengaon otsapinnassa (→ kuva 5):

- 1 SKF-tavaramerkki
- 2 Laakerimerkintä
- 3 Valmistusajankohta
- 4 Valmistusmaa

Laakerin tyyppi ja ominaisuudet voidaan tunnistaa sen merkinnästä. Laakerissa saattaa olla lisäksi muita tunnisteita laakerityypistä riippuen.

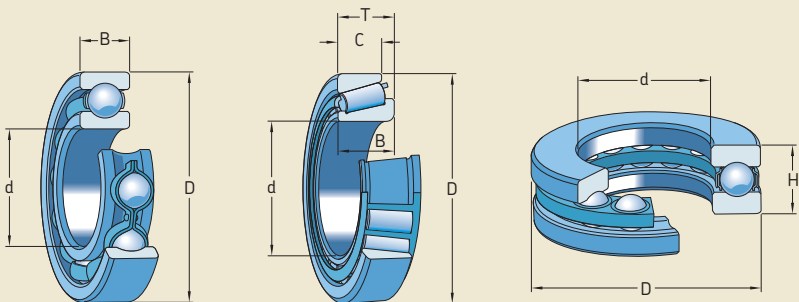
**HUOM.:** Laakerissa näkyy joskus vain osa tiedoista. Vierintäelin-pidinasennelmallisen lieriö-rullalaakerin ulkorengaassa saattaa esimerkiksi olla merkintä 3NU20 tai 320 E. Se tarkoittaa, että ulkorengaon halkaisijasarja on 3 ja reikä 100 mm (20 ÷ 5). Täydellinen laakeri voidaan luoda asentamalla tämä ulkorengas NU-, NJ- tai NUP-sisärenkaaseen. Laakerimerkintä, esim. NJ 320 ECP/C3, olisi tässä tapauksessa sisärenkaassa. Täydellinen merkintä painetaan aina myös pakkaukseen ja ilmenee useimmiten konepiirustuksista ja laitemäärityksistä.



Elleivät laakeriin painetut merkinnät ole enää luettavia, laakerin perusmerkintä saadaan selville yleensä mittaamalla päämitat (→ kuva 6) ja katsomalla tiedot verkko-osoitteesta [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

- 1 Tunnista laakerityyppi (→ *Vierintälaakereiden tyypit ja rakenteet, sivu 12*).
- 2 Mittaa laakerin sisärenkaan sisäreikä d.
- 3 Mittaa laakerin ulkohalkaisija D.
- 4 Mittaa laakerin leveydet B, C, T tai korkeus H.
- 5 Tunnista laakerin mahdollinen perusmerkintä syöttämällä päämitat SKF Interactive Engineering Catalogue -luettelon laajaan hakuun osoitteessa [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

Kuva 6



Säteiskuulalaakeri

Säteisrullalaakeri

Painekuulalaakeri

**HUOM.:** Määritä täydellinen laakerimerkintä tarkastamalla pidintyyppi ja -materiaali, tiivisteiden malli ja muut näkyvät ominaisuudet. Pyydä lisäapua valtuutetulta SKF:n jälleenmyyjältä tai edustajalta.

### Kaksiosaisen laakeripesän ja laakeriyksikön merkinnät

Kaikkien jaettujen SNL-, SONL- ja SAF-pysty-laakeripesien merkinnät ovat laakeripesän kanssa (→ kuva 7). Kaikkien laakeripesien kanssa ja jalustassa on yksilöllinen sarjanumero, joka estää osien sekaantumisen, kun useita laakeripesiä asennetaan kerralla.

Tarkasta laakeriyksikköjen kohdalla laakeri ja laakeripesä (ja mahdolliset muut osat) erikseen.

### Varaosatiivisteet

Varaosatiivisteiden tulee vastata alkuperäisen mallia ja materiaalia. Muista kuin alkuperäismateriaalista valmistettuja tiivisteitä voidaan käyttää, jos muita vaihtoehtoja ei ole.

**HUOM.:** Kun vaihdat tiivistettä, tarkasta vanhan tiivisteiden osanumero huolellisesti. Yksinkertainen virhe, kuten vakionitrilikumitiivisteiden käyttäminen vastaavan, kestävämmän fluorikumitiivisteiden sijasta, saattaa aiheuttaa odottamattomia tiivistevikoja.

## Laakereiden kestoikä

### Luokiteltu kestoikä

Vierintälaakerin kestoikä määritetään kierrosten tai käyttötuntien määrällä tietyssä nopeudessa, jonka laakeri kestää, ennen ensimmäisten väsymysmerkkien ilmaantumista sen renkaisiin tai vierintäelimiin. Ikä voidaan laskea laakerityypin, kuormituksen ja nopeuden funktiona peruskestoian kaavalla:

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^p$$



tai, jos nopeus on vakio:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10}$$

missä

$L_{10}$  = kestoikä (90 prosentin varmuudella [miljoonaa kierrosta])

$L_{10h}$  = kestoikä (90 prosentin varmuudella [käyttötuntia])

C = dynaaminen kantavuusluku [kN]

P = ekvivalenttikuormitus [kN]

n = pyörimisnopeus [r/min]

p = kestoikäkaavan eksponentti  
= 3 kuulalaakereille  
=  $10/3$  rullalaakereille

### SKF-laakereiden kestoikä

Nykyajan laadukkaiden laakereiden kestoikä saatetaan poiketa huomattavasti todellisesta käyttäjästä käyttötarkoituksen mukaan. Täten standardi ISO 281: 2007 sisältää muokatun käyttöikäkaavan peruskestoikäkaavan lisäksi.

## Perusteet

SKF-kestoiän kaava on:

$$L_{nm} = a_1 a_{SKF} L_{10} = a_1 a_{SKF} \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

tai, jos nopeus on vakio:

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60 n} L_{nm}$$

missä

$L_{nm}$  = SKF-laakereiden kestoikä (100 – n<sup>1</sup>) prosentoin varmuudella) [miljoonaa kierrosta]

$L_{nmh}$  = SKF-laakereiden kestoikä (100 – n<sup>1</sup>) prosentoin varmuudella) [käyttötunnit]

$L_{10}$  = peruskestoikä (90 prosentoin varmuudella) a1 varmuuskerroin [miljoonaa kierrosta]

$a_1$  = käyttöiän säätökerroin varmuuden parantamiseksi

$a_{SKF}$  = SKF-käyttöiän modifiointikerroin

C = dynaaminen kantavuusluku [kN]

P = ekvivalenttikuormitus [kN]

n = pyörimisnopeus [r/min]

p = kestoikäkaavan eksponentti  
= 3 kuulalaakereille  
= 10/3 rullalaakereille

Lisätietoja SKF-laakereiden kestoian laskemisesta on osoitteessa [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

## Kestoikä

### Laakerin Kestoikä

Laakereiden kestoikälaskelmat saattavat vaihdella huomattavasti todellisesta käyttöiästä eri käyttötarkoituksissa. Käyttöikä, joka on laakerin todellinen käyttöaika todellisissa käyttöolosuhteissa ennen sen kulumista käyttökelvottomaksi, riippuu erilaisista tekijöistä, kuten voitelu, laakerin ympäristön epäpuhtaustaso, linjaus, asennus sekä käyttöolosuhteet, kuten kuormitus, nopeus, lämpötila ja värinätaaso. Jotta nämä tekijät otetaan huomioon, SKF suosittelee voimakkaasti SKF-kestoian laskemista kestoian laskemisen lisäksi.

## Tiivisteiden kestoikä

Tiivisteet pitävät voiteluaineen laakerin sisällä ja epäpuhtaudet ulkona. Samalla ne suojelevat epäpuhtauksilta voiteluainetta, joka on tärkeä tekijä laakerin maksimikäyttöiän saavuttamiseksi.

Tiivisteiden kestoikää ei voi laskea. Tiivisteiden kestoikää on vielä vaikeampi arvioida, sillä niiden kestoikä riippuu lähes pelkästään käyttöolosuhteista. Muita tekijöitä ovat ympäristön epäpuhtaustaso, akselin linjaus, asennustoi-menpiteet ja altistus voimakkailla kemikaaleilla, kuten puhdistusaineilla.

## Voiteluaineen Kestoikä

Voiteluaineella on huomattava vaikutus laakerin käyttöikään lähes kaikissa käyttötarkoituksissa. Sen vuoksi kaikki voiteluaineet tulee valita käyttöolosuhteiden mukaan. Riippumatta siitä, voidellaanko järjestelmän laakeri rasvalla vai öljyllä, voiteluaineen tehokkuus heikkenee ajan mittaan mekaanisesta rasituksesta, vanhenemisesta ja epäpuhtauksien kerääntymisestä seurauksena osien kulumisesta ja/tai epäpuhtauksien vaikutuksesta. Tästä syystä voiteluaineen todellista käyttöikää on vaikea arvioida. SKF:n voiteluväli- ja kunnossapito-ohjeita on tämän julkaisun lopussa.

## Puhtaus

Epäpuhtaudet saattavat lyhentää laakerin ja tiivisteiden käyttöikää. Niillä saattaa olla negatiivinen vaikutus myös voiteluaineen käyttöikään. Tästä syystä vierintälaakerit on voideltava puhtaalla rasvalla tai öljyllä, ja voiteluaine on suojeltava epäpuhtauksilta tehokkaalla tiivistysjärjestelmällä.

Puhtautteen on kiinnitettävä huomiota kaikkien kunnossapitotoimien aikana asennuksesta voiteluun, tarkistukseen ja irrottamiseen. Puhtautta koskevat tarkat suositukset ovat myöhemmissä luvuissa, mutta seuraavassa on joitakin yleisohjeita:

<sup>1)</sup> Kerroin n edustaa vian todennäköisyyttä, ts. edellytetyn varmuuden ja 100 prosentin eroa.



- Pidä laakerit niiden alkuperäisessä pakkauksessa, joka suojelee niitä, kunnes olet valmis asentamaan ne.
- Asenna laakerit puhtaassa työympäristössä.
- Käytä aina asianmukaisia työkaluja.
- Pyyhi rasva- ja öljyroiskeet pois välttömästi.
- Puhdista voitelunipat ennen voitelua ja sulje ne huolellisesti asianmukaisella suojatulpalla.
- Käytä oikein merkittyjä ja puhtaita astioita voiteluaineiden kuljettamiseen ja säilyttämiseen. Erillisen astian käyttäminen jokaiselle voiteluainetyypille on suositeltavaa.
- Huoltopesun aikana älä osoita vesisuihkua suoraan tiivistettä kohden.

**HUOM.:** Laakerien likaantumisen estäminen on hyödyllisempää kuin niiden puhdistaminen. Useita laakerityyppejä ei voida purkaa, minkä vuoksi niiden puhdistaminen on vaikeaa.

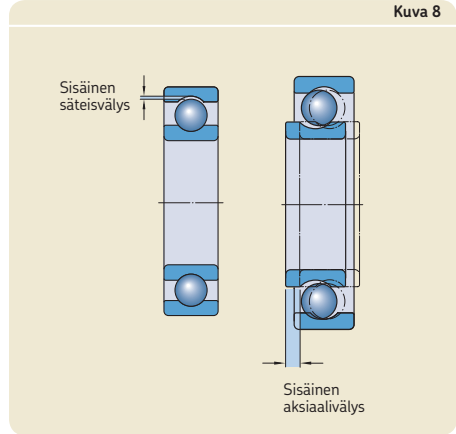
## Laakerin sisäinen välys

Laakerin sisäinen välys määritetään kokonaisuutena, jonka toinen laakerin rengas voi siirtyä suhteessa toiseen (→ **kuva 8**):

- säteen suunnassa (sisäinen säteisvälys)
- aksiaalisuunnassa (sisäinen aksiaalivälys)

Tärkeää on tunnistaa ero asennusta edeltävän laakerin sisäisen välyksen (→ **Liite E**, alkaen **sivu 388**) ja käyttölämpötilan saavuttaneen asennetun laakerin sisäisen välyksen (käynnin-aikainen välys) välillä. Alkuperäinen sisäinen välys (ennen asennusta) on suurempi kuin käyntivälys, koska ahdistusovitteet ja laakerin renkaiden sekä liittyvien osien lämpölaajenemisen erot vaikuttavat renkaiden laajenemiseen ja kutistumiseen.

Laakerin sisäinen säteisvälys on erittäin tärkeä tekijä säteisivierintälaakerin toimivuuden kannalta. Yleissääntönä:



- Kuulalaakereiden käyntivälyksen on oltava käytännöllisesti katsoen nolla, tai niissä saattaa olla hienoinen esijännitys.
- Lieriömäisissä, pallomaisissa ja CARB-kaarirullalaakereissa on aina oltava hieman loppuvälystä käytön aikana.
- Kartiorullalaakereissa on aina oltava jonkin verran loppuvälystä, paitsi laakerijärjestelmissä, joissa vaaditaan jäykkyyttä, kuten pinioniakseloinnin laakereissa, joissa laakerit asennetaan hienoisella jännityksellä.

**HUOM.:** Kun käyttö- ja asennusolosuhteet poikkeavat normaalista, esim. käytettäessä ahdistusovitteita kummassakin laakerirenkaassa tai epätavallisten lämpötilojen vallitessa, normaalia suurempaa tai pienempää laakerin sisäistä välystä joudutaan ehkä käyttämään. Näissä tapauksissa SKF suosittelee laakerin loppuvälyksen tarkastamista asennuksen jälkeen.

## Laakeroinnit

Yleensä tarvitaan kaksi laakeroa tukemaan pyörivää koneen osaa siten, että toinen laakeri on ohjaava ja toinen pää on vapaa. Joissakin käytötarkoituksissa molemmat laakerit ovat ohjaavia aksiaalisuunnassa. Näitä kutsutaan ristiinlukuiksi laakerijärjestelmiksi.

### Laakerointijärjestelmät

#### Ohjaavan ja vapaan pään laakeroinnit

Yleisimpiä ovat ohjaavan ja vapaan pään laakeroinnit (→ kuva 9).

Ohjaavan pään laakeri, joka sijaitsee yleensä koneen käyttöpäässä, tukee akselia aksiaalisesti ja ohjaa sen aksiaalisesti kumpaankin suuntaan. Tästä syystä ohjaavan pään laakeri on kiinnitettävä paikalleen sekä akseliin että pesään. Ohjaavan pään laakeriksi soveltuvia laakereita ovat mm.:

- urakuulalaakerit (→ kuva 9)
- pallomaiset kuulalaakerit
- pallomaiset rullalaakerit (→ kuva 10, vasemmalla)
- kaksiriviset tai pareittain asennettavat yksiriviset viistokuulalaakerit
- yhteensovitetut kartiorullalaakerit
- lieriörullalaakerit (NJ- ja HJ- sekä NUP-rakenteet)

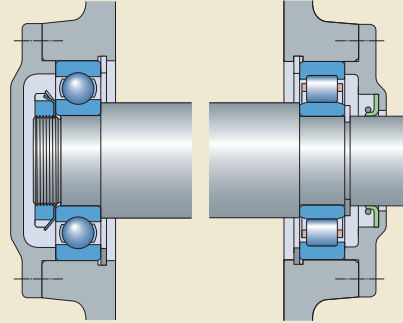
Säteislaakereiden yhdistelmiä, jotka voivat vastaanottaa pelkän säteiskuormituksen, ja laakereita, jotka sallivat aksiaalisuuntaisen kuormituksen, voidaan myös käyttää. Esimerkkejä ovat NU-rakenteinen lieriörullalaakeri ja nelipiste-viistokuulalaakeri (→ kuva 11).

Vapaan pään laakeri antaa säteittäistuen ja tarvittaessa sallii lämpölaajenemisliikkeen akselilla suhteessa pesään. Joissakin laakereissa lämpölaajenemisliike tapahtuu laakerin sisällä. Tällaisia laakereita ovat mm. seuraavat:

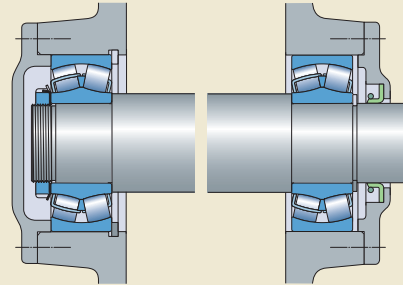
- CARB-kaarirullalaakerit
- lieriörullalaakerit, joissa on ohjauslaipat vain yhdessä renkaassa, kuten N- ja NU-rakenteiset laakerit

Muissa vapaan pään laakereissa aksiaalisirtymä tapahtuu laakerin jonkin renkaan ja sen vastinpinnan välissä, yleensä ulkorenkaan ja pesäso-

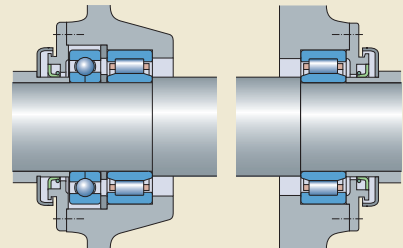
Kuva 9



Kuva 10



Kuva 11



vitteen välissä. Vapaan pään laakereiksi sopivia laakereita ovat mm. seuraavat:

- urakuulalaakerit
- pallomaiset kuulalaakerit
- pallomaiset rullalaakerit (→ **kuva 10**, oikealla)

### Säädettävät laakerijärjestelmät

Säädetyssä laakerijärjestelmässä akselin kohdistaa aksiaalisesti toinen laakeri yhteen suuntaan ja toinen laakeri vastakkaiseen suuntaan. Tätä järjestelmää, jota kutsutaan myös ristiinlukitukseksi, käytetään yleensä lyhyissä akselissa. Kaiken tyyppisiä säteisvierintälaakereita, esim. kuula- ja rullalaakereita, jotka mukautuvat aksiaaliin kuormiin ainakin yhdessä suunnassa, voidaan käyttää ristiinlukituissa laakeroinneissa, kuten:

- urakuulalaakerit
- viistokuulalaakerit (→ **kuva 12**)
- kartiorullalaakerit

## Laakerien aseointi

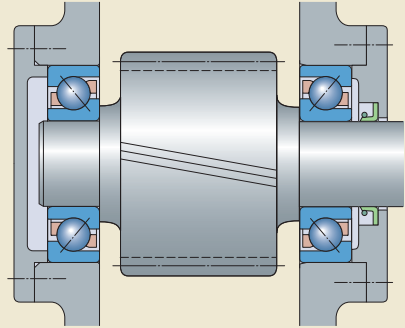
### Laakerien säteittäinen aseointi

Jos laakerin koko kuormankantokyky aiotaan käyttää hyväksi, sen renkaat on tuettava niiden koko ympäryksen alueelta sekä koko vierintäpinnan leveydeltä.

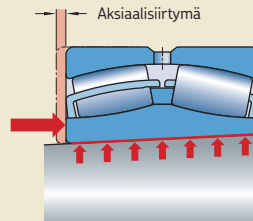
Riittävä säteittäinen tuki ja asema saadaan yleensä aikaan vasta, kun renkaat asennetaan sopivalla ahdistusovitteella paikoilleen. Huonosti tai väärin lukitut laakerirenkaat saattavat vaurioittaa laakereita ja muita laakerikomponentteja. Tapauksissa, joissa ahdistusovitetta ei voi käyttää ja pitää valita löysä sovite, tulee huolehtia, ettei laakerirengas pyöri sijallaan (voi aiheuttaa laakerisijan kulumisen akselilla tai laakeripesässä).

**HUOM.:** Laakerirengas pyörii joko akseli- tai laakeripesäsoviteen ja laakerirenkaan välillä. Mahdollinen pyörintä johtuu yleensä siitä, että valittu sovite ei ole sopiva vallitsevalle kuormitukselle tai että oikeaa ahdistusovitetta ei voida käyttää.

Kuva 12



Kuva 13



Sovitteen valitseminen

Lieriöreikäiset laakerit

Valittaessa sovitteita lieriöreikäisille laakereille ensimmäisenä on otettava huomioon käyntiolo-suhteet (→ taulukko 1). Olosuhteita on kolme erilaista:

- Pyörivä kuormitus viittaa laakerirenkaaseen, joka pyörii, kuormitussuunnan ollessa tasainen. (Pyörivä kuormitus voi myös viitata paikoillaan olevaan laakerirenkaaseen, jolloin kuormituksen suunta pyörii.)
- Paikoillaan oleva kuormitus viittaa laakerirenkaaseen, joka on liikkumaton, kuormituksen suunnan ollessa paikoillaan oleva. (Paikoillaan oleva kuormitus voi myös viitata laakerirenkaaseen, joka pyörii samalla nopeudella kuin kuormitus.)
- Määrittämätön kuormituksen suunta viittaa vaihtuviin ulkoisiin kuormituksiin, iskukuormiin, tärinään ja epätasapainotilaan suurnopeuksisissa koneissa.

Muita huomioon otettavia tekijöitä sovitteiden valinnassa on lueteltu taulukossa 2, sivuilla 33 ja 34.

Kartioreikäiset laakerit

Kartioreikäiset laakerit asennetaan joko suoraan akselin kartiopinnalle tai vaihtoehtoisesti kiristys- tai vetoholkin kanssa lieriöakselille. Sisärenkaan sovitteita valitaan sen mukaan, kuinka pitkälle rengas asennetaan akselin sovitteella tai holkin kartiopinnalla (→ kuva 13, sivulla 31).

Taulukko 1

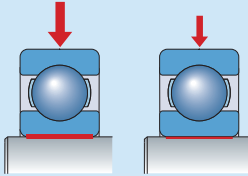
Käynti- ja kuormitusolosuhteet	Kaaviokuva	Kuormitusolosuhde	Esimerkki	Suosittelut sovitteet
Pyörivä sisärenkas Paikoillaan oleva ulkorenkas Kuormituksen suunta vakio		Sisärenkaan pyörivä kuormitus Ulkorenkaan tasainen kuormitus	Hihnäkäytöt	Sisärenkaan ahdistusovite Löysä sovitte ulkorenkaalla
Paikoillaan oleva sisärenkas Pyörivä ulkorenkas Kuormituksen suunta vakio		Sisärenkaan tasainen kuormitus Ulkorenkaan pyörivä kuormitus	Kuljettimien kannatusrullat Auton pyörien napalaakeriryököt	Löysä sovitte sisärenkaalla Ahdistusovite ulkorenkaalla
Pyörivä sisärenkas Paikoillaan oleva ulkorenkas Kuormitus pyörii sisärenkaan taajuudella		Sisärenkaan tasainen kuormitus Ulkorenkaan pyörivä kuormitus	Tärisevät käyttökohteet Täryseulat tai -moottorit	Ahdistusovite ulkorenkaalla Löysä sovitte sisärenkaalla
Paikoillaan oleva sisärenkas Pyörivä ulkorenkas Kuormitus pyörii ulkorenkaan taajuudella		Sisärenkaan pyörivä kuormitus Ulkorenkaan tasainen kuormitus	Karamurskain (Karuselikonet)	Sisärenkaan ahdistusovite Löysä sovitte ulkorenkaalla

## Sovitteiden valitsemisessa huomioitavia tekijöitä

## Muuttajat

## Tilanne

## Ohjeavrot

Kuormituksen  
suuruus

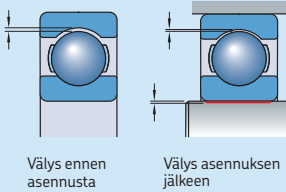
Laakerien, jotka altistuvat kovalle kuormitukselle, renkaat pyörivät sijoillaan enemmän kuin kevyesti kuormitettujen.

Voit ehkäistä pyörimistä valitsemalla tiukemmat sovitteet laakereille, jotka altistuvat raskaille kuormituksille.

Iskuvoimittukset tulee myös ottaa huomioon.

Kuormituksen suuruus määritetään seuraavasti:

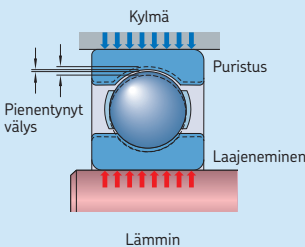
- $P \leq 0,05 C$  – kevyt kuorma
- $0,05 C < P \leq 0,1 C$  – normaali kuorma
- $0,1 C < P \leq 0,15 C$  – raskas kuorma
- $P > 0,15 C$  – erittäin raskas kuorma

Laakerin  
sisäinen välys

Mitä tiukempi ahdustusovite, sitä suurempi laakerin säteisvälyksen pienentymä asennuksen jälkeen.

Kun käytetään tiukkoja sovitteita, on ehkä käytettävä laakereita, joiden sisäinen säteisvälys on normaalia suurempi.

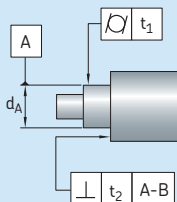
Lämpötilaerot



Käytön aikana laakerin ulkorenkaan lämpötila on usein alhaisempi kuin sisärenkaan, mistä seuraa pienentynyt sisäinen välys.

Käyttölämpötiloista riippuen on ehkä käytettävä laakereita, joiden sisäinen säteisvälys on normaalia suurempi.

Pyörimistarkkuusvaatimukset



Laakerit löysillä sovitteilla ovat herkkiä värinälle, kun pyörimistarkkuuteen asetetaan suuria vaatimuksia.

Kun pyörimistarkkuuteen asetetaan suuria vaatimuksia, valitse sovitteet, jotka vastaavat vähintään toleranssiarvoa IT5 akselisovitteille ja vähintään toleranssiarvoa IT6 pesäsovitteelle.

Valitsemalla tiukat sovitteet voit pienentää pyörimistarkkuutta (radiaaliheittoa) ja värinää.

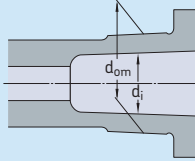
Sovitteiden valitsemisessa huomioitavia tekijöitä

Muuttujat

Tilanne

Ohjeita

Akselin ja pesän rakenne sekä materiaali



Sovitteet saattavat olla tehottomampia ontoissa akseleissa tai ohutseinäisissä pesissä.

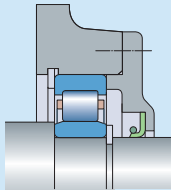
Huono kontakti laakerisijalla, esim. kaksiosaisissa laakeripesissä, saattaa vääntää laakerirengasta ja tehdä siitä soikean.

Laakerisijan materiaali, jos se ei ole laakeriterästä, vaikuttaa sovitteiden valintaan eri lämpölaajenemiskertoimien takia.

Valitse normaalia tiukemmat ahdistussovitteet laakereille, jotka on asennettu ohutseinäisiin tai kevytmetallisiin pesiin, tai ontoille akseleille.

Kaksiosaiset laakeripesät eivät sovellu laakereille, joissa on tiukat ahdistussovitteet laakerirenkailla. Näille pesille SKF suosittelee pesätoleransseja G tai H (tai tiukimmillaan K).

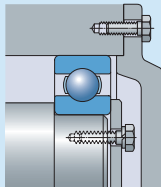
Asennuksen ja irrotuksen helppous



Laakerit löysillä akseli- ja pesäsovitteilla ovat helpompia asentaa ja irrottaa kuin laakerit tiukoilla soviteilla.

Jos tiukat sovitteet ovat tarpeellisia ja helppo asentaminen ja irrotus on tärkeää, valitse kohteeseen purettavat tai kartioreikäiset laakerit. Kartioreikäiset laakerit asennetaan joko suoraan akselin kartiopinnalle tai vaihtoehtoisesti kiristys- tai vetoholkin kanssa lieriöakselille.

Vapaan pään laakerin siirtymä



Tietyt laakerit voivat käsitellä aksiaalisuirtymia laakerin sisällä, kuten yksirenkaiset laipattomat lieriöruullaakerit, neulalaakerit ja CARB-kaariruullaakerit.

Laakereissa, jotka eivät pysty käsittelemään aksiaalisuirtymää, on oltava yksi vapaa rengas, ts. valitse välisovite renkaalle, joka kantaa paikoillaan olevan kuorman.

## Suosittelut sovitteet ja toleranssit

Vierintälaakereiden sisäreiän ja ulkohalkaisijan toleranssit on kansainvälisesti standardoitu. Vain joitakin ISO-toleranssiluokkia joudutaan ottamaan huomioon akselin ja pesän oikeita sovitteita valittaessa. Yleisimpien toleranssiluokkien sijainti laakerin reiän ja ulkohalkaisijan toleranssien mukaan esitetään **kuvassa 14**.

**HUOM.:** Kirjain ja numero kuvaavat ISO-toleranssiluokkia. Kirjain (pieni akselin halkaisijalle ja iso pesän reiälle) ilmoittaa toleranssivyöhykkeen sijainnin suhteessa nimellismittaan. Arvo ilmoittaa toleranssivyöhykkeen suuruuden.

Suosituksia laakerisovitteille umpinaisille teräsakseleille sekä valurauta- ja teräspesille on esitetty **liitteessä A** alkaen **s. 334**. Asianmukaiset toleranssiarvot vierintälaakereiden akseli- ja pesäsovitteille on esitetty **liitteessä B** alkaen **s. 338**.

Jos laakerit asennetaan ahdustussovitteella onttoon akseliin, on tarpeen käyttää tiukempaa ahdustussovitetta kuin umpinaisissa akseleissa, jotta saadaan aikaan sama pintapaine sisärenkaan ja akselin pinnan välillä. Katso lisätietoja osoitteesta [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

## Mitta-, muoto- ja pyörimistarkkuusvaatimukset

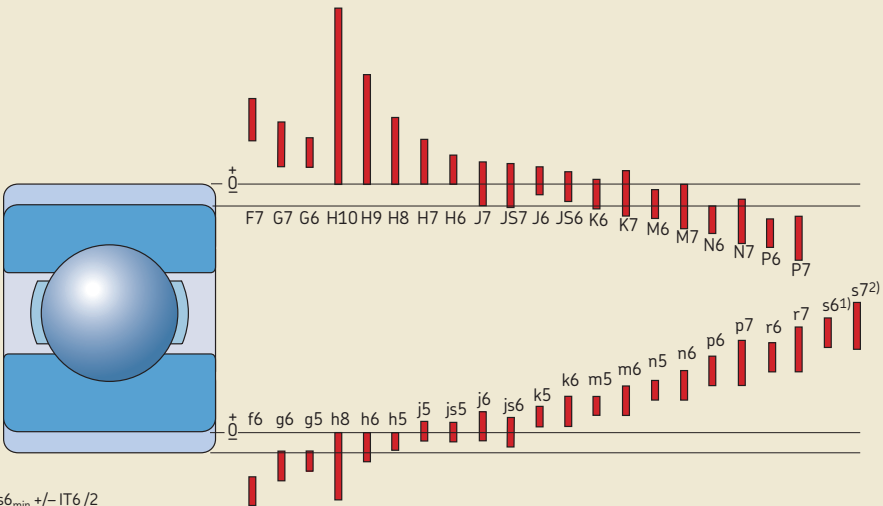
Lieriörullalaakereiden akseli- ja pesäsovitteiden tarkkuuksien tulisi olla suhteessa laakerin mitta- ja muototarkkuuteen. SKF suosittellee noudattamaan seuraavia muoto- ja pyörimistarkkuusohjeita koneistettaessa laakerisijoja ja olakkeita.

### Mittatarkkuus

Normaalitoleranssiin tehdyissä laakereissa akselin lieriöpinnan mitta- ja muototarkkuus on oltava vähintään toleranssin IT6 mukainen. Pesän mittatarkkuuden on vastattava vähintään toleranssiarvoa IT7. Kun käytetään kiristys- tai vetohokkeja, voidaan sallia lievempi halkaisijatoleranssi (toleranssiarvo IT9) (→ **Liite B-7, sivu 384**). Muototoleranssiarvot (IT) esitetään **liitteessä C, sivulla 385**.

Tarkkuuslaakereissa tulee käyttää vastaavasti parempia muototoleranssiarvoja.

Kuva 14



## Perusteet

### Lieriömäisen muodon toleranssit

Laakerisijapinnan lieriömäisyyden, laakeria vasten  $t_1$  tulisi olla yksi tai kaksi IT-toleranssiarvoa parempi kuin kuvattu mittatoleranssi vaatimuksesta riippuen. Jos esimerkiksi laakerin vastinpinta akselilla on koneistettu toleranssiluokkaan m6, muototoleranssin tarkkuus on vastattava toleranssiarvoa IT5 tai IT4. Lieriömäisyyden toleranssiarvo  $t_1$  saadaan oletetulle 150 mm:n akselin halkaisijalle seuraavasti:  $t_1 = IT5/2 = 18/2 = 9 \mu\text{m}$ . Toleranssi  $t_1$  vastaa kuitenkin sädettyä, ja tästä syystä  $2 \delta t_1$  koskee akselin halkaisijaa.

Lieriömäisen muodon toleranssin  $t_1$  ohjearvot (ja säteisheiton toleranssi  $t_3$ ) laakerisijoille annetaan **liitteessä D-1, sivulla 386**.

Kun laakeri asennetaan kiristys- tai vetoholkilla, akselin sovitepinnan muototoleranssin tulee vastata toleranssiarvoa IT5/2 (toleranssiluokalle h9) (→ **Liite B-7, sivu 384**).

### Kohtisuoruuden toleranssi

Laakereiden olakepintojen (vastinpinnat) kohtisuoruustoleranssin on oltava vähintään yhtä IT-toleranssiarvoa parempi kuin liittyvän lieriömäisen sovitepinnan halkaisijatoleranssi. Painelaakerien laattojen vastinpintojen kohtisuoruustoleranssi ei saa ylittää toleranssiarvoa IT5.

Kohtisuoruustoleranssin  $t_2$  (ja kokonaisaaliheiton  $t_4$ ) ohjearvot annetaan **liitteessä D-1, sivulla 386**.

### Laakerisijojen pinnankarheus

Laakerin sovitepintojen pinnankarheudella ei ole samaa vaikutusta laakerin suorituskykyyn kuin mitta-, muoto- ja pyörimistarkkuudella. Vastinpintojen sileydellä on kuitenkin suora vaikutus ahdistussoviteen tarkkuuteen. Suurta tarkkuutta vaativien laakerijärjestelmien sovitepintojen pinnan keskikarheuden  $R_a$  ohjearvot annetaan **liitteessä D-2, sivulla 387**. Nämä ohjearvot koskevat hiottuja sovitepintoja.

**HUOM.:** Hienosorvattujen sovitepintojen pinnankarheuden on oltava yksi tai kaksi astetta korkeampi kuin hiottujen sovitepintojen. Vähemmän tärkeissä laakerijärjestelmissä sallitaan suhteellisen suuri pintakarheus.



## Laakerien aksiaalinen aseointi

Pelkkä ahdustusovite ei riitä asemoimaan laakerirengasta aksiaalisesti. Voidaan sanoa, että pyörivä laakerirengas tulee lukita mekaanisesti (akselin suunnassa) akselille.

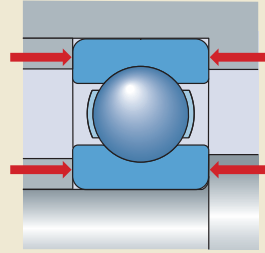
Ohjaavan pään laakereissa molempia laakerin renkaita on tuettava aksiaalisesti molemmilta puolilta (→ **kuva 15**).

Vapaan pään laakereissa aksiaalinen aseointi/varmistus riippuu laakerin rakenteesta, kuten seuraavassa:

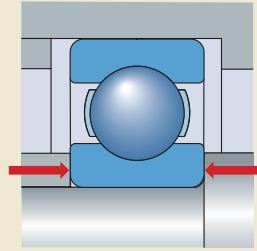
- Ei-purettavissa laakereissa laakerirengasta, jolla on tiukempi sovite (yleensä sisärenkas), on tuettava aksiaalisesti. Ulkorengas liikkuu vapaasti aksiaalisesti sovitepinnallaan (→ **kuva 16**).
- Purettavissa laakereissa, kuten lieriörullalaakereissa, molemmat laakerirenkaat on tuettava aksiaalisesti (→ **kuva 17**).
- CARB-kaarirullalaakereissa molemmat laakerirenkaat on tuettava aksiaalisesti.

Säädetyissä (ristiinlukituissa) laakerijärjestelmissä jokaista laakerirengasta on tuettava aksiaalisesti yhdeltä puolelta (→ **kuva 18**).

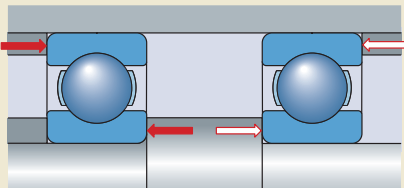
Kuva 15



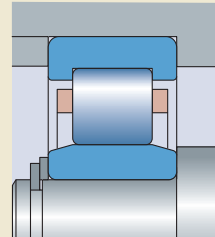
Kuva 16



Kuva 18



Kuva 17



### Olakkeiden ja pyörityksien mitat

Akseli- ja pesäolakkeiden sekä etäisysholkkien ja kansirakenteiden on oltava mitoiltaan sellaisia, että ne tukevat laakerirenkaita kunnolla ilman, että laakerin pyörivät osat koskettavat liikkumattomia osia.

Laakerisijan ja akselin- tai pesäolakkeen välinen raja voidaan kulmapyöristää tai siinä voidaan käyttää kevennystä. Soveltuvat kulmapyöristysmitat annetaan **liitteessä D-3, sivulla 387**. Mitä suurempi kulmapyöristys säde on, sitä paremmin kuormitus jakaantuu laakerisijalla akselin kulmapyöristysalueelle.

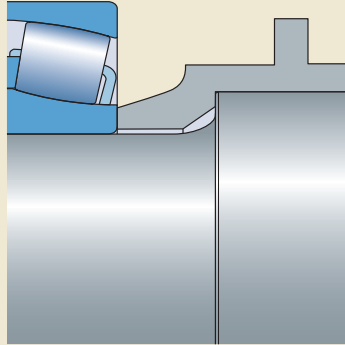
Akseleissa, joihin kohdistuu suuria kuormituksia, ovat suuremmat pyöritykset yleensä tarpeen. Tällaisissa tapauksissa sisärenkaan ja akselin olakkeen väliin on lisättävä välirengas, jotta laakerirenkaalle saadaan aikaan riittävän suuri tukipinta. Välirengas, joka osoittaa akselin olaketta päin, on pyöristettävä sisäreiän pinnaltaan siten, että se ei kosketa akselin pyöristettyä kulmaa (→ **kuva 19**).

### CARB-kaarirullalaakerit

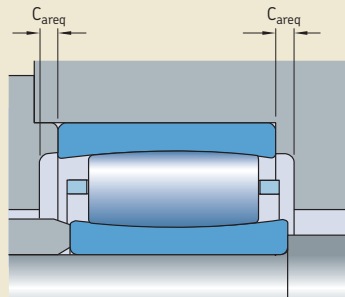
CARB-kaarirullalaakerit pystyvät käsittelemään akselin aksiaalisuuntaista lämpölaajenemista sisäisesti. Jotta voidaan varmistaa, että nämä akselin aksiaalisuuntaiset siirtymät pesän suhteen voivat tapahtua, laakerin molemmille puolille on tarpeen jättää riittävästi tilaa (→ **kuva 20**).

Tietoja vaaditun olakelevyyden laskemisesta on osoitteessa [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

Kuva 19



Kuva 20



## Tiivistejärjestelmät

Tiivistyksen tehokkuus on erittäin tärkeä voiteluaineen puhtauteen ja laakereiden käyttökään vaikuttava tekijä. Vierintälaakereiden tiivisteissä tehdään ero laakereiden integroitujen ja niiden ulkopuolelle asetettävien tiivisteiden välillä.

### Ulkopuoliset tiivisteet

Ulkoiset tiivisteet jaetaan kahteen luokkaan:

- hankaavat tiivisteet
- hankaamattomat tiivisteet

Liikkumattomien pintojen kanssa kosketuksessa olevat tiivisteet ovat staattisia tiivisteitä, joiden tehokkuus riippuu niiden poikkileikkauksen säteittäisestä tai aksiaalisesta muodonmuutoksesta, kun ne on asennettu. Tyypillisiä esimerkkejä ovat tiivistysrenkaat ja O-renkaat. Tiivisteitä, jotka ovat kosketuksessa liukupintoihin, kutsutaan dynaamisiksi tiivisteiksi. Niillä tiivistetään liikkumaton osa (esim. pesä) ja pyörivä osa (yleensä akseli). Tiivisteiden tarkoitus on pitää voiteluaine sisällä ja epäpuhtaudet ulkona (→ kuva 21).

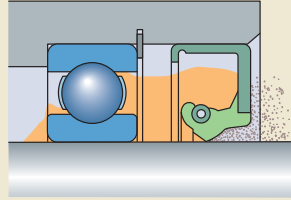
Tavallisin hankaava tiiviste on säteisakselitiiviste. Muita tyyppisiä ovat V-rengastiivisteet ja huopatiivisteet.

**HUOM.:** Kun säteisakselitiivisteiden ensisijainen tehtävä on pitää voiteluaine sisällä, se tulee asentaa tiivistehuuli voiteluainettakohti eli sisäänpäin. Kun ensisijainen tehtävä on pitää epäpuhtaudet poissa, tiivistehuulen on osoitettava epäpuhtauksia kohden eli ulospäin.

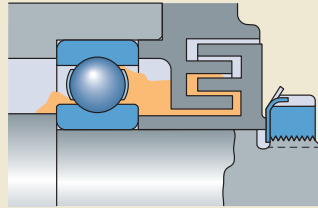
Hankaamattomien säteisakselitiivisteiden teho perustuu aksiaalisesti, säteittäisesti tai niiden yhdistelmästä syntyvän kapean, suhteellisen pitkän raon tiivistämiseen (ts. sokkelo). Hankaamattomat tiivisteet, jotka vaihtelevat yksinkertaisista rakotivivisteistä sokkelotiivisteisiin (→ kuva 22), eivät hankaa tai kulu.

**HUOM.:** Hankaamattomat tiivisteet sopivat käytettäväksi suurille nopeuksille ja/tai korkeisiin lämpötiloihin.

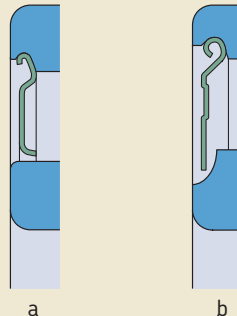
Kuva 21



Kuva 22



Kuva 23



## Integroidut tiivistysratkaisut

Laakereihin integroidut tiivistysratkaisut jaetaan kahteen luokkaan:

- suojalevyt
- tiivisteet

### Suojalevyt

Teräslevystä valmistetut suojalevyt ovat hankaamattomia, ja niitä käytetään käyttökohteissa, joissa epäpuhtauksia esiintyy vähän. Niitä käytetään myös tarkoituksissa, joissa alhainen kitka on olennaista nopeuden tai käyttölämpötilan takia. Laakerit ovat voideltuja iäksi, eikä niitä tule jälkivoihoodella.

Suojalevyjen muoto (→ **kuva 23, sivulla 39**):

- kapea rako tiivistehuulen ja sisärenkaan olkapääpinnan välillä (**a**)
- tehokas sokkelotiivistys ja syvennys sisärenkaan olkapääpinnalla (**b**)

### Tiivisteet

SKF-laakereihin integroidut tiivisteet on useimmiten valmistettu elastomeereistä ja vahvistettu teräslevyllä.

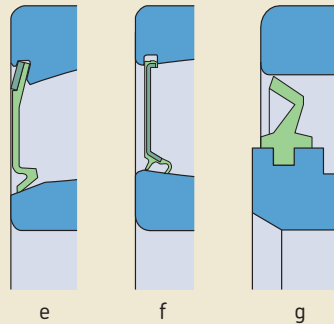
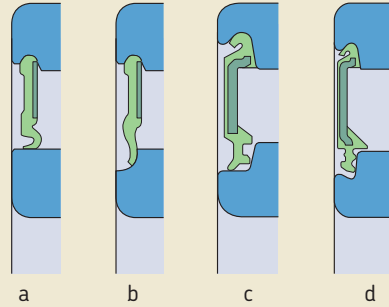
Laakereita, joissa on hankaavat tiivisteet, käytetään yleisemmin laakeroinneissa, joissa tehokkuus epäpuhtauksia vastaan on olennaista, kosteutta tai vesiroiskeita ei voi estää tai pitkä kestoikä yhdistettynä huoltovapauteen on tarpeen.

Tiivisteiden kontakti laakerin renkaaseen riippuu laakerityypistä ja tiivisteiden rakenteesta. Tiivistekontakti vastinpinnalle voidaan tehdä seuraavilla tavoilla (→ **kuva 24**):

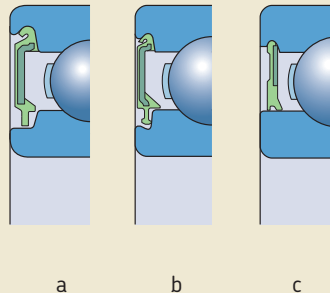
- sisärenkaan olkapääpinnan (**a**) tai sisärenkaan olkapääpinnan kevennyksistä vasten (**b, c, d**)
- etureunaan sisärenkaan vierintäpinnan sivuilla (**e, f**) tai ulkorenkaaseen (**g**)

Urakuulalaakereille SKF on lisäksi kehittänyt hankaamattomat integroidut tiivisteet, jotka muodostavat erittäin pienen raon sisärenkaan (→ **kuva 25a** ja **b**) sellaisen pienikitkaisen integroidun tiivisteiden kanssa, joka ei käytännöllisesti katsoen kosketa sisärenkasta (→ **kuva 25c**). Molemmat täyttävät tiukat tiivisyvaatimukset ja takaavat laakerin pienikitkaisen toiminnan. Laakereita, joihin on asennettu nämä tiivisteet, voidaan näin ollen käyttää samalla nopeudella kuin suojalevyllisiä laake-

Kuva 24



Kuva 25



reita, mutta niiden tiiviys on tehokkaampi. Laakerit ovat voideltuja iäksi, eikä niitä tule jälkivoidella.

## Laakerien, tiivisteiden ja voiteluaineiden varastointi

Olosuhteet, joissa laakereita, tiivisteitä ja voiteluaineita säilytetään, vaikuttavat olennaisesti niiden toimintaan. Varastoauditoinnit ovat tärkeässä roolissa, ja se on erityisen tärkeää laakerivarastoille, joissa on tiivistettyjä laakereita, rasvoja ja tiivisteitä. SKF suosittelee uudet eteen ja vanhat taakse varastokäytännön noudattamista.

### Laakerien, laakeriyksiköiden ja -pesien varastointi

#### Varastointiolosuhteet

SKF suosittelee noudattamaan seuraavia ylläpitotoimia laakereiden käyttöänsä pidentämiseksi:

- Säilytä laakerit tasaisella, värinättömällä ja kuivalla alueella, jossa vallitsee viileä ja tasainen lämpötila. Varastointialueella ei saa olla läpivetoa.
- Varastoalueen suhteellista kosteutta tulee säätää ja rajoittaa seuraavasti:
  - 75% lämpötilassa 20 °C (68 °F)
  - 60% lämpötilassa 22 °C (72 °F)
  - 50% lämpötilassa 25 °C (77 °F)
- Säilytä laakerit niiden alkuperäisissä, avoimissa pakkauksissa laakeriosien suojelemiseksi pölyltä, kosteudelta ja korroosiolta, ja ota ne esille vasta välittömästi ennen asennusta.

**HUOM.:** Valmiustilassa olevia koneita tulee kääntää tai käyttää niin usein kuin mahdollista rasvan levittämiseksi laakereissa sekä laakerien pyörivien osien liikuttamiseksi vierintäpinnoilla.

Laakeriyksiköt ja pesät tulee säilyttää samanlaisissa olosuhteissa kuin laakerit eli viileässä, pölyttömässä ja kohtuullisesti tuuletetussa huoneessa, jonka suhteellista kosteutta säädellään.

#### Avointen laakereiden varastointiaika

SKF:n laakerit on päällystetty ruostesuoja-aineella ja ne on asianmukaisesti pakattu ennen toimitusta. Avoimissa laakereissa korroosiota estävä suoja-aine kestää noin viisi vuotta, jos varastointiolosuhteet ovat oikeantyyppiset. Viiden vuoden kuluttua SKF suosittelee seuraavien ohjeiden noudattamista:

- 1 Poista laakeri pakkauksesta vaurioittamatta pakkausta mahdollisuuksien mukaan.
- 2 Puhdista laakeri sopivalla liuottimella.
- 3 Kuivaa laakeri varoen.
- 4 Tarkasta laakeri silmämääräisesti korroosion ja vaurioiden varalta. Jos laakeri on kunnossa, levitä laakeriin asianmukaista ruostesuoja-ainetta ja pakkaa laakeri sen alkuperäiseen pakkaukseen.

**HUOM.:** SKF tarjoaa laakereiden tarkastus- ja pakkauspalveluita. Ota yhteys paikalliseen SKF-edustajaan tai valtuutettuun SKF-jälleenmyyjään.

#### Tiivistettyjen laakereiden varastointi

SKF:n tiivistettyjen laakereiden varastointiaika riippuu laakereiden sisällä olevasta voiteluaineesta. Voiteluaine heikkenee ajan mittaan vanhenemisen, kosteuden sekä öljyn ja saenninaineen erkaantumisen takia. Tiivistettyjä laakereita ei tule säilyttää kolmea vuotta pitempään.

**HUOM.:** Pienien laakereiden kohdalla tiivisteiden poistaminen, laakerin rasvaaminen ja tiivisteiden asettaminen takaisin ei ole käytännöllistä. Huomattava on, että tiivisteet voivat tällä menetellyllä myös vioittua ja laakereihin voi päästä epäpuhtauksia.

## Perusteet

Joissakin suuremmissa laakereissa tiivisteet ovat kiinni ulkorengaassa lukkorengaalla. Tällaiset tiivisteet voidaan tarvittaessa poistaa ja asentaa takaisin.

## Elastomeeritiivisteiden varastointi

### Varastointiolosuhteet

SKF suosittelee noudattamaan seuraavia ylläpitotoimia elastomeeritiivisteiden käyttöiän pidentämiseksi:

- Säilytä elastomeeritiivisteet tasaisella, viileällä ja kohtuullisesti tuuletetulla alueella, jonka lämpötila on välillä 15–25 °C (60–75 °F).
- Varastoalueen suhteellista kosteutta tulee säätää ja rajoittaa, jotta se ei nouse yli 65%.
- Suojele tiivisteitä suoralta auringonpaisteelta tai voimakasta UV-säteilyä sisältävältä valolta.
- Pidä tiivisteet niiden alkuperäisissä pakkauksissa, kunnes olet valmis asentamaan ne, jotta materiaali ei heikkenisi, kun ne altistetaan käyttöympäristölle. Jos alkuperäisiä pakkauksia ei ole, säilytä niitä ilmatiiviissä astioissa.
- Säilytä tiivisteet erossa liuottimista, polttoaineista, voiteluaineista ja muista kemikaaleista, jotka muodostavat höyryjä ja kaasuja.
- Varastoi eri materiaaleista valmistetut tiivisteet erillään toisistaan.

**HUOM.:** Tiivisteitä ei saa koskaan säilyttää koukkuihin tai nauloihin ripustettuina. Jos niitä säilytetään näin, niihin saattaa syntyä pysyviä muodonmuutoksia ja säröjä rasituksen ja kuormituksen seurauksena.

### Varastointiaika

Synteettisen ja luonnonkumin fyysiset ominaisuudet muuttuvat ajan mittaan ja niihin vaikuttavat ilma, lämpö, valo, kosteus, liuottimet ja tietyt metallit, erityisesti kupari ja mangaani. Kumitiivisteet saattavat muuttua käyttökelpottomiksi, jos ne kovenevat, pehmenevät, hilseilevät, halkeilevat tai niihin ilmestyy muita pintavaurioita.

## Voiteluaineiden varastointi

### Varastointiolosuhteet

Voiteluaineisiin ja niiden ominaisuuksiin vaikuttavat lämpötila, valo, vesi, kosteus ja happi. Satunnainen altistus näille elementeille ei yleensä ole vaarallista. Altistus kuitenkin nopeuttaa vanhenemista.

SKF suosittelee seuraavia toimia voiteluaineiden varastointiajan pidentämiseksi:

- Säilytä voiteluaineet tärinättömällä ja kuivalla alueella, jonka lämpötila on alle 40 °C (105 °F). Tämä on erityisen tärkeää, jos astioita on avattu, sillä kosteus heikentää voiteluaineita ja nopeuttaa hapettumista.
- Säilytä voiteluaineita sisällä asianmukaisissa säilytystelineissä. Säilytys sisällä antaa suojan myös astian merkinnöille.
- Säilytä öljytynnyrit kyljellään, jotta tynnyreiden päälle ei kerry epäpuhtauksia.
- Pidä astioiden kannet kiinni, jotta sisälle ei pääse epäpuhtauksia.
- Merkitse kaikki astiat asianmukaisesti. Tunnistusongelmia saattaa syntyä, jos merkinnät ovat kuluneet tai vioittuneet. Värikoodien käyttämistä suositellaan.
- Pidä voiteluaineet niiden alkuperäisissä astioissa.
- Älä säilytä voiteluainetta avoimissa astioissa.

### Varastointiaika

Voiteluaineen varastointiaika on aika täyttöpäivästä arvioituun erääntymispäivään edellyttäen, että voiteluaine säilytetään ohjeiden mukaan. Valmistuspäiväys on yleensä merkitty koodilla astioihin ja se on tarkastettava säännöllisesti. Esimerkiksi SKF:n laakerirasvatuubien ja auto-maattisten voitelulaitteiden valmistuspäiväys on yleensä ilmaistu nelilukuisena koodina, kuten 0710, joka merkitsee, että rasva valmistettiin vuoden 2007 viikolla 10.

Useimmat voiteluaineet heikkenevät ajan myötä. Eri voiteluaineiden varastointiaikaohjeita on **taulukossa 3**.

Jos voiteluaineen varastointiaika on kulunut umpeen, tuote ei enää täytä sille asetettavia vaatimuksia. Tästä syystä SKF suosittelee käyttämään vain voiteluaineita, joiden arvioituun erääntymispäivään on vielä runsaasti aikaa.

**HUOM.:** Ota huomioon kustannuseuraukset, jos konerikko tapahtuu vanhentuneen voiteluaineen takia, ja vertaa niitä voiteluaineen vaihdon kustannuksiin.

### Voiteluaineiden hävittäminen

Voiteluaineiden virheellinen hävittämistapa voi aiheuttaa vahinkoa ihmisille ja ympäristölle. Noudata kaikkien voiteluaineiden hävittämisessä kansallisia ja paikallisia lakeja ja määräyksiä sekä hyväksytyjä ympäristönsuojelukäytäntöjä.

Taulukko 3

#### Voiteluaineen varastointiaika, kun lämpötila on 20 °C (70 °F)

Voiteluaine	Enimmäisvarastointiaika
Voiteluöljyt	10 vuotta <sup>1)</sup>
SKF:n jälkimarkkinoille suunnatut rasvat (paitsi elintarvikerasva LGFP 2)	5 vuotta
SKF:n elintarvikerasva LGFP 2	2 vuotta
Rasva SKF:n tiivistetyissä urakuulalaakereissa, esim. MT47, MT33 tai GJN	3 vuotta
Voiteluaine LAGD-sarjan SKF SYSTEM 24 -voitelulaitteissa	2 vuotta
Voiteluaine LAGE-sarjan SKF SYSTEM 24 -voitelulaitteissa (paitsi kun täytetty LGFP 2:lla tai öljyllä)	3 vuotta
Voiteluaine LAGE-sarjan SKF SYSTEM 24 -voitelulaitteissa, täytetty LGFP 2:lla tai öljyllä	2 vuotta

<sup>1)</sup> Jotkin voiteluaineiden lisäaineet saattavat lyhentää varastointiaikojä. Tarkista asia voiteluaineen valmistajalta.





# Vierintälaakerien asentaminen

<b>Asennustyön esivalmistelut</b> . . . . .	<b>46</b>	<b>SKF-asennustyökalut</b> . . . . .	<b>72</b>
Suunnittelu . . . . .	46	Mekaaniset työkalut . . . . .	72
Puhtaus . . . . .	46	Hydraulityökalut . . . . .	73
Suoja-aineen poistaminen uusista laakereista . . . . .	47	Lämmityslaitteisto . . . . .	73
Muut asennukseen liittyvät komponentit . . . . .	47	Käsineet . . . . .	73
Turvallisuus . . . . .	49	<b>Asennusohjeet laakerityypeittäin</b> . . . . .	<b>74</b>
Komponenttien kerääminen . . . . .	49	Viistokuulalaakerien asentaminen . . . . .	74
<b>Laakerien käsittely</b> . . . . .	<b>49</b>	Yksittäislaakerit . . . . .	74
<b>Laakerin sisäinen välys</b> . . . . .	<b>51</b>	X-järjestelmien säätäminen . . . . .	74
Välys ennen asentamista ja asentamisen jälkeen . . . . .	51	O-järjestelmien säätäminen . . . . .	76
Välyksen mittaaminen rakotulkilla . . . . .	52	Pareittain asennettavat laakerit ja yhteensovitettut laakerisarjat . . . . .	76
<b>Asennus kylmänä</b> . . . . .	<b>53</b>	Viistokuulalaakerit kaksiosaisella sisärenkaalla . . . . .	78
Mekaaniset asennusmenetelmät . . . . .	53	Pallomaisien kuulalaakereiden asentaminen . . . . .	79
Lieriöreikäiset laakerit . . . . .	53	Perusrakenteiset laakerit . . . . .	79
Kartioreikäiset laakerit . . . . .	54	Tiivistetyt kartioreikäiset laakerit . . . . .	79
SKF Drive-up -menetelmä . . . . .	57	Laakerit jatkettulla sisärenkaalla . . . . .	80
SKF Drive-up -menetelmä: Vaihe vaiheelta . . . . .	58	Lieriörulla- ja neularullalaakereiden asentaminen . . . . .	80
Paineöljymenetelmä . . . . .	62	Yksiriviset lieriörullalaakerit ja neularullalaakerit pitimellä . . . . .	80
Paineöljymenetelmä: Vaihe vaiheelta . . . . .	62	Neliriviset lieriörullalaakerit . . . . .	82
SensorMount . . . . .	67	Kartiorullalaakereiden asentaminen . . . . .	84
<b>Asennus lämmittämällä</b> . . . . .	<b>68</b>	Yksiriviset kartiorullalaakerit . . . . .	84
Sähköiset lämmityslevyt . . . . .	68	Kaksi- ja moniriviset kartiorullalaakerit . . . . .	89
Induktiolämmittimet . . . . .	69	Pallomaisien rullalaakereiden ja CARB- kaarirullalaakereiden asentaminen . . . . .	90
Alumiiniset lämmitysrenkaat . . . . .	69	Tiivistetyt pallomaiset rullalaakerit . . . . .	90
Lämmityskaapit . . . . .	70	CARB-kaarirullalaakerit . . . . .	91
Infrapunalämmittimet . . . . .	70		
Lämmityspaneelit . . . . .	71		
Öljykylpy . . . . .	71		

## Asennustyön esivalmistelut

Vierintälaakerit ovat luotettavia koneen osia, jotka voivat kestää pitkään edellyttäen, että ne on asennettu oikein ja niitä huolletaan hyvin. Asianmukainen asennus edellyttää sekä kokemusta että varovaisuutta, puhtautta, tarkkuutta, oikeita asennusmenetelmiä ja oikeiden työkalujen käyttämistä.

### Suunnittelu

Ennen asennusta tutustu laitteen piirustuksiin ja ohjeisiin, jotta voit määrittää seuraavat seikat:

- eri osien oikea asennusjärjestys
- oikea laakerityyppi, -koko ja -versio
- asianmukainen voiteluaine ja -määrä
- asianmukainen asennusmenetelmä
- asianmukaiset asennustyökalut

Vierintälaakereiden asennustyökalut ja -menetelmät riippuvat usein laakerin koosta. Yleisesti laakerit voidaan luokitella seuraavasti:

- pienet laakerit: reiän halkaisija  $d \leq 80$  mm
- keskikokoiset laakerit: reiän halkaisija  $80 \text{ mm} < d < 200$  mm
- isot laakerit: reiän halkaisija  $d \geq 200$  mm

Lisätietoja SKF-asennustyökaluista, kuten mekaanisista työkaluista, hydraulisista työkaluista, lämmittimistä ja käsineistä, osoitteesta [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Lisää erityislaakereiden asennusohjeita (laakerimerkintöjen mukaan) on osoitteessa [www.skf.com/mount](http://www.skf.com/mount).

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) tarjoaa laajan valikoiman erilaisia laakeriasennuksia käsitteleviä koulutuksia (→ *Koulutus*, alkaen s. 326). Lisätietoja on saatavana SKF:n paikalliselta edustajalta tai osoitteesta [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

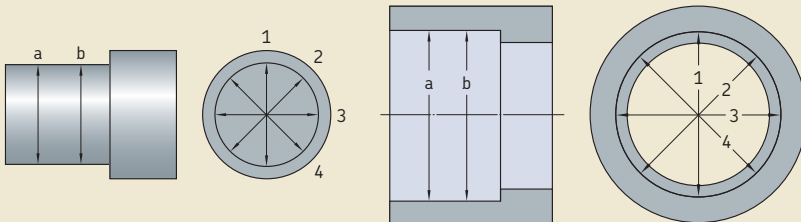
### Puhtaus

Puhtaus on perusedellytys laakereiden pitkälle käyttöiälle. Puhtaus alkaa varastointihuoneesta. Säilytä laakerit viileässä ja kuivassa, hyllyillä, joihin ei altistu tärinää läheisistä koneista (→ *Laakerien, tiivisteiden ja voiteluaineiden varastointi*, alkaen s. 41). Älä avaa laakeripakkausta, ennen kuin olet valmis asentamaan laakerin.

Asenna laakerit mahdollisuuksien mukaan aina kuivalla ja pölyttömällä alueella etäällä metallintyöstö- ja muista koneista, jotka tuottavat työstöstä aiheutuvaa jätettä ja pölyä. Varmista, että laakerit ja kaikki muut osat, voiteluaine mukaan lukien, ovat puhtaita eivätkä sisällä epäpuhtauksia.

Kun laakereita täytyy asentaa ei-suojatulla alueella, kuten usein suurten laakereiden tapa-

Kuva 1



Kuva 2

uksessa, on noudattava varotoimia laakerin ja asennuspaikan suojelemiseksi epäpuhtauksilta (kuten pölyltä, lialta ja kosteudelta), kunnes asennus on suoritettu. Tämä voidaan tehdä suojaamalla laakerit, koneen osat yms. muovilla tai nukkaamattomalla kankaalla.

**HUOM.:** Laakerien likaantumisen estäminen on hyödyllisempää kuin niiden puhdistaminen. Useita laakerityyppejä ei voida purkaa, minkä vuoksi niiden puhdistaminen on vaikeaa.

### Suoja-aineen poistaminen uusista laakereista

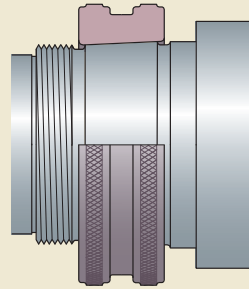
Laakerit on säilytettävä alkuperäisissä pakkauksissa asennushetken asti, jotteivät ne altistu epäpuhtauksille. Uusiin laakereihin lisättyä suoja-ainetta ei yleensä tarvitse poistaa kokonaan. Vain ulkorenkään vaippapinta ja sisäreikien pinnat tulee pyyhkiä.

**HUOM.:** SKF suosittelee, että laakerit pestään ja kuivataan huolellisesti, jos ne voidellaan rasvalla ja niitä käytetään hyvin korkeissa tai alhaisissa lämpötiloissa. Laakerit tulee pestä myös, jos käytetään voiteluainetta, joka ei ole yhteensopiva suoja-aineen kanssa (→ *Rasvojen ja SKF:n laakereiden suoja-aineiden yhteensopivuus, sivu 202*).

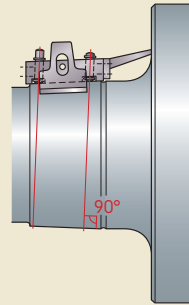
### Muut asennukseen liittyvät komponentit

Laakeri toimii oikein vain, jos siihen liittyvät osat ovat tarvittavan tarkkoja ja määriteltyjä toleransseja noudatetaan. Sen vuoksi on huomioitava seuraavat asiat:

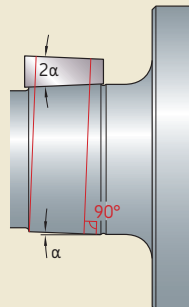
- Poista mahdolliset jäysteet ja ruoste.
- Tarkista kaikkien laakerijärjestelmään liittyvien osien mitta- ja muototarkkuudet.
- Tarkasta akselin lieriösovitteet. Mittaa akselin sovitte kahdesta kohtaa (akselin suunnassa) mikrometrillä. Mittaa neljästä suunnasta (→ **kuva 1**). Isokokoiset sovitteet on mahdollisesti mitattava kolmesta tai neljästä aksiaalisuuntaisesta kohdasta (→ **Mittauspöytäkirjapohja, sivu 48**).
- Tarkasta kartiotapin sovittepinta rengastulkilla (→ **kuva 2**), kartiotulkilla (→ **kuva 3**) tai siniviivaimella (→ **kuva 4**).



Kuva 3



Kuva 4

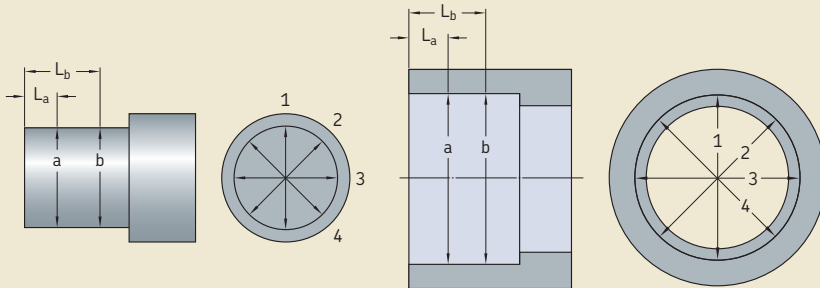


# Vierintälaakerien asentaminen

Laakeri:

Laakerin asema:

Kohde:



Mittausohjeet	Akseli Kohteesta mitatut arvot (mm)				Pesä Kohteesta mitatut arvot (mm)			
	a	b	(c)	(d)	a	b	(c)	(d)
Pituus L					Pituus L			
Halkaisija d					Halkaisija D			
1								
2								
3								
4								
	Laskennallinen keskiarvo: $(1+2+3+4)/4$				Laskennallinen keskiarvo: $(1+2+3+4)/4$			

Huomautuksia:

Päivämäärä:

Tarkastanut:

- Pesäsovitteet tarkastetaan yleensä kahdesta aksiaalisuuntaisesta kohdasta reikämikrometrillä tai jollakin muulla vastaavalla mittalaitteella. Mittaa neljästä suunnasta (→ **kuva 1, sivu 46**). Suuret pesäsovitteet on mahdollisesti mitattava kolmesta tai neljästä aksiaalisuuntaisesta kohdasta.
- Pidä kirjaa akselin ja reiän mitta-arvoista työraportointia varten. Käytä mittauspöytäkirjapohjaa.

Mittattaessa on tärkeää, että osat ja mittausvälineet ovat saman lämpöisiä. Tämä on erityisen tärkeää mitattaessa suuria laakereita ja niihin liittyviä osia.

## Turvallisuus

Ehkäise loukkaantumisia, kun laakereita käsitellään tai asennetaan, seuraavilla keinoilla:

- Käytä aina käsineitä varsinkin käsiteltäessä lämmitettyjä laakereita tai työskenneltäessä voiteluaineiden kanssa.
- Käytä aina asianmukaisia nosto- ja haalaustryökaluja.
- Laakeria ei saa koskaan lyödä kovalla esineellä, kuten teräsvasaralla tai taltalla.

## Komponenttien kerääminen

Valmistele liittyvät osat ja suorita seuraavat esitoimet ennen laakerin asennusta:

- Asenna kaikki komponentit, jotka tulevat akselille laakerin eteen.
- Jos akselin ja/tai pesän sovite on tiukka, lisää ohut kerros öljyä laakerisijoille.
- Jos akselin ja/tai pesän sovite on löysä, levitä laakerisijoille SKF:n soviteruosteenestoainetta.
- Jos akseli tai holkki on varustettu paineöljyinjektiokanavilla, varmista, että kanavat ja urat ovat puhtaita.

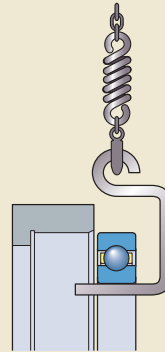
## Laakerien käsittely

SKF suosittelee käsineiden ja erityisesti laakereiden asennusta varten suunniteltujen haalaus- ja nostotyökalujen käyttöä. Oikeat työkalut säästävät aikaa ja vaivaa sen lisäksi, että ne ovat turvallisia.

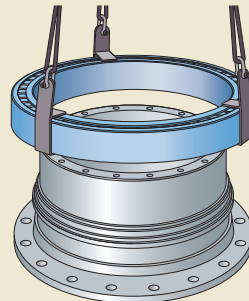
Käsiteltäessä kuumia tai öljyisiä laakereita SKF suosittelee asianmukaisten kuumuutta tai öljyä kestävien käsineiden käyttöä (→ *Käsineet, sivu 73*).

Lämmitetyt laakerit ja suuremmat, raskaamat laakerit saattavat olla vaikeita yhden ihmisen käsiteltäviksi turvallisesti. Tällaisissa tapauksissa laakeri tulee nostaa ja kuljettaa asianmukaisella välineistöllä (→  *kuvat 5, 6 ja 7, sivu 50*).

Kuva 5



Kuva 6



## Vierintälaakerien asentaminen

Käytä suurille ja painaville laakereille nosto-apuvälinettä, joka tukee laakeria pohjasta (→ **kuva 8**). Laakeria ei saa koskaan kannatella yhdestä kohdasta, sillä renkaat saattavat menettää muotonsa pysyvästi. Jousi koukun ja valjaan välissä (→ **kuva 5, sivu 49**) voi helpottaa laakerin aseointia akseliin.

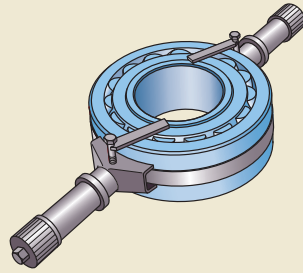
Suurissa laakereissa, joissa on renkaan sivupinnassa kierrereivät, voidaan käyttää silmukkapultteja. Koska reiän koko ja syvyys riippuu renkaan paksuudesta, nämä reiät on suunniteltu kestämään vain laakerin painon.

Varmista, että silmukkapultit altistetaan kuormalle vain akselin suuntaisesti (→ **kuva 9**).

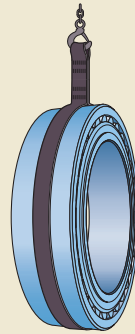
**HUOM.:** Laakerin päälle ei saa asettaa muita osia ennen sen nostamista.

Kun suurta ja umpinaista pesää asennetaan laakerille, joka on jo paikallaan akselilla, pesälle on suositeltavaa käyttää kolmipisteripustusta, jonka yhtä liinaa voidaan säätää. Tämä helpottaa pesän reiän linjausta laakerin ulkopinnan kanssa.

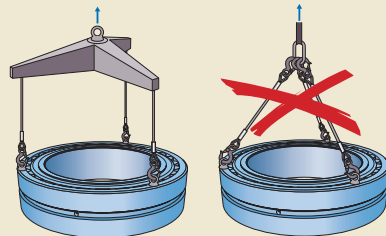
Kuva 7



Kuva 8



Kuva 9



## Laakerin sisäinen välys

Laakerin sisäinen välys on kokonaisetäisyys, jonka toinen laakerin rengas voi siirtyä suhteessa toiseen.

Liikettä säteittäisessä suunnassa kutsutaan säteisvälykseksi ja aksiaalista liikettä aksiaalivälykseksi (→ kuva 10).

### Välys ennen asentamista ja asentamisen jälkeen

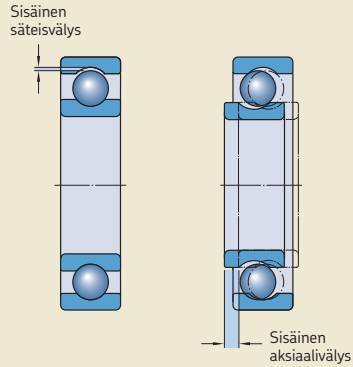
On tärkeää osata erottaa laakerin sisäinen välys ennen asennusta ja säteisvälyksestä käyttöolosuhteissa asennetulla laakerilla.

Asennusta edeltävä sisäinen välys on yleensä suurempi kuin käytön aikainen sisäinen välys ahdistusovitteen aiheuttaman renkaiden laajenemisen ja puristumisen takia sekä laakerin renkaiden ja liittyvien osien lämpölaajenemisen takia.

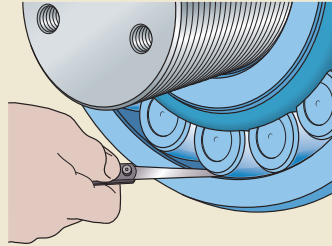
Yleisesti voidaan sanoa, että käynnin aikaisen säteisvälyksen tulee olla hieman nolaa suurempi, kun taas pienellä esijännityksellä ei yleensä ole haitallista vaikutusta kuulalaakereihin. Esijännitystä ei suositella varaosa (jälkiasennus) -laakereille, koska niihin liittyvät laakerisijat eivät välttämättä enää ole optimaalisessa tilassa.

Asennusta edeltävät välysarvot **liitteessä E**, alkaen s. 388.

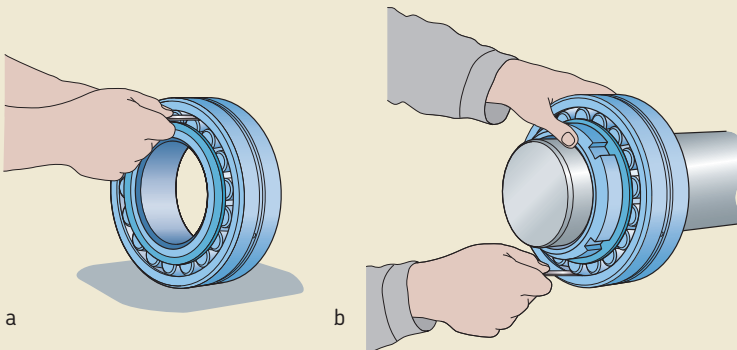
Kuva 10



Kuva 11



Kuva 12



## Vierintälaakerien asentaminen

### Välyksen mittaaminen rakotulkilla

Keskikokoisten ja suurten pallomaisten rullalaa- kereiden ja CARB-kaarirullalaaakereiden sisäinen säteisvälys mitataan useimmiten rakotulkilla ennen asennusta, asennuksen aikana ja asen- nuksen jälkeen (→ kuva 11, sivu 51).

Pyöritä sisä- ja ulkorengasta muutaman ker- ran ennen mittausta. Varmista, että sekä laake- rin renkaat että rullasarja ovat keskeisesti toi- siinsa nähden.

Aloita valitsemalla rakotulkin liuska, joka on hieman ohuempi kuin uuden laakerin välyksen minimisäteisvälyksen arvo (→ Liite E, alkaen s. 388). Mittaa liikuttamalla rakotulkin liuskaa edestakaisin rullan keskiosan ja vierintäpinnan välillä. Toista toimenpide paksummalla liuskalla, kunnes tunnet hienoista vastusta liuskan ja rul- lan välissä. Kierrä arvon varmistamiseksi sisä- rengasta 180 astetta ja mittaa uudelleen. Mittaa seuraavasti:

Carb laakerit:

- Ennen asennusta ulkorengaan ja ylimmän rullan välistä
- Asennuksen jälkeen ulkorengaan ja alimman rullan välistä

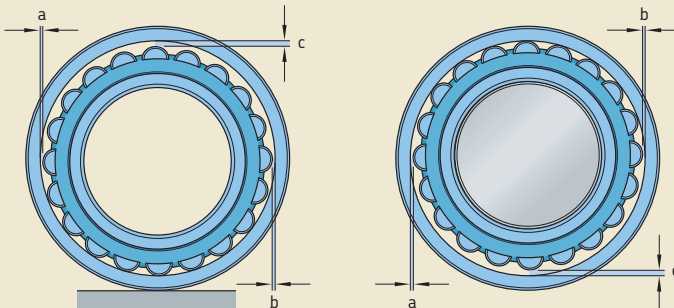
Pallomaiset rullalaaakit:

- Ennen asennusta ulkorengaan ja 3-4 ylimmän rullaparin välistä (→ kuva 12a, sivu 51)
- Asennuksen jälkeen ulkorengaan ja 3-4 alimman rullaparin välistä (→ kuva 12b, sivu 51)

Mitattaessa suurempia laakereita, varsinkin sel- laisia, joiden ulkorengaan seinämävahvuus on melko pieni, mittauksiin vaikuttaa laakerirenkai- den muodonmuutos. Tämän aiheuttaa laakerin massa tai voima, jolla rakotulkin liuskaa vede- tään vierintäpinnan ja kuormittamattoman rul- lan välillä olevan raon läpi. Voit määrittää asen- nusta edeltävän ja sen jälkeisen todellisen välyksen noudattamalla seuraavia toimenpiteitä (→ kuva 13):

- Mittaa välys "c" kello 12:n kohdalta lattiapin- nalla olevasta pystyssä olevasta laakerista tai kello 6:n kohdalta akselille jo asemoidusta (ei vielä asennettu) laakerista.
- Mittaa välykset "a" kello 9:n kohdalta ja välyk- set "b" kello 3:n kohdalta liikuttamatta laakeria.
- "Todellinen" sisäinen säteisvälys lasketaan suhteellisen hyvällä tarkkuudella seuraavasti:  $0,5 (a + b + c)$ .

Kuva 13





## Asennus kylmänä

Asennus kylmänä voidaan tehdä eri menetelmillä:

- mekaaniset asennusmenetelmät
- SKF Drive-up -menetelmä
- paineöljymenetelmä
- sisärenkaan laajenemisen mittausta (SensorMount)

Mekaanisia menetelmiä käytetään yleensä, kun halutaan asentaa lieriö- tai kartioreikäisiä pieniä laakereita akseli- tai pesäsovitteelle. Muita edellä mainittuja menetelmiä käytetään yleensä, kun halutaan asentaa kartioreikäisiä laakereita kartiosovitteelle.

**HUOM.:** Älä asenna laakeria lyömällä, esim. vasaralla. Huolehdi, ettei asennusvoimat kohdistu vierintäelimiin.

### Mekaaniset asennusmenetelmät

#### Lieriöreikäiset laakerit

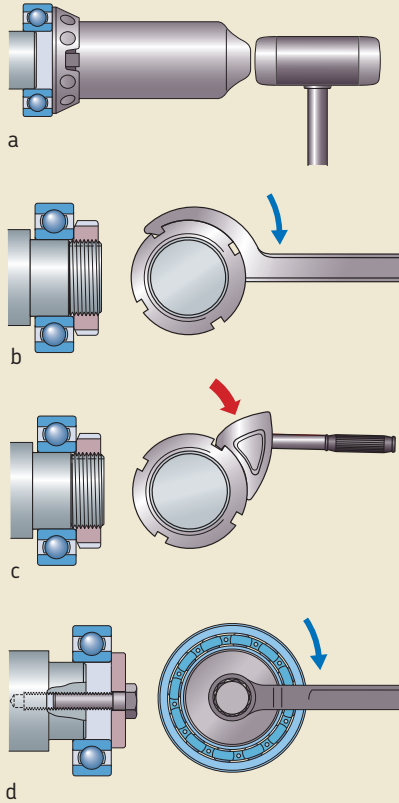
Pienet laakerit tulee asentaa asianmukaisella laakerin asennustyökalulla, kuten SKF:n laakereiden asennustyökalusarjalla (→ **kuva 14a**).

Jos akselissa on ulkoinen (→ **kuva 14b** ja **c**) tai sisäinen kierre (→ **kuva 14d**), laakeri voidaan asentaa akselille kierteiden avulla.

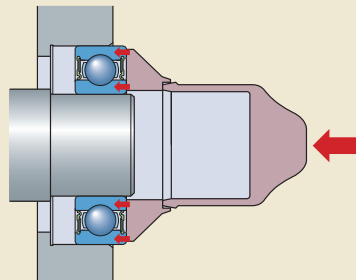
Jos laakeri asennetaan akselille ja pesään yhtä aikaa, välitä asennusvoimat tasaisesti ulko- ja sisärenkaan välille (→ **kuva 15**).

Useampien laakereiden asentamiseen voidaan käyttää mekaanista tai hydraulista puristinta. Aseta puristinta käytettäessä sopiva holkki työsylinterin ja laakerirenkaan väliin (→ **kuva 16, sivu 54**).

Kuva 14



Kuva 15



## Vierintälaakerien asentaminen

### Kartioreikäiset laakerit

Pienet ja keskikokoiset laakerit voidaan asentaa kartiopinnalle joko iskuholkkisarjalla tai mieluiten käyttäen lukitusmutteria apuna. Kiristys-holkkien kanssa käytetään holkin omaa lukitusmutteria.

Mutteri voidaan kiristää ja laakeri asentaa kartiopinnalle haka- tai iskuhaka-avaimella (→ **kuva 17**). Pieniä vetoholkkeja voidaan ahtaa laakerin reikään laakerin iskuholkkisarjalla tai akselin päätylevyä apuna käyttäen.

Laakerit, joiden reiän halkaisija on  $d \geq 50$  mm, voidaan asentaa helposti ja luotettavasti käyttämällä SKF Drive-up -menetelmää (→ *SKF Drive-up -menetelmä*, alkaen **sivulta 57**).

Yhdistämällä SKF Drive-up -menetelmä ja paineöljymenetelmä voidaan asentaa keskiko-koisia ja suuria laakereita (→ *Paineöljymenetelmä*, alkaen **sivulta 62**).

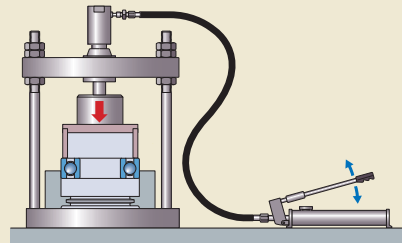
Yhdistämällä paineöljymenetelmä ja Sensor-Mount -menetelmä suurten laakereiden asennus helpottuu entisestään (→ *SensorMount*, **sivu 67**).

Kartioreikäiset laakerit asennetaan ahdustus-sovitteella. Asennustiukkuus todetaan yleensä jollakin seuraavista menetelmistä:

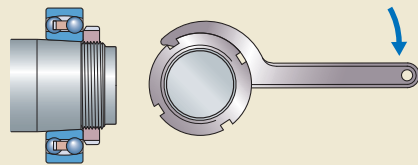
- välyksen muutoksen tunnustelu (karkea menetelmä) kääntelemällä ulkorengasta
- välyksen pienentymän mittaaminen rakotulkilla
- lukitusmutterin kiertymiskulman mittaaminen
- aksiaalisen siirtymän mittaaminen
- sisärenkaan laajenemisen mittaaminen

**HUOM.:** Käytettäessä välyksen pienentymää, lukitusmutterin kiristyskulmaa, aksiaalisiirtymää tai sisärenkaan laajenemista koskevia suositusarvoja sisärenkaan pyöriminen normaaleissa käyttöolosuhteissa estyy, mutta tämä ei varmista oikeaa sisäistä säteisvälystä käytön aikana. Muut laakeripesän sovitteista ja sisärenkaan ja ulkorengaan välisistä lämpötilaeroista johtuvat vaikutukset on otettava tarkasti huomioon valittaessa laakerin sisäistä säteisvälysluokkaa. Lisätietoja antaa SKF:n sovellussuunnittelupalvelu.

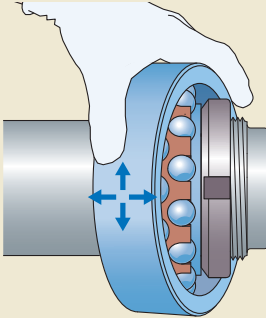
Kuva 16



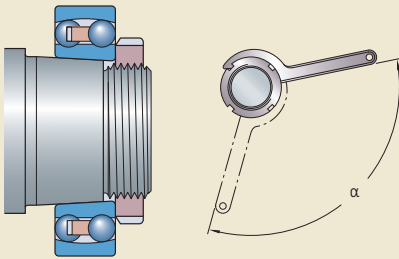
Kuva 17



Kuva 18



Kuva 19



### Välyksen muutoksen tunnustelu (karkea menetelmä) kääntämällä ulkorengasta

Asennettaessa pallomaisia kuulalaaakereita, joissa normaali säteisvälyks, välyksen pienentymän tarkastaminen aksiaalisen siirtymän aikana kiertämällä ja kääntämällä ulkorengasta on yleensä riittävän tarkka menetelmä (→ kuva 18). Laakerin välyksen pienentymä on oikea, kun ulkorengas kääntyy helposti, mutta vastusta tuntuu hieman, kun sitä käännetään ulospäin.

### Välyksen pienentymän mittaaminen rakotulkilla

Yksi tapa keskikokoisten ja suurten laakereiden säteisvälyksen mittaamiseen on käyttää rakotulkia (→ kuva 12, sivu 51) ennen asennusta, asennuksen aikana ja asennuksen jälkeä (→ Välyksen mittaaminen rakotulkilla, sivu 52).

Suosittelut säteisvälyksen pienentymän arvot:

- pallomaiset rullalaaakit **liitteessä F-2** (→ sivu 403)
- CARB-kaarirullalaaakit **liitteessä F-3** (→ sivu 404)

### Lukitusmutterin kiertymiskulman ( $\alpha$ ) mittaaminen

SKF suosittelee tätä menetelmää (→ kuva 19) asennettaessa pieniä tai keskisuuria kartioreikäisiä laakereita, joiden reiän halkaisija on enintään 120 mm. Lukitusmutterin kiertymiskulman ( $\alpha$ ) ohjearvot:

- pallomaiset kuulalaaakit **liitteessä F-1** (→ sivu 402)
- pallomaiset rullalaaakit **liitteessä F-2** (→ sivu 403)
- CARB-kaarirullalaaakit **liitteessä F-3** (→ sivu 404)

Aseta ennen lopullisen kiristämisen aloittamista laakeri kartiopinnalle, kunnes pinnat ovat metalli-metallia vasten. Kiristämällä mutteria suositellun kulman verran ( $\alpha$ ) laakeri siirtyy oikealle etäisyydelle kartiopinnalla. Laakerin sisärenkaan ahdistusovite on tällöin oikea, kuten myös aksiaalisiirtymää vastaava säteisvälyksen pienentymä.

## Vierintälaakerien asentaminen

### Aksiaalisen siirtymän mittaaminen

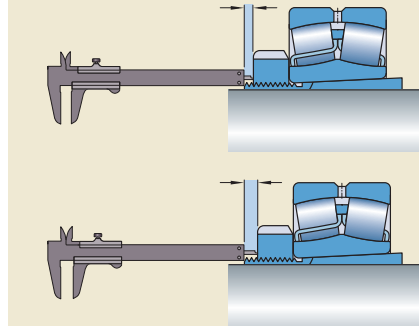
Käyttämällä laakerin aksiaalisiirtymää kartioreikäisen laakerin asennuksessa voidaan oikea laakerin asennustiukkuus saavuttaa helposti. Yksi tapa on aksiaalisiirtymän mittaaminen (→ kuva 20). Tämä menetelmä ei kuitenkaan ole kovin tarkka, sillä lähtöasemaa on vaikea määrittää.

Aksiaalisen siirtymän ohjearvot:

- pallomaiset kuulalaakerit **liitteessä F-1** (→ sivu 402)
- pallomaiset rullalaakerit **liitteessä F-2** (→ sivu 403)
- CARB-kaarirullalaakerit **liitteessä F-3** (→ sivu 404)

Paras tapa on SKF Drive-up -menetelmä. Se tarjoaa helpon, nopean ja erittäin luotettavan tavan oikean aksiaalisen siirtymän saamiseksi ja näin myös sopivan ahdistusvoitteen saamiseksi (→ *SKF Drive-up -menetelmä*, alkaen **sivulta 57**).

Kuva 20



### Sisärenkaan laajenemisen mittaaminen

Sisärenkaan laajenemisen mittaaminen laakerin asennuksessa kartiopinnalle helpottaa suurien laakereiden asentamista. Tähän voidaan käyttää SensorMount-menetelmää, johon kuuluu laakerin sisärenkaaseen asennettu anturi ja käsi-käyttöinen näyttölaite (→ *SensorMount*, sivu 67).

Taulukko 1

#### Sopivat työkalut SKF Drive-up -menetelmälle

Nimitys	Kuvaus
<b>Hydraulimutterit</b> HMV ..E, esim. HMV 40E HMVC ..E, esim. HMVC 40E	Hydraulimutteri, jossa metrinen kierre, esim. M 200 × 3 Hydraulimutteri, jossa tuumakierre, esim. ANF 7.847 × 8, luokka 3
<b>Pumput</b> 729124 SRB	Käsi-käyttöinen hydraulipumppu – käyttöpaine enintään 100 MPa – hydraulimuttereiden kierteen halkaisija 270 mm:iin saakka
TMJL 100 SRB	Käsi-käyttöinen hydraulipumppu – paine enintään 100 MPa ja – hydraulimuttereiden kierteen halkaisija 460 mm:iin saakka
TMJL 50 SRB	Käsi-käyttöinen hydraulipumppu – käyttöpaine enintään 50 MPa – hydraulimuttereiden kierteen halkaisija 1000 mm:iin saakka
<b>Painemittari</b> TMJG 100 D	Painealue: 0–100 MPa
<b>Mittakellot</b> TMCD 10R TMCD 1/2R TMCD 5	Vaaka-suuntainen mittakello enintään 10 mm:n siirtymän mittaamiseen Vaaka-suuntainen mittakello enintään 0,5 tuuman siirtymän mittaamiseen Pysty-suuntainen mittakello enintään 5 mm:n siirtymän mittaamiseen

Kuva 21

## SKF Drive-up -menetelmä

SKF Drive-up -menetelmää suositellaan keskikokoisille ja suurille laakereille. Menetelmä perustuu kaksivaiheiseen asennukseen, jossa käytetään apuna hydraulimutteria ja mittakelloa.

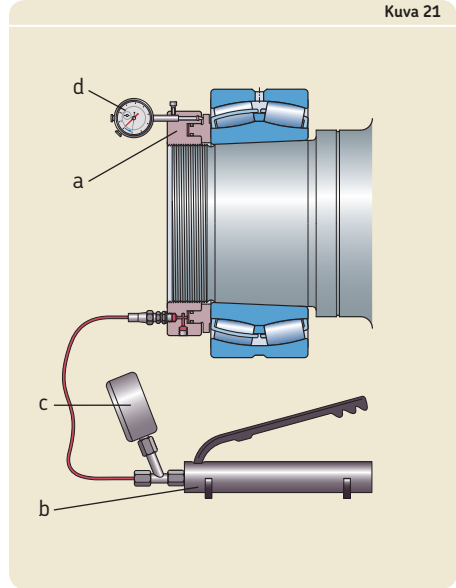
Ensimmäinen vaihe: Oikea lähtöasema laakerille ja sen asentamiseen löydetään, kun hydraulimutteriin kohdistetaan painetta esimääritetyn arvon verran.

Toinen vaihe: Kun hydraulimutterin painetta nostetaan, laakerin sisärenas työnny pidemmälle kartiopinnalla. Siirtymä mitataan mittakellolla, kunnes esimääritetty aksiaalisiirtymä on saavutettu. Ohjearvot tarvittavalle öljynpaineelle, jotta lähtöasema saavutetaan, ja aksiaalisiirtymälle, jotta loppuasema saavutetaan:

- pallomaiset kuulalaakerit **liitteessä H-1**  
(→ sivu 406)
- pallomaiset rullalaakerit **liitteessä H-2**  
(→ sivu 407)
- CARB-kaarirullalaakerit **liitteessä H-3**  
(→ sivu 411)

SKF Drive-up -menetelmän käyttämiseen tarvitaan seuraavia työkaluja (→ **taulukko 1** and **kuva 21**):

- SKF HMV ..E tai HMVC ..E hydraulimutteri (**a**)
- soveltuvan kokoinen hydraulipumppu (**b**)
- asennusolosuhteita vastaava painemittari (**c**)
- soveltuva mittakello (**d**)



## Vierintälaakerien asentaminen

### SKF Drive-up -menetelmä: Ohjeet vaihe vaiheelta

- 1 Noudata huolellisesti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut*, alkaen s. 46 annettuja ohjeita ennen työn aloittamista ja sovelta niitä tarpeen mukaan.
- 2 Määritä, onko kohteessa yksi vai kaksi liuku-pintaa (→ **kuva 22**):

- yksi liukupinta: **tapaukset 1, 2 ja 3**
- kaksi liukupintaa: **tapaukset 4 ja 5**

- 3 Tarkasta, vastaako laakerin reiän halkaisija ja hydraulimutterin kierteen halkaisija toisiaan (→ **kuva 22: tapaukset 1, 3 ja 4**). Jos näin, tarvittavat öljynpaineet, jotta lähtöasema saavutetaan:

- pallomaiset kuulalaakerit **liitteessä H-1** (→ **sivu 406**)
- pallomaiset rullalaakerit **liitteessä H-2** (→ **sivu 407**)
- CARB-kaarirullalaakerit **liitteessä H-3** (→ **sivu 411**)

Jos laakerin reiän halkaisija ja hydraulimutterin kierteen halkaisija eivät vastaa toisiaan (→ **kuva 22: tapaukset 2 ja 5**), tarvittavaa öljynpainetta, jolla lähtöasema saavutetaan, on uudelleen määritettävä. Kun käytetään pienempää hydraulimutteria, on vaadittu öljynpaine suurempi kuin **kuvan 22 tapauksilla 1, 3 ja 4**. Näissä tapauksissa vaadittava öljynpaine voidaan laskea seuraavalla tavalla:

$$P_{\text{req}} = \frac{A_{\text{ref}}}{A_{\text{req}}} P_{\text{ref}}$$

missä

$P_{\text{req}}$  = vaadittu öljynpaine oikealle hydraulimutterille [MPa]

$P_{\text{ref}}$  = määritetty öljynpaine referenssinä olevalle hydraulimutterille [MPa]

$A_{\text{req}}$  = oikean hydraulimutterin männän pinta-ala [mm<sup>2</sup>]

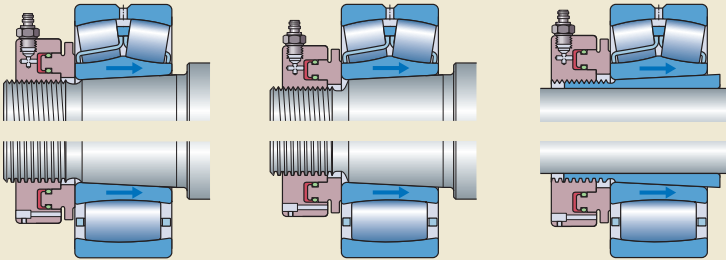
$A_{\text{ref}}$  = määritetyn referenssinä olevan hydraulimutterin männän pinta-ala [mm<sup>2</sup>]

Asianmukaiset arvot kohteille  $P_{\text{ref}}$ ,  $A_{\text{req}}$  ja  $A_{\text{ref}}$  on lueteltu edellä mainituissa liitteissä.

- 4 Levitä ohut kerros öljyä liukupinnoille ja aseta laakeri kartiotapille tai -holkille.
- 5 Ruuvaa hydraulimutteri akselin tai holkin kierteeseen niin, että laakeriin tai vetoholkkiin on hyvä kontakti (→ **kuva 23**).

**HUOM.:** Tarkempia laakereiden tyyppikohtaisia asennusohjeita osoitteessa [www.skf.com/mount](http://www.skf.com/mount).

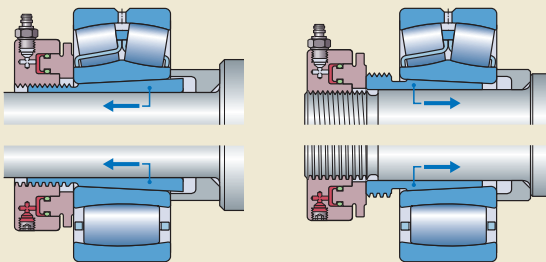
Vaiheet 2 ja 3: Määritä liukupintojen lukumäärä ja oikea aloituspaine.



tapaus 1

tapaus 2

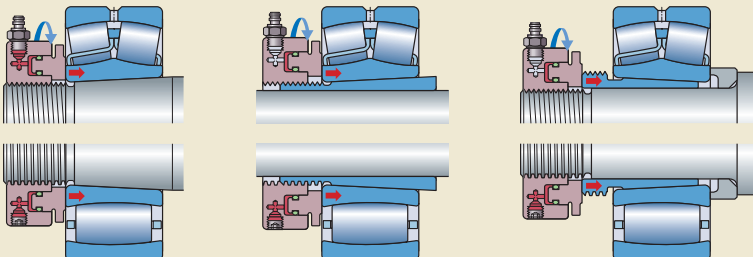
tapaus 3



tapaus 4

tapaus 5

Vaihe 5: Aseta hydraulimutteri paikalleen.



Kartioakseli

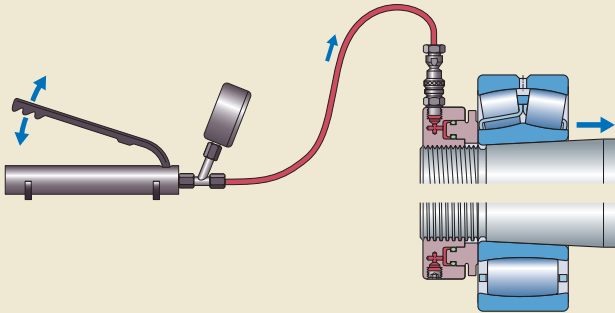
Kiristysholkki

Vetoholkki

## Vierintälaakerien asentaminen

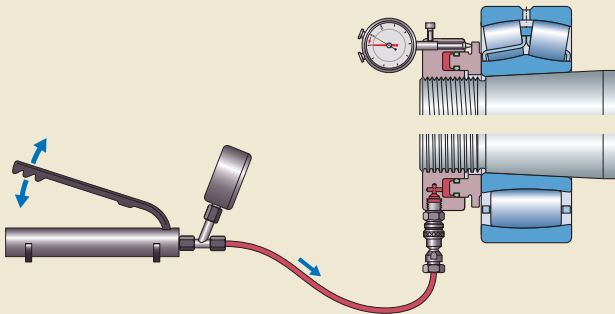
Kuva 24

**Vaihe 6:** Käytä tarvittavaa painetta, jotta lähtöasema saavutetaan.



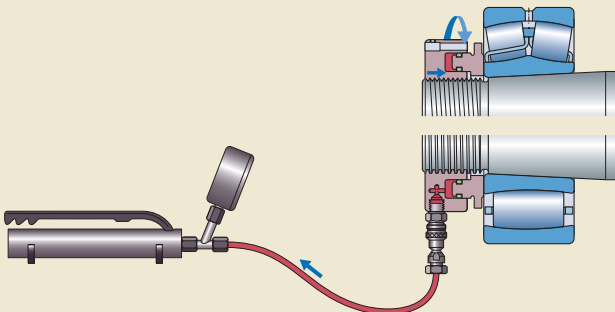
Kuva 25

**Vaihe 7:** Lue aksiaalisiirtymä mittakellosta.



Kuva 26

**Vaihe 9:** Valuta öljy hydraulimutterista.





- 6 Liitä öljypumppu hydraulimutteriin. Ahda laakeri sen lähtöasemaan pumppaamalla öljyä hydraulimutteriin, kunnes vaadittu alkupaine saavutetaan. Älä vapauta painetta (→ kuva 24).

**HUOM.:** Kun asennat laakereita käyttäen paineöljymenetelmää, älä pumpppaa öljyä kosketuspintojen väliin ennen vaaditun lähtöaseman saavuttamista.

- 7 Kiinnitä mittakello hydraulimutteriin. Aseta mittakello vaadittuun aksiaalsiirtymään. Pumpppaa lisää öljyä hydraulimutteriin, kunnes laakeri on ahdettu vaaditun aksiaalisuuntaisen siirtymän verran ja mittakellon lukema on nolla (→ kuva 25).

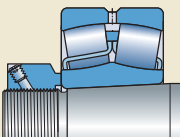
**HUOM.:** Jos paineöljymenetelmää käytetään, avaa akseliin tai holkkiin käytettävien öljypumppujen öljynvapausventtiili ja anna öljyn valua pumppuihin vähintään 20 minuutin ajan.

- 8 Kun asennus on valmis, vapauta öljypaine avaamalla öljypumpun öljynvapausventtiili.
- 9 Valuta öljy asettamalla hydraulimutterin mäntä sen alkuperäiseen asentoon. Tee tämä ruuvaamalla hydraulimutteri akselin tai holkin kierteelle (→ kuva 26).

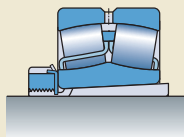
- 10 Irrota öljypumppu ja poista mutteri akselilta tai holkilta. Laakeri ei irtoa.
- 11 Lukitse laakeri akselisovitteelle tai holkille sopivalla lukitusmekanismilla (→ kuva 27).

Kuva 27

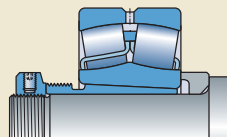
**Vaihe 11:** Lukitse laakeri akselisovitteelle tai holkille.



Kartioakseli



Kiristysholkki



Vetoholkki

### Paineöljymenetelmä

Paineöljymenetelmää (→ kuva 28) käyttämällä voidaan säästää huomattavasti vaivaa asennettaessa kartioreikäisiä laakereita. Tällä menetelmällä korkeapaineinen öljy pumpataan laakerireiän ja sen sijaan väliin luoden öljykalvon. Öljykalvo erottaa vastinpinnat toisistaan ja vähentää huomattavasti niiden välistä kitkaa.

Edellyttäen, että käyttökohde on valmistettu paineöljyinjektioiliitännöllä (→ Liite G, sivu 405), laakeri voidaan asentaa tällä menetelmällä:

- kartioakselille
- kiristysholkilla
- vetoholkilla

Myös paineöljymenetelmää varten tarvittavat varusteet ovat saatavana SKF:ltä. Tuotteista kerrataan enemmän kohdassa *Hydraulityökalut* sivulla 73.

Jos paineöljymenetelmää käytetään keskikoisten ja suurten laakerien asentamiseen, SKF suosittelee seuraavan asennusohjeistuksen noudattamista.

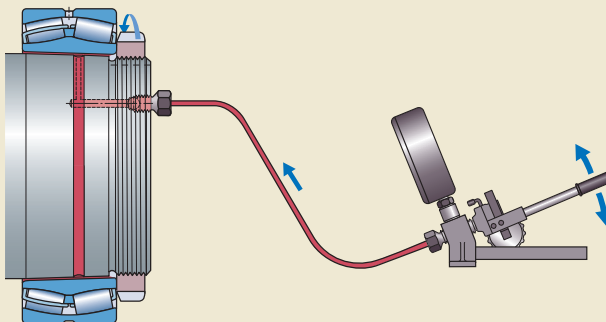
### Paineöljymenetelmä: Ohjeet vaihe vaiheelta

- 1 Noudata huolellisesti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut*, alkaen s. 46 annettuja ohjeita ennen työn aloittamista ja sovelta niitä tarpeen mukaan.
- 2 Mittaa laakerin sisäinen säteisvälys. Määritä laakerin vaadittu säteisvälyksen pienentymä ja aksiaalisirtymän suuruus (→ *SKF Drive-up -menetelmä*, alkaen sivulta 57).  
Ohjearovot:

- pallomaiset kuulalaakerit liitteessä F-1 (→ sivu 402)
- pallomaiset rullalaakerit liitteessä F-2 (→ sivu 403)
- CARB-kaarirullalaakerit liitteessä F-3 (→ sivu 404)

**HUOM.:** Mittaa sisäinen säteisvälys noudattamalla kohdassa *Välyksen mittaaminen rakotulkilla*, sivulla 52, annettuja ohjeita.

Kuva 28



**3** Holkkikiinnitys:

- Poista tarvittaessa mutteri ja lukituslevy tai -pala. Kun siirrät laakerin paikalleen lukitusmutterilla, levitä holkin kierteelle ja laakeria vasten osoittavan mutterin otsapinnalle molybdeenidisulfiditahnaa.

**4** Levitä kaikille vastakkaispinnoille ohut kerros öljyä.**5** Aloita laakerin asennus (→ kuva 29).

Kartioakseli:

- Työnnä laakeri sijalleen.

Kirstysholkki:

- Liu'uta holkki paikalleen. Aseta laakeri holkkille.

Vetoholkki:

- Aseta laakeri keskeisesti akselille ja olaketta vasten. Työnnä holkki laakerin reikään.

**HUOM.:** Jotta holkki liukuu paremmin paikoilleen, täytyy holkin liitoskohtaan asettaa kiila tms. pala, jotta holkin reiän halkaisija kasvaa ja liu'uttaminen on helpompaa.

**6** Aseta tarvikkeet paikalleen.

Kartioakseli:

- Ruuvaa lukitus- tai hydraulimutteri akselikierteelle, kunnes laakeri on kunnolla paikallaan.

Kirstysholkki:

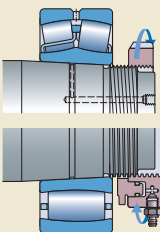
- Ruuvaa lukitus- tai hydraulimutteri holkin kierteelle, kunnes laakeri on kunnolla paikallaan.

Vetoholkki:

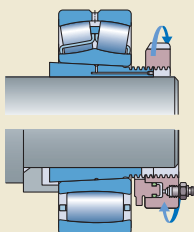
- Kun käytät hydraulimutteria tai käytät SKF Drive-up -menetelmää ja ahdat holkkia laakerin reikään, asenna hydraulimutteri holkkiin mäntä osoittaen ulospäin ja jätä vähintään aksiaalisuuntaista asennusetsäisyttä (ahtomatkaa) vastaava rako. Tarvittaessa asenna akseliin esim. päätylevy, hydraulimutterin tueksi.

Kuva 29

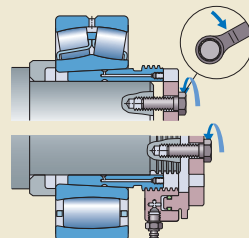
Vaiheet 5 ja 6: Aseta laakeri ja oleelliset komponentit paikoilleen.



Kartioakseli



Kirstysholkki



Vetoholkki

## Vierintälaakerien asentaminen

- 7 Asenna tarvittavat liitännät ja putket (→ kuva 30).  
Kartioakseli:  
– Asenna öljyputken liitin akselin päässä olevaan kierrereikään.  
Kirstysholkki:  
– Ruuvaa öljyinjektion jatkoputki holkin kierteelle.  
Vetoholkki:  
– Ruuvaa öljyinjektion jatkoputki holkin kierteelle.
- 8 Liitä asianmukaiset öljypumput.
- HUOM.:** Kun käytät SKF Drive-up -menetelmää, noudata ohjeita kohdasta *SKF Drive-up -menetelmä*, alkaen **sivulta 57**.
- 9 Pumpkaa vastinpinnoille öljyä, jonka viskositeetti on noin 300 mm<sup>2</sup>/s lämpötilassa 20 °C (70 °F), esim. SKF-asennusöljyä, kunnes öljykerros erottaa kosketuspinnat toisistaan (→ kuva 31).
- 10 Aseta laakeri alkuasemaan (→ kuva 32).  
Kartioakseli:  
– Ahdla laakeria määritetyn etäisyyden verran sen loppuasemaan kartiopinnalla kiristämällä lukitusmutteria tai käyttämällä hydraulimutteria.

Kirstysholkki:

- Ahdla laakeria määritetyn etäisyyden verran sen loppuasemaan holkilla kiristämällä lukitusmutteria tai käyttämällä hydraulimutteria.

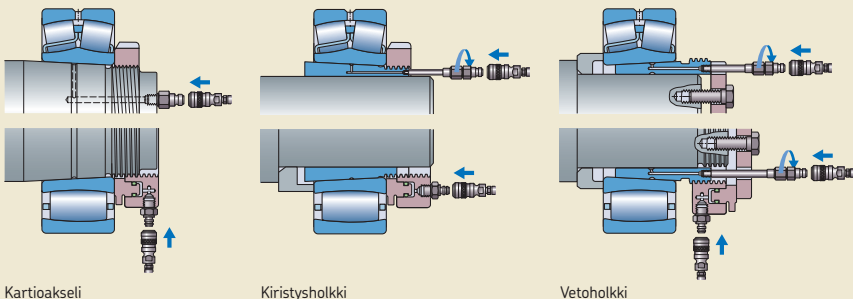
Vetoholkki:

- Ahdla holkki laakerin reikään määritetyn aksiaalisuuntaisen etäisyyden verran kiristämällä lukitusmutteria vuoronperään tai käyttämällä hydraulimutterin öljypumppua.

**HUOM.:** Käyttäessä SKF Drive-up -menetelmää, aseta hydraulimutteriin asianmukainen laakerin alkuaseman öljynpaine siten, että laakeri on lähtöasemassa. Asenna mittakello paikalleen hydraulimutteriin ja säädä se vaadittuun aksiaaliiritysmäärään. Jatka pumpppaamista, kunnes mittakellon osoitin saavuttaa aksiaaliiritymän. Mittakellon osoitin lukema on tällöin nolla.

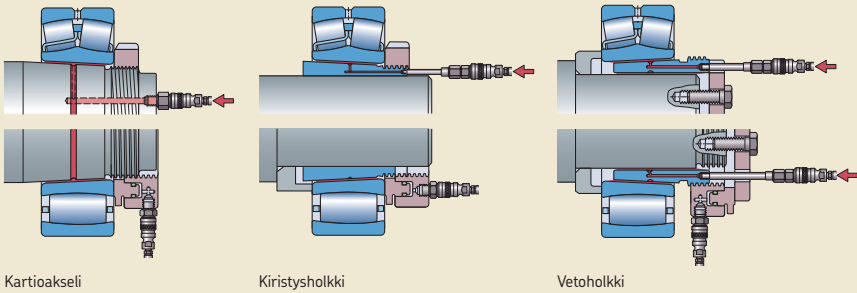
Kuva 30

Vaiheet 7 ja 8: Asenna liitännät sekä putket ja liitä öljyinjektioilaitteisto.



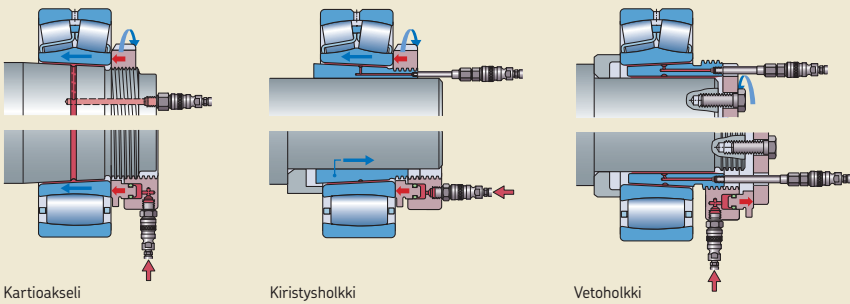
Kuva 31

Vaihe 9: Injektioi öljyä korkealla paineella, kunnes vastinpinnat eroavat toisistaan.



Kuva 32

Vaihe 10: Asemoi laakeri.



## Vierintälaakerien asentaminen

**11** Kun asennus on valmis, avaa öljyn pump-paamiseen käytetyn pumpun öljynvapautus-venttiili. Anna öljyn valua vähintään 20 mi-nuutin ajan.

**HUOM.:** Kun käytät SKF Drive-up -menetelmää, älä vapauta hydraulimutterin painetta tässä vaiheessa.

**12** Tarkasta asennuksen jälkeinen sisäinen sä-teisvälys rakotulkilla.

**HUOM.:** Kun käytät SKF Drive-up -menetelmää, säteisvälystä ei ole teoriassa tarpeen tarkastaa asennuksen jälkeen. SKF suositte-lee kuitenkin aina mittaamaan asennuksen jälkeisen säteisvälyksen.

**13** Jos asennuksen jälkeinen säteisvälys vastaa suositeltuja arvoja, irrota akselin tai holkin öljyputki (sekä jatkoputki), poista liitäntä ja aseta öljykanavan tulppa paikalleen.

**HUOM.:** Kun käytät SKF Drive-up -menetelmää, avaa öljynvapautusventtiili pumpusta, jolla käytät hydraulimutteria. Tyhjennä mut-teri palauttamalla mäntä lähtöasemaan kiertämällä mutteri kierteelle.

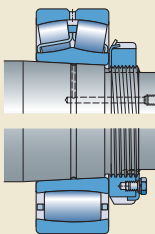
**14** Poista tarvittaessa lukitusmutteri, hydraulimutteri tai päätylevyn ruuvit. Komponentit pysyvät paikoillaan.

**15** Lukitse laakeri asianmukaisella lukitusme-kanismilla (→ **kuva 33**):

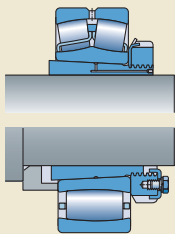
- Käytä KM- tai KML-lukitusmuttereissa asianmukaista MB- tai MBL-lukituslevyä.
- Käytä sarjan HM 30 ja HM 31 lukitusmut-tereissa mukana toimitettua lukitusmekanismia.
- Käytä päätylevyllisissä käyttökohteissa pultteja ja asianmukaisia jousilaattoja.

Kuva 33

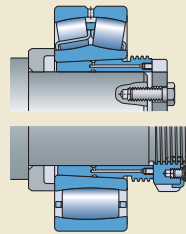
Vaihe 15: Lukitse laakeri.



Kartioakseli



Kiristysholkki



Vetoholkki

## SensorMount

SensorMount-menetelmällä SKF:n pallomaiset rullalaakerit sekä kartioreikäiset CARB-kaarirullalaakerit, joiden reiän halkaisija on > 340 mm, voidaan asentaa tarkasti ilman, että säteisvälystä tai aksiaali siirtymäetäisyyttä joudutaan mittaamaan ennen asennusta tai sen jälkeen.

Asennus on nopea ja tarkka.

SensorMount hyödyntää laakerin sisärenkaaseen asennettua anturia ja kädessä pidettävää ilmaisinta (→ kuva 34). Ilmaisinta käsittelee anturin lähettämät tiedot. Sisärenkaan laajeneminen näytetään välilyksen muutoksen ( $\mu\text{m}$ ) ja laakerin reiän halkaisijan (mm) suhteena. Näytössä näkyvä arvo 0,450 on normaali raja-arvo laakereille tyypillisissä käyttöolosuhteissa.

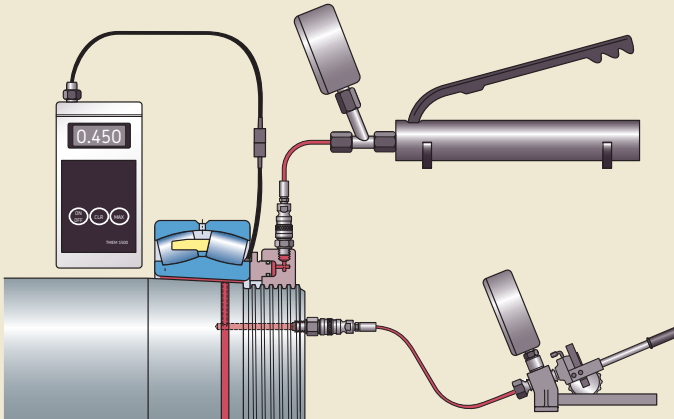
Tekijöillä, kuten laakerin koolla, akselin materiaalilla, rakenteella (ontto vai umpinainen) tai pintojen karheudella, ei ole erityistä merkitystä.

Kartiotapille tai kiristysholkille asennettavissa laakereissa anturi on sisärenkaan pienen reiän puoleisella ulkopinnalla; etumerkintä on ZE, esim. ZE 23084 CAK/W33. Vetoholkille asennettavissa laakereissa anturi on suuren reiän puoleisella ulkopinnalla; etumerkintä on ZEB, esim. ZEB C 3084 KM.

**HUOM.:** Tarkemmat asennusohjeet toimitetaan laakerin mukana. Ohjeet ovat luettavissa myös osoitteessa [www.skf.com/mount](http://www.skf.com/mount).

2

Kuva 34



### Asennus lämmittämällä

Laakerirenkaan ja akselin soviteen tai pesän välinen vaadittu lämpötilaero riippuu soviteen tiukkuudesta ja laakerisijan halkaisijasta.

Kun laakereita lämmitetään, lämpötilan kontrollointi on erittäin tärkeää:

- Älä lämmitä avoimia laakereita yli 120 °C:n (250 °F) lämpötilan.
- Älä lämmitä tiivistettyjä laakereita yli 80 °C:n (175 °F) lämpötilan niiden rasvatyöntö ja/tai tiivistinmateriaalin takia.

Pesien lämpötilan kohtalainen nousu 20:stä enintään 50 °C:seen (35–90 °F) riittää yleensä, sillä pesäsovite on harvoin kovin tiukka.

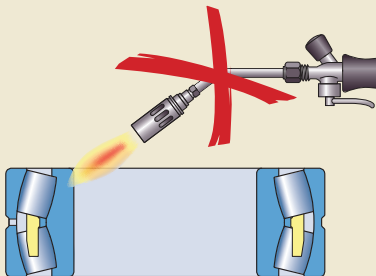
Kun laakeri on lämmitetty, asenna laakeri paikalleen olakepintaa vasten ja pidä se paikallaan, kunnes laakeri jäähtyy.

**HUOM.:** Älä asenna laakeria lyömällä, esim. vasaralla. Huolehdi, ettei asennusvoimat kohdistu vierintäelimiin.

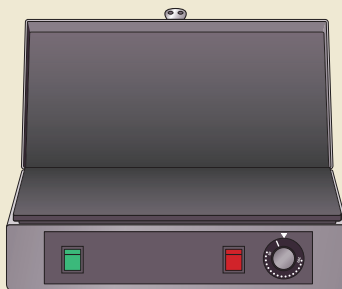
SKF:llä on laaja valikoima laakerilämmittimiä, joilla laakeri tai pesärakenne voidaan lämmittää oikeaan lämpötilaan nopeasti ja turvallisesti. Seuraavassa on erilaiset lämmitystekniikat ja niiden tyypilliset käyttötavat.

**HUOM.:** Laakeria ei saa koskaan lämmittää avotulussa (→ **kuva 35**)!

Kuva 35



Kuva 36



### Sähköiset lämpölevyt

Pieniä laakereita tai pesärakenteita voidaan lämmittää lämpölevyllä (→ **kuva 36**). Tasaisen lämmityksen aikaansaamiseksi laakeria on käännettävä useita kertoja.

SKF-lämpölevy on termostaattisäätöinen lämmityslaitte, jonka säädettävä lämpötila-alue on välillä 50–200 °C (120–390 °F).

**HUOM.:** Tiivistetyt laakerit eivät koskaan saa koskettaa lämpölevyä. Aseta rengas levyn ja laakerin väliin.



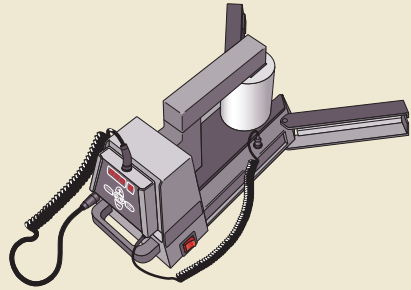
Kuva 37

## Induktiolämmittimet (Asennuslämmittimet)

SKF suosittelee vierintälaakereiden lämmittämistä induktiolämmittimellä (→ **kuva 37**). Induktiolämmittimet lämmittävät laakerit tasaisesti kohtalaisen lyhyessä ajassa ja ovat erityisen turvallisia, koska lämmitin ja aisa eivät koskaan kuumene.

Induktiolämmittimet magnetisoivat laakerin. Laakerin demagnetointi on tästä syystä tärkeää poistaa ennen asennusta. Kaikissa SKF:n induktiolämmittimissä on automaattinen magnetisoinnin poistolaite. SKF-laakerilämmittimiä on saatavana erikokoisina laakereille, joiden halkaisija on vähintään 20 mm.

Käyttöohjeet toimitetaan induktiolämmittimen mukana.



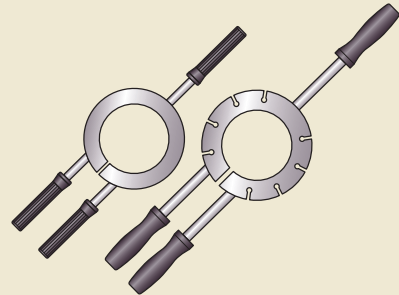
Kuva 38

## Alumiiniset lämmitysrenkaat

Alumiinisia lämmitysrenkaita (→ **kuva 38**), jotka alunperin kehitettiin NU-, NJ- ja NUP-lieriö-rullalaakereiden sisärenkaiden irrottamiseen, voidaan käyttää myös asennukseen.

SKF:n alumiinisia lämmitysrenkaita on saatavana laakerikokoluokille 204–252, 304–340 ja 406–430.

Käyttöohjeet toimitetaan renkaiden mukana.



## Vierintälaakerien asentaminen

### Lämmityskaapit

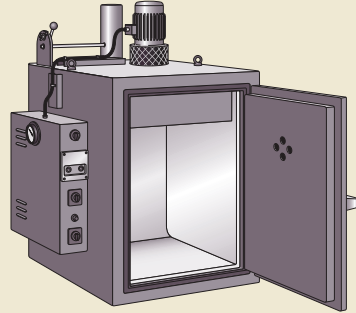
Lämmityskaappeja käytetään yleensä, kun joudutaan lämmittämään useita pieniä laakereita tai useita erikokoisia laakereita sekä pieniä pesärakenteita.

Lämmityskaapit on varustettu säädettävällä termostaatilla ja puhaltimella (→ **kuva 39**). Puhallin kierrättää lämmitettyä ilmaa, jotta kaapissa ylläpidetään tasainen lämpötila.

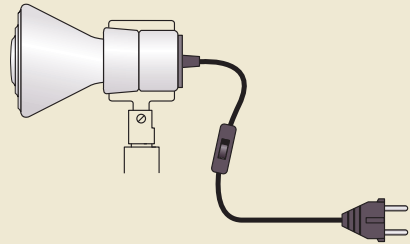
### Infrapunalämmittimet

Infrapunalämmittimet tarjoavat puhtaan, turvallisen ja hyvin helpon tavan, jolla voidaan lämmittää pieniä, ohutseinäisiä pesärakenteita. Infrapunalämmitin sijoitetaan laakeripesän reikään ja kytketään päälle. Pesän lämmittäminen kestää yleensä vain muutaman minuutin, koska pesän reiän ja laakerin välinen ahdustusovite on harvoin tiukka (→ **kuva 40**). Katkaise lämmittimen virta lämmittämisen jälkeen, poista se pesän reiästä ja työnnä lämmittämätön laakeri paikalleen.

Kuva 39



Kuva 40



## Lämmityspaneelit

Joustavat lämmityspaneelit ovat erinomainen ja turvallinen ratkaisu, jolla voidaan lämmittää pesärakenteita ilman monimutkaisia asennuksia. Niitä valmistetaan useista erilaisista joustavista materiaaleista ja niitä on saatavana erityyppisinä ja -kokoisina (→ kuva 41).

Lämmityspaneelit soveltuvat erilaisiin lämmitystarkoituksiin. Niillä voidaan mm. peittää pesä, ne voidaan sijoittaa pesän reikään tai niitä voidaan käyttää litteäpohjaisina lämmittiminä.

## Öljykylvyt

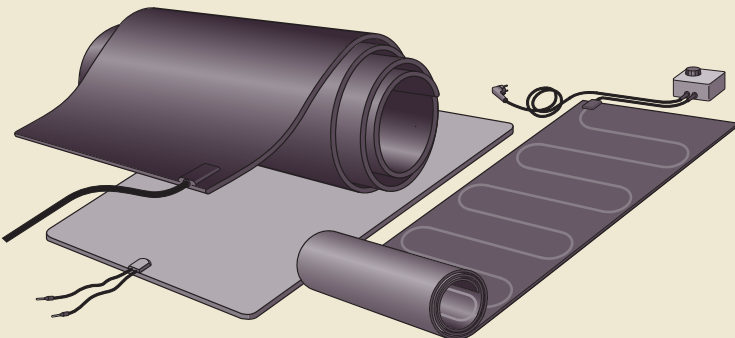
Öljykylvyt olivat vuosia sitten suosittu laakereiden ja pienten laakeripesien lämmitystapa. Nykyään tätä menetelmää ei suositella taloudellisten, ympäristöllisten ja turvallisuussyiden takia. Joskus muita vaihtoehtoja ei kuitenkaan ole.

Joitakin perussääntöjä on noudatettava, kun laakeria lämmitetään öljykylvyssä. Käytä puhdasta öljyä, jonka leimahduspiste on vähintään 250 °C (480 °F), ja puhdasta astiaa, jossa on säädettävä termostaatti. Lisäksi laakerit tai laakerirenkaat eivät saa koskaan koskettaa astian seinämiä. Anna laakerissa olevan öljyn valua pois laakerista ja pyyhi se pois ennen laakerin asentamista akselille.

### VAROITUS

Älä aseta suuria ja painavia laakereita lämmityspaneelleille, sillä tämä saattaa aiheuttaa sähkövaaran ja lämmityselementit saattavat vaurioitua.

Kuva 41



# SKF-asennustyökalut

Käytä asianmukaisia asennustyökaluja ja noudata oikeaa asennusmenetelmää sekä toimenpiteitä, jotta estetään ennenaikaiset viat laakerissa ja maksimoidaan laakerin suorituskyky. Tästä syystä SKF-asennustyökalujen valikoimaan kuuluvat seuraavat välineet:

- mekaaniset työkalut
- hydraulityökalut
- lämmittimet
- käsineet

SKF-asennustyökalujen ja -tuotteiden yleiskatsaus **liitteessä J**, alkaen **s. 416**. Lisätietoja on osoitteessa [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

## Mekaaniset työkalut

SKF tarjoaa yleisiä asennustehtäviä varten täydellisen valikoiman mekaanisia välineitä, kuten laakereiden asennustyökaluja sekä avaimia.

SKF:n laakerien asennustyökalusarja sisältää 36 erikokoista lyöntilevyä, jotka mahdollistavat yli 400 erilaisen laakerin (ja useiden tiivisteiden) asennuksen.

SKF:n avainvalikoimaan kuuluu haka-avaimia (mukaan lukien säädettäviä ja erikoishaka-avaimia), iskuhaka-avaimia sekä lukitusmuttereiden hylsyavaimia.

Taulukko 2

SKF:n hydraulipumppujen ja öljynjektoreiden valintaopas

Enimmäiskäyttöpaine	Pumppu Nimitys	Kuvaus	Öljysäiliön tilavuus	Liitin	Käyttökohteet
MPa	–	–	cm <sup>3</sup>	–	–
50	TMJL 50	Käsi käytöinen pumppu	2 700	G 1/4	Kaikki HMV ..E -mutterit
100	729124 TMJL 100	Käsi käytöinen pumppu Käsi käytöinen pumppu	250 800	G 1/4 G 1/4	Hydraulimutterit ≤ HMV 54E Hydraulimutterit ≤ HMV 92E
150	THAP 150 728619 E	Paineilmakäytöinen pumppu Käsi käytöinen pumppu	Erillinen astia 2 550	G 3/4 G 1/4	Kaikki HMV ..E -mutterit, paineöljymenetelmä Kaiken kokoiset hydraulimutterit, paineöljymenetelmä
300	THAP 300E 226400 729101 B TMJE 300	Paineilmakäytöinen pumppu Käsi käytöinen öljynjektori Käsi käytöinen paineöljysarja Käsi käytöinen paineöljysarja	Erillinen astia 200 200 200	G 3/4 G 3/4 Useita Useita	Suuret paineliitokset, paineöljymenetelmä Paineöljymenetelmä, kiristys- ja vetoholkkit Paineöljymenetelmä, kiristys- ja vetoholkkit Paineöljymenetelmä, kiristys- ja vetoholkkit
400	729101 E	Käsi käytöinen paineöljysarja	200	G 1/4	Paineöljymenetelmä, korkeapaineliitokset

## Hydraulityökalut

SKF on kehittänyt kattavan valikoiman hydraulityökaluja, kuten hydraulimuttereita, hydraulipumppuja ja öljyinjektoreita, jotka helpottavat laakereiden asennusta.

SKF-hydraulimuttereissa on seuraavat ominaisuudet:

- HMV ..E -sarja: kierteen halkaisija 50–200 mm, metrinen kierre standardin ISO 965-3:1998 mukaan, toleranssiluokka 6H.
- HMV ..E -sarja: kierteen halkaisija 205–1 000 mm, metrinen trapetsoidikierre standardin ISO 2901:1977 mukaan, toleranssiluokka 7H.
- HMVC ..E -sarja: kierteen halkaisija 1 967–12 5625 tuumaa, American National, Form NS -kierre standardin ANSI B1.1-1974, luokka 3, mukaan.
- HMVC ..E -sarja: kierteen halkaisija 13 339–37 410 tuumaa, General Purpose ACME -kierre standardin ANSI B 1.5-1957, luokka 3G, mukaan.

SKF-hydraulipumppuja ja öljyinjektoreita on saatavana erimallisina ja -kokoisina (→ **taulukko 2**). SKF:llä on myös kattava valikoima lisävarusteita, kuten korkeapaineputkia, liittimiä, letkuja ja mittareita.

## Lämmittimet

SKF-lämmitystyökalujen valikoima sisältää induktiolämmittimiä, lämpölevyjä ja alumiinisia lämmitysrenkaita erilaisia asennus- ja irrotustehtäviä varten.

## Käsineet

SKF toimittaa erityyppisiä käsineitä, joilla laakeita ja osia voidaan käsitellä turvallisesti. Saatavilla on neljää eri tyyppiä, jotka on tarkoitettu eri työskentelyolosuhteisiin:

- erikoistyökäsineet
- lämpösuojäkäsineet
- lämpösuojäkäsineet erittäin korkeille lämpötiloille
- kuumuutta ja öljyä kestävät lämpösuojäkäsineet

# Asennusohjeet laakerityypeittäin

Kohdassa *Asennustyön esivalmistelut*, alkaen **sivulta 46**, mainittuja asennusmenetelmiä ja työkaluja voidaan käyttää yleisesti kaikentyyppisten vierintälaakereiden yhteydessä. Jotkin laakerityypit saattavat vaatia erityistä varovaisuutta tai tiettyjä asennusmenetelmiä niiden rakenteen, koon tai painon takia, kuten:

- yksiriviset viistokuulalaakerit ja kartiorullalaakerit
- viistokuulalaakerit kaksiosaisella sisärenkaalla
- pallomaiset kuulalaakerit, joissa on ulkonevat kuulat
- tiivistetyt pallomaiset kuulalaakerit
- pallomaiset kuulalaakerit, joissa on jatkettu sisärengas
- yksiriviset lieriörullalaakerit ja neulalaakerit pitimellä
- moniriviset lieriörullalaakerit ja kartiorullalaakerit
- pallomaiset rullalaakerit ja CARB-kaarirullalaakerit

## Viistokuulalaakerien asentaminen

Yksiriviset viistokuulalaakerit asennetaan yleensä laakerijärjestelmään, jonka kuormituslinjat ovat joko ristikkäin tai toisistaan poispäin.

## Yksittäin asennettavat laakerit

Yksittäin asennettavia viistokuulalaakereita käytetään järjestelmissä, joissa kussakin laakerin positiossa on vain yksi laakeri. Vaikka laakerirenkaiden valmistustoleranssit leveydelle ovat hyvin tarkat, yksittäin asennettavia laakereita ei voi asentaa välittömästi toistensa viereen.

Säädettyjä laakerijärjestelmiä, joissa kussakin laakerin positiossa on yksi laakeri, kutsutaan ristiinlukituiksi laakeroinneiksi, ja niitä käytetään yleensä lyhyissä aksleissa. Näiden järjestelmien vaadittu vällys tai esijännitys saavutetaan asennuksen aikana siirtämällä yhtä laakerin rengasta aksiaalisesti.

## X-järjestelmien säätäminen

SKF suosittelee, että kuormituslinjat ristikkäin olevat laakerijärjestelmät säädetään akselin ollessa pystyasennossa, kun mahdollista, jotta alempi laakeri tukee sitä.

Mittaa ulkorenkkaan otsapinnan ja pesän päätyypinnan välinen etäisyys (→ **kuva 42**). Määritä vaadittu päätykannen olkapinnan leveys vaadittuun aksiaalivällykseen tai käytön aikana tarvittavaan esijännitykseen perustuen. Määritä tarvittaessa pesän ja päätykannen tai ulkorenkkaan ja päätykannen väliin lisättävien säätölevyjen tarvittava paksuus.

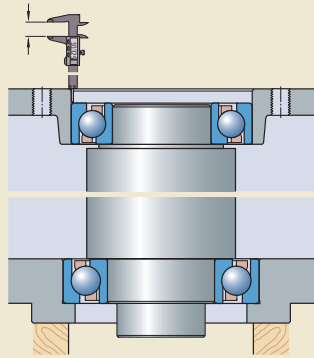
Kiinnitä lopullinen koneistettu päätykansijä (ja säätölevyt) ja käännä laakerointi takaisin vaaka-suuntaiseen asentoon.

Tarkasta vällyksellisissä laakerijärjestelmissä säädön tulos mittaamalla asennuksen jälkeinen aksiaalivällys mittakellolla (→ **kuva 43**).

**HUOM.:** Mittakellolla ei voida suorittaa vällysmittauksia esijännitykselle laakerijärjestelmille. Käytännössä esijännitys säädetään epäsuorilla menetelmillä, kuten sovitteilla, siirtymien mitaamisella tai kitkamomentin hallinnalla. Ota yhteyttä SKF:n edustajaan, mikäli tarvitset apua esijännityksen laskemisessa.

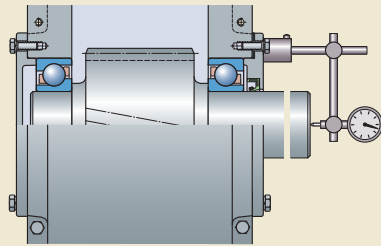
**HUOM.:** Käytön aikana vällys yleensä pienenee (esijännitys kasvaa) johtuen lämpötilojen noususta, sisä- ja ulkorenkaiden lämpötilaeroista sekä muista tekijöistä, kuten pyörimisnopeudesta ja laakerikuormista.

Kuva 42



2

Kuva 43



## Vierintälaakerien asentaminen

### O-järjestelmien säätäminen

Kun säädät O-järjestelmiä, kiristä päätylevyn lukitusmutteria tai pultteja kääntäen samalla välillä akselia (→ kuva 44).

Mittaa välyksellisissä laakerijärjestelmissä asennuksen jälkeinen aksiaalivälys mittakellolla (→ kuva 45). Jos asennuksen jälkeinen välys on liian suuri, kiristä lukitusmutteria tai päätylevyn pultteja. Jos asennuksen jälkeinen välys on liian pieni, irrota laakerit ja aloita uudelleen.

**HUOM.:** Mittakellolla ei voida suorittaa välysmittauksia esijännitetyille laakerijärjestelmille. Käytännössä esijännitys säädetään epäsuorilla menetelmillä, kuten sovitteilla, siirtymien mitaamisella tai kitkamomentin hallinnalla. Ota yhteyttä SKF-edustajaan, mikäli tarvitset apua esijännityslaskelmien kanssa.

Jos kahden laakerin sisärenkaan välissä käytetään etäisyysholkkia (→ kuva 46), vaadittu välys tai esijännitys voidaan säätää hiomalla väliholkin leveyttä.

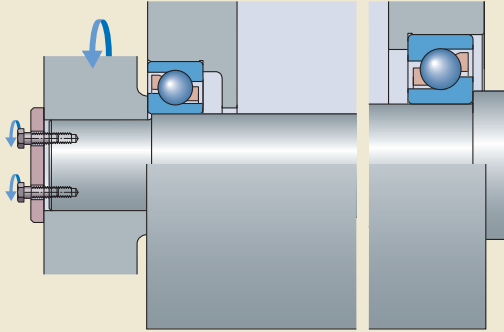
**HUOM.:** Käytön aikana välys yleensä pienenee (esijännitys kasvaa) johtuen lämpötilojen noususta, sisä- ja ulkorenkaiden lämpötilaeroista sekä muista tekijöistä, kuten pyörimisnopeudesta ja laakerikuormista.

### Pareittain asennettavat laakerit ja yhteensovitettut laakerisarjat

Kun kaksi tai useampia viistokuulalaakereita asennetaan vierekkäin, joko pareittain asennettavaa tai yhteen sovitettua laakerisarjaa tulee käyttää. Nämä laakerit on valmistettu siten, että kun ne asennetaan toistensa viereen, ennalta määrätty sisäinen välys tai esijännitys ja/tai tasainen kuormituksen jakautuminen saadaan aikaan ilman säätölevyjen tai muiden vastaavien laitteiden käyttöä.

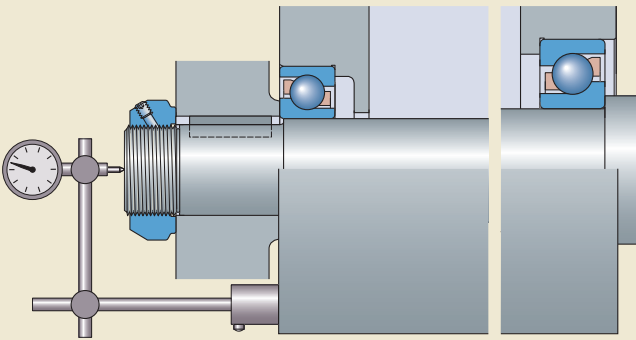


Kuva 44

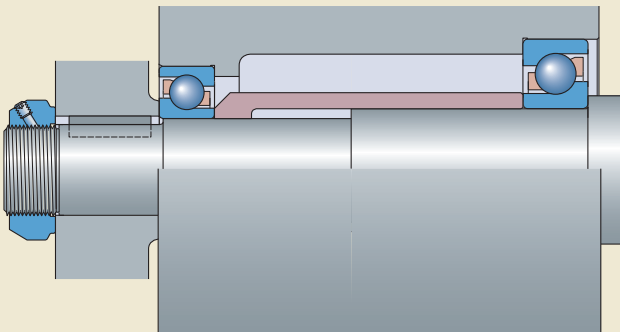


2

Kuva 45



Kuva 46



## Vierintälaakerien asentaminen

### Viistokuulalaakerit kaksiosaisella sisärenkaalla

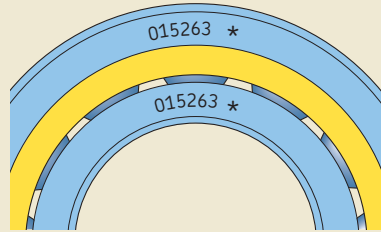
Käytettäessä kaksirivisiä viistokuulalaakereita kaksiosaisella sisärenkaalla ja nelipisteiviistokuulalaakereita, tiettyä asennusjärjestystä on noudatettava (→ kuva 47).

Siirrä ensin sisäpuolinen sisärenkaan puolisko asemaan (1). Aseta sitten vierintäelin- ja pidinasennelma ulkorenkaineen asennetun sisärenkaan päälle (2). Asenna lopuksi sisärenkaan ulkopuolisko asennettua sisärenkaan puoliskoa vasten (3).

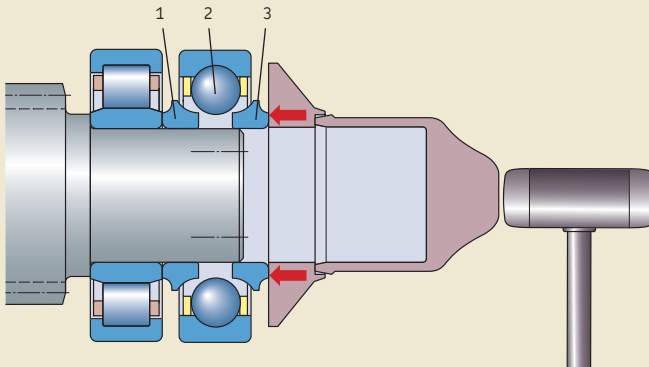
Pienet sisärenkaat voidaan asentaa iskuholkkisarjalla ja rekyylittömällä vasaralla; suuremmat laakerit on lämmitettävä ennen asennusta.

**HUOM.:** SKF Explorer -nelipisteiviistokuulalaakereihin on merkitty sarjanumero ulkorenkaan otsapintaan ja molempiin sisärenkaan puoliskoihin (→ kuva 48). Ulkorenkaan otsapinnalla ja toisen sisärenkaan puoliskolla olevan merkin avulla laakeri voidaan asentaa samassa asennossa kuin se valmistettiin.

Kuva 48



Kuva 47



Kuva 49

## Pallomaisien kuulalaakereiden asentaminen

### Perusrakenteiset laakerit

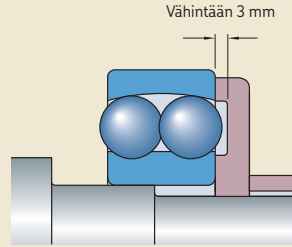
Jotkin 12-sarjan ( $d \geq 120$  mm) ja 13-sarjan ( $d \geq 90$  mm) pallomaisien kuulalaakereiden kuulat työntyvät ulos laakerin sivuista. Tämä ominaisuus on otettava huomioon, kun näitä laakereita asennetaan.

SKF suosittelee, että lieriöreikäiset laakerit asennetaan lämmittämällä. Jos laakeri asennetaan kylmänä, asennustyökalun tuurnassa on oltava vähintään 3 mm:n ura, jotta kuulat eivät vaurioиду (→ kuva 49).

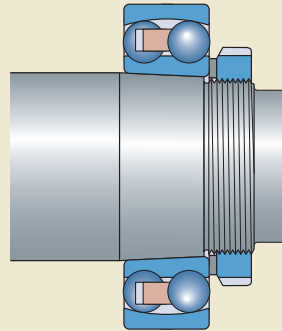
Jos laakeri on kartioreikäinen, SKF suosittelee SKF Drive-up -menetelmän (→ sivu 57) käyttämistä yhdessä välikerenkaan tai välilaatan (→ kuva 50) kanssa.

### Tiivistetyt kartioreikäiset laakerit

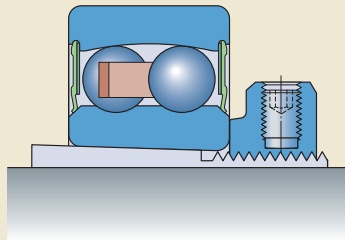
Kun tiivistetty pallomainen kuulalaakeri asennetaan kiristysholkille, käytä H 3 .. E -sarjan holkkia. Nämä kiristysholkit on varustettu erityisellä KMFE-lukitusmutterilla, jonka sivupinnassa oleva syvennys estää laakeria vaurioitumasta (→ kuva 51).

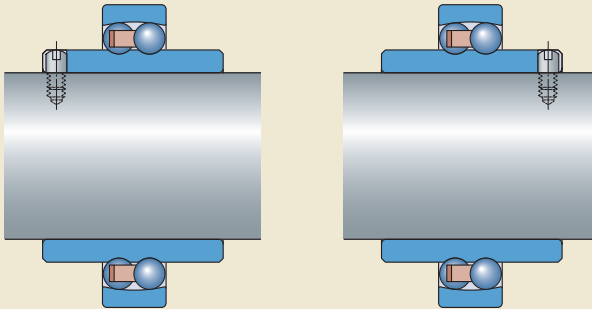


Kuva 50



Kuva 51





### Laakerit jatketulla sisärenkaalla

Pallomaiset kuulalaakerit, joissa on jatkettu sisärenkas, asemoidaan akselille aksiaalisesti joko lukitusruuvilla tai epäkeskisellä lukitusrenkaalla. Kun kahdella tällaisella laakerilla tuetaan akseliä, ne on asetettava siten, että sisärenkaan lukitusmekanismit ovat joko toisiaan vastakkain tai poispäin toisistaan (→ **kuva 52**). Jos näin ei tehdä, akseli on asemoitu aksiaalisesti vain yhteen suuntaan.

### Lieriörulla- ja neularullalaakereiden asentaminen

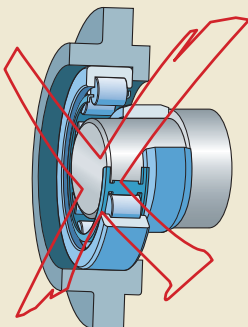
#### Yksiriviset lieriörullalaakerit ja neularullalaakerit pitimellä

Monet lieriörulla- ja neulalaakerit voidaan purkaa. Esimerkiksi NU-lieriörullalaakereiden vierintäelin-pidinasennelma yhdessä ulkorenkaan kanssa voidaan asentaa erillään sisärenkaasta, mikä yksinkertaistaa kokoamista.

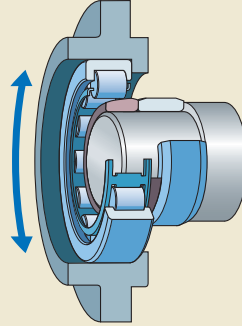
Kun asennetaan pelkästään lieriörullalaakerin sisärenkas, SKF suosittelee sen asentamista lämmittämällä. Käytettävä lämmitysmenetelmä riippuu renkaan koosta (→ *Asennus lämmittämällä*, alkaen **s. 68**).

**HUOM.:** Levitä rulliin ja vierintäpinnoille öljyä tai rasvaa ennen asennusta. Pyöritä akseliä ja/tai pesää asennuksen aikana. Varmista asennuksen aikana, että rulla- ja pidinasennelma ei ole virossa (→ **kuva 53**). Rullat ja vierintäpinnat saattavat muutoin vaurioitua.

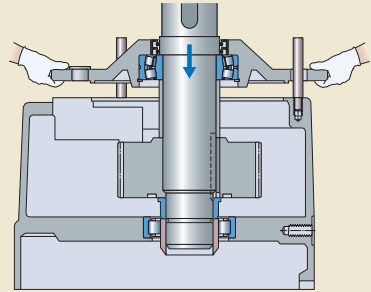
Kuva 53



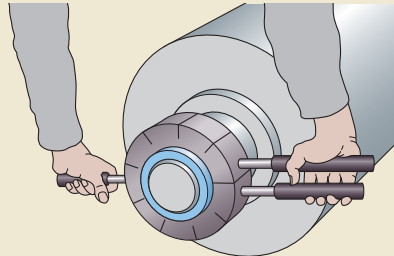
Kuva 54



Kuva 55



Kuva 56



SKF suosittelee seuraavia toimia, joilla voidaan ehkäistä vinoa asennusta:

- Käytä vaakasuuntaisille akselille asennetuissa laakereissa asennusholkkia (→ kuva 54).
- Käytä pesään kiinnitettyä asennusholkkia ja ohjaustankoja laakereilla, jotka on asennettu pitkiin akselisiin ja joissa asennus tapahtuu pystysuuntaisesti (→ kuva 55).

Asennusholkkia käytettäessä holkin ulkohalkaisijan tulee olla sama kuin sisärenkaan vierintäpinnan halkaisija ja se on koneistettava toleranssiluokkaan d10 lieriöruullalaakereille ja toleranssiin 0/-0,025 mm neulalaakereille.

**HUOM.:** Kun käytät induktiolämmitintä, varmista, että laakerilämmittimen demagnetointi toimii ennen laakerin irrottamista lämmittimestä. Kaikissa SKF-induktiolämmittimissä on automaattinen demagnetisointitoiminto.

Käytettäessä alumiinista lämmitysrengasta (→ kuva 56) levitä sisärenkaan vierintäpinnalle ennen renkaan lämmittämistä hapettumisen estävää öljyä, kuten CLP68-voiteluöljyä, ja poista öljy asennuksen jälkeen.

### Neliriviset lieriörullalaakerit

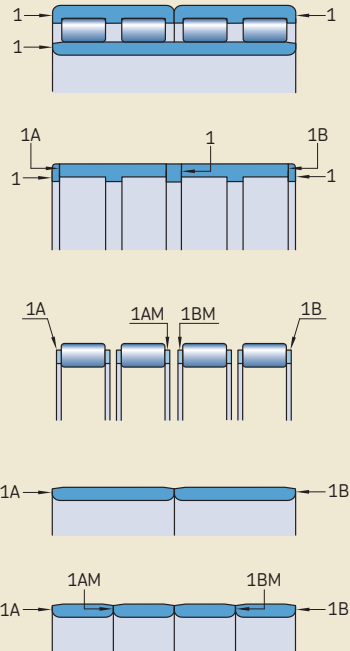
Nelirivisiä lieriörullalaakereita käytetään yleensä valssaimissa ja muissa raskaasti kuormitetuissa käyttökohteissa. Ko. laakerit voidaan purkaa ja niissä on liikutettava sisärenkas. Niitä on useita eri malleja, jotka vaihtelevat sisä- ja ulkorenkaiden lukumäärän mukaan sekä ulkorenkaan irrallisten tai kiinteiden laippojen lukumäärän mukaan.

SKF suosittelee, että sisärenkaiden asennus (ja irrotus) tehdään SKF:n erityisellä kiinteällä induktiolämmittimellä ja erikoisvalmisteisella asennusholkilla (→ *Nelirivisen lieriörullalaakerin asentaminen erityisellä asennusholkilla*).

Erilliset laakeriosat on asennettava oikeassa järjestyksessä asennuksessa (→ **kuva 57**). Kaikkiin laakerin osiin on merkitty sama sarjanumero, jonka ansiosta osat on helpompi tunnistaa, jos useita laakereita asennetaan samanaikaisesti. Sisärenkaat ja sisärenkasparit ovat keskenään vaihtokelpoisia eikä niissä ole välttämättä samaa sarjanumeroa kuin muissa osissa.

Ulkorenkaiden sivupinnat on jaettu neljään vyöhykkeeseen, jotka on merkitty I–IV. Kunkin laakerin I-alueen sijainti on merkitty ulkorenkaan ulkopintaan viivalla. Kun laakeria asennetaan ensimmäistä kertaa, vyöhyke I on yleensä asennettava kuormitusalueelle. Käyttöolosuhteista riippuen ulkorenkaita käännetään yleensä 90 asteen verran ennalta määrätyn käyttöajan jälkeen laakerin ulkorenkaiden toisen alueen kohdistamiseksi kuormitusalueelle. Tämä pidentää laakerin käyttöikää.

Kuva 57



Kuva 58

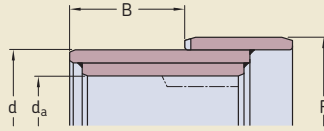
### Nelirivisen lieriörullalaakerin asentaminen erityisellä asennusholkilla

**Kuvassa 58** on käytössä erityinen asennusholkki, jota käytetään yleensä nelirivisissä lieriörullalaakereissa, joissa on kaksiosainen sisä- ja ulkorengas.

Holkin ulkohalkaisija on uritettu. Pienempi ulkohalkaisija vastaa sisärenkaan reikää. Suurempi halkaisija vastaa sisärenkaan vierintäpinnan halkaisijaa. Molempien laakerisijojen leveys on sama kuin sisärenkaiden leveys. Pienempää ulkohalkaisijaa käytetään sisärenkaiden asennukseen ja suurempaa ulkohalkaisijaa rulla- ja pindinsarjallisten ulkorenkaiden asennukseen.

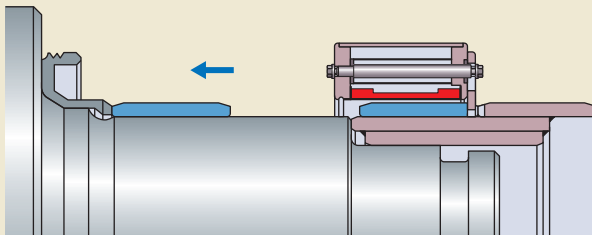
Sisärenkaiden asennus tehdään seuraavalla tavalla (→ **kuva 59**):

- 1 Asenna sisärenkaan ja akselin olakkeen väliset osat.
- 2 Aseta ensimmäinen rengas holkille.
- 3 Aseta holkki (ja sisärenngas) valssiakselitapin tuen halkaisijalle.
- 4 Aseta lämmitin paikalleen ja lämmitä sisärenngas vaadittuun lämpötilaan.
- 5 Paina sisärenngas paikalleen olakettaan vasten.
- 6 Jatka painamista, kunnes rengas on viilentynyt.
- 7 Poista holkki.
- 8 Asenna toinen sisärenngas toistamalla **vaiheet 2–7**.



$B$  = sisärenkaiden leveys  
 $F$  = vierintäpinnan halkaisija  
 $d$  = sisärenkaan reikä  
 $d_a$  = holkin tuen halkaisija

Kuva 59



## Vierintälaakerien asentaminen

Ulkorenkaiden asennus tehdään seuraavalla tavalla (→ kuva 60):

- 1 Voitele pidin- ja rullasarjat sekä sisärenkaan vierintäpinta käytettävällä voiteluaineella.
- 2 Aseta ensimmäinen pidin- ja rullasarja, joka tulee asentaa pesään toisen kokoonpanon kanssa, asennusholkin suuren vierintäpinnan halkaisijalle.
- 3 Asenna mahdolliset tiivisteet takakanteen ennen sen asentamista sokkelorengasta vasten.
- 4 Voitele tiivistehuulet varoen vaurioittamasta tiivisteitä.
- 5 Aseta holkki akselille ja työnnä sitä varoen, kunnes koko kokoonpano on paikallaan. Käytä jousitettua nostolaitteistoa, joka helpottaa laakerikokoonpanon asemoimista akselille.
- 6 Rasvavoidelluissa kohteissa täytä koko laakerijärjestelmä rasvalla.
- 7 Asenna ulkopuolen tiivisteet ja lukitse laakerijärjestelmä akselille.

## Kartiorullalaakereiden asentaminen

### Yksiriviset kartiorullalaakerit

Yksirivinen kartiorullalaakeri säädetään yleensä toista laakeria vasten joko X- tai O-laakerijärjestelmään vastavoiman tasapainottamiseksi. Laakerijärjestelmän vaadittu vällys tai esijännitys saavutetaan asennuksen aikana siirtämällä yhtä laakerin rengasta aksiaalisesti.

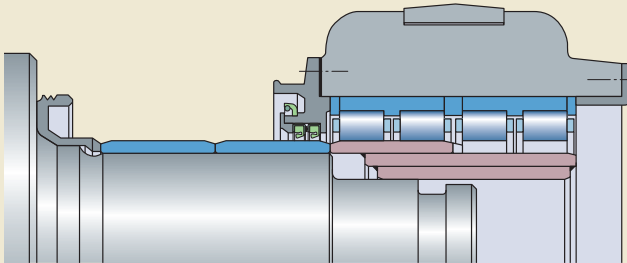
**HUOM.:** Käytön aikana vällys yleensä pienenee (esijännitys kasvaa) johtuen lämpötilojen noususta, sisä- ja ulkorenkaiden lämpötilaeroista sekä muista tekijöistä, kuten nopeuksista ja kuormista.

**HUOM.:** Laakeroinnin asennuksen ja säädön aikana akselia on tärkeää pyörittää useita kierroksia kumpaankin suuntaan, jotta varmistetaan rullien päiden ja ohjainlaippojen välinen kontakti. Jos rullien- ja ohjainlaippojen välistä kontaktia ei saada aikaan, vällys/esijännitys on väärä, mistä seuraa laakerin ennenaikainen kuluminen ja lopulta rikkoutuminen.

### X-järjestelmän säätäminen (sisärenkaan pyöritys)

**Kuvassa 61** näkyy tyypillinen vaihdelaatikon väliakselin laakerijärjestelmä, jossa on asennettu kartiorullalaakerit X-järjestelmään. Tämän laakerijärjestelmän vällys tai esijännitys saavutetaan siirtämällä vasemmanpuoleisen laakerin ulkorengasta kannen avulla. Seuraava toimenpide on helppo, luotettava ja hyväksi havaittu.

Kuva 60





Esivalmistelut:

**1** Asenna sisärenkaat pidin- ja rulla-asennelmilla akselille sopivalla asennustekniikalla. Työnnä ulkorenkaat pidin- ja rulla-asennelmien päälle ja asenna akselikokoonpano vaihteistoon. Kiinnitä laakerikilpi paikoilleen vaihdelaatikon siihen reunaan, jota ei säädetä, ja käännä laatikko tälle kyljelleen. Käytä asianmukaista asemointilaitetta, joka sallii akselin pyörittämisen.

Määritä keskittävän laipan (olakkeen) pituus:

- 2** Pyöritä akselia kädellä painaen samalla ylälaakerin ulkorengasta. Laakereiden kaikkien rullien on kosketettava sisärenkaan ohjainlaippaa. Tämä saavutetaan pyörittämällä akselia muutaman kerran.
- 3** Aseta kansi paikalleen. Kannen keskittävän laipan on oltava liian pitkä (→ kuva 62, vasemmalla) lopullista ulkorengaan asemaa varten, tai etäisyysrengasta on käytettävä (→ kuva 62, oikealla). Laakerikilven ja vaihdelaatikon välillä on oltava rako (→ kuva 62, mitta x).
- 4** Kiinnitä laakerikilpi pyörittäen samalla akselia, kunnes kitkamomentissa tapahtuu selvä muutos.
- 5** Mittaa laakerikilven ja vaihdelaatikon välinen rako (mitta x).
- 6** Määritä keskittävän laipan olakkeen (tai varmistinlaatan) pituus tai säätölevyn paksuus:

Keskittävän laipan olakkeen tai etäisyysrengaan pituus

$$a_f = a_i - x + s \quad \text{välys}$$

$$a_f = a_i - x - t \quad \text{esijännitys}$$

Säätölevyn paksuus

$$b_f = x + s \quad \text{välys}$$

$$b_f = x - t \quad \text{esijännitys}$$

missä

$a_i$  = keskittävän laipan olakkeen tai etäisyysrengaan alkupituus

$a_f$  = keskittävän laipan olakkeen tai etäisyysrengaan loppupituus

$b_f$  = säätölevyjen loppupaksuus

$x$  = mitattu laakerikilven ja vaihdelaatikon välinen välys

$s$  = välys (absoluuttinen arvo)

$t$  = esijännitys (absoluuttinen arvo)

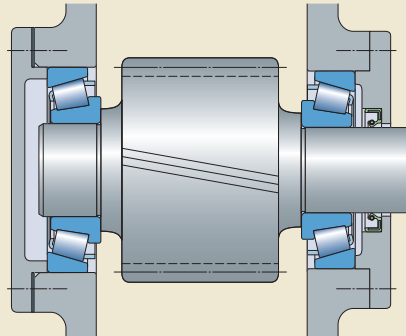
Lopullinen kokoonpano:

**7** Koneista keskittävä laippa tai etäisyysrengas vaadittuun pituuteen. Voit vaihtoehtoisesti lisätä säätölevyt kannen ja vaihdelaatikon väliin.

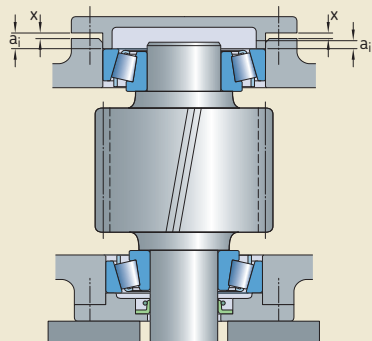
**8** Kiinnitä laakerikilpi paikalleen.

**HUOM.:** Pesän joustavuutta ei oteta huomioon esijännityksessä. Katso tarvittaessa lisätietoja SKF:n julkaisusta *Rolling bearings in industrial gearboxes (teollisuudessa käytettävien vaihdelaatikoiden vierintälaakerit)*.

Kuva 61



Kuva 62



## Vierintälaakerien asentaminen

O-laakerijärjestelmän säätäminen säätömutterilla (sisärenkaan pyörittys)

**Kuvassa 63** näkyy tyypillinen laakerijärjestelmä, jossa on asennettuna kartiorullalaakerit O-järjestelmään. Tämän järjestelmän vällys tai esijännitys saavutetaan siirtämällä vasemmanpuoleisen laakerin sisärenkasta kiristämällä akseli- tai säätömutteria. Aksiaalista esijännitystä vaativissa järjestelmissä kiristyskulman tai kiristysmomentin arvo on annettava rakennepiirustuksissa.

Esivalmistelut:

- 1 Asenna ulkorenkaat pesiin sekä sisärenkas pidin- ja rullasarjalla sisäpuolelle akselille sopivalla asennustekniikalla. Käytä asianmukaista asemointilaitetta, joka sallii akselin pyörittämisen.
- 2 Aseta esiasennettu akseli ja pesä yhteen. Akselia on ehkä pidettävä paikallaan sen aseman varmistamiseksi.
- 3 Asenna sisäpuolen sisärenkas.
- 4 Asenna ulkorenkaan ja säätömutterin väliset osat.

Vällyksen säätö:

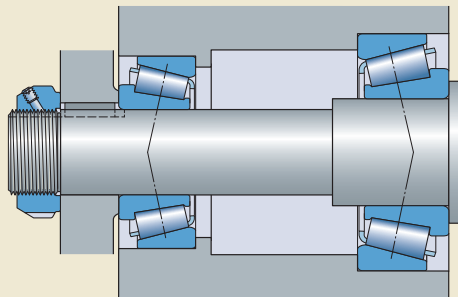
- 5 Mittaa aksiaalivällys mittakellolla. Tee tämä asettamalla mittakellon kärki akselin päätä vasten. Työnnä akselia yhteen suuntaan pyörittämällä sitä samalla useita kertoja. Aseta mittakello nolnaan. Työnnä akselia sitten toiseen suuntaan ja lue aksiaali siirtymän arvo.
- 6 Kiristä säätömutteria hitaasti. Laakerit akselisovitteella säädetään vähitellen, kunnes asetettu arvo saavutetaan. Tee tämä mittamalla vällys useita kertoja.

**HUOM.:** Suorita säätö pienissä erissä. Jos vällystä poistetaan laakerijärjestelmästä liikaa, sisärenkas on irrotettava ja säädettävä uudelleen, mikä saattaa olla vaikeaa ja aikaa vievää.

Esijännityksen säätö:

- 7 Kiristä säätömutteria hitaasti pyörittäen samalla akselia, kunnes kitkamomentissa tapahtuu selvä muutos.
- 8 Jatka mutterin kiristämistä hitaasti asetetun kiristysmomenttiarvon tai kiristyskulman saavuttamiseksi.

Kuva 63



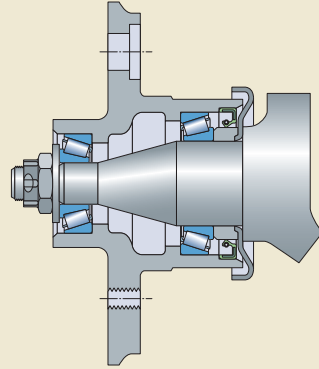
Kuva 64

### 0-järjestelmien säätäminen (ajoneuvon pyörä – kaksi kartiorullalaakeria ilman etäisyysrengasta laakerien välissä)

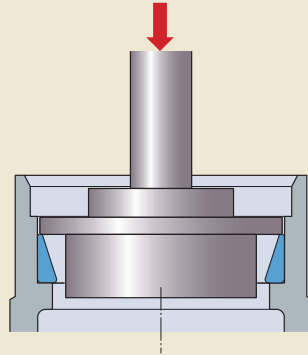
Eri valmistajien pyörännapojen rakenteissa on rakenteellisia eroja. Laakereiden ja tiivisteiden asennustoimenpiteet ja pyörännavan kokoamistoimenpiteet eivät kuitenkaan olennaisesti muutu. **Kuvassa 64** näkyy tyypillinen laakerijärjestelmä. Koska kohteen ulkorengas pyörii, ulkorenkaat asennetaan usein tiukalla sovitteella, kun taas sisärenkaat voivat olla löysällä sovitteella olka-akselilla. Tämän järjestelmän vällys tai esijännitys saavutetaan, kun ulkopuolisen laakerin sisärengasta siirretään kiristämällä lukitus- tai säätömutteria.

**HUOM.:** Vaihda takapuolen säteisakselitiiviste aina, kun napa poistetaan akselilta.

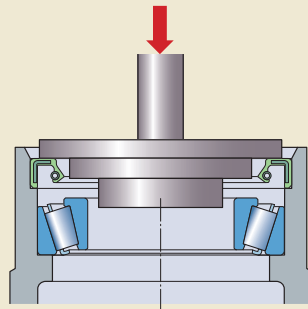
- 1 Paina kumpikin ulkorengas napasovitteelle asianmukaisella työkalulla, kuten holkilla tai pystypuristimella (→ **kuva 65**), varoen vaurioittamatta vierintäpintoja. Varmista, että kummankin ulkorenkaan otsapinta koskee kunnolla navan olkaa.
- 2 Asenna asianmukainen tiiviste tai tiivisteosat napaan sopivalla tiivisteasennustyökalulla (→ **kuva 66**). Varmista, että tiiviste on suorassa ja että se on laskeutunut pohjaan asti.
- 3 Asenna mahdolliset tiivisteosat tai muut komponentit akselille (takapuolelle).
- 4 Valmistele sisäpuolisen laakerin sisärengas:
  - Rasvavoideluissa kohteissa laita rasvaa rullastoille ja täytä sisärenkaan vierintäpinnan ja pitimen välinen tila.
  - Öljyvoideluissa kohteissa levitä ohut kerros öljyä koko sisärenkaalle.
- 5 Paina/asenna sisäpuolinen sisärengas osineen akselisolvitteelle asianmukaisella työkalulla, kuten holkilla, varoen kohdistamasta voimaa pitimeen tai rullastoon. Varmista, että sisärenkaan otsapinta koskee kunnolla akselin olakepintaa tai tukirengasta.
- 6 Asenna napakokoonpano akselille varmistaen, että navan reiän ja akselin keskilinjat ovat samansuuntaiset. Käytä tähän mekaanista tukea, joka samalla suojelee akselia, kierteitä ja eritoten tiivistettä.
- 7 Valmistele ulkopuolisen laakerin sisärengas samalla tavalla kuin sisäpuolisen laakerin sisärengas.



Kuva 65



Kuva 66



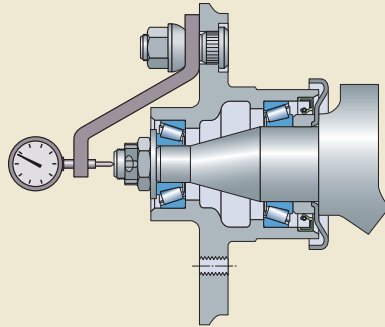
## Vierintälaakerien asentaminen

- 8 Paina ulkopuolen sisärengasta ja pidin rulla-asennelmaa akselille asianmukaisella työkalulla, kuten holkillla, varoen kohdistamasta voimaa pitimeen tai rullastoon.

**HUOM.:** Pyöritä akselia useita kierroksia kumpaankin suuntaan, jotta varmistetaan rullien päiden ja ohjainlaippojen välinen kontakti. Jos asianmukaista kontaktia ei saada aikaan, välys on väärä, mistä seuraa laakerin ennenaikainen kuluminen ja lopulta rikkoutuminen.

- 9 Asenna aluslevy ja säätömutteri (kruunumutteri). Kiristä säätömutteri momenttiavaimella asianmukaiseen momenttiin ajoneuvon huolto-oppaan mukaan. Vaihtoehtoisesti kiristä aksiaalivälystä vaativilla järjestelmillä säätömutteria hitaasti, kunnes laakerin kitkamomentissa tapahtuu selvä muutos. Löysää mutteria kääntämällä sitä noin 30°, kunnes laakerijärjestelmä pyörii ”herkästi”.
- 10 Poista napatuki.
- 11 Tarkasta, että laakeri pyörii vapaasti. Vahvista tarvittaessa laakerijärjestelmän aksiaalivällys mittakellolla seuraavalla tavalla:
- 12 Asenna mittakello (→ kuva 67) tai käytä magneettikiinnitteistä mittakelloa ja kiinnitä se navan tai jarrurummun pohjaan.
- 13 Säädä mittakelloa siten, että sen kara on akselia vasten ja sen keskilinja on samansuuntainen akselin keskilinjän kanssa. (Alumiinisten napojen ollessa kyseessä kiinnitä kellon magneetti akselin päähän karan pään osoittaessa napaa tai jarrurumpua vasten.)
- 14 Aseta mittakello nolnaan.
- 15 Tartu pyöräkokoontaan klo 3 ja 9 kohdilta ja liikuta sitä edestakaisin. Tulkitse aksiaalivällys.
- 16 Asenna kansi ja suorita testiajo.

Kuva 67



Kuva 68

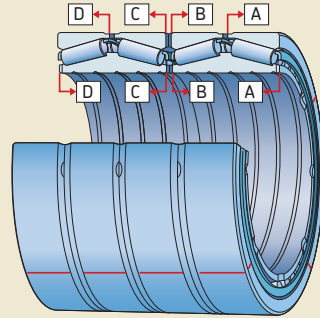
### Kaksi- ja neliriviset kartiorullalaakerit

Kaksi- ja nelirivisiä kartiorullalaakereita on useita eri malleja, joiden rakenteet vaihtelevat ulkorenkaiden lukumäärän mukaan sekä sisä- ja ulkorenkaiden välisten välirenkaiden lukumäärän mukaan.

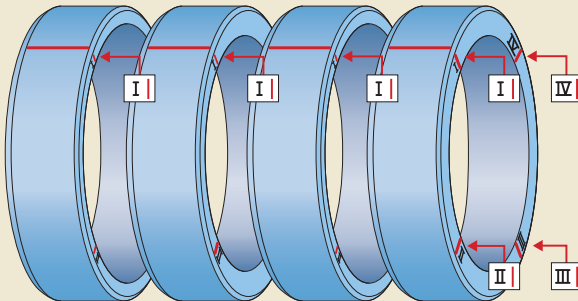
Kun näitä laakereita asennetaan, erilliset laakeriosat on asennettava oikeassa järjestyksessä. Yhteen kuuluvat osat on merkitty kirjaimilla (→ **kuva 68**). Kaikkiin laakerin osiin on lisäksi merkitty sama sarjanumero, jonka ansiosta osat on helpompi tunnistaa, jos useita laakereita asennetaan samanaikaisesti.

Ulkorenkaiden sivupinnat on jaettu neljään vyöhykkeeseen, jotka on merkitty I–IV (→ **kuva 69**). Kunkin laakerin I-alueen sijainti on merkitty ulkorenkaan ulkopintaan viivalla. Kun laakeria asennetaan ensimmäistä kertaa, vyöhyke I on yleensä asennettava kuormitusalueelle. Käyttöolosuhteista riippuen ulkorenkaita käännetään yleensä 90 asteen verran ennalta määritetyn käyttöajan jälkeen laakerin ulkorenkaiden toisen osan asettamiseksi kuormitusalueelle. Tämä pidentää laakerin käyttöikää.

Tarkat asennusohjeet julkaisussa *SKF Explorer four-row tapered roller bearings, Mounting and maintenance instructions* (SKF:n nelirivisten kartiorullalaakereiden asennus- ja huolto-ohjeet).



Kuva 69



### Pallomaisien rullalaakereiden ja CARB-kaarirullalaakereiden asentaminen

Pallomaisten rullalaakereiden ja CARB-kaarirullalaakereiden rakenteen takia renkaat ja rullasarjat saattavat siirtyä aksiaalisesti normaalista asemastaan käsittelyn aikana. Tämän takia SKF suosittelee, että pallomaiset rullalaakerit ja CARB-kaarirullalaakerit asennetaan, kun akseli tai pesä on vaakatasossa, ja että sisärengasta pyöritetään ennen asennusta mahdollisuuksien mukaan.

Kun pallomaisia rullalaakereita ja CARB-kaarirullalaakereita (varsinkin suuria ja painavia) asennetaan akselin tai pesän ollessa pystysuorassa, rullasarja sekä sisä- tai ulkorengas siirtyvät alaspäin, kunnes laakerin sisäinen säteisyvälyys menetetään. Ellei asianmukaista välystä ylläpidetä asennuksen aikana ja sen jälkeen, joko sisä- tai ulkorengaan ahdistusovitteesta syntyvät laajenemis- tai puristusvoimat saattavat aiheuttaa esijännitystä.

**HUOM.:** Tämä esijännitys saattaa aiheuttaa painaumia vierintäpintoihin ja/tai kokonaan estää laakerin pyörimisen.

Jotta laakerille ei synny esijännitystä pystysuuntaisessa asennuksessa, käytä laakerinkäsittelytyökalua tai erityistä laitetta, joka pitää laakerin osat järjestettyinä keskeisesti (→ **kuva 70**) siten, että laakerivälilyys ylläpidetään.

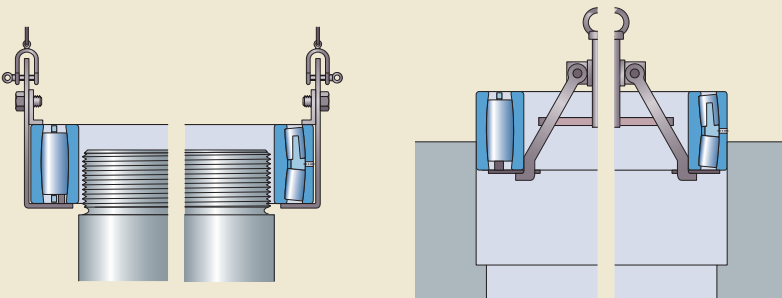
### Tiivistetyt pallomaiset rullalaakerit

Tiivistettyjä pallomaisia rullalaakereita ei yleensä tarvitse jälkivoitella. Vaativissa käyttöolosuhteissa jälkivoitelu voi kuitenkin olla tarpeen. Pienemmissä laakereissa ( $d < 100$  mm) on suojaava polymeerinauha, joka peittää voiteluuran ja ulkorengaan reiät. Jos jälkivoitelu on tarpeen, tulee polymeerinauha poistaa näistä laakereista ennen asennusta (→ **kuva 71**).

**HUOM.:** Lisätietoja voitelusta saat osiosta *Jälkivoitelu*, alkaen **s. 192**.

Tiivistetyt kartioreikäiset pallomaiset rullalaakerit on suositeltavaa asentaa SKF Drive-up -menetelmällä (→ *SKF Drive-up -menetelmä*, alkaen **sivulta 57**).

Kuva 70



## CARB-kaarirullalaakerit

### Aksiaalsiirtymän huomioiminen

CARB-kaarirullalaakerit pystyvät käsittelemään akselin aksiaalisuuntaista lämpölaajenemista sisäisesti. Jotta voidaan varmistaa, että nämä akselin aksiaalsiirtymät pesän suhteen voivat tapahtua, laakerin molemmille puolille on tarpeen jättää riittävästi tilaa (→ **kuva 72** ja katso *Olakkeet ja pyöritykset, sivu 38*).

Laakerirenkaat asennetaan normaalisti samaan linjaan toistensa suhteen. Jos odotettavissa on kuitenkin suuria lämpövaihteluita akselin pituudessa, sisärenkas tulee asentaa eri linjaan aksiaalisuunnassa ulkorenkaaseen nähden ja vastakkaiseen suuntaan oletetun lämpölaajenemisen suunnasta.

Kartioreikäiset laakerit voidaan asentaa eri-koismitoitettujen kiristysholkkien ja/tai lukitusmutterien kanssa, jotta lukituslaite ei hankaa pitimeen. Jos tavallisia lukitusmuttereita käytetään, laakerin sisärenkaan ja varmistinlaatan väliin on ehkä asennettava etäisyysrenkas.

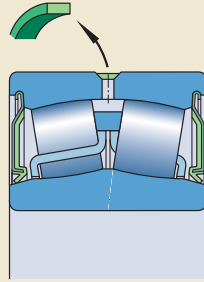
SKF Drive-up -menetelmä on hyvä asennusmenetelmä asennettaessa kartioreikäisiä CARB-kaarirullalaakereita (→ *SKF Drive-up -menetelmä, alkaen sivulta 57*).

Jos rakennepiirustuksissa ei ole tietoja vaaditusta vapaasta tilasta, sallitusta aksiaalipoikkeamasta sisä- ja ulkorenkaan välillä ja etäisyysrenkaan mitoista (tapauksen mukaan), katso sivu [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

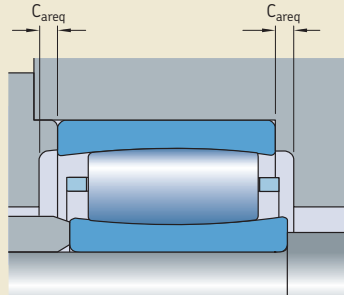
### Lukitusrenkaalliset laakerit

Käytettäessä CARB-täysrullalaakereita, joiden ulkorenkaassa on lukitusrenkas ja joiden tulee pystyä käsittelemään suuria aksiaalsiirtymiä, varmista, että sisärenkas voidaan siirtää erilleen lukitusrenkaasta (→ **kuva 73**).

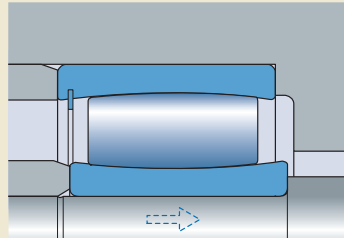
Kuva 71



Kuva 72



Kuva 73







# Laakeripesäyksiköiden asentaminen

<b>Yleistä</b> .....	94	<b>Lieriömäisellä lukkorengaalla varustettujen rullalaakeriyksiköiden asentaminen</b> .....	119
<b>Huomioitavat asiat</b> .....	94	<b>Kuulalaakeriyksiköiden asentaminen</b> ...	121
<b>Asennustyön esivalmistelut</b> .....	101		
<b>Tarvittavat työkalut</b> .....	102		
<b>Pidätinruuvilukituksella varustettujen kuulalaakeriyksiköiden asentaminen</b> ...	104		
Kuulalaakeriyksiköt valurauta- tai komposiittilaakeripesillä .....	104		
Kuulalaakeriyksiköt teräslevystä puristetuilla laakeripesillä .....	105		
<b>Epäkeskisellä lukkorengaalla varustettujen kuulalaakeriyksiköiden asentaminen</b> .....	106		
Kuulalaakeriyksiköt valurauta- tai komposiittilaakeripesillä .....	106		
Kuulalaakeriyksiköt teräslevystä puristetuilla laakeripesillä .....	108		
<b>Kiristysholkilla varustettujen kuulalaakeriyksiköiden asentaminen</b> ...	109		
<b>SKF ConCentra -kuulalaakeriyksiköiden asentaminen</b> .....	111		
SKF ConCentra -kuulalaakeripesäyksiköt	111		
SKF ConCentra -kuulalaakerin laippalaakeriyksiköt .....	113		
<b>SKF ConCentra -rullalaakeriyksiköiden asentaminen</b> .....	114		
SKF ConCentra -rullalaakereiden pystylaakeripesät .....	114		
SKF ConCentra -rullalaakerin laippayksiköt .....	117		

### Yleistä

SKF-laakeriysiköt ovat asennus- ja käyttövalmiita yksiköitä. Yksiköihin kuuluu tavallisesti itse kuula- tai rullalaakeri ja harmaavaluraudasta, teräslevystä tai komposiittimateriaalista valmistettu laakeripesä. Kun yksiköt asennetaan huolellisesti, saavutetaan mahdollisimman pitkä käyttöikä. Väärät asennustavat tai sopimattomat työkalut voivat lyhentää käyttöikää ja vaurioittaa laakeriysiköitä. Koska laakerit ovat tarkkuuskomponentteja, niitä on käsiteltävä varoen asennuksen aikana.

### Huomioitavat asiat

SKF-laakeriysiköitä on saatavana kolmea eri pesätyyppiä, ja laakerin tyyppin ja yksikkökoon mukaan voidaan valita eri tapoja yksikön lukitsemiseen akselille. Yleisimmät tavat ovat (→ **kuva 1**):

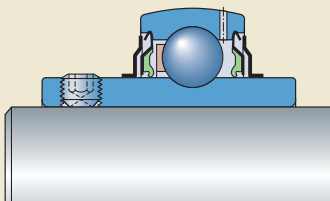
- pidätinruuvilukitus (**a**)
- yksi pidätinruuvi ja epäkeskinen lukkorengas (**b**)
- kiristysholkkiinnitys (**c**)
- SKF ConCentra -lukitusmekanismi (**d, e**)
- kaksi pidätinruuvia ja lieriömäinen lukkorengas (**f**)

Varaosayksikön valinnassa on huomioitava seuraavat alkuperäisen kuula- tai rullalaakerin tekijät:

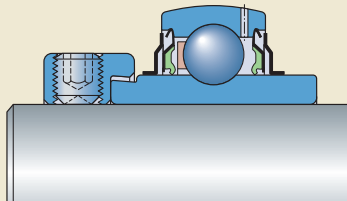
- akselin lukitustapa (→ **kuva 1** ja **taulukko 1 sivulla 96**)
- pesätyyppi (→  **kuvat 2a–2t, alkaen s. 95 ja taulukko 2, sivulla 100**)
- tiivistystapa (→ **taulukko 1, sivulla 96**)
- sisärengas, jota voidaan jatkaa toiselta tai molemmilta puolilla (kuulalaakeriysiköt)
- ohjaava tai vapaa pää (rullalaakeriysiköt)

Lisätietoja SKF:n kunnossapito- ja voiteluainetuotteista ja työkaluista saat osoitteista [www.skf.com](http://www.skf.com) ja [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

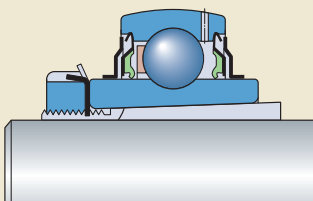
SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) tarjoaa laajan valikoiman koulutuskursseja (→ *Koulutus*, alkaen s. 326). Lisätietoja on saatavana SKF:n paikalliselta edustajalta tai osoitteesta [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).



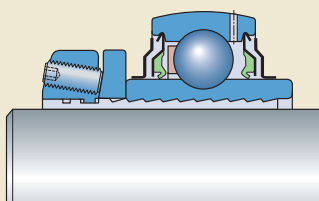
a) Pidätinruuvilukitus



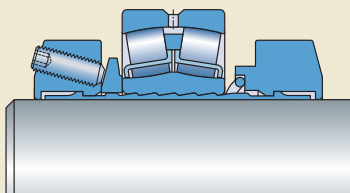
b) Yksi pidätinruuvi ja epäkeskinen lukkorengas



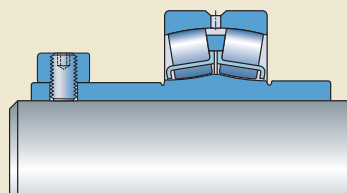
c) Kiristysholkkiinnitys



d) SKF ConCentra -lukitus, kuulalaakeriyksiköt



e) SKF ConCentra -lukitus, rullalaakeriyksiköt



f) Kaksi pidätinruuvia ja lieriömäinen lukkorengas

## Akselin lukituslaitteet, järjestelmät ja tiivisteet

Nimitys jälkimerkintä	Kuva <sup>1)</sup>	Kuvaus	Täydellinen laakerirykistö merkintä (esimerkki)
		<b>Lukituslaite</b>	
-	1f	Kaksi pidätinruuvia ja lieriömäinen lukkorengas	SYR 2.7/16
FM	1b	Yksi pidätinruuvi ja epäkeskinen lukkorengas	TU 35 FM
KF	1c	Kirstyshotkki	SYJ 65 KF
N	1e	SKF ConCentra -lukitusmekanismi	FSYE 3.15/16 N
NTH	1a	Kaksi pidätinruuvia sisärenkaassa	FYTBKC 20 NTH
NTR	1a	Kaksi pidätinruuvia sisärenkaassa	FYKC 30 NTR
PF	1d	SKF ConCentra -lukitusmekanismi	SY 45 PF
RM	1a	Kaksi pidätinruuvia sisärenkaassa	SYH 1.15/16 RM
TF	1a	Kaksi pidätinruuvia sisärenkaassa	SYFJ 45 TF
THR	1a	Kaksi pidätinruuvia sisärenkaassa	FYL 25 THR
TR	1a	Kaksi pidätinruuvia sisärenkaassa	SYK 20 TR
WF	1b	Yksi pidätinruuvi ja epäkeskinen lukkorengas	FY 60 WF
		<b>Järjestelmät ja tiivisteet</b>	
-		Vapaan pään laakeripesän rullalaakerirykistö	SYR 2.7/16
-		Kaksoisuulitiiivisteet (vakio)	SYR 2.7/16
AH		Kuulalaakerirykistöt ilmankäsittelyjärjestelmiin	SY 2 TF/AH
F		Ohjaavan pään rullalaakerirykistö metrimittaisille akselleille	SYT 45 F
H		Ohjaava rullalaakerirykistö tuumamittaisille akselleille	FSYE 3.15/16 NH
L		Vapaan pään rullalaakerirykistö metrimittaisille akselleille	SYNT 50 L
TS		Sokkelotiivisteet	SYNT 50 LTS
TF		Säteisakselitiivisteet	SYNT 45 FTF
W		Ilman jälkivoiteluominaisuuksia	SYNT 100 FW
-118		Sokkelotiivisteet	SYR 2.7/16 N-118
-3		Säteisakselitiivisteet	SYR 2.7/16-3
-18		Sokkelotiivisteet	SYR 2.7/16-18

<sup>1)</sup> Sivulla 95

Kuva 2a



Pystylaakeripesät  
SY, SYH, SYJ, SYM

Kuva 2b



Pystylaakeripesät  
SYK, SYKC, SYL

Kuva 2c



Pystylaakeripesät  
SYF, SYFJ

Kuva 2f



Pystylaakeripesät  
SYNT

Kuva 2d



Pystylaakeripesät  
SYFL

Kuva 2g



Pystylaakeripesät  
SYR, SYE

Kuva 2e



Pystylaakeripesät  
P, S

Kuva 2h



Laippalaakeripesät  
FY, FYJ, FYM

# Laakeripesäyksiköiden asentaminen

Kuva 2i



Laippalaakeripesät  
FYK, FYKC, FYL

Kuva 2l



Laippalaakeripesät  
FYC

Kuva 2j



Laippalaakeripesät  
FYT, FYTB, FYTJ, FYTM

Kuva 2m



Laippalaakeripesät  
F, PF

Kuva 2k



Laippalaakeripesät  
FYTBK, FYTBKC, FYTL

Kuva 2n



Laippalaakeripesät  
FT, PFT

Kuva 2o



Laippalaakeripesät  
PFD

Kuva 2r



Säätölaakeripesät  
TU, TUJ, TUM

Kuva 2p



Laippalaakeripesät  
FYE

Kuva 2s



Säätölaakeripesät  
TUL

Kuva 2q



Laippalaakeripesät  
FYR

Kuva 2t



Säätölaakeripesät  
TBR

SKF-kuula- ja -rullalaakereiden laakeripesätyypit<sup>1)</sup>

Pesä tyyppi	Kuvaus
F	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö teräslevystä puristetulla laakeripesällä
FSYE	Rullalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, valettu laakeripesä ja neljä kiinnityspulttia jalustassa
FSYR	Rullalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, valettu laakeripesä ja neljä kiinnityspulttia jalustassa
FT	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, soikea laippa, teräslevystä puristettu laakeripesä
FY	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, neliölaippa, valettu laakeripesä
FC	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, pyöreä laippa, valettu laakeripesä
FYE	Rullalaakerin laippalaakeriyksikkö, neliölaippa, valettu laakeripesä
FYJ	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, neliölaippa, valettu laakeripesä
FYK	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, neliölaippa, laakeripesä vahvistettua polyamidimuovia
FYKC	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, neliölaippa, laakeripesä vahvistettua polyamidimuovia
FYL	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, neliölaippa, laakeripesä vahvistettua polyamidimuovia
FYM	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, neliölaippa, valettu laakeripesä
FYNT	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, neliölaippa, valettu laakeripesä
FYR	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, pyöreä laippa, valettu laakeripesä
FYRP	Rullalaakerin laippalaakeriyksikkö, pyöreä laippa, valettu laakeripesä ja koneistettu jatko
FYT	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, soikea laippa, valettu laakeripesä
FYTB	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, soikea laippa, valettu laakeripesä
FYTBK	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, soikea laippa, laakeripesä vahvistettua polyamidimuovia
FYTBKC	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, soikea laippa, laakeripesä vahvistettua polyamidimuovia
FYTJ	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, soikea laippa, valettu laakeripesä
FYTL	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, soikea laippa, laakeripesä vahvistettua polyamidimuovia
FYTM	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, soikea laippa, valettu laakeripesä
P	Kuulalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, teräslevystä puristettu laakeripesä
PF	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, pyöreä laippa, teräslevystä puristettu laakeripesä
PFD	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, kolmiolaippa, teräslevystä puristettu laakeripesä
PFT	Kuulalaakerin laippalaakeriyksikkö, soikea laippa, teräslevystä puristettu laakeripesä
S (paikoillaan oleva kone)	Kuulalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, teräslevystä puristettu laakeripesä
SY	Kuulalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, valettu laakeripesä
SYE	Rullalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, valettu laakeripesä
SYF	Kuulalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, lyhennetty jalusta, valettu laakeripesä
SYFJ	Kuulalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, lyhennetty jalusta, valettu laakeripesä
SYFL	Kuulalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, lyhennetty jalusta, laakeripesä polyesterimuovia
SYH	Kuulalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, valettu laakeripesä
SYJ	Kuulalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, valettu laakeripesä
SYK	Kuulalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, laakeripesä vahvistettua polyamidimuovia
SYKC	Kuulalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, laakeripesä vahvistettua polyamidimuovia
SYL	Kuulalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, laakeripesä polyesterimuovia
SYM	Kuulalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, valettu laakeripesä
SYNT	Rullalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, valettu laakeripesä
SYR	Rullalaakerin pystyalaakeripesäyksikkö, valettu laakeripesä
TU	Kuulalaakerin säätöalaakeripesäyksikkö, valettu laakeripesä
TUJ	Kuulalaakerin säätöalaakeripesäyksikkö, valettu laakeripesä
TUL	Kuulalaakerin säätöalaakeripesäyksikkö, laakeripesä polyesterimuovia
TUM	Kuulalaakerin säätöalaakeripesäyksikkö, valettu laakeripesä

<sup>1)</sup> Katso myös kuvat 2a–2t, alkaen s. 96.

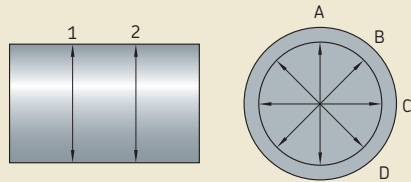


## Asennustyön esivalmistelut

Tee seuraavat asiat ennen laakeriryksikön asennusta:

- Varmista, että akseli on puhdas eikä siinä ole jäysteitä. Tarvittaessa, poista jäysteet ja viistä akselin pää hiomanauhalla tai hienolla viillalla. Pyyhi akseli puhtaaksi.
- Tarkista, että akselin sovitte on toleranssialueella, mitattuna kahdesta eri kohtaa (aksiaalisesti) ja neljästä asennosta säteen suunnassa (→ kuva 3).
- Jos laakeriryksiköissä käytetään pidätinruuveja, epäkeskistä lukkorengasta tai lieriömäistä lukkorengasta, voitele akseli kevyesti ohuella öljyllä.
- Jos laakeriryksiköissä käytetään kiristysolkkia tai SKF ConCentra -lukitustapaa, pyyhi akseli puhtaalla liinalla ja varmista, että se on kuiva ja rasvaton.
- Puhdista laakeriyksikköä vastassa oleva kiinnityspinta ja tarkista, että suositeltu tasomaisuus vastaa toleranssiastetta IT7.
- Jos laakeriyksikköä käytetään uudestaan, varmista, että laakerin reikä ja pesän pohjapinta ovat puhtaita.
- Jos laakeriryksikön akselikorkeutta on nostettava linjauslevyillä, varmista, että linjauslevyt kattavat koko kosketuspinnan yksikön jalustan ja tukipinnan välillä.
- SKF suosittelee luokan 8.8 pulttien tai akselitappien sekä ISO 7089:2000:n tai 7090:2000:n mukaisten aluslaattojen ja jousilaattojen käyttöä kuula- ja rullalaakeriyksiköiden kiinnittämiseen runkorakenteeseen. ISO 4014:1999:n mukaiset kuusiopultit ovat sopivia. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös ISO 4762:1988:n mukaisia kuusiokoloruuveja.
- Poista laakeriyksiköt alkuperäisistä pakkauksistaan vasta juuri ennen asennusta, jotta ne pysyvät suojassa epäpuhtauksilta etenkin vaativissa olosuhteissa.

Kuva 3



## Tarvittavat työkalut

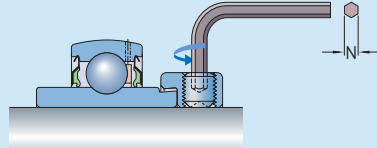
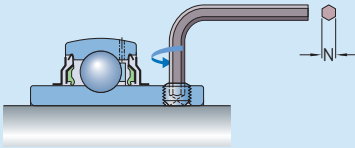
SKF-kuula- ja -rullalaakeriryksiköiden asentamiseen tarvitaan seuraavat työkalut:

- kuusiokoloavain tai momenttiavain sisärenkaan tai lukkorenaan pidätinruuvien kiristämiseen **taulukon 3** mukaan
- haka-avain kiristysholkin lukitusmuttereiden kiristämiseen **taulukon 4** mukaan

- momenttiavain tai kuusiokoloavain kiinnitysruuvien, -pulttien tai muttereiden kiristämiseen

Taulukko 3

Kuusiokoloavaimet ja suositellut kiristysmomentit pidätinruuvilukituksella tai lukkorengaalla varustetuille kuulalaakeriryksiköille



Akselin halkaisija	Kuusiokoloavaimen koko	Kiristysmomentti
d yli	ml.	
mm/tuumaa	mm/tuumaa	Nm (in.lbf)

Akselin halkaisija	Kuusiokoloavaimen koko	Kiristysmomentti
d yli	ml.	
mm/tuumaa	mm/tuumaa	Nm (in.lbf)

**Pidätinruuvilukituksella varustetut kuulalaakeriryksiköt**  
Yksiköt, joissa jälkimerkintä TF tai TR (lukuun ottamatta alla luetteluja sarjoja)

–	35	3	4 (35)
35	45	4	6,5 (58)
45	65	5	16,5 (146)
65	100	6	28,5 (252)
–	5/8	3/32	4 (35)
5/8	1 3/16	1/8	4 (35)
1 3/16	1 3/4	5/32	6,5 (58)
1 3/4	2 11/16	3/16	16,5 (146)
2 11/16	2 15/16	7/32	28,5 (252)

Yksiköt SYM .. TF, FYM .. TF ja TUM .. TF -sarjoissa

–	1	1/8	4 (35)
1	1 1/2	5/32	6,5 (58)
1 1/2	2 3/16	3/16	16,5 (146)
2 3/16	3	7/32	28,5 (252)

Yksiköt, joissa jälkimerkintä RM

–	45	3	4 (35)
45	50	4	6,5 (58)
–	5/8	3/32	4 (35)
5/8	1 3/16	1/8	4 (35)
1 3/16	1 3/4	5/32	6,5 (58)
1 3/4	2 11/16	3/16	16,5 (146)
2 11/16	2 15/16	7/32	28,5 (252)

**Epäkeskisellä lukkorengaalla varustetut kuulalaakeriryksiköt**  
Yksiköt, joissa jälkimerkintä FM tai WF

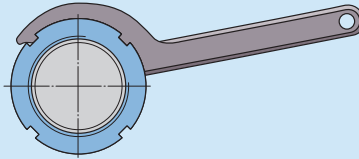
–	25	3	4 (35)
25	30	4	6,5 (58)
30	65	5	16,5 (146)
–	5/8	3/32	4 (35)
5/8	1	1/8	4 (35)
1	1 15/16	5/32	6,5 (58)
1 15/16	3	3/16	16,5 (146)

**Lieriömäisellä lukkorengaalla varustetut rullalaakeriryksiköt**

1 3/16	2 3/16	3/8	28,5 (252)
2 3/16	3 1/2	1/2	70 (620)
3 1/2	4	5/8	149,7 (1 325)
4	4 15/16	5/8	149,7 (1 325)

Taulukko 4

Haka-avaimet ja kiristysmomenttiarvot kuulalaakeriyksiköille SVJ .. KF, FYJ .. KF ja FYTJ .. KF -sarjoissa, kiristysholkilla asennettuna



Akselin halkaisija		Laakeriyksikkö Sisäreiän halkaisija	Sopiva kiristysholkki Nimitys	Sopiva haka-avain				
d				Nimitys	Kiristysmomentti			
mm	Tuumaa	mm	–	–	min Nm	max	min in.lbf	max
19,050	3/4	25	HE 2305	HN 5-6	13	17	115	150
20	–	25	H2305	HN 5-6	13	17	115	150
23,812	15/16	30	HA 2306	HN 5-6	22	28	195	248
25	–	30	H2306	HN 5-6	22	28	195	248
25,400	1	30	HE 2306	HN 5-6	22	28	195	248
30	–	35	H2307	HN 7	27	33	239	292
30,162	1 3/16	35	HA 2307	HN 7	27	33	239	292
31,750	1 1/4	40	HE 2308	HN 8-9	35	45	310	398
35	–	40	H2308	HN 8-9	35	45	310	398
36,512	1 7/16	45	HA 2309	HN 8-9	45	55	398	487
38,100	1 1/2	45	HE 2309	HN 8-9	45	55	398	487
40	–	45	H2309	HN 8-9	45	55	398	487
41,275	1 5/8	50	HS 2310	HN 10-11	55	65	487	575
42,862	1 13/16	50	HA 2310	HN 10-11	55	65	487	575
44,450	1 3/4	50	HE 2310	HN 10-11	55	65	487	575
45	–	50	H2310	HN 10-11	55	65	487	575
49,212	1 15/16	55	HA 2311 B	HN 10-11	65	85	575	752
50	–	55	H2311	HN 10-11	65	85	575	752
50,800	2	55	HE 2311	HN 10-11	65	85	575	752
53,975	2 1/8	60	HS 2312	HN 12-13	85	115	752	1018
55	–	60	H2312	HN 12-13	85	115	752	1018
55,562	2 3/16	65	HA 2313	HN 12-13	110	150	974	1328
57,150	2 1/4	65	HE 2313	HN 12-13	110	150	974	1328
60	–	65	H2313	HN 12-13	110	150	974	1328
60,325	2 3/8	65	HS 2313	HN 12-13	110	150	974	1328

## Pidätinruuvilukituksella varustettujen kuulalaakeriyksiköiden asentaminen

### Kuulalaakeriyksiköt valurauta- tai komposiittilaakeripesillä

Kun asennetaan valurautaisia tai komposiittilaakeripesäyksiköitä (→ kuvat 2a, 2b, 2c, 2d, 2h, 2i, 2j, 2k, 2l, 2r ja 2s sivuilla 96 – 99), joissa on pidätinruuvilukitus (→ kuva 1a, sivu 95), on noudatettava tarkasti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut* sivulla 101 annettuja ohjeita ja alla olevia lisäohjeita:

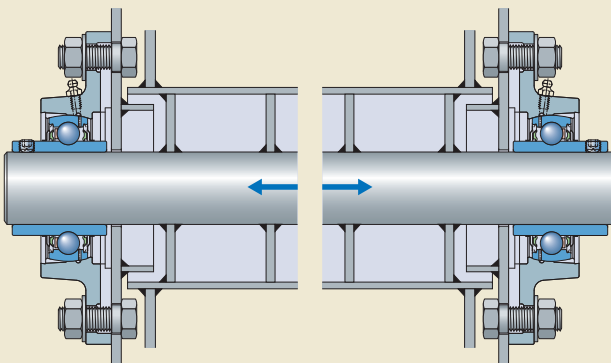
- 1 Asenna kaikki kahden laakeriyksikön väliset komponentit akselille.
- 2 a) Pysty-laakeripesät: Asenna laakeriyksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin. Linjaa molemmat yksiköt huolellisesti ja kiristä kiinnityspultit suositeltuihin kiristysmomenttiarvoihin, jotka on lueteltu **taulukossa 5**.  
b) Laippalaakeriyksiköt: Tue akseli kiinnitysasentoon koneen seinämien väliin. Asenna laakeriyksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin. Jos kyseessä on olakkeeton akseli, linjaa molemmat yksiköt huolellisesti ja kiristä kiinnityspultit suositeltuihin kiristysmomenttiarvoihin, jotka on lueteltu **taulukossa 5**.

c) Säättölaakeripesäyksiköt: Asenna laakeriyksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin. Asenna akseli-/laakeriyksikkökokonaisuus säätökehysiin ja kiinnitä säätöruuvit yksiköiden valetun rungon aukoista. Suorita yksiköiden linjaus huolellisesti.

**HUOM.:** Jos yksikköä aiotaan jälkivoidella, suurin sallittu akselin ja yksikön välinen kulmavirhe on 2°. Muussa tapauksessa suurin sallittu kulmavirhe on 5°.

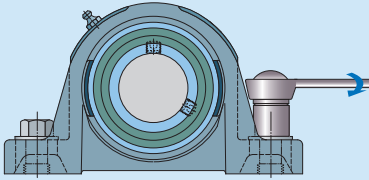
- 3 Linjaa ja asemoi akseli laakerijärjestelmään aksiaalisesti (→ kuva 4).
- 4 Kiristä sisärenkaan pidätinruuvit (→ kuva 5) molemmissa yksiköissä kiristysmomenttiin, jotka on lueteltu **taulukossa 3, sivulla 102**.
- 5 Jos mahdollista, tarkista pyörittämällä akselia muutama kierros, että laakerijärjestelmä pyörii herkästi.
- 6 Mikäli järjestelmä sisältää päätykannet, kiinnitä ne.

Kuva 4



Taulukko 5

Kiinnityspulteille tai -muttereille suositellut kiristysmomentit



Pultin koko	Kiristysmomentti	
	mm/tuumaa	Nm
6	9	7
8	22	16
10	45	34
12	80	60
16	200	150
20	385	285
24	665	485
3/8	28	21
1/2	95	70
5/8	185	135
3/4	320	235
7/8	515	380
1	770	570

### Kuulalaakeriyrksiköt teräslevystä puristetuilla laakeripesillä

Kun asennetaan kuulalaakeriyrksiköitä, jotka on varustettu teräslevyistä puristetuilla laakeripesillä (→ kuvat 2e, 2m, 2n ja 2o sivuilla 97–99), joissa on pidätinruuvilukitus (→ kuva 1a, sivulla 95), on noudatettava tarkasti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut*, sivulla 101, annetuja ohjeita ja alla olevia lisäohjeita:

- 1 Asenna kaikki kahden laakeriyrksikön väliset komponentit akselille.
- 2 a) Pystyalaakeripesät: Aseta laakeripesien kiinnityspinnat niiden tukipinnoille (runko). Asenna laakeri molempiin akselin päihin siten, että lukituslaite osoittaa ulospäin ja aseta akseli laakereineen laakeripesien jalustojen päälle.

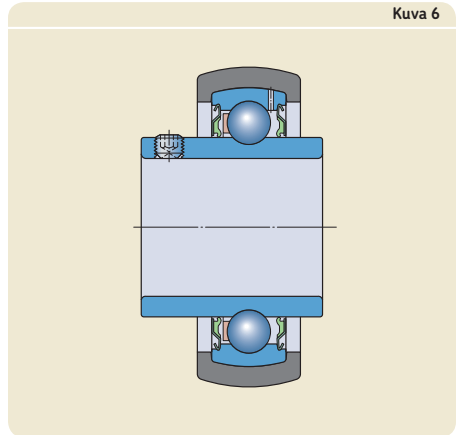
**HUOM.:** Jos laakeriyrksikössä on kuminen soviterengas laakerin ulkorengaan vaippapintaa vasten, asenna se ensin paikoilleen (→ kuva 6).

- b) Laippalaakeriyrksiköt: Aseta yksi pesän puolisko paikalleen koneen seinämille, tue akseli kiinnitysasentoon koneen seinämien väliin ja asenna laakeri molempiin akselin päihin siten, että lukituslaite osoittaa ulospäin.
- 3 Aseta laakeripesän kansi tai toinen pesän puolisko kunkin laakerin päälle (→ kuva 7, sivulla 106) ja kiinnitä kiinnityspultit tai -mutterit, mutta älä kiristä niitä.

Kuva 5



Kuva 6



- 4 Linjaa molemmat pesät huolellisesti käyttäen apuna akselin keskilinjaa ja kiristä kiinnityspultit suositeltuun kiristysmomenttiarvoon, jotka on lueteltu **taulukossa 5, sivulla 105**.

**HUOM.:** Jos yksikköä aiotaan jälkivoidella, suurin sallittu akselin ja yksikön välinen kulmavirhe on 2°. Muussa tapauksessa suurin sallittu kulmavirhe on 5°.

**HUOM.:** Yksiköt varustettuna teräslevyrun-golla, eivät voi käsitellä linjausvirheitä sen jälkeen, kun kiinnityspultit tai -mutterit on kiristetty lopulliseen kiristysmomenttiin. Tämä ei koske kumisella soviterenkaalla varustettuja pysty-laakeripesäyksiköitä.

- 5 Jos mahdollista, linjaa akseli ja laakerit toistensa suhteen ja asemoi laakeri (→ **kuva 4 sivulla 104**) ja pyöritä akselia muutama kierros.
- 6 Kiristä sisärenkaan pidätinruuvit molemmissa yksiköissä kiristysmomenttiin, jotka on lueteltu **taulukossa 3, sivulla 102**.
- 7 Jos mahdollista, tarkista pyörittämällä akselia muutama kierros, että laakerijärjestelmä pyörii herkästi.



Kuva 7

## Epäkeskisellä lukkorenkaalla varustettujen kuulalaakeriyksiköiden asentaminen

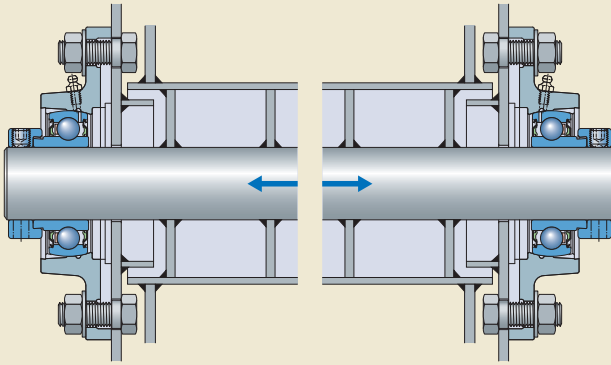
### Kuulalaakeriyksiköt valurauta- tai komposiittilaakeripesillä

Kun asennetaan valurautaisia- tai komposiittilaakeripesäyksiköitä (→  **kuvat 2a, 2c, 2h, 2j, 2l ja 2r on sivuilla 96–99**) ja epäkeskisillä lukkorenkailla (→ **kuva 1b, sivulla 95**), on noudatettava huolellisesti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut, sivulla 101*, annettuja ohjeita sekä alla olevia lisäohjeita:

- 1 Asenna kaikki kahden laakeriyksikön väliset komponentit akselille.
- 2 Irrota epäkeskiset lukkorenkaat.
- 3 a) Pysty-laakeripesät: Asenna laakeriyksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin. Linjaa molemmat yksiköt huolellisesti ja kiristä kiinnityspultit molemmissa yksiköissä suositeltuun kiristysmomenttiarvoon, jotka on lueteltu **taulukossa 5, sivulla 105**.  
b) Laippalaakeriyksiköt: Kohdista akseli koneen seinämien väliin. Asenna laakeriyksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin. Jos akseli on olakkeeton, asemoi ja linjaa molemmat yksiköt huolellisesti ja kiristä kiinnityspultit suositeltuun kiristysmomenttiarvoon, jotka on lueteltu **taulukossa 5, sivulla 105**.  
c) Säätölaakeripesäyksiköt: Asenna laakeriyksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin. Asenna akseli-/laakeriyksikkökokonaisuus säätökehysiin ja kiinnitä säätöruuvit yksiköiden valetun rungon aukoista. Suorita yksiköiden linjaus huolellisesti.

**HUOM.:** Jos yksikkö on jälkivoideltava, suurin sallittu akselin ja yksikön välinen kulmavirhe on 2°. Muussa tapauksessa suurin sallittu kulmavirhe on 5°.

Kuva 8



3

- 4 Linjaa ja asemoi akseli laakerijärjestelmään aksiaalisesti (→ kuva 8).
- 5 Aseta epäkeskinen lukkorengas kunkin yksikön sisärenkaan jatkeeseen ja kiristä se sormitiukkuuteen pyörimissuuntaan (→ kuva 9). Kiristä sitten lukkorengas joko haka-avaimella ja tapilla käyttäen renkaan ympäryksessä olevaa reikää (→ kuva 10) tai vasaralla ja lyöntituurnalla. Kiristä kunkin yksikön lukkorengaan pidätinruuvit kiristysmomenttiin, jotka on lueteltu **taulukossa 3, sivulla 102**.
- 6 Jos mahdollista, tarkista pyörittämällä akselia muutama kierros, että laakerijärjestelmä pyörii herkästi.
- 7 Mikäli järjestelmä sisältää päätykannet, kiinnitä ne.

Kuva 9



Kuva 10



## Laakeripesäyksiköiden asentaminen

### Kuulalaakeriryksiköt teräslevyistä puristetuilla laakeripesillä

Kun asennetaan kuulalaakeriryksiköitä, jotka on varustettu teräslevyistä puristetuilla laakeripesillä (→ kuvat 2e, 2m, 2n ja 2o on sivuilla 97–99) ja epäkeskisillä lukkorenkailla (→ kuva 1b, sivulla 95), on noudatettava huolellisesti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut*, sivulla 101, annettuja ohjeita sekä alla olevia lisäohjeita:

- 1 Asenna kaikki kahden laakeriryksikön väliset komponentit akselille.
- 2 Irrota lukkorenkaat.
- 3 a) Pystyalaakeripesät: Aseta laakeripesien kiinnityspinnat niiden tukipinnoille (runko). Asenna laakeri molempiin akselin päihin siten, että lukituslaite osoittaa ulospäin ja aseta akseli laakereineen laakeripesien jalustojen päälle.

**HUOM.:** Jos laakeriryksikössä on kuminen soviterengas laakerin ulkorenkkaan vaippapintaa vasten, asenna se ensin paikoilleen (→ kuva 11).

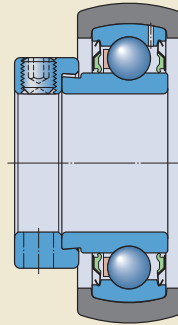
- b) Laippalaakeriryksiköt: Kohdista akseli koneen seinämien väliin. Asenna laakeriryksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin.
- 4 Aseta laakeripesän kansi tai toinen pesän puolisko kunkin laakerin päälle (→ kuva 12) ja kiinnitä kiinnityspultit tai -mutterit, mutta älä kiristä niitä.
- 5 Linjaa molemmat pesät huolellisesti esimerkiksi akselin avulla, ja kiristä kiinnityspultit suositeltuun kiristysmomenttiin, jotka on lueteltu taulukossa 5, sivulla 105.

**HUOM.:** Jos yksikköä aiotaan jälkivoidella, suurin sallittu akselin ja yksikön välinen kulmavirhe on 2°. Muussa tapauksessa suurin sallittu kulmavirhe on 5°.

**HUOM.:** Yksiköt varustettuna teräslevyrungolla, eivät voi käsitellä linjausvirheitä sen jälkeen, kun kiinnityspultit tai -mutterit on kiristetty lopulliseen kiristysmomenttiin. Tämä ei koske kumisella soviterenkaalla varustettuja pystyalaakeripesäyksiköitä.

- 6 Jos mahdollista, linjaa akseli ja laakerit toistensa suhteen ja asemoi laakeri (→ kuva 8, sivulla 107) ja pyöritä akselia muutama kierros.

Kuva 11



Kuva 12



- 7 Aseta epäkeskinen lukkorengas kunkin yksikön sisärenkaan jatkeeseen ja kiristä se käsittekkyyteen pääpyörimissuuntaan. Kiristä lukkorengas lopulliseen asentoonsa joko haka-avaimella ja tapilla käyttäen renkaan ympäryksessä olevaa reikää tai vasaralla ja lyöntituurnalla. Kiristä kunkin yksikön lukkorenkkaan pidätinruuvi kiristysmomenttiin, jotka on lueteltu taulukossa 3, sivulla 102.
- 8 Jos mahdollista, tarkista pyörittämällä akselia muutama kierros, että laakerijärjestelmä pyörii herkästi.



## Kirstysholkilla varustettujen kuulalaakeriyksiköiden asentaminen

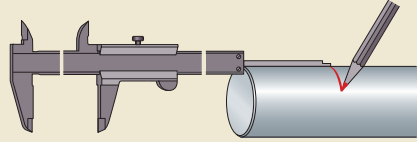
Kun asennetaan kirstysholkilla varustettuja kuulalaakereiden pystylaakeripesäyksiä (→ **kuva 1c, sivulla 95**), on noudatettava huolellisesti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut sivulla 101* annettuja ohjeita sekä alla olevia ohjeita:

- 1 Asenna kaikki kahden laakeriyksikön väliset komponentit akselille.
- 2 Määritä kirstysholkkien asema akselilla (→ **kuva 13**).

**HUOM.:** Ota huomioon, että kokoamisen aikana yksikkö siirtyy aksiaalisesti kirstysholkilla akselia pitkin. Jos akseli on olakkeellinen, yksikön asema akselilla määräytyy olakkeen mukaan, mikä helpottaa asennusta huomattavasti.

- 3 Irrota mutteri ja varminlaatta kirstysholkista.
- 4 Levitä kirstysholkkia hieman asettamalla ruuvitaltta holkin aukkoon (→ **kuva 14**). Asenna ne sitten akselille siten, että kierre osoittaa ulospäin.
- 5 Kohdista ensimmäinen laakeriyksikkö paikalleen kirstysholkin päälle.
- 6 Aseta lukituslevy paikalleen ja kiristä lukitusmutteria, kunnes sisärengas, holkki ja akseli koskevat kunnolla toisiaan.
- 7 Jatka lukitusmutterin kiristämistä joko hakaavaimella noin  $70^\circ$  (→ **kuva 15**) tai momenttiavaimella suositeltuun kiristysmomenttiin (→ **taulukko 4, sivulla 103**). Varmista, että holkki ei pyöri akselilla mutterin kiristyksen aikana. Kiristyksen aikana akseli liikkuu aksiaalisesti yksikön aksiaalisieritymän mukaan sen kartiomaisella holkki-istukalla.

Kuva 13



3

Kuva 14



Kuva 15



## Laakeripesäyksiköiden asentaminen

- 8 Lukitse lukitusmutteri taivuttamalla lukituslevyn kieleke yhteen mutterin ympäryksessä olevista koloista (→ **kuva 16**).
- 9 Aseta kiinnityspultit tai -mutterit paikoilleen, mutta älä kiristä niitä.
- 10 Kohdista laakeriyksikkö akselin toiseen päähän paikalleen holkin päälle.
- 11 Toista **vaiheet 6–9**. Tällöin yksikön pitäisi päästä liikkumaan kiristysholkin päällä akselia pitkin yksikön aksiaalisiirtymän mukaan sen kartiomaisella holkki-istukalla.
- 12 Suorita yksiköiden linjaus huolellisesti.

**HUOM.:** Jos yksikkö on jälkivoideltava, suurin sallittu akselin ja yksikön välinen kulmavirhe on 2°. Muussa tapauksessa suurin sallittu kulmavirhe on 5°.

- 13 Kiristä kiinnityspultit tai -mutterit suositeltuun kiristysmomenttiarvoon, jotka on lueteltu **taulukossa 5, sivulla 105**.
- 14 Jos mahdollista, tarkista pyörittämällä akselia muutama kierros, että laakerijärjestelmä pyörii herkästi.
- 15 Mikäli järjestelmä sisältää päätykannet, kiinnitä ne.

Lisätietoja kiristysholkilla varustettujen kuula-laakereiden laipallisten laakeripesäyksiköiden asentamisesta on saatavana SKF:n edustajalta.



## SKF ConCentra -kuulalaakeriyksiköiden asentaminen

Kuva 17

**HUOM.:** Älä pura itse yksikköä. Älä kiristä asennusrenkaan pidätinruuveja, ellei yksikköä asenneta akselille. Se voi vaurioittaa SKF ConCentra -laakerin monikartioholkkia.

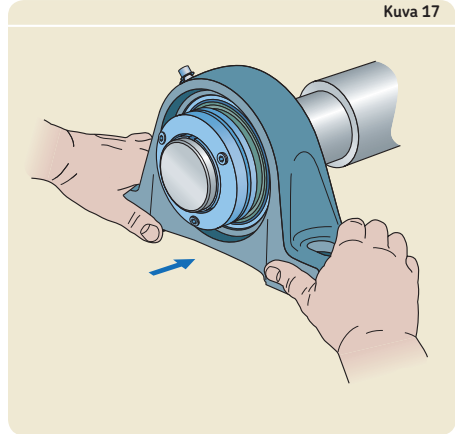
### SKF ConCentra -kuulalaakeripesäyksiköt

Kun asennetaan SKF ConCentra -kuulalaakeripesäyksiköitä (→ **kuva 1d, sivulla 95**), on noudatettava huolellisesti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut, sivulla 101*, annettuja ohjeita sekä alla olevia lisäohjeita:

- 1 Asenna kaikki kahden laakeriyksikön väliset komponentit akselille.
- 2 Asenna laakeriyksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin (→ **kuva 17**).
- 3 Kohdista ensimmäinen laakeriyksikkö oikeaan paikkaan ja kiinnitä kiinnityspultit, mutta älä kiristä niitä.

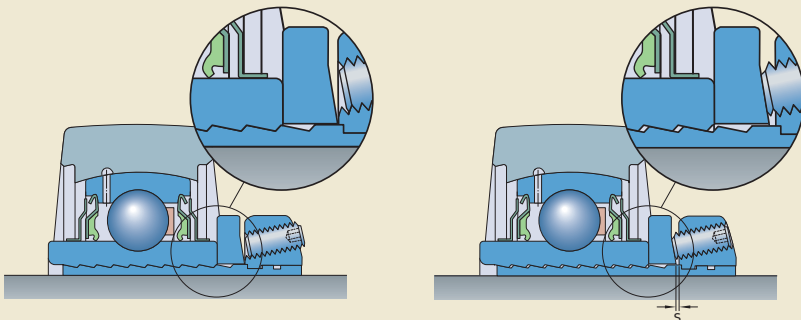
**HUOM.:** Ota huomioon, että kokoamisen aikana yksikkö siirtyy akselilla SKF ConCentra -monikartioholkilla aksiaalisesti (→ **fig. 18**).

- 4 Aseta asennusrenkas sellaiseen asentoon, että pidätinruuvi ei osoita monikartioholkin rakoon.



3

Kuva 18



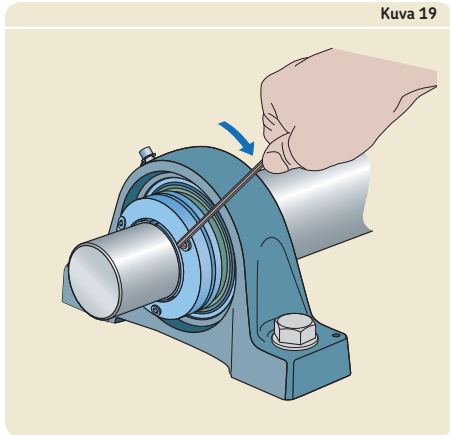
## Laakeripesäyksiköiden asentaminen

- 5 Kiristä pidätinruuvit sormitukiukkuuteen (→ **kuva 19**).
- 6 Kiristä ruuvit  $\frac{1}{2}$  kierrosta kahdessa vaiheessa ( $\frac{1}{4}$  kierrosta ja  $\frac{1}{4}$  kierrosta) asennuskaavion mukaan (→ **kuva 20**), aloittaen monikartioholkin rakoa vastapäätä olevasta ruuvista.
- 7 Kiristä ruuvit momenttiavimella suositeltuun kiristysmomenttiin  $7,4 \text{ Nm}$  ( $5,5 \text{ ft.lbf}$ ).
- 8 Linjaa yksikkö ja kiristä kiinnityspultit tai -mutterit suositeltuun kiristysmomenttiarvoon, jotka on lueteltu **taulukossa 5, sivulla 105**.
- 9 Asemoi laakeriyksikkö akselille. Aseta kiinnityspultit tai -mutterit paikoilleen, mutta älä kiristä niitä.
- 10 Toista **vaiheet 4–7**. Laakeriyksikön on voitava liikkua aksiaalisesti akselia pitkin sen SKF ConCentra -monikartioholkilla aksiaalsiirtymän "s" mukaan (→ **kuva 18, sivulla 111**).
- 11 Suorita akselin linjaus huolellisesti.

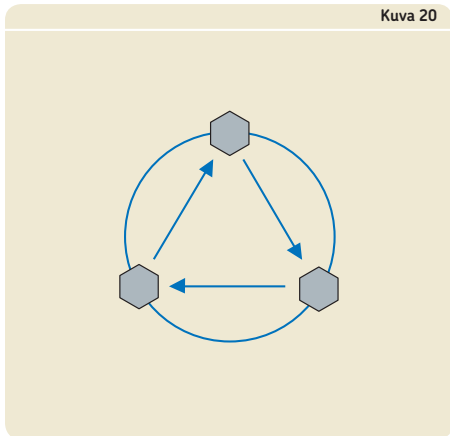
**HUOM.:** Jos yksikkö on jälkivoideltava, suurin sallittu akselin ja yksikön välinen kulmavirhe on  $2^\circ$ . Muussa tapauksessa suurin sallittu kulmavirhe on  $5^\circ$ .

- 12 Kiristä kiinnityspultit tai -mutterit suositeltuun kiristysmomenttiarvoon, jotka on lueteltu **taulukossa 5, sivulla 105**.
- 13 Jos mahdollista, tarkista pyörittämällä akselia muutama kierros, että laakerijärjestelmä pyörii herkästi.

Kuva 19



Kuva 20



Kuva 21



Kuva 22



### SKF ConCentra -kuulalaakerin laippalaakeriyksiköt

Kun asennetaan SKF ConCentra -kuulalaakerien laippalaakeriyksiköitä (→ **kuva 1d, sivulla 95**), on noudatettava huolellisesti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut, sivulla 101*, annetuja ohjeita sekä alla olevia lisäohjeita:

- 1 Asenna kaikki kahden laakeriyksikön väliset komponentit akselille.
- 2 Tue akseli kiinnitysasentoon koneen seinämien väliin.
- 3 Asenna laakeriyksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin.

**HUOM.:** Ota huomioon, että kokoamisen aikana yksikkö siirtyy akselilla SKF ConCentra -monikartioholkilla aksiaalisesti (→ **kuva 18, sivulla 111**).

- 4 Aseta ensimmäinen laakeriyksikkö oikeaan paikkaan ja kiristä kiinnityspultit tai -mutterit suositeltuun kiristysmomenttiarvoon, jotka on lueteltu **taulukossa 5, sivulla 105**.
- 5 Aseta asennusrenkas sellaiseen asentoon, että pidätinruuvi ei osoita monikartioholkin rako.
- 6 Kiristä pidätinruuvit sormitiukkuuteen.
- 7 Kiristä ruuvit  $1/2$  kierrosta kahdessa vaiheessa ( $1/4$  kierrosta ja  $1/4$  kierrosta) asennuskaavion mukaan (→ **kuva 20**) aloittaen monikartioholkin rako vastapäätä olevasta ruuvista.
- 8 Kiristä ruuvit momenttiavaimella suositeltuun kiristysmomenttiin  $7,4 \text{ Nm}$  ( $5,5 \text{ ft.lbf}$ ).
- 9 Kohdista laakeriyksikkö akselin toiseen päähän oikeaan paikkaan. Aseta kiinnityspultit tai -mutterit paikoilleen, mutta älä kiristä niitä.

## Laakeripesäyksiköiden asentaminen

- 10** Toista vaiheet 5–8. Tällöin yksikön on voitava liikkua aksiaalisesti pitkin (→ kuva 23) SKF ConCentra -monikartioholkkia aksiaalsiirtymän "s" mukaan (→ kuva 18, sivulla 111).
- 11** Suorita akselin linjaus huolellisesti.

**HUOM.:** Jos yksikkö on jälkivoideltava, suurin sallittu akselin ja yksikön välinen kulmavirhe on 2°. Muussa tapauksessa suurin sallittu kulmavirhe on 5°.

- 12** Kiristä kiinnityspultit tai -mutterit suositeltuun kiristysmomenttiarvoon, jotka on lueteltu taulukossa 5, sivulla 105.
- 13** Jos mahdollista, tarkista pyörittämällä akselia muutama kierros, että laakerijärjestelmä pyörii herkästi.

## SKF ConCentra -rullalaakeriyksiköiden asentaminen

**HUOM.:** Älä pura itse yksikköä. Älä kiristä asennusrenkaan pidätinruuveja, ellei yksikköä asenneta akselille. Se voi vaurioittaa SKF ConCentra -laakerin monikartioholkkia.

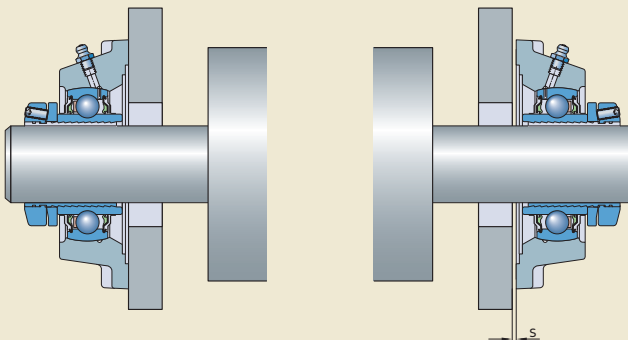
### SKF ConCentra -rullalaakereiden pystylaakeripesät

Kun asennetaan SKF ConCentra -rullalaakereiden pystylaakeripesäyksiköitä (→ kuva 1e, sivulla 95), on noudatettava huolellisesti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut*, sivulla 101, annettuja ohjeita sekä alla olevia lisäohjeita:

- 1 Asenna kaikki kahden laakeriyksikön väliset komponentit akselille.
- 2 Määritä ohjaavan ja vapaan pään laakeriyksiköiden asemat akselilla. Ohjaavan pään laakeriyksikön on aina oltava toimilaitteen puolella.
- 3 Asenna laakeriyksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin (→ kuva 24).

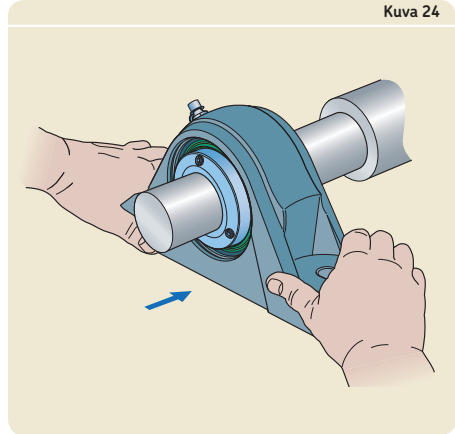
**HUOM.:** Ota huomioon, että kokoamisen aikana yksikkö siirtyy akselilla SKF ConCentra -monikartioholkilla aksiaalisesti (→ kuva 25).

Kuva 23



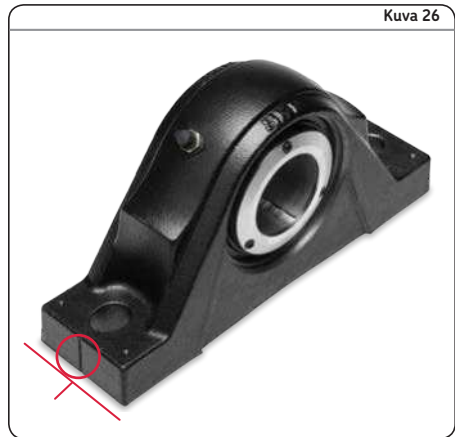
- 4 Aseta kiinnityspultit tai -mutterit paikoilleen, mutta älä kiristä niitä.
- 5 Asemoi ohjaava laakeriyksikkö akselille ja linjaa laakeriyksikkö tukipintaa vasten. SYNT-yksiköissä on laakeripesien kiinnityspisteiden päissä pystymerkinnät helpottamaan linjausta (→ kuva 26).
- 6 Lukitse ohjaava yksikkö akselille.

Kuva 24

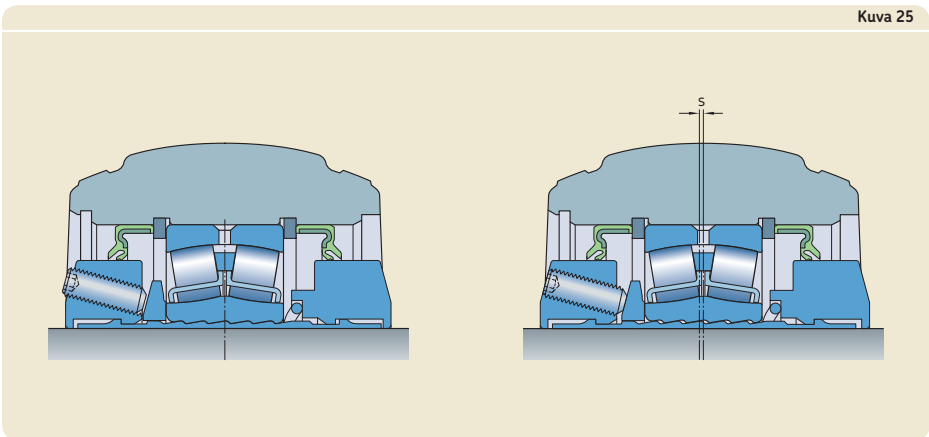


3

Kuva 26



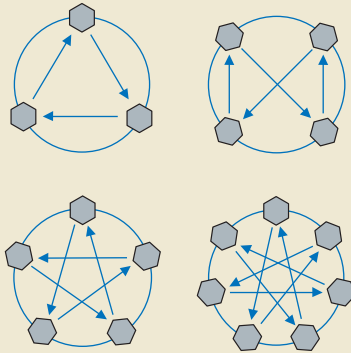
Kuva 25



## Laakeripesäyksiköiden asentaminen

- 7 Aseta asennusrenkas sellaiseen asentoon, että pidätinruuvi ei osoita monikartioholkin rakoon. Kiristä kaikki ruuvit sormitiukkuuteen. Noudata asennuskaaviota (→ **kuva 27**), aloittaen monikartioholkin rakoa vastapäätä olevasta ruuvista. Pidätinruuvien kiristykseen käytetään momenttiavainta (→ **kuva 29**), käytä 3 mm:n päätä. Kiristä ruuvit ensin sormitiukkuuteen asennuskaavion mukaan (→ **kuva 28**). Kiristä ruuvit momenttiavaimella suositeltuun kiristysmomenttiin 8,0 Nm.
  - 8 Tarkista ohjaavan pään yksikön linjaus uudelleen. Suurin sallittu akselin ja yksikön välinen kulmavirhe on 1,5°.
  - 9 Etsi vapaan pään laakeriyksikön laakerisijan keskikohta. Tue akseli. Tartu leveään laakerirenkaaseen molemmilta puolilta kuormittamattomasta laakerista ja siirrä laakeri laakeripesässä loppuasemasta toiseen, kun pesä pysyy paikallaan. Jos odotettavissa on ainoastaan akselin lämpölaajeneminen, SKF suosittelee että laakerin sijoitetaan ohjaavan pään laakeria kohti toiseen reunaan laakerisijalla (→ **kuva 30**).
- HUOM.:** Ota huomioon, että kokoamisen aikana yksikkö siirtyy akselilla SKF ConCentra -monikartioholkilla aksiaalisesti (→ **kuva 25, sivulla 115**).
- 10 Lukitse vapaan pään laakeri akselille kuten **vaiheessa 7**.
  - 11 Suorita yksikön linjaus huolellisesti. Kiristä kiinnityspultit suositeltuun kiristysmomenttiin, jotka on lueteltu **taulukossa 5, sivulla 105**.
  - 12 Jos mahdollista, tarkista pyörittämällä akselia muutama kierros, että laakerijärjestelmä pyörii herkästi.
  - 13 Mikäli järjestelmä sisältää päätykannet, kiinnitä ne.

Kuva 27



Kuva 28



Kuva 29





**SKF ConCentra -rullalaakerin laippayksiköt**

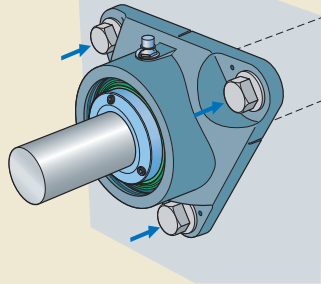
Kun asennetaan SKF ConCentra -rullalaakereiden laippayksiköitä (→ **kuva 1e, sivulla 95**), on noudatettava huolellisesti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut, sivulla 101*, annettuja ohjeita sekä alla olevia lisäohjeita:

- 1 Asenna kaikki kahden laakeriyksikön väliset komponentit akselille.
- 2 Määritä ohjaavan ja vapaan pään laakeriyksiköiden asemat akselilla. Ohjaavan pään laakeriyksikön on aina oltava toimilaitteen puolella.
- 3 Tue akseli kiinnitysasentoon koneen seinämienväliin.
- 4 Asenna laakeriyksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin.

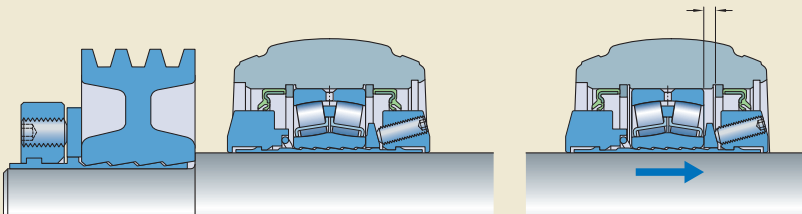
**HUOM.:** Ota huomioon, että kokoamisen aikana yksikkö siirtyy akselilla SKF ConCentra -monikartioholkilla aksiaalisesti.

- 5 Aseta kiinnityspultit tai -mutterit paikoilleen, mutta älä kiristä niitä (→ **kuva 31**).

Kuva 31



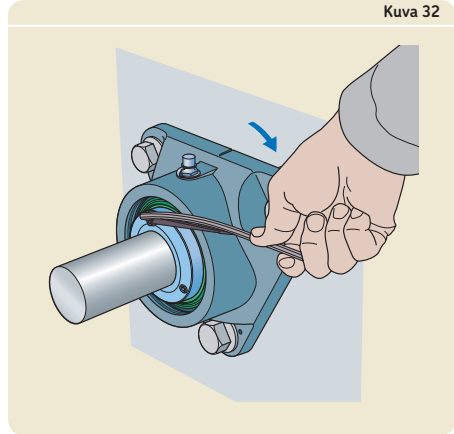
Kuva 30



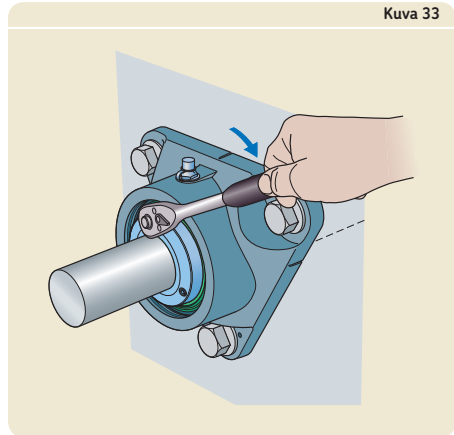
## Laakeripesäyksiköiden asentaminen

- 6 Lukitse ohjaavan pään laakeri akselille. Aseta asennusrenkas sellaiseen asentoon, että pidätinruuvi ei osoita monikartioholkin rakoon. Kiristä pidätinruuvit sormitiukkukseen (→ **kuva 32**). Kiristä ruuvit  $\frac{1}{2}$  kierrosta kahdessa vaiheessa ( $\frac{1}{4}$  kierrosta ja  $\frac{1}{4}$  kierrosta) asennuskaavion mukaan (→ **kuva 27, sivulla 116**), aloittaen monikartioholkin rakoa vastapäätä olevasta ruuvista. Ruuvien asennuksessa käytetään momenttiavainta (→ **kuva 33**), suositeltu kiristysmomentti on 8 Nm.
  - 7 Tarkista ohjaavan pään yksikön linjaus uudelleen. Suurin sallittu akselin ja yksikön välinen kulmavirhe on  $1,5^\circ$ .
  - 8 Etsi vapaan pään laakeriyksikön laakerisijan keskikohta. Tue akseli. Tartu leveään laakerirenkaaseen molemmilta puolilta kuormittamattomasta laakerista ja siirrä laakeri laakeripesässä loppuasemasta toiseen, kun pesä pysyy paikallaan. Jos odotettavissa on ainoastaan akselin lämpölaajeneminen, SKF suosittelee että laakerin sijoitetaan ohjaavaa laakeria kohti laakerisijan toiseen reunaan.
- HUOM.:** Ota huomioon, että kokoamisen aikana yksikkö siirtyy akselilla SKF ConCentra -monikartioholkilla aksiaalisesti.
- 9 Lukitse vapaan pään laakeri akselille kuten **vaiheessa 6**.
  - 10 Suorita yksikön linjaus huolellisesti. Kiristä kiinnityspultit suositeltuun kiristysmomenttiin, jotka on lueteltu **taulukossa 5, sivulla 105**.
  - 11 Jos mahdollista, tarkista pyörittämällä akselia muutama kierros, että laakerijärjestelmä pyörii herkästi.
  - 12 Mikäli järjestelmä sisältää päätykannet, kiinnitä ne laakeripesän reian syvennykseen.

Kuva 32



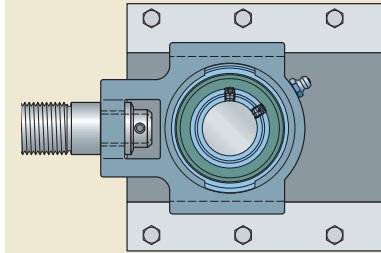
Kuva 33



## Lieriömäisellä lukkorengaalla varustettujen rullalaakeriyksiköiden asentaminen

Kun asennetaan lieriömäisellä lukkorengaalla varustettuja rullalaakeriyksiköitä (→ **kuva 1f, sivulla 95**), on noudatettava huolellisesti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut, sivulla 101* annettuja ohjeita sekä alla olevia lisäohjeita:

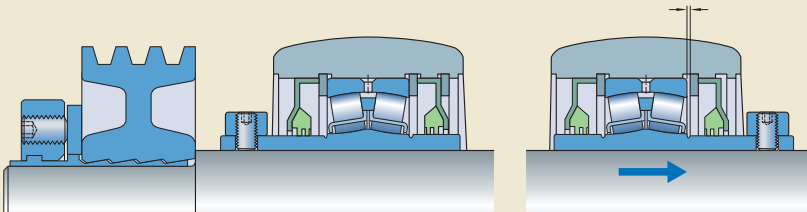
- 1 Määritä ohjaavan ja vapaan pään laakeriyksiköiden asemat akselilla. Ohjaavan pään laakeriyksikön on aina oltava toimilaitteen puolella.
- 2 Asenna kaikki kahden laakeriyksikön väliset komponentit akselille.
- 3 a) Pystyalaakeripesät: Asenna laakeriyksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin. Suorita yksiköiden linjaus huolellisesti. Kiinnitä kiinnityspultit ja kiristä ne suositeltuun kiristysmomenttiin, jotka on lueteltu **taulukossa 5, sivulla 105**. Suurin sallittu akselin ja yksikön välinen kulmavirhe on  $1,5^\circ$ .  
b) Laippalaakeriyksiköt: Tue akseli kiinnitysasentoon koneen seinämien väliin. Liu'uta yksikkö kunkin akselin päähän. Jos akseli on olakkeeton, asemoi ja linjaa molemmat laakeriyksiköt huolellisesti. Kiinnitä kiinnityspultit ja kiristä ne suositeltuun kiristysmomenttiin, jotka on lueteltu **taulukossa 5, sivulla 105**. Suurin sallittu akselin ja yksikön välinen kulmavirhe on  $1,5^\circ$ .  
c) Säättöalaakeripesäyksiköt: Asenna laakeriyksikkö molempiin akselin päihin siten, että asennusrenkas osoittaa ulospäin. Asenna akseli-/laakeriyksikkökokonaisuus säätökehysiin ja kiinnitä säätöruuvit yksiköiden valetun rungon aukoista (→ **kuva 34**). Suorita yksiköiden linjaus huolellisesti. Suurin sallittu akselin ja yksikön välinen kulmavirhe on  $1,5^\circ$ .
- 4 Asemoi akseli ja laakeriyksiköt aksiaalisesti toistensa suhteen.
- 5 Kiristä molemmat lieriömäisen lukkorengaan pidätinruuvit, jotka kiinnittyvät akselille ohjaavan pään yksikön sisärenkaaseen porattujen reikien läpi kiristysmomenttiin, jotka on lueteltu **taulukossa 3, sivulla 102**.



## Laakeripesäyksiköiden asentaminen

- 6 Määritä vapaan pään laakeriyksikön laakerisijan keskikohta tukemalla akselia ja siirtämällä kuormittamaton laakeri toiseen reunaan laakeripesässä. Jos odotettavissa on ainoastaan akselin lämpölaajeneminen, SKF suosittelee että laakerin sijoitetaan ohjaavan pään laakeria kohti toiseen reunaan laakerisijalla (→ kuva 35).
- 7 Lukitse vapaan pään laakeri akselille kuten **vaiheessa 3**.
- 8 Jos mahdollista, tarkista pyörittämällä akselia muutama kierros, että laakerijärjestelmä pyörii herkästi.

Kuva 35



## Kuulalaakeriyksiköiden asentaminen

Jos harmaasta valuraudasta tai komposiittimateriaalista valmistettuja Y-laakereita ja Y-laakeripesiä ei ole toimitettu yksikköinä, ne on ensin koottava. Tee se asettamalla laakeri ensin pesän reiässä olevaan täyttöuraan (→ **kuva 36**) – epäkeskisellä lukkorengaalla varustetuissa kuulalaakereissa on ensin irrotettava lukkorengas. Laakerin vipuamiseen paikalleen voidaan käyttää esim. putken pätkää tms. Lukituslaitteen tulee osoittaa samaan suuntaan kuin täyttöurat (→ **kuva 37**).

**HUOM.:** Laakeria asennettaessa on varmistettava, että laakerin voitelureikä ja laakeripesän voitelu-ura ovat samalla puolella (→ **kuva 38**).

Kuva 36

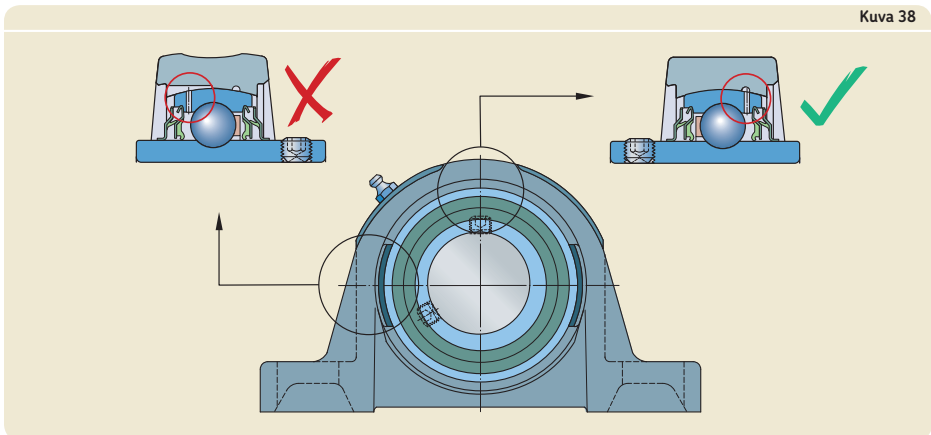


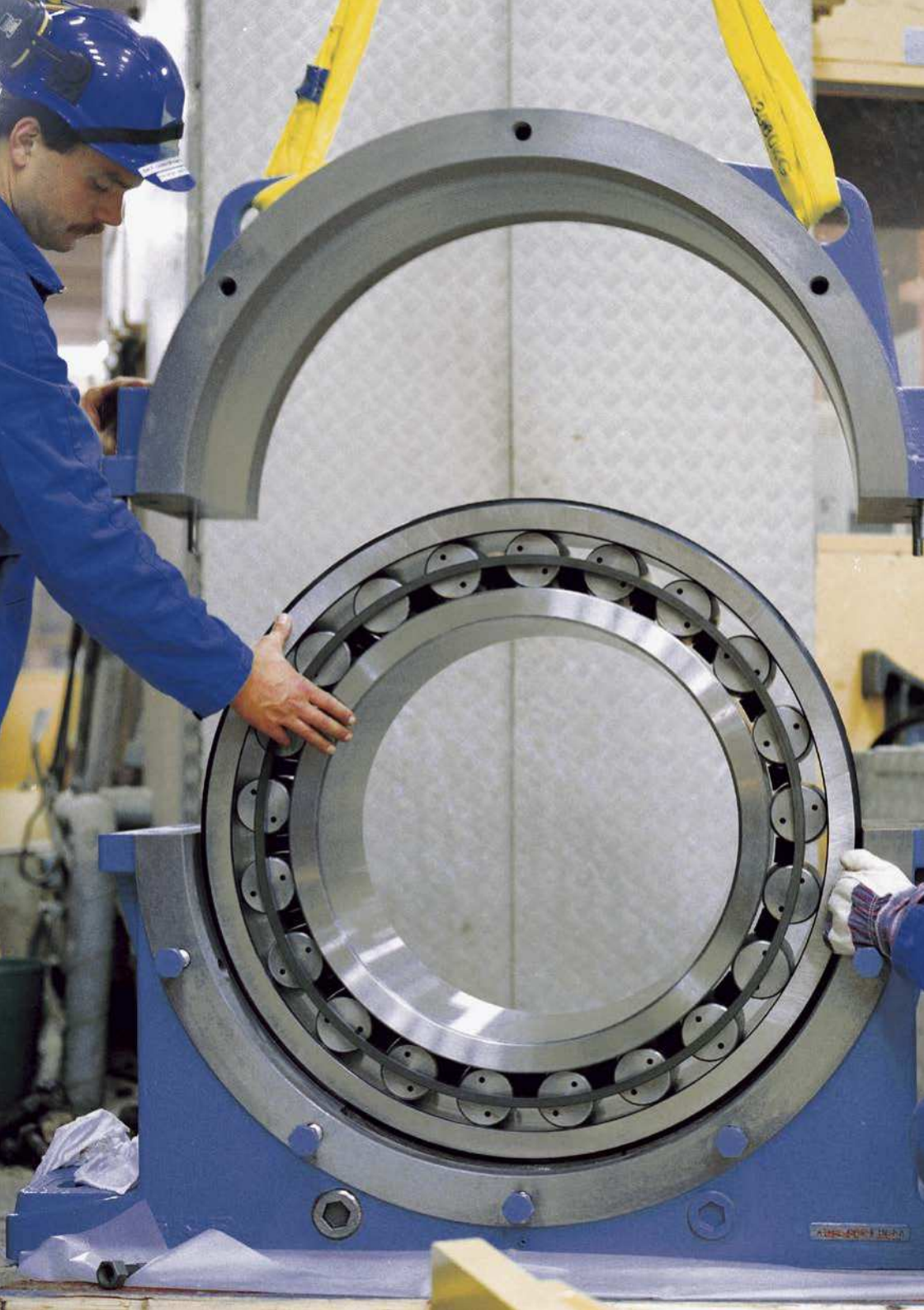
3

Kuva 37



Kuva 38





# Laakeripesien asentaminen

Johdanto . . . . .	124
Varaosien valitseminen . . . . .	124
Asennustyön esivalmistelut . . . . .	130
Linjaus- ja säätölevyjien käyttäminen . . .	130
Pultit . . . . .	131
Ohjausrenkaiden käyttäminen . . . . .	132
Päätykansien käyttäminen . . . . .	133
Halkaistun tai yksiosaisen tiivisteiden asentaminen . . . . .	133
Pystylaakeripesien asentaminen . . . . .	134
SONL-Pystylaakeripesien asentaminen . . . . .	137

### Johdanto

SKF-laakeripesien vakiovalikoimaan kuuluu:

- pystylaakeripesät
- yksiosaiset pystylaakeripesät
- laippalaakeripesät
- säätölaakeripesät.

SKF-laakeripesät on tavallisesti valmistettu harmaavaluraudasta. Yleisimpiä pystylaakeripesiä on saatavana myös pallografiittivaluraudasta tai valuteräksestä valmistettuina erityistä lujuutta vaativiin sovelluksiin. Laakeripesät on tarkoitettu ensisijaisesti pallomaisille kuulalaakereille, pallomaisille rullalaakereille ja CARB-kaarirullalaakereille.

Useimmat SKF-laakeripesät toimitetaan asennusohjeiden kanssa. Tietoja pystylaakeripesien asennuksesta ja kokoamisesta on myös tässä luvussa. Ota yhteys SKF-edustajaan, jos tarvitset lisätietoja SKF:n erikoislaakeripesistä, joita käytetään esimerkiksi seuraavissa sovelluksissa:

- kuljettimet ja rummut
- konvertterit
- putkivalssaimet ja kiertouunit
- paperikoneet
- Tuuliturbiinit
- avovaihteiden hammasrattaat.

### Varaosien valitseminen

SKF-laakeripesiä on saatavana montaa eri tyyppiä. Niitä voidaan käyttää erilaisten tiivisteiden kanssa ja erilaisissa laakerijärjestelmissä. Tästä syystä vaihtolaakeripesän valinnassa on oltava huolellinen. Uuden pesän on vastattava alkupeleistä seuraavien tekijöiden suhteen:

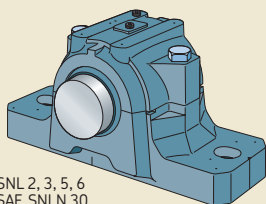
- pesätyyppi (→ **kuva 1** ja **taulukko 1, sivulla 126**)
- Pesän ominaisuudet (→ **taulukko 2, sivulla 127**)
- laakerijärjestelmä (→ **kuva 2, sivu 127**)
- tiivistysratkaisu ja kokoonpano (→ **taulukko 3, sivulla 128** ja **kuva 3, sivulla 129**).

Lisätietoja SKF:n kunnossapito- ja voiteluainetuotteista ja työkaluista saat osoitteista [www.skf.com](http://www.skf.com) ja [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

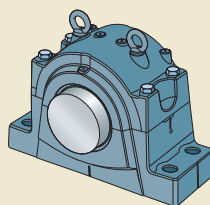
Lisää laakeripesien asennusohjeita on osoitteessa [www.skf.com/mount](http://www.skf.com/mount).

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) tarjoaa laajan valikoiman koulutus-kursseja (→ *Koulutus*, alkaen **s. 326**). Lisätietoja on saatavana SKF:n paikalliselta edustajalta tai osoitteesta [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

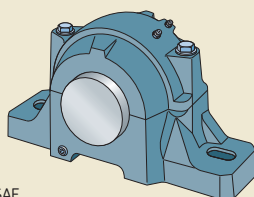




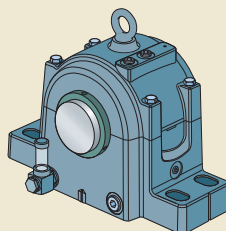
SNL 2, 3, 5, 6  
SAF, SNLN 30



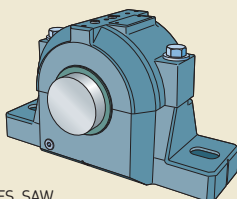
SNL 30, 31, 32, 40



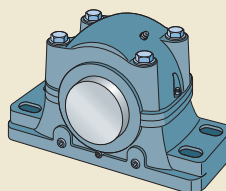
SAF



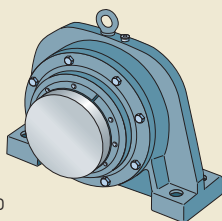
SONL



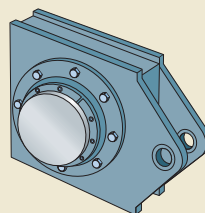
SAFS, SAW



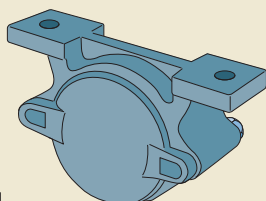
SDAF



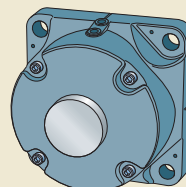
SBD



THD



TVN



FNL

4

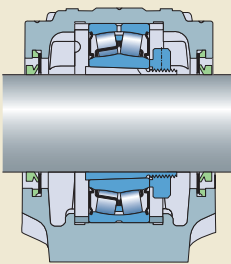
## SKF-vakiolaakeripesät

Laakeripesät Tyyppi/sarja	Korvaava	Kuvaus
FNL		Valurautainen laakeripesä, kolmio- tai neliölaippakiinnitys, kaksoisshuulitiivisteet
FSNL		Valurautainen jaettu pystylaakeripesä, neljä pultin reikää jalustassa
SAF		Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SAFS		Valuteräksinen jaettu pystylaakeripesä
SAW		Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SBD		Valurautainen yksiosainen pystylaakeripesä, sokkelotiivisteet
SD 31	SNL 31	Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SDAF		Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SDG	SNL 32, 40	Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SDJC 31	SNL 31	Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SN 2, 3, 5, 6	SNL 2, 3, 5, 6	Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SN 30	SNLN 30	Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SNA 2, 3, 5, 6	SNL 2, 3, 5, 6	Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SNH 2, 3, 5, 6	SNL 2, 3, 5, 6	Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SNL 2, 3, 5, 6		Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SNLN 30		Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SNL 30		Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SNL 31		Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SNL 32		Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SNL 40		Valurautainen jaettu pystylaakeripesä
SNLD		Pallografiittivalurautainen jaettu pystylaakeripesä
SNT		Valuteräksinen jaettu pystylaakeripesä, huopatiivisteet
SOFN	SONL	Valurautainen jaettu pystylaakeripesä, öljyvoitelu, sokkelotiivisteet
SONL		Valurautainen jaettu pystylaakeripesä, öljyvoitelu, sokkelotiivisteet
SSNHD	SSNLD	Pallografiittivalurautainen jaettu pystylaakeripesä, ei kiinnitysreikiä
SSNLD		Pallografiittivalurautainen jaettu pystylaakeripesä, ei kiinnitysreikiä
THD		Valurautainen säätölaakeripesä
TVN		Yksiosainen valurautainen pystylaakeripesä, huopatiivisteet
7225	FNL	Valurautainen laakeripesä, kolmio- tai neliölaippakiinnitys, huopatiivisteet

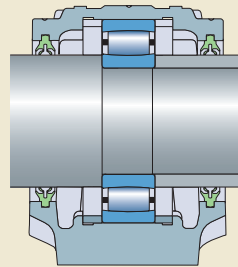
SKF-vakiolaakeripesien eri versiot

Nimitys Jälkimerkintä	Kuvaus
A	Laakeripesä päätykannella
B	Laakeripesä läpiakselille
F	Ohjaavan pään laakeripesä
G	Laakeripesä lieriöreikäiselle laakerille olakkeellisella akselilla
K7	Laakeripesä, laakerisijan halkaisijan toleranssiluokka K7
L	Ohjaavan pään laakeripesä
/MS1 /MS2	Kaksi porattua reikää kiinnityspulteille
SN	Neljä porattua reikää kiinnityspulteille
TURA	Laakeripesä valmistettu öljyvoitelulle, sokkelotiivisteet
TURT	Laakeripesä valmistettu öljyvoitelulle, sokkelotiivisteet
TURU	Laakeripesä valmistettu öljyvoitelulle, sokkelotiivisteet
V	Laakeripesä varustettuna rasvan poistoreiällä

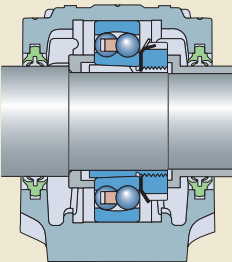
Kuva 2



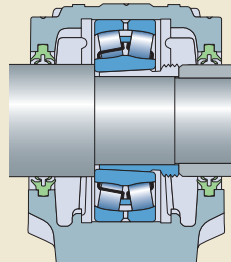
Laakeri asennettuna kiristysholkilla akselille



Lieriöreikäinen laakeri asennettuna olakkeelliselle akselille



Laakeri asennettuna kiristysholkille olakkeellisella akselilla

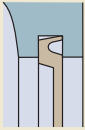


Laakeri asennettuna vetoholkilla olakkeelliselle akselille

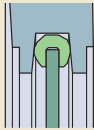
## SKF-laakeripesien vakiotiivistysratkaisut

Sarjan merkintä	Kuvaus
<b>Tiivisteet metrimitoitetuille laakeripesille</b>	
ASNH	Päätykansi SNL-laakeripesiin
ETS	Päätykansi suuriin SNL-laakeripesiin
FS	Huopasuikale (Katkaistu)
TS	Sokkelotiiviste suuriin SNL-laakeripesiin (yksiosainen)
TFL	Kaksoishuultitiiviste laippalaakeripesiin (yksiosainen)
TNF	Taconite-tiiviste, jossa säteittäinen sokkelotiiviste vaativiin olosuhteisiin suuriin SNL-laakeripesiin (yksiosainen)
TSD .. U	U-profiilinen sokkeloöljytiiviste <sup>1)</sup>
TSN .. A	V-rengastiivisteet (yksiosainen)
TSN .. C	Huoparengastiivisteet (kaksiosainen)
TSN .. CB	Grafiittihuoparengastiivisteet (kaksiosainen)
TSN .. L	Nelihuultitiivisteet (kaksiosainen)
TSN .. NC	Taconite-tiiviste, jossa aksiaalinen sokkelotiiviste vaativiin olosuhteisiin (yksiosainen)
TSN .. ND	Taconite-tiiviste, jossa säteittäinen sokkelotiiviste vaativiin olosuhteisiin (yksiosainen)
TSN .. S (paikoillaan oleva kone)	Sokkelotiiviste (yksiosainen)
TSN .. TURU	U-profiilinen sokkeloöljytiiviste <sup>1)</sup>
<b>Tiivisteet tuumamitoitetuille laakeripesille</b>	
B-17024-	Nitriilikuminen kontaktiosa PosiTrac Plus -tiivisteelle (yksiosainen)
EPR	Päätykansi (tulppa)
LER	Sokkelotiiviste (yksiosainen)
LOR	PosiTrac-tiiviste: sokkelorengas, O-rengas reiän sisäpuolella (yksiosainen)
TER	Taconite-tiiviste, sisäpuolella huopatiiviste ja ulkopuolella hankaava tiiviste (yksiosainen)
TER-V	Taconite-tiiviste, sisäpuolella huopatiiviste ja ulkopuolella V-rengas (yksiosainen)

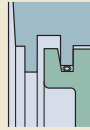
<sup>1)</sup> Toimitetaan ainoastaan täydellisenä kokonaisuutena, sisältäen laakeripesän ja tiivisteet.



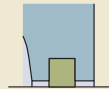
ASNH



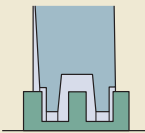
EPR



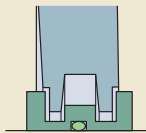
ETS



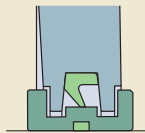
FS



LER



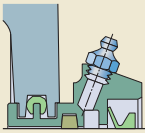
LOR



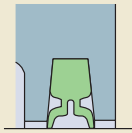
LOR + B-17024-



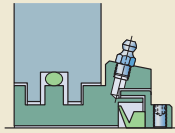
TER



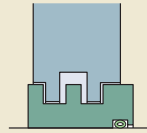
TER-V



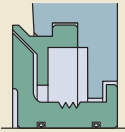
TFL



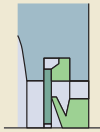
TNF



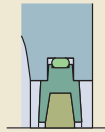
TS



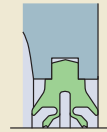
TSD..U



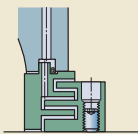
TSN..A



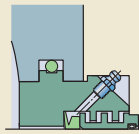
TSN..C



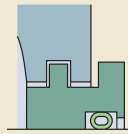
TSN..L



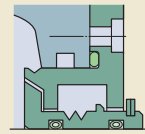
TSN..NC



TSN..ND



TSN..S



TSN..TURU

### Asennustyön esivalmistelut

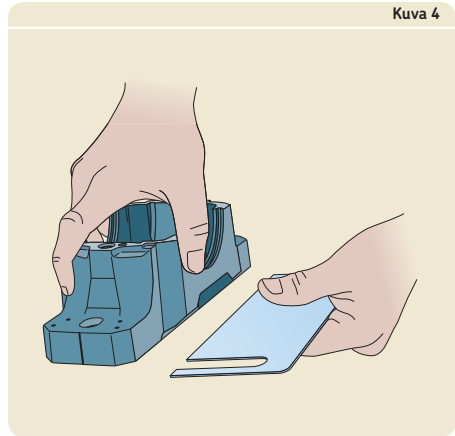
Tee seuraavat toimet ennen asennusta:

- Varmista, että työympäristö on puhdas.
- Tutki mahdollisista piirustuksista tai ohjeista eri osien oikea asennusjärjestys.
- Varmista, että kaikki tarvittavat osat ovat saatavilla.
- Tarkista, että laakeripesän tukipinta on puhdas. Tukipinta ei saa olla maalattu.
- Tarkista, että tukipinta vastaa tasomaisuus- ja jäykkyysvaatimuksia. Pesän muodonmuutosten estämiseksi SKF suosittelee, että pinnan tasomaisuus vastaa toleranssiastetta IT7 (→ liite C, sivulla 385). Pinnankarheuden arvon tulee olla  $R_a \leq 12,5 \mu\text{m}$ .
- Ennen kuin laakeripesä otetaan uudelleen käyttöön, se on puhdistettava huolellisesti ja kaikki kuluvat osat, kuten hankaavat tiivisteet ja O-renkaat on vaihdettava.

### Linjaus- ja säätölevyjen käyttäminen

Pystylaakeripesillä akselikorkeutta voidaan säätää linjauslevyillä. Linjaus- ja säätölevyjä käytettäessä on varmistettava, että linjauslevy kattaa koko kosketuspinnan pesän jalustan ja tukipinnan välillä (→ kuva 4).

Kuva 4



## Pultit

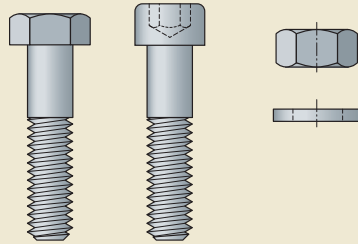
Ellei kiinnityspultteja tai muttereita koskevia suosituksia ole käytettävissä, SKF suosittelee käyttämään pesän kiinnittämisessä tukipintaan seuraavia (→ **kuva 5**):

- kuusiopultit EN ISO 4014:2000:n mukaan
- kuusiokolopultit EN ISO 4762:1998:n mukaan
- kuusiomutterit EN ISO 4032:2000:n mukaan
- litteät aluslaatat EN ISO 7089:n mukaan.

Jos kuorman suunta on pystysuuntainen tukipintaan nähden, voidaan käyttää luokan 8.8 pultteja tai muttereita. Jos kuorma ei vaikuta kohtisuoraan tukipintaan nähden, suositellaan luokan 10.9 pulttien tai mutterien käyttöä.

Kiristä kaikki kansi- ja kiinnityspultit suositellun kiristysmomenttiin, jotka on lueteltu **taulukossa 4**. Tuumamitoitetuissa laakeripesissä käytetään eri lujuusluokkien kansipultteja. Kiristä näiden laakeripesien kansipultit pesien mukana toimitettujen asennusohjeiden mukaisiin kiristysmomentteihin.

Kuva 5



Taulukko 4

Kiinnitys- ja kansipultille suositellut kiristysmomenttiarvot, luokka 8.8

Pultin koko	Kiristysmomentti Kiinnityspultit		Kansipultit <sup>1)</sup>	
	mm/tuumaa	Nm	ft.lbf	Nm
<b>10</b>	45	34	50	37
<b>12</b>	80	60	80	60
<b>16</b>	200	150	150	110
<b>20</b>	385	285	200	150
<b>24</b>	665	485	350	260
<b>30</b>	1 310	970	400	300
<b>36</b>	2 280	1 690	600	445
<b>42</b>	3 640	2 700	850	630
<b>48</b>	5 450	4 030	1 250	920
<b>56</b>	8 710	6 420	–	–
<b>64</b>	13 100	9 660	–	–
<b>72</b>	18 800	13 900	–	–
<b>1/2</b>	95	70	–	–
<b>5/8</b>	185	135	–	–
<b>3/4</b>	320	235	–	–
<b>7/8</b>	515	380	–	–
<b>1</b>	770	570	–	–
<b>1 1/8</b>	1 090	800	–	–
<b>1 1/4</b>	1 530	1 130	–	–
<b>1 3/8</b>	2 020	1 490	–	–
<b>1 1/2</b>	2 650	1 950	–	–

<sup>1)</sup> Tuumamitoitettuja laakeripesiä koskevat suositellut kiristysmomenttiarvot toimitetaan laakeripesän mukana.

## Ohjausrenkaiden käyttäminen

Laakerisijan leveys on useimmissa SKF-vakio-laakeripesissä riittävä mahdollistamaan leveimän pesään sopivan laakerin aksiaalisieritymän "s" (→ kuva 6). Ohjaavan pään laakeroinneissa, joissa akseli on voitava asemoida aksiaalisesti molempiin suuntiin, on käytettävä ohjausrenkaita laakerin ulkorengkaan kohdistamiseen pesän laakerisijalla (→ kuva 7). SKF:n ohjausrenkaat tunnistaa FRB-etumerkinnästä, jonka jälkeen on ilmoitettu koko (leveys/ulkohalkaisija) millimetreinä sellaisenaan, esim. FRB 11.5/100 (→ kuva 8).

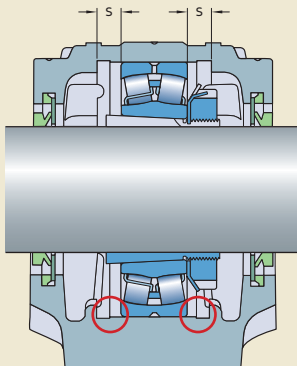
Poikkeuksen muodostavat CARB-kaahirulla-laakerit. Nämä vapaan pään laakerit eivät voi vastaanottaa aksiaalisuuntaisia kuormituksia, mutta voivat vastaanottaa aksiaalisieritymän laakerin sisällä. Tästä syystä ulkorengas on sijoitettava aksiaalisesti laakerisijalle ohjausrenkaat asennettuna molemmin puolin laakeria.

Tavallisesti yhtä pesää kohti tarvitaan kaksi ohjausrenkasta. Laakerin molemmille puolille on asetettava yksi ohjausrenkas. Jos tarvitaan ainoastaan yksi ohjausrenkas, se on asetettava samalle puolelle kuin lukitusmutteri. Kun ohjausrenkasta asetetaan paikalleen, varmista, että renkaan avoin puoli on ylöspäin (→ kuva 12, sivulla 134).

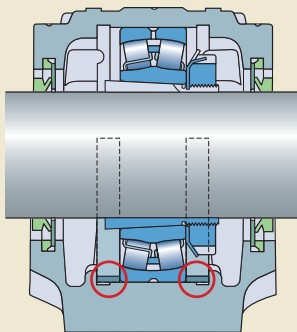
Erittäin suuria SNL-laakeripesiä, koosta 3076, 3168, 3264 ja 4076 alkaen, on saatavana kahta eri mallia laakerin aseman mukaan. Laakeripesän sovittepinta on koneistettu sopimaan: ohjaavan pään laakerin laakeripesissä on jälkimerkintä F, eikä se vaadi erillisiä ohjausrenkaita. Vapaan pään laakerin laakeripesissä on jälkimerkintä L.

**HUOM.:** CARB-kaahirullaakereiden asennuksessa on käytettävä ohjaavaa laakeripesää.

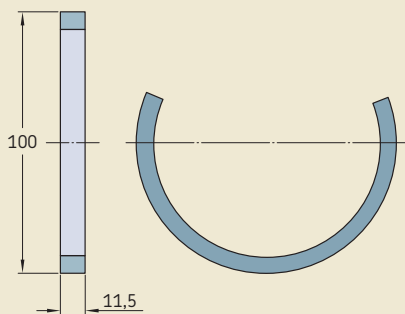
Kuva 6



Kuva 7



Kuva 8



FRB 11.5/100

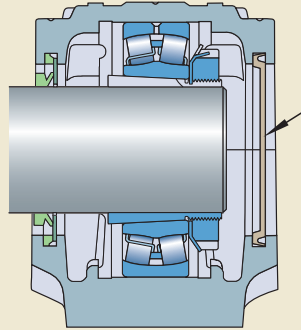


## Päätykansien käyttäminen

Akselin päässä sijaitseviin SKF-laakeripesiin on asennettava päätykansi. Päätykannet sopivat yleensä tiivisteuraan (→ kuva 9).

## Halkaistun tai yksiosaisen tiivisteiden asentaminen

Jaettuja pysty-laakeripesiä on saatavana joko halkaistuilla tai yksiosaisilla tiivisteillä varustettuna. Halkaistut tiivisteet on helppo asentaa: tiivisteen puolikkaat sopivat pesän pohjaosassa ja kannessa oleviin tiivisteuriin. Yksiosaiset tiivisteet on liu'utettava akselille. Varmista, että tiiviste on oikeinpäin, sillä monet yksiosaiset tiivisteet eivät ole symmetrisiä.



# Pystylaakeripesien asentaminen

Pystylaakeripesien asennuksessa on noudatettava huolellisesti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut*, **sivulla 130**, annettuja ohjeita sekä alla olevia lisäohjeita:

**HUOM.:** Pystylaakeripesissä käytettävien tiivisteiden mukana toimitetaan yleensä asennusohjeet.

### 1 Valmistele akseli:

- Asenna kaikki komponentit, jotka tulevat akselille laakereiden väliin. Jos käytetään yksiosaisia tiivisteitä, asenna myös sisäpuolen tiivisteet.
- Asenna laakerit akselin molempiin päihin. Jos kohde on rasvavoideltu, täytä laakerit kokonaan rasvalla.
- Jos akseli on olakkeellinen, asenna tarvittaessa etäisyysrenkaat.

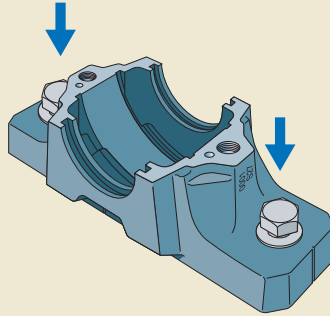
**HUOM.:** Etäisyysrenkaita ei toimiteta laakeripesien mukana.

- Jos käytetään yksiosaisia tiivisteitä, asenna ulkopuolen tiivisteet akselin molempiin päihin. Jos laakeripesää käytetään akselin päässä, tiiviste jätetään pois. Tällöin laakeripesässä käytetään päätykannta.

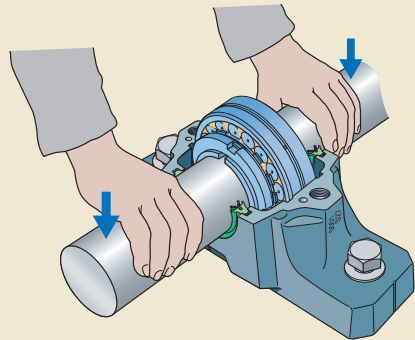
### 2 Määritä laakeripesien sijainti:

- Jos laakeripesää käytetään olakkeelliselle akselille ja laakeripesän reiässä on eri halkaisijoita, paikka määritetään laakeripesän reiän halkaisijoiden mukaan.
- Jos laakeripesässä on sama reiän halkaisija molemmilla puolilla, huomioi voitelunipan paikka kannessa. Kun pallomaisia kuula-laakereita ja CARB-kaarirullalaakereita voidellaan sivusta, laakeripesä on kohdistettava siten, että rasvanippa on vastakkaisella puolella kuin lukitusmutteri.
- Kun laakeripesä sijaitsee akselin päässä, kannen rasvanippa on kohdistettava päätykannan puolelle.

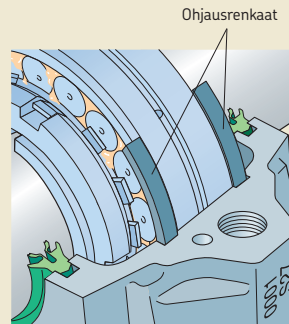
Kuva 10



Kuva 11



Kuva 12



Kuva 13

- 3 Aseta laakeripesien pohjaosat tukipinnalle (runkoon). Aseta kiinnityspultit (→ **kuva 10**) paikoilleen, mutta älä kiristä niitä. Jos käytetään kaksiosaisia tiivisteitä, aseta tiivisteiden puolisko kunkin laakeripesän pohjaosan uraan.
- 4 Aseta esikoottu akseli laakeripesien pohjaosien päälle (→ **kuva 11**). Varo, ettei vahingoita aiemmin asennettuja tiivisteitä.
- 5 Aseta tarvittaessa ohjausrenkas ohjaavan pään laakerin molemmille puolille (→ *Ohjausrenkaiden käyttäminen, sivulla 132*). Varmista, että ohjausrenkaan avoin puoli on ylöspäin (→ **kuva 12**).

**HUOM.:** Vapaan pään CARB-kaarirulla-laakerit vaativat aina ohjausrenkaan laakerin molemmille puolille.

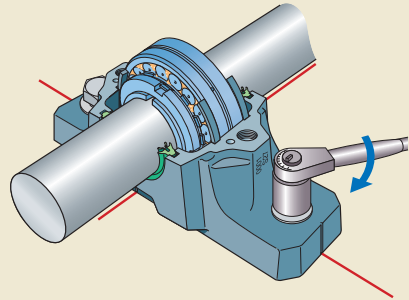
- 6 Suorita laakeripesien pohjaosien linjaus huolellisesti. Kiristä kiinnityspultteja kevyesti.

**HUOM.:** SNL-laakeripesissä ja monissa muissa SKF-laakeripesissä on laakerisijan keskikohtaa ilmaisevat pystymerkinnät pesän pohjaosan sivu- ja päätypinnoilla (→ **kuva 13**).

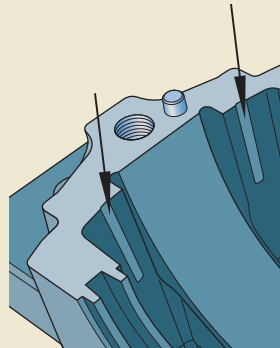
- 7 Täytä laakeripesän pohjaosat suositellulla määrällä rasvaa. SKF suosittelee täyttämään laakeripesän rasvalla vapaasta tilavuudesta
  - 40 prosenttia, kun jälkivoitelu tapahtuu laakerin sivusta.
  - 20 prosenttia, kun jälkivoitelu tapahtuu laakerin voitelu-urasta ja ulkorenkään voitelurei'istä.

**HUOM.:** Useissa laakeripesissä on merkintä, joka osoittaa 40 prosentin täyttöasteen määrän (→ **kuva 14**).

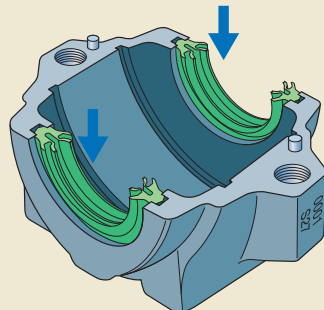
- 8 Aseta päätykansi tarvittaessa laakeripesän pohjaosan tiivisteuraan.
- 9 Jos käytetään kaksiosaisia tiivisteitä, aseta jäljellä olevat tiivisteiden puolikkaat laakeripesän kahden kannen tiivisteuriin (→ **kuva 15**). Jos mahdollista, täytä tiivisteiden huulien välinen tila rasvalla.



Kuva 14



Kuva 15



## Laakeripesien asentaminen

- 10** Aseta laakeripesän kansi kunkin pohjaosan päälle (→ **kuva 16**) ja kiristä kannen pultit suositeltuun kiristysmomenttiin (→ **taulukko 4, sivulla 131**).

**HUOM.:** Laakeripesien kansia ja pohjaosia ei saa sekoittaa keskenään. Varmista, että kannessa ja pohjaosassa on sama sarjanumero.

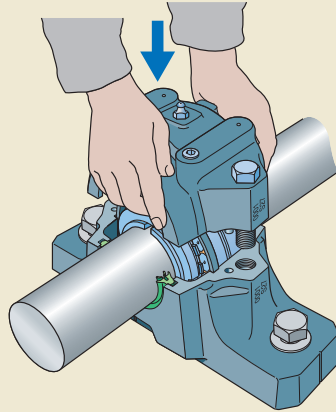
- 11** Tarkista linjaus uudelleen ja kiristä kiinnityspultit kokonaan (→ **kuva 17**) suositeltuun kiristysmomenttiarvoon, jotka on lueteltu **taulukossa 4, sivulla 131**.

- 12** Täydennä tiivistekokoonpano tarvittaessa. Tähän voi kuulua seuraavaa:

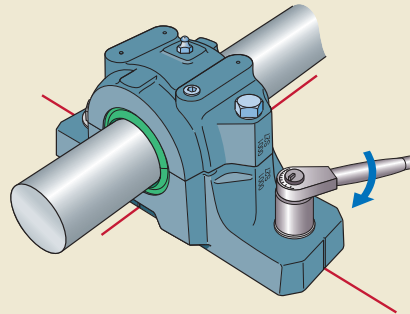
- V-rengastiivisteet: voitele V-renkaan vastapinta rasvalla. Paina sitten V-renkas paikalleen.
- Sokkelorenkaat: venytä ja aseta ontto silikoniputki kunkin sokkelorenkaan sisäuraan ruuvitaltalla kääntäen samalla akselia.
- Ylimääräisen rasvan poistumisen mahdollistavat tiivisteet: pumpppaa rasvaa tiivisteiden kevennyksestä samalla kääntäen akselia.

- 13** SKF suosittelee varmistamaan päätykannen ja kiinnityspulttien kiristysmomentin kiristämällä ne uudelleen päivän tai kahden kuluttua asennuksesta.

Kuva 16



Kuva 17



## SONL-pystylaakeripesien asentaminen

Pystylaakeripesien asennuksessa on noudatettava huolellisesti kohdassa *Asennustyön esivalmistelut*, **sivulla 130**, annettuja ohjeita sekä alla olevia lisäohjeita:

**HUOM.:** Pystylaakeripesissä käytettävien tiivisteiden mukana toimitetaan yleensä asennusohjeet.

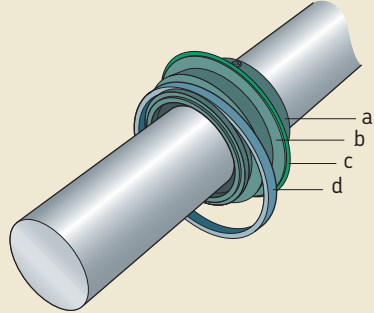
- 1 Asenna kaikki komponentit, jotka tulevat akselille laakereiden väliin.
- 2 Määritä ja merkitse laakereiden tai holkkien asema akselilla.
- 3 (→ **kuva 18**) Asenna sokkelolaipalla varustettu etäisyysrenkas (**a**) yhdessä tiivisterenkaiden (**b**) ja O-renkaiden kanssa (**c**) akselin molemmille puolille ja aseta öljynheittorengas (**d**) sokkelolaipallisiin etäisyysrenkaisiin.

**HUOM.:** Älä koskaan asenna öljynheittorengasta (**d**) kiertoöljyvoitelujärjestelmiin!

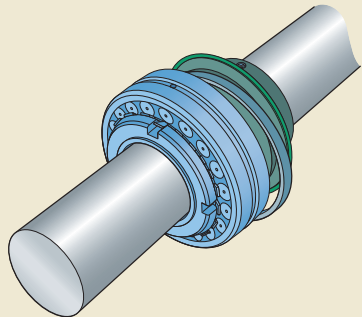
- 4 Asenna laakerit akselille tai kiristysholkeille (→ **kuva 19**).
- 5 Asenna uloimmat sokkelolaipalliset väliholkit akselin kummallekin puolelle ja asenna tiivisterenkaat ja O-renkaat asemaan väliholkeille. Jos laakeripesä on akselin päässä, jätä toinen tiiviste pois ja asenna päätykansi yhdessä kahden O-renkaan kanssa laakeripesän pohjaosaan.
- 6 Aseta laakeripesien pohjaosat tukipinnalle (runkoon). Laakerinsijan puoli, jossa on paluuöljykanava, on asennettava sisäpuolelle (→ **kuva 20**). Aseta kiinnityspultit paikoilleen, mutta älä kiristä niitä.
- 7 Asenna öljyn pinnankorkeusmittari (öljykello) ja magneettinen tulppa kunkin laakeripesän pohjaosaan, jos käytössä on öljynheittorengas. Jos mahdollista, asenna öljyn pinnankorkeusmittari vastakkaiselle puolelle kuin öljynheittorengas, jotta renkaan aiheuttamat pyörteet eivät vaikuta lukemaan. Jos käytössä on öljynjäähdytін, asenna se jäähdyttimen mukana toimitettujen ohjeiden mukaan.

**HUOM.:** Öljyvetojen estämiseksi on levitettävä öljynkestävää tiivistysainetta kaikkien kiinnitettyjen osien, kuten öljyn pinnankorkeusmittarin ja putkien, kierteisiin.

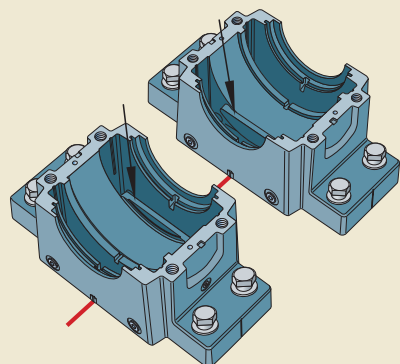
Kuva 18



Kuva 19



Kuva 20



## Laakeripesien asentaminen

8 Aseta tiivisteet laakeria vasten. Jos käytössä on kiristysholkki, kiristä pidätinruuvit holkeissa, joissa on sokkelolaippa. Suositellut kiristysmomentit:

- koot 17 – 26 8 Nm (6 ft.lbf)
- koot 28 – 32 18 Nm (13 ft.lbf)
- koot 34 – 48 35 Nm (26 ft.lbf)

9 Aseta akselointi molempien laakeripesien alustojen päälle (→ kuva 21).

**HUOM.:** Varmista, että öljynheittorenkaat yltävät paluuöljysäiliöihin ja riippuvat irrallaan.

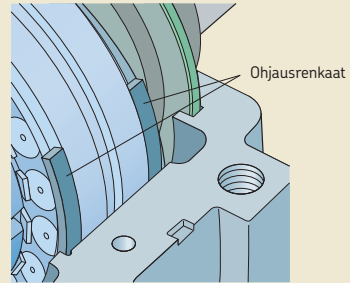
10 Aseta tarvittaessa ohjausrenkas ohjaavan pään laakerin molemmille puolille (→ *Ohjausrenkaiden käyttäminen, sivulla 132*). Varmista, että ohjausrenkaan avoin puoli on ylöspäin (→ kuva 22).

**HUOM.:** Vapaan pään CARB-kaarirullalaakerit vaativat aina ohjausrenkaan laakerin molemmille puolille.

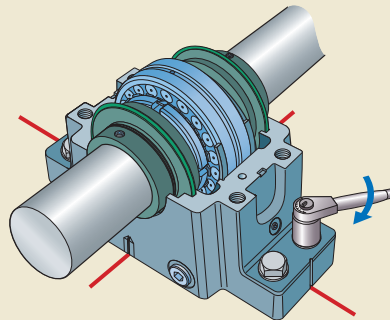
11 Suorita laakeripesien pohjaosien linjaus huolellisesti. Kiristä kiinnityspultteja kevyesti.

**HUOM.:** SONL-laakeripesissä on laakerisijan keskikohtaa ilmaisevat pystymerkinnot pesän pohjaosan sivu- ja päätypinnoissa (→ kuva 23).

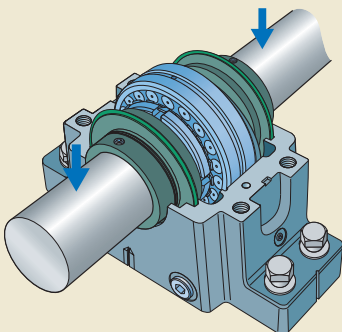
Kuva 22



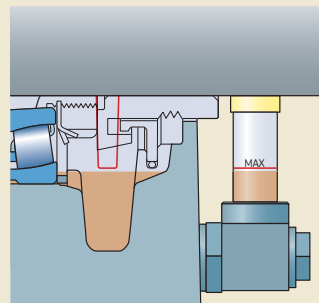
Kuva 23



Kuva 21



Kuva 24



- 12 Jos käytössä on kiertööljyvoitelujärjestelmä, liitä laakeripesään öljyn poistoputket.

**HUOM.:** Poistoputkien virtaaman pitää olla riittävä, tai laakeripesä voi tulvia.

- 13 Jos käytössä on öljynheittorengaat, täytä laakeripesät öljyllä merkittyyn enimmäistasoon asti. Öljyn pinnankorkeusmittari ja laakeripesän pohjaosan sisässä olevat valumerkit osoittavat enimmäistason (→ kuva 24).

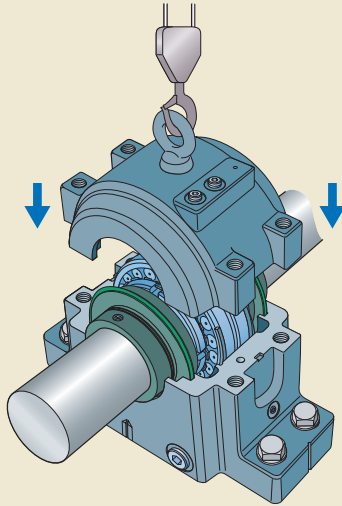
**HUOM.:** Öljytaso voi laskea käytön aikana. Älä ylitäytä laakeripesää, muuten se voi tulvia.

- 14 Laita laakeripesän kansi- ja pohjaosan vastinpinnolle öljynkestävää tiivistäainetta.
- 15 Aseta laakeripesän kansi kunkin pohjaosan päälle (→ kuva 25) ja kiristä kannen pultit (kannen ja pohjaosan liittämiseksi yhteen) suositeltuun kiristysmomenttiarvoon, jotka on lueteltu **taulukossa 4, sivulla 131**. Laakeripesän kantta ja pohjaosaa ei voi vaihtaa toisten laakeripesien vastaaviin osiin. Varmista, että kannessa ja pohjaosassa on sama sarjanumero.

**HUOM.:** Aseta laakeripesän kansi pohjaosan päälle varovasti, ettet vaurioita O-renkaita.

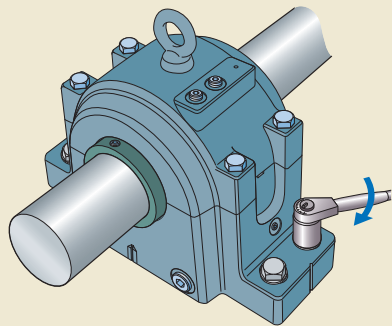
- 16 Jos käytössä on kiertööljyvoitelujärjestelmä, liitä laakeripesän kanteen öljyn tuloputki.
- 17 Tarkista linjaus uudelleen ja kiristä laakeripesän pohjaosan kiinnityspultit kokonaan (→ kuva 26) suositeltuun kiristysmomenttiarvoon, jotka on lueteltu **taulukossa 4, sivulla 131**.
- 18 SKF suosittelee varmistamaan päätykannen ja kiinnityspulttien kiristysmomentin kiristämällä ne uudelleen päivän tai kahden kuluttua asennuksesta.

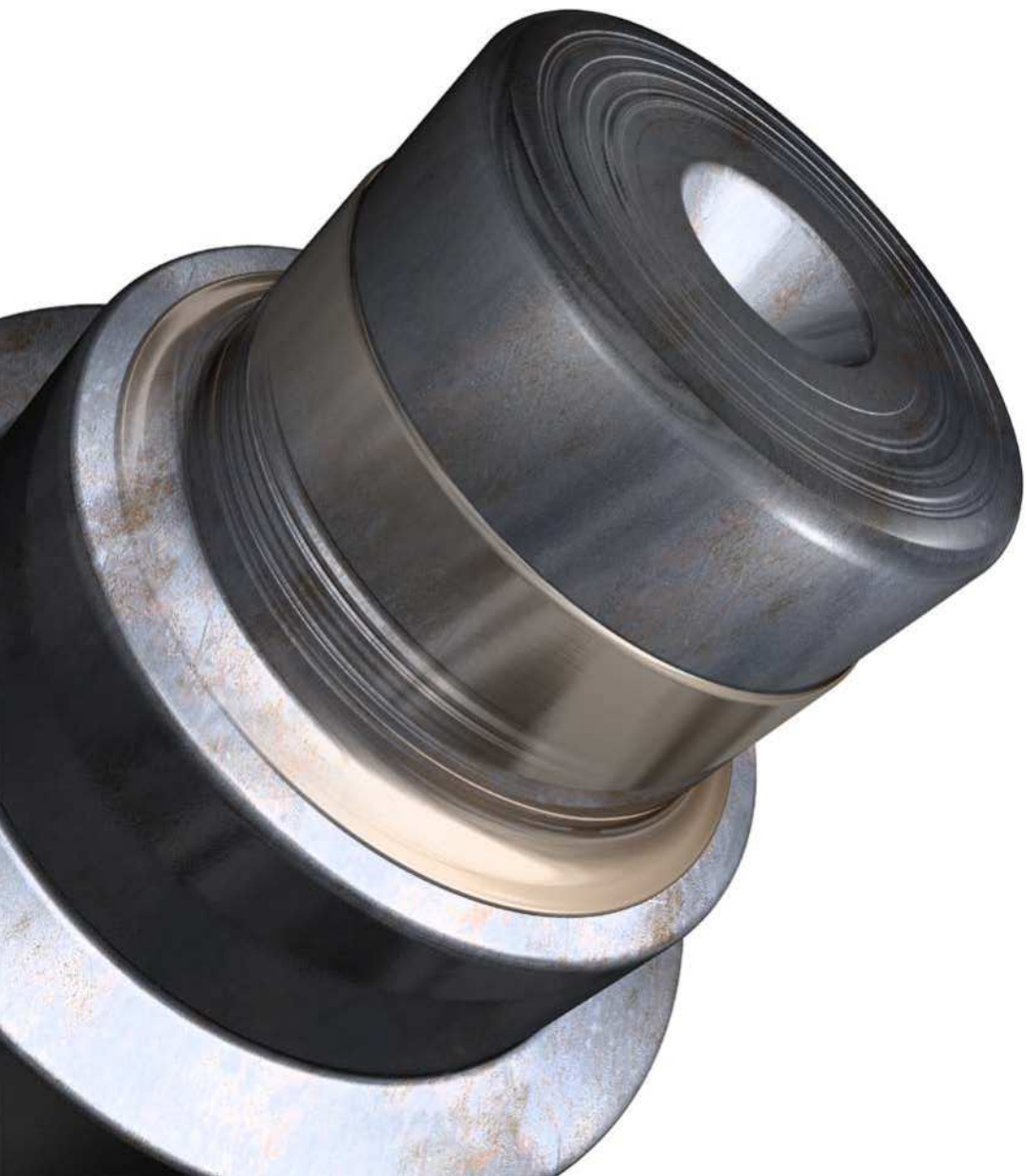
Kuva 25



4

Kuva 26







# Tiivisteiden asentaminen

<b>Yleistä</b> . . . . .	<b>142</b>
<b>Huomioitavat asiat</b> . . . . .	<b>142</b>
<b>SKF:n laakereiden asennustyökalusarja</b> .	<b>146</b>
<b>Valmistelut ennen asentamista</b> . . . . .	<b>146</b>
<b>Säteisakselitiivisteiden asentaminen laakeripesään</b> . . . . .	<b>146</b>
Pölyhuulella varustettujen tiivisteiden asentaminen . . . . .	149
Yksiosaisen umpikumiitiivisteiden asentaminen . . . . .	149
<b>Säteisakselitiivisteiden asentaminen akselille</b> . . . . .	<b>150</b>
<b>Säteisakselitiivisteiden vaihtaminen</b> . . . . .	<b>151</b>
<b>Kuluneen akselin korjaaminen</b>	
<b>SKF-kulutusholkilla</b> . . . . .	<b>152</b>
SKF Speedi-Sleeve -holkin asentaminen . .	152
Halkaisijaltaan suuren kulutusholkin asentaminen . . . . .	152
<b>Suurikokoisen halkaistun umpikumiitiivisteiden asentaminen</b> . . . . .	<b>154</b>
<b>Tiivistyslamellien asentaminen</b> . . . . .	<b>156</b>
<b>V-rengastiivisteiden asentaminen</b> . . . . .	<b>157</b>

# Yleistä

Tiivisteet on asennettava oikein, jotta ne toimivat tarkoitettulla tavalla. Asennus sujuu parhaiten, jos asentajalla on kokemusta, työympäristö on puhdas ja käytettävissä on asianmukaiset työkalut. Tiivisteiden vastapinnan, eli alueen, jossa tiivistehuulet koskevat akselia, on oltava puhdas ja vastattava pinnankarheutta ja pyöreyyttä koskevia määrittäjäsiä. Vastapinta on korjattava, jos se on kulunut. Korjaus on helppoa SKF Speedi-Sleeven tai halkaisijaltaan suuren kulutusholkin (LDSL) avulla. Jos korjaaminen ei onnistu, vaihda akseli.

Koska säteisakselitiivisteet ovat yleisesti käytössä ja muodostavat merkittävän tekijän laakereiden, voiteluaineen ja muiden tärkeiden osien suojaamisessa epäpuhtauksilta, tässä luvussa käsitellään näitä tiivisteitä, ellei toisin ole mainittu.

## Huomioitavat asiat

SKF-tiivisteitä on saatavana montaa eri tyyppiä, rakennetta ja versiota. Yleisimmin käytetyt säteisakselitiivisteet on lueteltu alla:

- säteisakselitiiviste metallikuorella, jousikuormitettu
- säteisakselitiiviste metallikuorella, ilman joustaa
- säteisakselitiivisteet kumipäällysteisellä ulkokuorella, jousikuormitettu
- säteisakselitiivisteet kumipäällysteisellä ulkokuorella, ilman joustaa.

Tiivistettä vaihdettaessa on varmistettava, että uusi tiiviste vastaa alkuperäistä. Tarkista seuraavat seikat:

- tiivisteiden tyyppi ja rakenne (→ **taulukot 1a ja 1b**)
- tiivistehuulen materiaali (→ **taulukko 2, sivulla 145**)

**HUOM.:** Pieni virhe tilauksessa voi aiheuttaa tiivistysvian, jos esimerkiksi asennetaan vahingossa nitrilikuminen tiiviste lämmönkestävämmän fluorikumi tiivisteeseen sijaan, vaikka rakenne onkin muuten sama.

Lisätietoja SKF-asennustyökaluista saat osoitteesta [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) tarjoaa laajan valikoiman koulutus-kursseja (→ *Koulutus*, alkaen s. 326). Lisätietoja on saatavana SKF:n paikalliselta edustajalta tai osoitteesta [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).


















Voit ladata SKF:n ohjelman SKF Sealfinder osoitteesta [www.skf.com](http://www.skf.com). Ohjelma sisältää tietoja yhteensä noin 80 eri tiivistevalmistajalta ja -jälleenmyyjältä ja sen avulla tietoja on helppo ja nopea vertailla.

### **VAROITUS:**

Yli 300 °C:n (570 °F) lämpötiloissa kaikki fluoroelastomeerit ja PTFE-seokset aiheuttavat vaarallisia höyryjä. Jos joudut ihokosketukseen näiden aineiden kanssa tai hengität höyryjä, ota välittömästi yhteys lääkäriin.

Taulukko 1a

## Säteisakselitiivisteet tavallisiin teollisuuden käyttökohteisiin

Tiivisteiden tyyppi ilman pölyhuulta		pölyhuulella		Kuvaus
CRS1		CRSA1		Tiiviste metallikuorella, jousikuormitettu
CRSH1		CRSHA1		Vahvistettu tiiviste metallikuorella, jousikuormitettu
CRW1		CRWA1		Tiiviste metallikuorella, SKF WAVE -tiivistehuuli, jousikuormitettu
CRWH1		CRWH1		Vahvistettu tiiviste metallikuorella, SKF WAVE -tiivistehuuli, jousikuormitettu
CRW5		CRWA5		Tiiviste metallikuorella, SKF WAVE -tiivistehuuli, paineprofiili, jousikuormitettu
HMS5		HMSA10		Tiiviste kumipäälysteisellä ulkokuorella, jousikuormitettu
HMS4		HMSA7		Tiiviste kumipäälysteisellä ulkokuorella, jousikuormitettu
SL SLX SLS DL		SLA DLA		Tiiviste metallikuorella, PTFE-tiivistehuuli (-huulet)
YSLE YNSLE YSL				Tiiviste kokonaan PTFE:tä, O-renkaalla (-renkailla)

## Säteisakselitiivisteet raskaan teollisuuden käyttökohteisiin

Tiivisteiden  
tyyppi

ilman pölyhuulta

pölyhuulella

Kuvaus

HDL



HDLA



Tiiviste metallikuorella, jousikuormitettu

HDS1  
HDS2



HDSA1  
HDSA2



Tiiviste metallikuorella, jousikuormitettu SKF Springlock -jousilukon uraan (malleissa HDS2 ja HDSA2 on myös SKF Springcover - jousen suojus)

HDSB1  
HDSB2



Tiiviste metallikuorella, jousikuormitettu SKF Springlock -jousilukon uraan (mallissa HDSB2 on myös SKF Springcover -jousen suojus)

HDSC1  
HDSC2



Tiiviste metallikuorella, jousikuormitettu SKF Springlock -jousilukon uraan (mallissa HDSC2 on myös SKF Springcover -jousen suojus)

HDS3



Tiiviste metallikuorella, jousikuormitettu SKF Springlock -jousilukon uraan, SKF Springcover -jousen suojus ja säädettävät saumakiilat

HDS4



Tiiviste kumipäällysteisellä ulkokuorella, jousikuormitettu ja saumakiilat sovitettu tiivisterunkoon

HDS6



Tiiviste kumipäällysteisellä ulkokuorella, ilman joustaa, saumakiilat sovitettu tiivisterunkoon

HDS7



Tiiviste metallikuorella, ilman joustaa

HDSD1  
HDSD2



Tiiviste metallikuorella, kaksi tiivistehuulta osoittaen vastakkaisiin suuntiin, jousikuormitettu

HDSE1  
HDSE2



Tiiviste metallikuorella, kaksi tiivistehuulta osoittaen samaan suuntaan, jousikuormitettu










HS4  
HS5



Yksiosainen umpikumi tiiviste, jousikuormitettu SKF Springlock -jousilukon uraan (mallissa HS5 on myös SKF Springcover -jousen suojus)

Taulukko 1b jatkuu

## Säteisakselitiivisteet raskaan teollisuuden käyttökohteisiin

Tiivisteiden tyyppi		ilman pölyhuulta		pölyhuulella		Kuvaus
HS6 HS7 HS8						Halkaista umpikumitiiviste, jousikuormitettu SKF Springlock -jousilukon uraan (malleissa HS7 ja HS8 on myös SKF:n Springcover -jousen suojuus)
HSF1 HSF2 HSF3		HSF4				Halkaista kuituvahvistettu tiiviste, jousikuormitettu
HSF5 HSF6 HSF7 HSF9		HSF8				Yksiosainen kuituvahvistettu tiiviste, jousikuormitettu
SBF						Metallivahvistettu tiiviste, jousikuormitettu
R01-P R01-R		R02-P R02-R				Tiiviste kumipäälysteisellä ulkokuorella, jousikuormitettu
R01-AF R01-AS						Tiiviste kumipäälysteisellä ulkokuorella, jousikuormitettu

5

Taulukko 2

## SKF-tiivistehuulen materiaalimuunnokset

Merkinnän pääte	Tiivistehuulen materiaali	Merkintäesimerkki
R, RG H	Akryyliniiriilbutadieenikumi (NBR) Hydrattu (vanhennettu) akryyliniiriilbutadieenikumi (HNBR) (DURATEMP)	CR 15X35X7 CRW1 R CR 420X470X20 HDS3 H
D V T	Karboksyliakryyliniiriilbutadieenikumi (XNBR) (SKF Duralip) Fluorikumi (FKM) (SKF Duralife) <sup>1)</sup> Polytetrafluorieteeni (PTFE)	CR 240X280X16 HDS2 D CR 640X680X20 HDLV CR 70X90X10 RD10 T

<sup>1)</sup> Tärkeitä fluoroelastomeereja koskevia turvallisuustietoja on **sivulla 142**.

# SKF:n laakerien asennustyökalusarja

SKF:n laakereiden asennustyökalusarjalla voidaan asentaa säteisakselitiivisteitä, joiden ulkohalkaisija on enintään 120 mm. Sarjaan kuuluu seuraavat työkalut:

- 3 iskuholkkia voiman tasaiseen jakamiseen, merkitty kirjaimilla A, B tai C
- 36 lyöntilevyä, merkitty vastaavalla iskuholkin kirjaimella sekä renkaan sisä- ja ulkohalkaisijamitalla, esim. B 25/52
- 1 kaksipuolinen rekyylitön vasara.

## Valmistelut ennen asentamista

Noudata seuraavia ohjeita, niin tiivistys toimii ja tarjoaa parhaimman käyttöiän kohteelle:

- Varmista, että valitun tiivisteiden mitat vastaavat akselin halkaisijaa ja laakeripesän reiän mittoja.
- Varmista, että valittu tiiviste kestää prosessissa esiintyviä aineita sekä käyttölämpötiloja ja -nopeuksia.
- Tarkista, ettei tiivisteessä ole vaurioita, kuten lommoja, uurteita tai viiltoja. Älä koskaan käytä vaurioitunutta tiivistettä.
- Puhdista likaantunut tiiviste huolellisesti. Käytä puhdistukseen lämmintä saippuavettä (alle 30 °C (85 °F)) ja anna tiivisteiden kuivua huoneenlämmössä.
- Viistä ja pyöristä laakeripesän reiän kulma, ettei tiivisteiden ulkopinta vaurioidu asennuksessa.
- Laakeripesän reiän ja akselin vastapinnan on vastattava SKF:n määrityksiä mittojen ja muototarkkuuden, karheuden ja kovuuden suhteen.
- Kaikki akselin reunat, joiden yli tiivistehuulet menevät, on viistettävä tai pyöristettävä.
- Voitele tiiviste ohuesti sovelluksessa käytettävällä voiteluaineella. PTFE-tiivistehuulia ei saa esivoidella, ellei niitä käytetä kuivakäyttösovelluksissa.

# Säteisakselitiivisteiden asentaminen laakeripesään

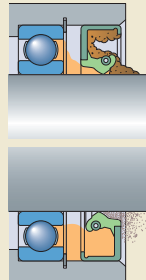
Kun tiivistettä asennetaan laakeripesän reikään, asennusvoima on kohdistettava mahdollisimman lähelle tiivisteiden ulkohalkaisijaa. Tästä syystä SKF suosittelee iskuholkin käyttöä yhdessä mekaanisen tai hydraulisen puristimen (tai vasaran) kanssa.

**HUOM.:** Varmista asennuksen aikana, että tiivistehuuli on suunnattu oikein (→ **kuva 1**). Kun tiivisteiden ensisijainen tehtävä on suojata laakeria epäpuhtauksilta, tiivistehuulen on osoitettava ulospäin. Kun tiivisteiden ensisijainen tehtävä on pitää voiteluaine laakerilla, tiivistehuulen on osoitettava sisäänpäin.

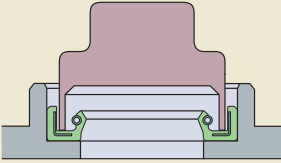
Seuraavassa on suositeltavia asennustapoja, jotka vaihtelevat sovelluksen ja tiivisteiden paikan mukaan:

- tiivisteiden takapinta olaketta tai lukitusrengasta vasten – käytä iskuholkkia (→ **kuva 2**).
- tietyllä etäisyydellä laakerisijalla – käytä iskuholkkia, jossa on etäisyyden rajoitin tiivisteiden oikeaa paikoitusta varten (→ **kuva 3**).
- samaan tasoon laakeripesän reiän otsapinnan mukaisesti – käytä SKF:n laakereiden asennustyökalusarjaa (→ **kuva 4**). Muissa tapauksissa, suojaa tiiviste puisella tai muovisella levyllä ja naputtele tiiviste paikalleen vasaralla (→ **kuva 5**).

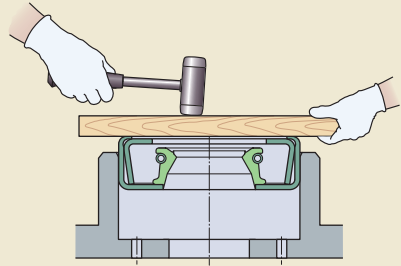
Kuva 1



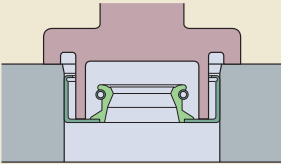
Kuva 2



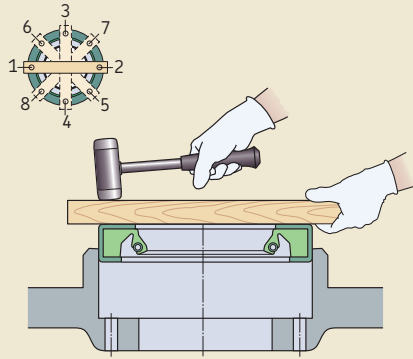
Kuva 5



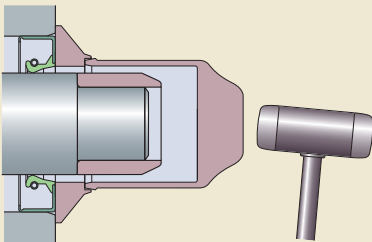
Kuva 3



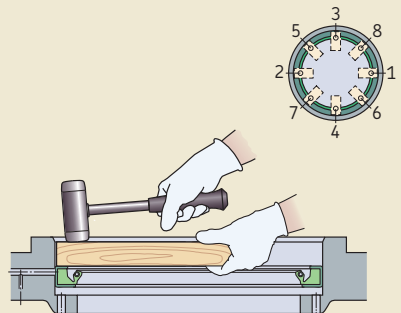
Kuva 6



Kuva 4

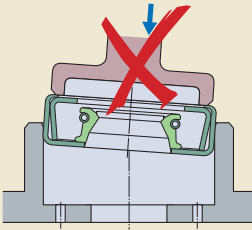


Kuva 7



## Tiivisteiden asentaminen

Kuva 8

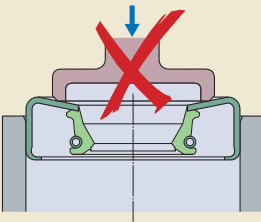


Jos suurille tiivisteille ei ole käytettävissä sopivaa asennustyökalua, SKF suosittelee käyttämään puunpalaa (→ **kuva 6**) tai metallista asennuslevyä. Jos käytät vaihtoehtoisia työkaluja, estä tiivisteiden kallistuminen lyömällä tasaisesti tiivisteiden ympäröivän alueelta. Jos tiiviste on asennettava painettava laakeripesän sisään otapinnan taakse, käytä puunpalaa (→ **kuva 7**).

Kun asennat tiivistettä laakeripesän reikään:

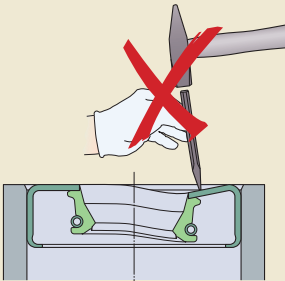
- Varmista, että tiiviste ja asennustyökalu eivät ole vinossa (→ **kuva 8**). Niiden tulee olla kohtisuoraan laakeripesään nähden.
- Varmista, että työkalun (esim. lyöntilevy tms.) ulkohalkaisija ulottuu tiivisteiden ulkohalkaisijalle, sillä muuten tiiviste voi taipua tai vääntyä (→ **kuva 9**).
- Älä koskaan käytä tuurnaa tai iskupiikkiä (→ **kuva 10**).
- Naputtele asennustyökalua aina varovasti vasaralla.
- Älä koskaan iske tiivistettä suoraan minkäänlaisella vasaralla (→ **kuva 11**).

Kuva 9

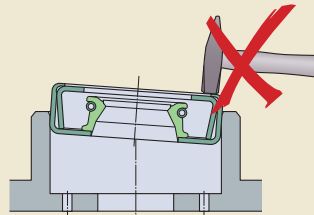


**HUOM.:** Käytä tiivistysaineita säästeliäästi (estääksesi kosketuksen tiivistehuuleen, vastapintaan ja laakeriin).

Kuva 10



Kuva 11





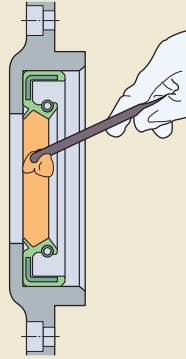
### Pölyhuulella varustettujen tiivisteiden asentaminen

Kun asennat kaksoishuulitiivisteitä tai pölyhuulella varustettuja tiivisteitä, täytä ensimmäisen huulen ja pölyhuulen välinen aukko sopivalla rasvalla (→ **kuva 12**). Tämä ei koske silikonikumitiivisteitä tai hydrodynaamisia tiivisteitä.

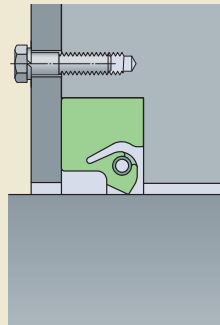
### Yksiosaisen umpikumitiivisteiden asentaminen

Kaikki kumitiivisteet voidaan asentaa käsin, erikoisasennustyökaluja ei tarvita. Asennuksen jälkeen tiiviste on kuitenkin puristettava aksiaalisesti laakeripesän reikään esim. laakeripesän omalla lukituskannella (→ **kuva 13**).

Kuva 12



Kuva 13



### Säteisakselitiivisteiden asentaminen akselille

Kun asennat tiivistettä akselille, SKF suosittelee toimimaan seuraavasti:

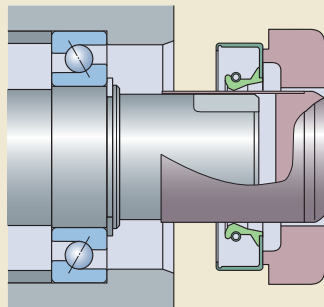
- Suojaa kaikki urat, kiilaurat, kiilat, kierreet ja muut terävät reunat ohutseinäisellä (< 0,5 mm) suojuksella (→ **kuva 14**).
- Käytä holkkia, jos olaketta tai olakkeellista akselia ei ole viistetty tai pyöristetty (→ **kuva 15**).

Suojusten ja holkkien ulkopinta on voideltava samalla voiteluaineella kuin tiiviste ja vastapinta. Asennustyökalun ulkopinnassa ja etureunan viisteessä ei saa olla jäysteitä tai teräviä reunoja.

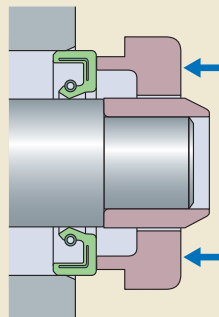
PTFE:stä valmistetut säteisakselitiivisteet on asennettava aina suojuksen tai -holkin avulla.

Jos laakeripesä tai kone on maalattava tiivisteiden asennuksen jälkeen, tiivisteet on suojattava maalilta. Tässä voidaan käyttää apuna kartongista leikattuja suojuksia (→ **kuva 16**).

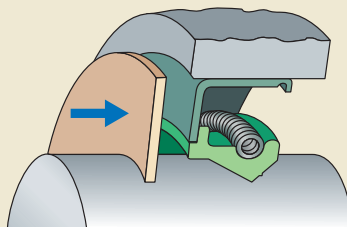
Kuva 14



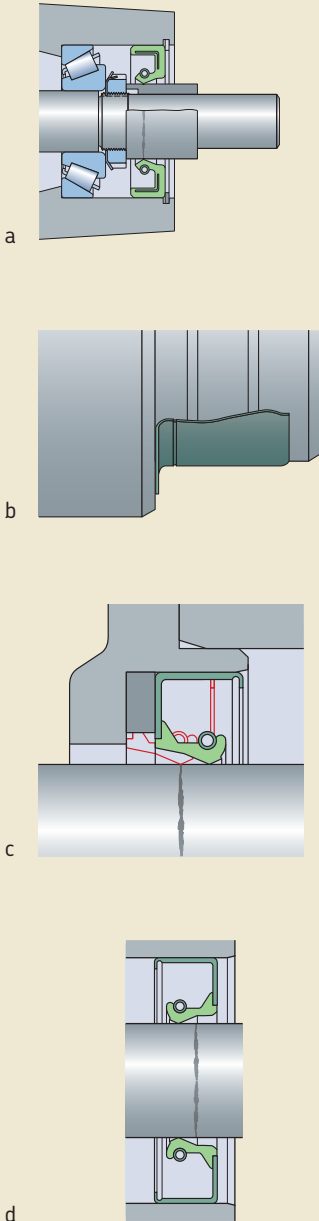
Kuva 15



Kuva 16



Kuva 17



## Säteisakselitiivisten vaihtaminen

**HUOM.:** Kun säteisakselitiiviste on irrotettu kohteesta, sitä ei saa käyttää uudelleen.

Jos tiivisteen vastinpinnassa näkyy merkkejä kulumisesta tai vaurioista, se on korjattava. Tähän on olemassa monta tapaa (→ kuva 17):

- Korjaa akselin vastinpinta; edellyttää akselin poistamista.
- Vaihda vastinpintana toiminut rengas (a).
- Asenna SKF Speedi-Sleeve (kun akselin halkaisija  $\leq 203$  mm) (b), tai halkaisijaltaan suuri kulutusholkki (LDSL) (kun akselin halkaisija  $> 203$  mm).
- Asenna etäisyysrengas laakeripesän reikään laakeripesän olakkeen ja tiivisteiden väliin (c).
- Paina uusi tiiviste eri syvyydelle laakeripesän reikään (d).

Jos mahdollista, tiivistehuulta on aina siirrettävä tiivistettävän aineen suuntaan (c).

Vaihtotiivisteiden rakenteen ja materiaalin on vastattava aina alkuperäistä. Jos et ole varma vaadittavista ominaisuuksista, valitse korkealaatuinen tiiviste, jotta se varmasti kestää käyttöolosuhteet.

Jos samanrakenteista tiivistettä ei ole saatavana alkuperäistä vastaavassa leveydessä, on käytettävä hieman kapeampaa tiivistettä. Mikäli laakeripesän reiän syvyys riittää, voidaan käyttää myös hieman leveämpää tiivistettä.

# Kuluneen akselin korjaaminen SKF-kulutusholkilla

## SKF Speedi-Sleeve -holkin asentaminen

SKF Speedi-Sleeve -holkkien avulla akselin kulumisjäljet on helppo korjata nopeasti, helposti ja taloudellisesti. Nämä holkit, joiden ansiosta konetta ei tarvitse purkaa ja lähettää akselia korjattavaksi, voivat alentaa huomattavasti korjaus- ja seisokkikustannuksia. Toinen SKF Speedi-Sleeve -holkkien etu on, että materiaali on ainoastaan 0,28 mm paksua.

Vaikka asennus on helppoa, se on tehtävä huolellisesti, jotta saavutetaan parhaat tulokset (→ kuva 18).

- 1 Puhdista tiivisteiden vastinpinta akselilla. Poista mahdolliset jäysteet tai karheat kohdat (a) ja varmista, että holkkia ei asenneta kiilaurien, kiilojen tai vastaavien päälle.
- 2 Mittaa halkaisija akselin kulumattomasta osasta kohdasta, johon holkki asennetaan. Mittaa akseli kolmesta kohdasta ja laske lukemien keskiarvo (näin varmistat, että akseli vastaa suositeltuja määrityksiä). Jos akselin keskihalkaisija on ilmoitetun holkkiin alueella, holkille muodostuva ahdistusovite riittää pitämään sen paikallaan ja estää liukumisen tai pyörimisen ilman liiman käyttöä.
- 3 Määritä, mihin holkki on asetettava, jotta se peittää tiivistekulumajäljet. Mittaa tarkka kohta tai merkitse se suoraan akselille. Holkki on sijoitettava kuluneen alueen päälle.
- 4 Lieviä kulumisuria ei tarvitse täyttää. Vaihtoehtoisesti holkin sisäpintaan voidaan levittää ohut kerros kovettumatonta tiivistysainetta. Puhdista pois akselille tai holkin ulkopinnalle joutunut tiivistysaine.
- 5 Jos akselissa on isoja lommoja, täytä ura metallijauhepitoisella epoksitäyteaineella. Asenna holkki ennen täyteaineen kovettamista, jolloin ylimääräinen täyteaine pyyhkiytyy pois. Puhdista pois mahdollinen jäljelle jäävä täyteaine holkin ulkopinnalta.

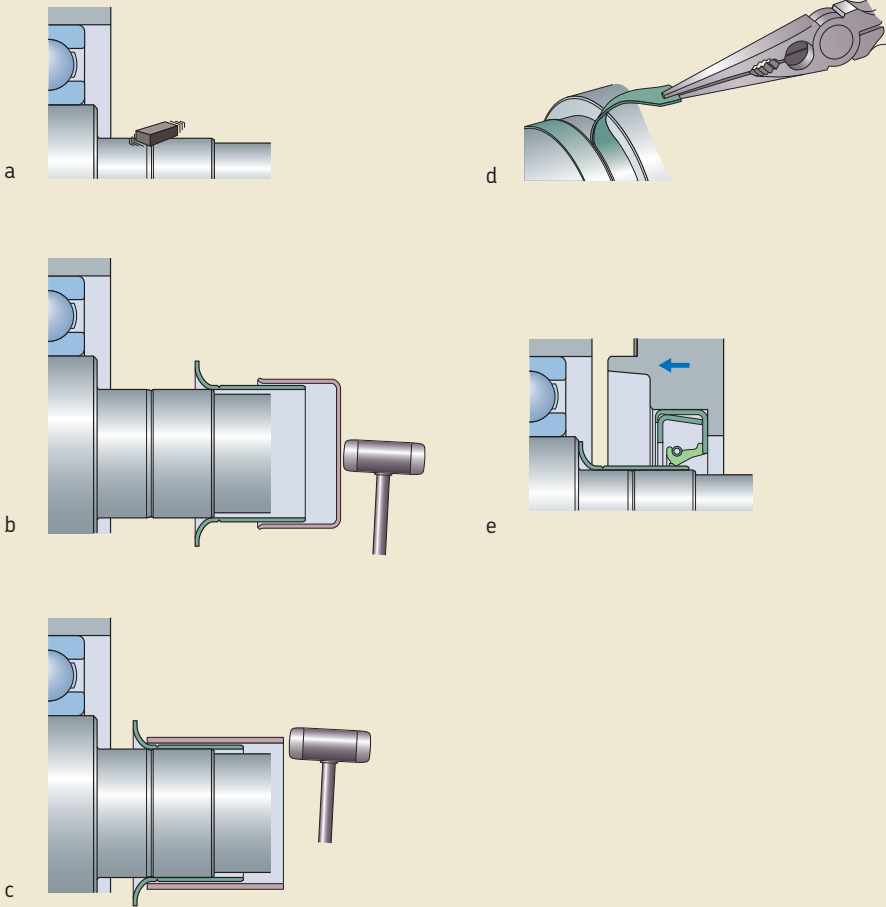
**HUOM.:** Älä koskaan lämmitä SKF Speedi-Sleeve -holkkia asennettaessa!

- 6 Laippaan ei useimmiten tarvitse koskea, mutta jos laippa osuu muihin sovelluksen komponentteihin, se on irrotettava. Jos laippa on irrotettava, leikkaa ulkokehä kohtisuoraan yhdestä paikasta. Holkin laippapää menee akselille ensin. Aseta sitten asennustyökalu holkin päälle (b).
- 7 Naputtele varovasti asennustyökalun keskikohtaa, kunnes holkki peittää kuluneen pinnan. Jos asennustyökalu on liian lyhyt, voidaan käyttää apuna putkea tai letkua, jossa on pyörästetty, jäysteetön pää (c). Varmista, että putken sisähalkaisija on samankokoinen kuin asennustyökalussa. Varo, ettet naarmuta holkin tarkkuushiottua ulkokehää.
- 8 SKF Speedi-Sleeve -holkki on asennettava aina siten, että holkin ulkoreuna on kohdistettuna suoraan akselin koko halkaisijalle, jolloin estetään terävää reunaa vahingoittamasta tiivistettä asennuksen aikana.
- 9 Jos laippa täytyy irrottaa, tartu laippaan pitkällä pihdeillä ja siirrä sitä pois päin tiiviste-pinnasta (d) ja kierrä se rullalle, varoen nostamasta holkin päätä irti akselilta, ettei reunaan tule lovea. Laijan irrotus on tehtävä erittäin varovasti, ettei holkin ulkopinta vaurioidudu.
- 10 Kun holkki on asennettu, tarkista uudelleen, ettei tiivistettä vaurioitava jäysteitä ole.
- 11 Voitele holkki järjestelmän voiteluaineella ennen tiivisteiden asentamista.
- 12 Jatka asentamalla tiiviste.
- 13 Aloita uuden tiivisteiden asennus yllä olevien ohjeiden mukaan tai asentamalla takaisin uuden tiivisteiden mukana tullut päätykansi (e).

## Halkaisijaltaan suuren kulutusholkin asentaminen

SKF:n halkaisijaltaan suuret kulutusholkit (LDSLV) on suunniteltu asennettavaksi lämmitämällä. Holkkia on lämmitettävä ennen akselille asentamista tasaisesti noin 180 °C:n (355 °F) lämpötilaan käyttäen sopivaa laitetta, kuten SKF-induktiolämmitintä.

**HUOM.:** Älä lämmitä holkkia yli 200 °C:n (390 °F) lämpötilaan.



Holkki on asennettava välittömästi lämmittämisen jälkeen, sillä se jäähtyy nopeasti ja voi tarttua kiinni akseliin ennen kuin on oikeassa asemassa. Jos holkki vaatii uudelleenkohdistusta, varo vaurioittamasta etureunan viisteen ulkopintaa.

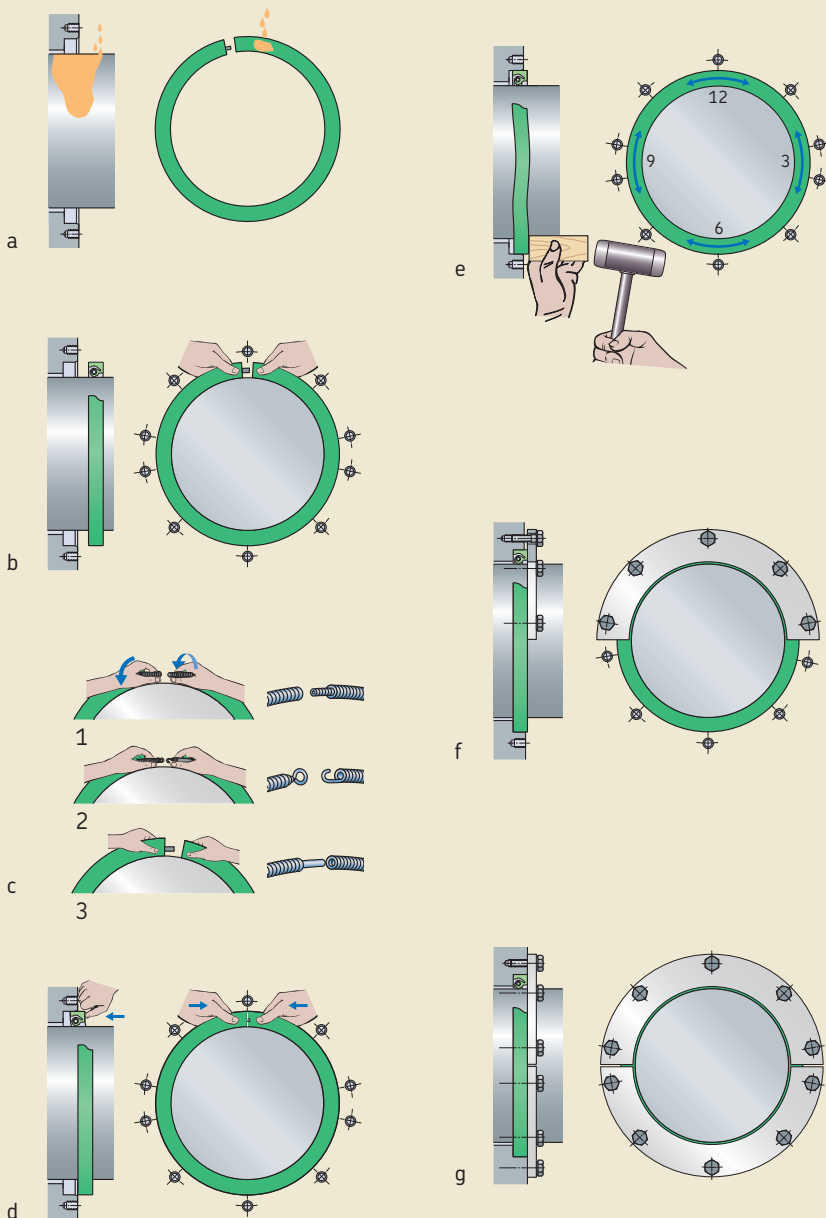
# Suurikokoisen halkaistun umpikumitiivisteiden asentaminen

Kun asennetaan sarjan HS6, HS7 tai HS8 halkaistua umpikumitiivistettä tai sarjan HSF1, HSF2, HSF3 tai HSF4 halkaistua kuituvahvisteista tiivistettä, on noudatettava näitä ohjeita (→ kuva 19).

- 1 Jos mahdollista, aseta jousi SKF Springlock -jousilukon uraan ja kohdista jousen liitos eri kohtaan tiivisteiden liitoskohtaan nähden.
- 2 Levitä tiivistehuuliin ja vastapinnalle ohuesti voiteluainetta (a). Käytä sovelluksen voitelussa käytettävää voiteluainetta.
- 3 Tarkista, että tiivistehuuli osoittaa oikeaan suuntaan (b).
- 4 Liitä jousen päät:
  - Kierrä jousen päät yhteen kierrellyttimin varustetuissa jousissa (c1), jotka sopivat sarjojen HSF1, HSF2, HSF3 ja HSF4 tiivisteisiin. Aseta toinen pää toiseen ja ruuvaa paikalleen.
  - Vedä jousen päät yhteen ja kiinnitä ne haka ja silmukka -liittimin varustetuissa jousissa (c2), jotka sopivat HS6-sarjan tiivisteisiin ja useimpiin HS8-sarjan tiivisteisiin. Älä venytä jouta liikaa, koska se voi heikentää tiivisteiden tiivistyskykyä.
  - Vedä tiivisteiden päät yhteen ohjauslankaliittimin varustetuissa jousissa (c3), jotka sopivat HS7-sarjan tiivisteisiin. Aseta sitten ohjauslanka jousen toiseen päähän. Älä venytä jouta liikaa, koska se voi heikentää tiivisteiden tiivistyskykyä.
- 5 Kohdista tiivisteiden liitos akselille kello 12:n asentoon ja paina tiivisteiden liitoskohdasta laakeripesän reikään (d).
- 6 Paina loput tiivisteistä paikalleen alkaen kello 3:n ja kello 9:n asennoista (e), lopettaen samanaikaisesti kello 6:n ja kello 12:n kohtiin. Kun akselin halkaisija on 1 200 mm tai enemmän, voi olla parempi kiinnittää tiiviste kello 12:n, 3:n, 6:n ja 9:n kohtiin ennen tiivisteiden loppuosien asettamista.

**HUOM.:** Älä koskaan asenna vain tiivisteiden toista päätä ja kiedo jäljelle jäänyttä tiivisteiden osaa akselin ympärille. Tällöin tiiviste venyy, ja asennus laakeripesään reikään on hankalaa tai mahdotonta.

- 7 Paina tiivistettä laakeripesän reikään pienellä puunpalalla, kunnes se koskee laakeripesän olaketta (e).
- 8 Tarkista tiiviste, erityisesti liitoksen kohdalta.
- 9 Asenna kansilevy (f ja g). Kiristä kiinnityspultteja tasaisesti, kunnes päätykansi koskettaa laakeripesän pintaa.



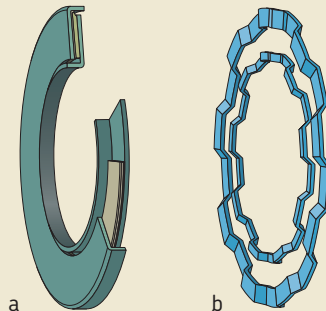
5

## Tiivistyslammellien asentaminen

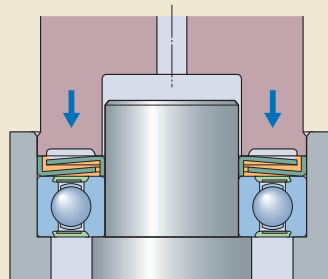
Tiivistyslammellit – joko pinnoitetun laatan kanssa tai ilman sitä (→ **kuva 20a**) – on asetettava **kuvan 21a** osoittamalla tavalla, jotta levyjen pumppausvaikutus ei kohdistu laakeriin. Jos välilaattoja (→ **kuva 20b**) käytetään edistämään voitelua, yksi välilaatta on asennettava sisärenkaan viereen (→ **kuva 21b**).

- 1 Täytä kahden välilaatan välinen vapaa tila vettä hylkivällä ja ruostetta ehkäisevällä rasvalla, esim. SKF LGMT 2:lla.
- 2 Voitele kevyesti sisemmän- ja ulomman välilaatan pinnat rasvalla.
- 3 Aseta laattasarja aloituskohtaan. Varmista, että laakeripesän laatan otsapinta koskee laakerin ulkokehää (→ **kuva 21b**).
- 4 Paina laattasarja samanaikaisesti laakeripesän reikään ja akselille, käyttäen vastinta tai vastaavaa työkalua, joka koskee molempiin aluslaattoihin (→ **kuva 22**). Varmista, että laatat eivät ole vinossa.
- 5 Jos asennetaan useita laattasarjoja vierekkäin, asenna ensimmäinen sarja ennen seuraavaa.

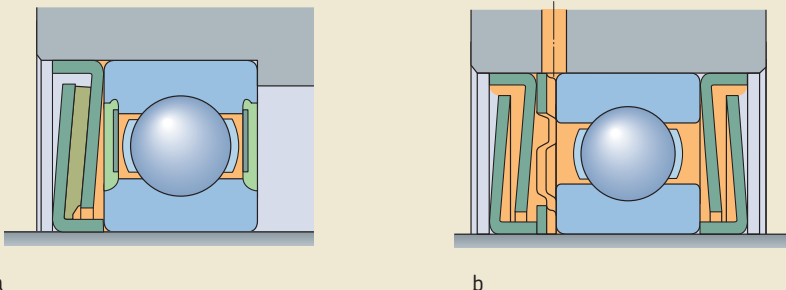
Kuva 20



Kuva 22

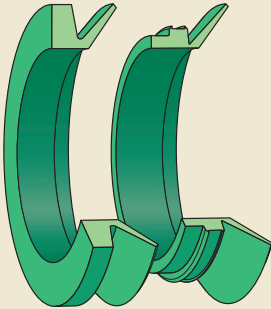


Kuva 21





Kuva 23

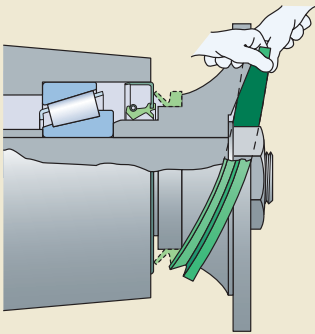


## V-rengastiivisten asentaminen

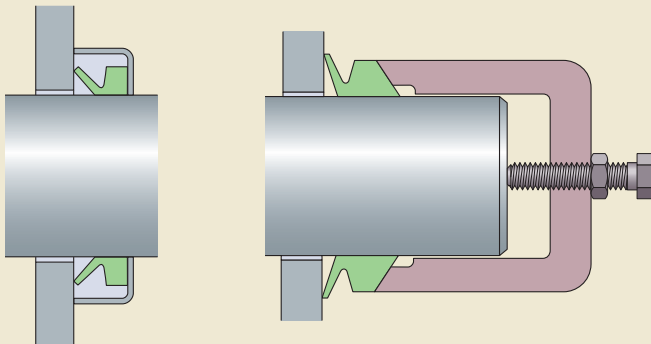
V-rengastiivisteet (→ kuva 23) ovat elastisia ja ne on helppo asentaa venyttämällä muiden osien päälle (→ kuva 24). Jos asennetaan useita samankokoisia V-rengastiivisteitä, voidaan tehdä yksinkertaiset asennustyökalut (→ kuva 25) tiivisteiden painamiseksi määrättyyn syvyyteen.

Varmista V-rengastiivistettä asennettaessa, että tiiviste istuu tasaisesti akselin ympärillä ja asennusleveys vastapinnasta V-renkaan taka-pintaan vastaa määrättyjä toleransseja.

Kuva 24



Kuva 25





SKF

SKF Shaft Alignment Tool TX5A-40



# Linjaus

<b>Johdanto</b> .....	<b>160</b>	<b>Hihnojen linjaus</b> .....	<b>176</b>
<b>Koneen asennus ja linjaus</b> .....	<b>161</b>	Linjausvirhetyypit .....	176
Perustuksen laatu .....	161	Hihnakäyttöjen linjaustoleranssit .....	176
Linjauksen tavoitearvot .....	161	Hihnanlinjausmenetelmät .....	176
Pehmeä jalka .....	162	Perinteiset hihnakäyttöjen linjausmenetelmät .....	176
Pehmeän jalan tyyppiä .....	162	Hihnakäyttöjen laserlinjausmenetelmät .	176
Pehmeän jalan tarkistus .....	162		
Linjauslevyjen käyttäminen .....	163		
Linjauslevyt .....	163		
SKF Vibracon SM -elementit .....	164		
Teräskiilat .....	164		
Epoksihartsit .....	165		
Pulttien kiristäminen .....	166		
Kiristysmomentti ja esijännitys .....	166		
Kiristystyökalut .....	166		
<b>Akseleiden linjaus</b> .....	<b>167</b>		
Linjausvirhetyypit .....	167		
Mittaustavat .....	167		
Paikallaan pysyvät ja liikuteltavat koneet .....	167		
Mittaussuunnat .....	168		
Mittausasennot .....	168		
Akseleiden linjaustoleranssit .....	169		
Akseleiden linjausmenetelmät .....	170		
Perinteiset akselien linjausmenetelmät .....	170		
Mittakellomenetelmät .....	170		
Laserlinjausmenetelmät .....	172		
Linjausprosessi .....	173		
<b>Nivelakselikäyttöjen linjaus</b> .....	<b>175</b>		
Nivelakselikäyttöjen linjaustoleranssit .....	175		
Nivelakselikäyttöjen mittausten menetelmät ..	175		
Nivelakselikäyttöjen laserlinjausmenetelmät .....	175		

# Johdanto

Käyttöjen ja koneenelimiä linjaus on tärkeää ensiasennuksen ja kunnossapitotöiden yhteydessä. Koneenelimiä linjaus ehkäisee olennaisesti laakerien ennen aikaista kulumista, ja sitä kautta myös muiden osien vaurioita. Koneiden asianmukaisen linjauksen kustannukset ovat pienet suhteessa suuriin huoltokustannuksiin jonkun laitteiston kriittisen osan rikkoutuessa.

Linjaus on tehtävä seuraaviin laitteisiin:

- akselit
- nivelakselikäytöt
- hihnakäytöt
- telat ja sylinterit esim. paperikoneissa.

Tässä luvussa esitellään akselien, nivelakselien ja hihnakäyttöjen linjauksen perustoinen piteet.

Tarkan linjauksen etuja ovat:

- pidentynyt laakerin käyttöikä
- pidentynyt tiivisteen käyttöikä
- pidentynyt kytkimen käyttöikä
- pidemmät huoltovälit
- parantunut energiatehokkuus
- alhaisemmat värähtely- ja kuormitustasot

Lisätietoja akselien, nivelakselien, hihnakäyttöjen, telojen ja sylinterien linjauksesta löytyy osoitteista [www.skf.fi](http://www.skf.fi).

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) tarjoaa kattavan valikoiman linjausmenetelmiin liittyviä koulutuksia (→ *Koulutus* alkaen s. 326). Lisätietoja on saatavana SKF:n paikalliselta edustajalta tai osoitteesta [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

Akselien ja hihnan linjaustyökaluja ja linjauslevyjä on saatavana SKF-kunnossapitotuotteiden valikoimasta (→ **liite K, sivulla 419**). Lisätietoja on osoitteesta [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

SKF:llä on kokeneita linjauspalveluita suorittavia henkilöitä ja osastoja. Katso lisätietoja osoitteesta [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

## Koneen asennus ja linjaus

Käyttöjen ja koneenelimien asianmukaiseen linjaukseen vaikuttaa paljon koneen asennuksen laatu. Ihanteellinen asennus ja sen laatu mahdollistaa nopean ja helpon linjauksen sekä tarkat tulokset.

Seuraavat tekijät on huomioitava, että asennus onnistuu parhaalla mahdollisella tavalla:

- perustuksien kunto
- linjauksen tavoitearvot
- pehmeä jalka
- linjauslevyjen käyttäminen
- pulttien kiristäminen.

### Perustuksien kunto

Koneenasennuksessa on erittäin tärkeää luoda koneelle perustukset, jotka tukevat ja säilyttävät koneen eri osien linjauksen laadun dynaamisissa olosuhteissa. SKF suosittelee seuraavia toimia, olipa kyseessä uuden koneen asennus tai vanhan koneen uudelleenlinjaus:

- 1 Tarkista, onko perustuksessa murtumia, rapistumisen merkkejä tai vaurioituneita pultin reikiä, ja korjaa ne tarvittaessa.
- 2 Poista nykyiset linjauslevyt ja kiilat. Jos ne ovat ehjiä, tarkista onko niissä ruostetta ja puhdista tarvittaessa ennen uutta käyttöä.
- 3 Poista mahdollinen ruoste, maali tai öljy perustuksen asennuspinnasta.
- 4 Vaihda vanhat kiinnityspultit, jos ne ovat ruostuneet tai jos kierteissä on vaurioita.
- 5 Tarkista perustuksen tasomaisuus laserilla tai karkaistulla suoralla sekä rakotulkillä. Tasomaisuuden tulee vastata toleranssi-astetta IT7.

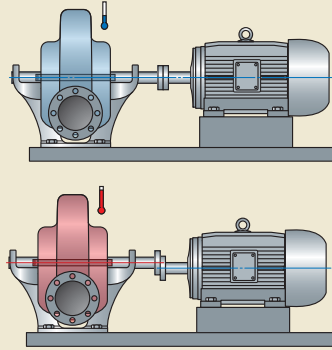
**HUOM.:** Kaikki korjaustyöt on suoritettava loppuun ennen linjaustöiden aloittamista!

### Linjauksen tavoitearvot

Koneen eri osat kuumenevat ja laajenevat käytön aikana (→ **kuva 1**). Tämä johtuu lämpölaajenemisesta ja vaihtelee koneen materiaalin ja lämpötilan mukaan.

Tavallisesti koneen suunnittelijat huomioivat lämpölaajenemisen ja määrittävät kompensoivat linjausparametrit. Nämä parametrit ilmoitetaan

Kuva 1



yleensä kytkimen offset-arvoina tai koneen jalustan säätöarvoina.

Koneen suunnittelijoiden antamien ohjeiden lisäksi SKF suosittelee linjaamaan koneet niiden ollessa vakaassa lämpötilassa suhteessa perustukseen, koteloihin ja ympäristön lämpötilaan. Ennen linjauksen aloittamista koneen kotelojen ja perustusten lämpötilaero saa olla korkeintaan 10–15%. Varmista myös, että linjauksen tavoitearvoissa on huomioitu todellinen lämpötila, sillä ne perustuvat usein oletettuun ympäristön lämpötilaan.

### Pehmeä jalka

Pehmeä jalka (→ **kuva 2**) tarkoittaa tilannetta, jolloin kone ei ole tukevasti perustuksen päällä. Pehmeän jalan voivat aiheuttaa seuraavat tekijät:

- vaurioituneet perustukset, erityisesti murtumat
- vääntyneet tai vaurioituneet koneen rungot, jotka eivät ole tuettuja koko pinnan alueelta
- virheellinen linjauslevyjen käyttö.

### Pehmeän jalan tyyppejä

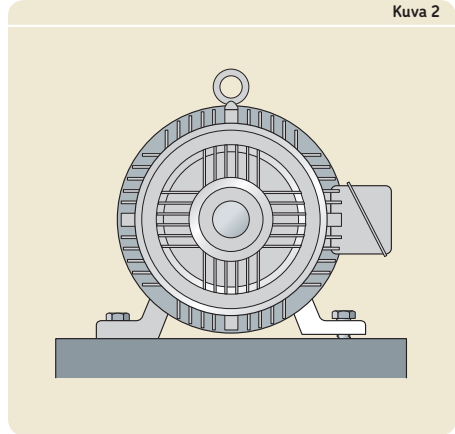
Pehmeää jalkaa on kahta eri tyyppiä (→ **taulukko 1**)

- yhdensuuntaisuuden suhteen pehmeä jalka (lyhyt jalka)
- kulman suhteen pehmeä jalka (vino jalka).

Pehmeä jalka tekee pystylinjauksesta mahdollista, koska kone pääsee liikkumaan tarkan linjauksen vaiheessa. Jos pehmeää jalkaa yritetään korjata kiristämällä kiinnityspulttia, koneen kotelo voi vääntyä ja aiheuttaa virheellisen linjauksen, mistä on seurauksena ennenaikainen laakerivaurio.

Sekä yhdensuuntaisuuden että kulman suhteen pehmeät jalat voidaan korjata SKF Vibracon SM -elementtien avulla. Lisätietoja on osiossa *Linjauslevyjen käyttäminen*, alkaen **s. 163**.

Kuva 2



### Pehmeän jalan tarkistus

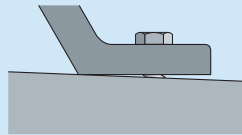
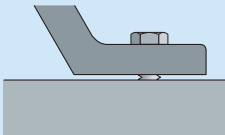
Pehmeän jalan tarkistus onnistuu rakotulkkien avulla ja merkitsemällä muistiin neljä arvoa kutakin jalkaa kohti. Tällä menetelmällä arvot ja pehmeän jalan tyyppi voidaan määrittää tarkasti.

Pehmeän jalan mittaamiseen SKF suosittelee laserlinjauslaitteiden käyttöä.

Lisätietoja saat osioista *Akseleiden linjaus*, alkaen **s. 167** tai *Hihnakäyttöjen linjaus*, alkaen **s. 176**.

Taulukko 1

#### Pehmeän jalan tyyppejä



#### Kuvaus

**Yhdensuuntaisuuden suhteen pehmeä jalka (lyhyt jalka)**  
Koneen jalka on yhdensuuntainen koneen rungon kanssa, mutta ei kuitenkaan lepää sen päällä. Tunnetaan myös nimellä "lyhyt jalka".

**Kulman suhteen pehmeä jalka (vino jalka)**  
Ainoastaan osa koneen jalasta lepää koneen rungon päällä. Tunnetaan myös nimellä "vino jalka".

#### Korjaustoimet

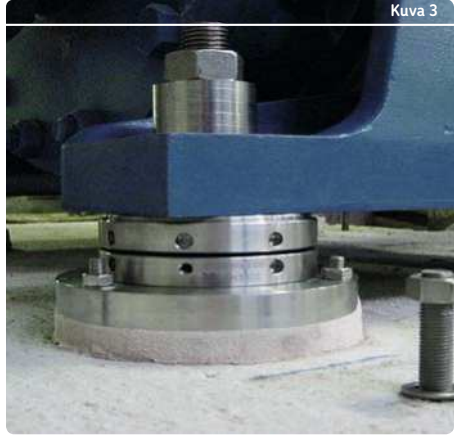
Lisää linjauslevyjä, mikäli kiinnityspisteiden välissä ilmarako.

Säädä kulmaa tai lisää muokattu kiila.

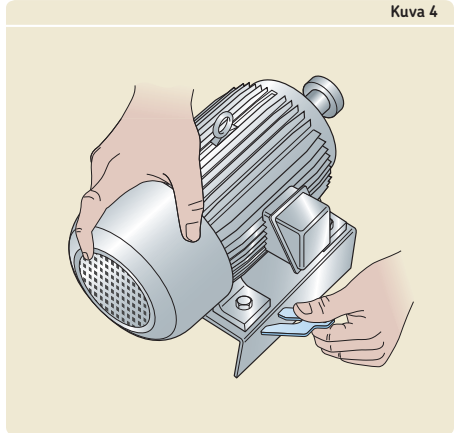
Valmistele asennuspinta konetta varten SKF Vibracon SM -elementtien avulla (→ *SKF Vibracon SM -elementit*, sivulla 164).

Valmistele asennuspinta konetta varten SKF Vibracon SM -elementtien avulla (→ *SKF Vibracon SM -elementit*, sivulla 164).

Kuva 3



Kuva 4



6

## Linjauslevyjien käyttäminen

Linjauslevyjä käyttämällä voidaan täyttää tukipinnan ja koneen rungon välinen rako. Linjauslevytarvikkeisiin kuuluvat seuraavat:

- linjauslevyt
- säädettävät teräksiset jalustat, esim. SKF Vibracon SM -elementit (→ **kuva 3**)
- erikoislinjauslevyt, esim. teräskiilat
- epoksihartsi

Säätöprosessi vaihtelee valitun linjauslevyn tyyppiin mukaan. Jotkut linjauslevyt on suunniteltu luomaan kunnollinen kiinnitystasopinta uusille asennuksille tai korjauskohteille. Muiden avulla korjataan pehmeän jalan ongelmaa säädettäessä olemassa olevaa konetta uudelleen.

## Linjauslevyt

Linjauslevyt ovat ohuita komponentteja, joiden avulla koneen kokonaiskorkeutta voidaan säätää tai kompensoida yhdensuuntaisuuden suhteen pehmeän jalan tapauksessa. Linjauslevyt asetetaan koneen kiinnitysjalan ja tukipinnan väliin (→ **kuva 4**).

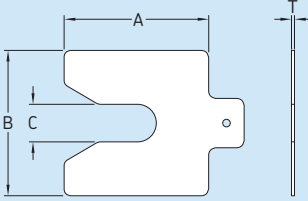
SKF suosittelee käyttämään ruostumattomasta teräksestä valmistettuja linjauslevyjä, jotka ovat riittävät vahvoja ja kestävät eri aineiden aiheuttamaa korroosiota. Sopimattomista materiaaleista, kuten kuparista tai messingistä, valmistetut linjauslevyt ovat yleisesti ottaen liian pehmeitä ja vääntyvät helposti. Tämä aiheuttaa kiinnityspisteiden löysyyttä ja ajan myötä linjausongelmia.

SKF TMAS -sarjan linjauslevyjä on saatavilla viittä eri kokoa, kutakin kymmentä eri paksuutta (**taulukot 2a ja 2b, sivu 164**) kiinnityspulteille, joiden halkaisija on enintään 52 mm. Nämä valmiit yksiuuraiset linjauslevyt on valmistettu korkealaatuisesta ruostumattomasta teräksestä ja niiden valmistustoleranssit takaavat tarkan linjauksen. Linjauslevyjä toimitetaan kymmenen kappaleen paketteina, joista kuhunkin on merkitty erikseen paksuus.

**HUOM.:** Jos mahdollista, käytä vain yhtä linjauslevyä. Älä aseta päällekkäin enempää kuin kolme linjauslevyä. Muuten vastinpintojen määrä kasvaa, mikä vaikuttaa suositeltuun pultin venymään. Lisätietoja pulttauksesta on osiossa *Pulttien kiristäminen* **sivulla 166**.

Taulukko 2a

SKF-linjauslevyt, TMAS-sarja



Merkintä <sup>1) 2)</sup>	Mitat			
	A	B	C	T <sup>2)</sup>
	mm			
TMAS 50-xxx	50	50	13	xxx
TMAS 75-xxx	75	75	21	xxx
TMAS 100-xxx	100	100	32	xxx
TMAS 125-xxx	125	125	45	xxx
TMAS 200-xxx	200	200	55	xxx

<sup>1)</sup> 10 linjauslevyä sarjassa

<sup>2)</sup> xxx ilmaisee säätölevyn paksuuden (→ taulukko 2b)

Taulukko 2b

Säätölevyn paksuus

Nimitys	Mitta T	Toleranssit
	mm	
005	0,05	± 0,010
010	0,10	± 0,020
020	0,20	± 0,025
025	0,25	± 0,025
040	0,40	± 0,030
050	0,50	± 0,030
070	0,70	± 0,040
100	1,00	± 0,040
200	2,00	± 0,045
300	3,00	± 0,150

## SKF Vibracon SM -elementit

SKF Vibracon SM -elementit ovat asennusvalmiita korkeussäädettäviä säätöyksiköitä, joiden avulla saadaan aikaan hyvä asennustaso erityisesti silloin, jos ongelmana on pehmeä jalka.

SKF Vibracon SM -säätöelementtejä (→ kuva 5) valmistetaan kahta mallia kiinnityspulteille, joiden halkaisijan koko on 12–65 mm:

- SKF Vibracon, normaali versio (a)
- SKF Vibracon, matala profiili (b)

**HUOM.:** SKF Vibracon SM -elementtejä ei ole tarkoitettu koneistojen nostamiseen! SKF suosittelee matalien hydraulisyliinterien tai nostimien käyttöä näihin tarkoituksiin.

Yksityiskohtaisia tietoja SKF Vibracon SM -elementtien asentamisesta toimitetaan elementtien mukana.

## Teräskiilat

Teräskiiloja (lovettuja osia) tulisi käyttää ainoastaan korjauskohteissa ja seuraavissa tilanteissa:

- säätökorkeus on liian pieni SKF Vibracon SM -elementeille
- säätökorkeus on liian suuri linjauslevyille
- ongelmana on kulman suhteen pehmeä jalka.

Kiilojen rakenne ja koko (→ kuva 6) vaihtelee käyttökohteen olosuhteiden, kuten koneen painon ja perustuksen tyyppin mukaan.



## Epokihartsit

Epokihartsia käytetään pääasiassa propulsio-koneistojen linjaukseen. Epokihartsit valetaan tavallisesti perustuksen ja koneen rungon väliin (→ **kuva 7**) ja se soveltuu korkeussäätöihin välillä 15–100 mm.

Sopivissa harteissa on suhteellisen lyhyt kovettumisaika, hyvä puristuslujuus ja hyvä purotus- ja lämpöiskukestävyys. SKF suosittelee käyttämään perusmateriaalina Epocast 36:ta, joka on kaksiosainen epoksi.

Lisätietoja epokihartseista saat SKF:n edustajalta.

### Epokihartsin valaminen

Puhdista tukipinnan alue maalista ja liasta. Tee kiinnityspinnalle uria, tämä edesauttaa epoksin kiinnittymistä. Saman tuloksen saavutat poraamalla kiinnityspintaan matalia reikiä eri kulmiin. Näin epoksi kiinnittyy perustukseen.

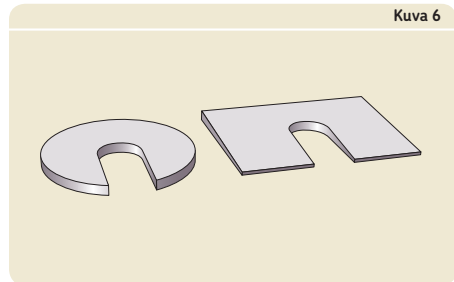
Aseta putkiholkki paikalleen koneen jalan läpi ja perustukseen. Tee vanerista tai vaahtokumista muotti koneen jalan ympärille ja tiivistä sauma muurin ja kiinnityspinnan välillä. Laita tartunnanestoaine putkiholkkiin, koneen runkoon ja muottiin. Täytä muottiin hartsia, kunnes se ulottuu aivan jalan yläpuolelle.

Kuva 5

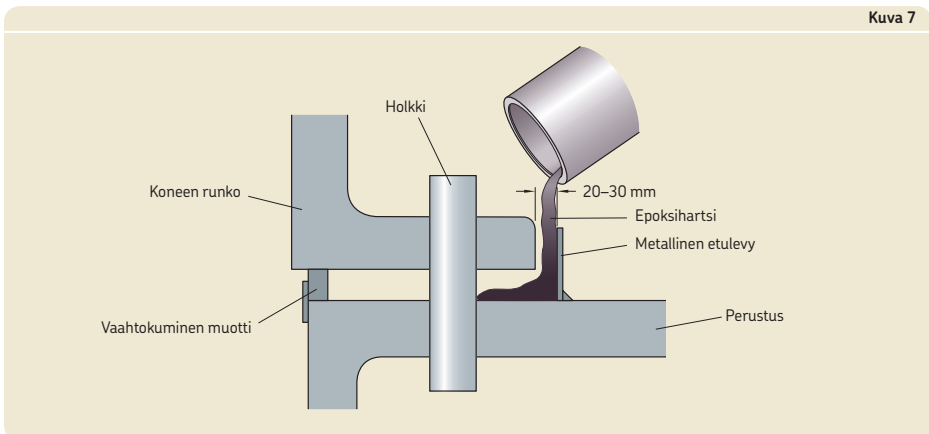


6

Kuva 6



Kuva 7



### Pulttien kiristäminen

Oikea kiristysmomenttiarvo pultin kiristyksessä koneen asennuksen aikana on erittäin tärkeää. Virheelliset kiristysmomentit voivat johtaa koneiston liikkumiseen käytön aikana. Tämä voi aiheuttaa akselin kulmavirheen, joka johtaa lopulta laakereiden ja muiden osien ennalikaiisiin vaurioihin.

Tavallisesti koneen suunnittelija ei määritä kiristysmomentteja. Jos arvoja ei ole saatavana koneen omistajalta, ota yhteys SKF:n edustajaan.

### Kiristysmomentti ja esijännitys

Kiinnityspultit saa kiristää enintään kireyteen, joka on 75% myötölujuudesta.

### Kiristystyökalut

Kaikki pultit ja mutterit on kiristettävä tarkalla momenttiavaimella (vähintään kahdessa vaiheessa) tai hydraulisella pultinkiristimellä. Suurille pulteille SKF suosittelee käyttämään hydraulista HYDROCAM -pultinkiristintä (→ **kuva 8**), jos mahdollista. Tällaisen kiristyslaitteen avulla pultit voidaan asentaa tarkasti ilman momenttiavainta. Kiristimet mahdollistavat myös tasaisen esijännityksen tai pultin venymän.

**HUOM.:** Pulttien kiristäminen manuaalisilla työkaluilla on epätarkkaa eikä mahdollista toistettavia tuloksia.

### Hydrauliset Hydrocam-pultinkiristimet

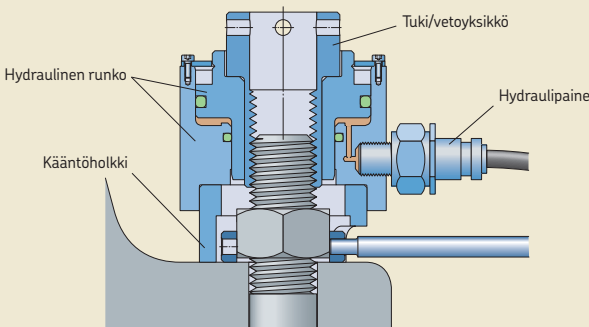
Hydraulisella HYDROCAM-pultinkiristimellä voidaan kiristää pultteja, joissa on ulostyöntyvä osa (pultti) kiristysmutterin yläpuolella. Pulttia venytetään siihen asennettavan rengasmaisen hydraulirungon avulla. Pulttiin kohdistuu ainoastaan aksiaalista vetokuormitusta.

Kuormittamatonta mutteria kierretään sitten kevyesti vääntämättä pulttia. Kun kiristimen nestepaine vapautetaan, suurin osa kiristimen hydraulikuormituksesta siirtyy mutteriin ja kiristys suoritetaan loppuun.

Ihanteellisen tarkkuuden saavuttamiseksi SKF suosittelee pultin vedon ja mutterin kiertämistä paikoilleen kahteen kertaan.

Lisätietoja hydraulisista Hydrocam-pultinkiristimistä saat SKF:n edustajalta.

Kuva 8



## Akseleiden linjaus

Kaikki akselit, suorat tai kardaanikäytöt, pyörivät akselin keskilinjan ympäri. Kaikissa voimansiirtosovelluksissa energian siirto tapahtuu tehokaimmin kahden toisiinsa yhdistetyn akselin ollessa samansuuntaisia, jolloin akselien keskilinjat muodostavat yhden suoran linjan normaaleissa käyttöolosuhteissa. Kaikkia poikkeamia tästä suorasta linjasta voidaan tulkita linjausvirheiksi.

Asianmukaisesti linjattujen akselien etuja ovat:

- mahdollisimman alaiset laakerikuormitukset, jotka mahdollistavat laakerin pitkän käyttöiän
- hihnojen, hihnapyörien, kytkinten ja tiivisteiden vähäisempi kuluminen, minkä ansiosta huoltovälit pitenevät
- alhaisemmat kitkahäviöt, alentuneet melu- ja värähtelytasot, jotka parantavat energiahyötysuhdetta
- pienempi akselin taipuminen, mikä vähentää värähtelyä ja kuormitustasoja.

### Linjausvirhetyypit

Akselin linjausvirheitä on kahta päätyyppiä (→ kuva 9):

- yhdensuuntaisuusvirhe (a)
- kulmavirhe (b)

Käytännössä molemmat linjausvirhetyypit esiintyvät usein samanaikaisesti.

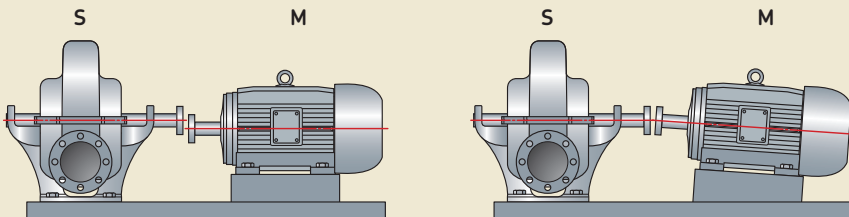
## Mittaustavat

### Paikallaan pysyvät ja liikuteltavat koneet

Kun linjataan kahta konetta, toinen määritetään kiinteäksi koneeksi (S) ja toinen liikuteltavaksi koneeksi (M) (→ kuva 9). Useimmissa tapauksissa kiinteä kone on käytettävä yksikkö. Säädot tehdään tällöin liikuteltavaan koneeseen, joka on tavallisesti sähkömoottori.

Joskus on tarpeen siirtää molempia koneita. Jos esimerkiksi liikuteltavan koneen säätövarat loppuvat, kiinteää konetta siirretään hieman, jotta mahdollistetaan siirrettävän koneen tarkka säätö.

Kuva 9



#### a) Yhdensuuntaisuusvirhe

Yhdensuuntaisuusvirhe on kahden akselin keskilinjan välinen poikkeama, mitattuna käytöstä käytettävään yksikköön (mm, mitattuna kytkimestä). Yhdensuuntauseron suunta on aina määrittävää.

#### b) Kulmavirhe

Kulmavirhe on käytön ja käytettävän yksikön akselien keskilinjojen välinen kulmien ero, joka ilmaistaan yleensä off-set (poikkeama) -arvona mm tai sen osia, suhteessa pituusmittaan. Kaikkiin akselisiin voidaan soveltaa kulmavirheen suuretta, joka ilmaistaan arvolla mm/100 mm, kytkimen halkaisijasta riippumatta. Tämä on usein riippuvainen koneen pyörimisnopeudesta.

## Linjaus

### Mittaussuunnat

Linjausvirheitä mitataan kahdessa tasossa (→ **kuva 10**):

- horisontaalisesti (sivusuunnassa, x-akselin suuntaisesti)
- vertikaalisesti (ylös-alassuunnassa, y-akselin suuntaisesti).

Kummallakin linjaustasolla on yhdensuuntaisuus- ja kulmavirheen komponentit, joten mitattavana ja korjattavana on neljä linjausparametria:

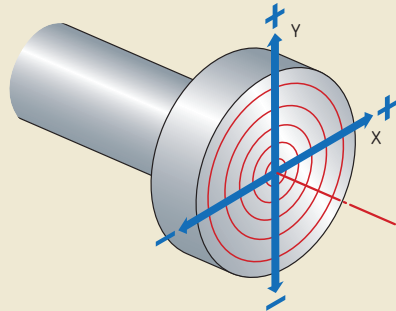
- horisontaalinen yhdensuuntaisuus
- horisontaalinen kulma
- vertikaalinen yhdensuuntaisuus
- vertikaalinen kulma.

### Mittausasennot

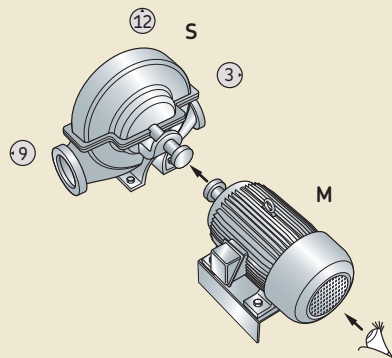
Eri mittauspisteiden määrittämiseen linjausprosessin aikana käytetään kellomenetelmää, katsottuna kiinteää konetta vastapäätä (S) liikuteltavan koneen (M) takaa (→ **kuva 11**). Asema mittausyksiköiden ollessa pystysuorassa määritetään kello 12:n asemaksi, ja asemat 90° vasemmalle ja oikealle määritetään vastaavasti kello 9:n ja kello 3:n asemiksi. Klo 6:n asema on vastapäätä klo 12:n asemaa (ei näkyvissä).

Kuten **kuvassa 12** näkyy, pystysuorassa tasossa tehtyjen mittausten, kuten kello 12:n tai kello 6:n asemien avulla määritetään pystysuuntainen linjausvirhe (**a**). Pystysuuntaisia linjausvirheitä ovat sivusta katsottuna kaikki linjausvirheet, jotka korjataan liikuteltavan koneen etu- ja takajalkojen korkeutta säätämällä.

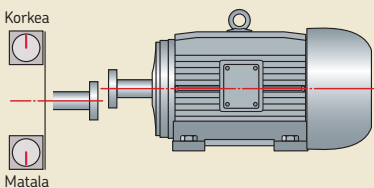
Kuva 10



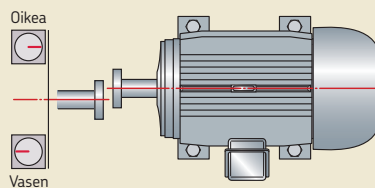
Kuva 11



Kuva 12



a) Pystysuuntainen linjausvirhe



b) Vaakasuuntainen linjausvirhe

Vaakatasossa, kuten kello 9:n tai kello 3:n asemassa, tehtyjä mittauksia käytetään määrittämään sivusuuntainen linjausvirhe (b). Sivusuuntaisia linjausvirheitä ovat ylhäältä katsottuna kaikki linjausvirheet, jotka korjataan siirtämällä liikuteltavaa konetta sivusuunnassa.

mään onko kohde riippuvainen tietystä komponentista.

**HUOM.:** Akselin tarkka linjaus on yleisesti sitä tärkeämpää, mitä korkeampi on laitteen pyörimisnopeus.

## Akseleiden linjaustoleranssit

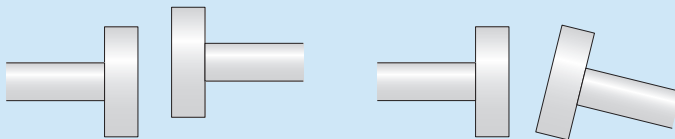
Akselin linjaustoleranssit perustuvat useimmiten akselin pyörimisnopeuteen kuin akselin halkaisijaan tai kytkinvalmistajan määrityksiin.

Koneen suunnittelija vastaa tarvittavan linjaustarkkuuden määrittämisestä. Jos määrityksiä ei kuitenkaan ole käytettävissä, **taulukossa 3** määritetyt toleranssit ovat yleisesti hyväksytyjä. Näitä toleransseja ei ole määritetty laakerityypin, koneen koon, pyörimisnopeuden tai laitteistotyypin mukaan ja niitä on käytettävä ainoastaan ohjeellisina.

Lämpölaajenemisen kompensoimiseksi laitevalmistajat voivat julkistaa tavoitearvoja säädöille, joissa on huomioitu laitteiston lämpölaajeneminen. Niissä on huomioitu myös muut kohdistukseen vaikuttavat tekijät. Esimerkiksi akselin horisontaaliseen linjaukseen vaihdelaatikossa voidaan käyttää vaihdelaatikkojärjestelmää ja eri komponenttien toimintoja määrittä-

Taulukko 3

### Ohjeet koskien akselien linjaustoleransseja



Pyörimisnopeus		Toleranssit <sup>1)</sup>		Kulmavirhe Erinomainen	Hyväksyttävä
yli	ml.	Yhdensuuntaisuusvirhe Erinomainen	Hyväksyttävä		
r/min		mm		mm/100 mm	
–	<b>1 000</b>	0,07	0,13	0,06	0,10
<b>1 000</b>	<b>2 000</b>	0,05	0,10	0,05	0,08
<b>2 000</b>	<b>3 000</b>	0,03	0,07	0,04	0,07
<b>3 000</b>	<b>4 000</b>	0,02	0,05	0,03	0,06
<b>4 000</b>	<b>6 000</b>	< 0,02	0,03	< 0,03	0,05

<sup>1)</sup> Toleranssit vaihtelevat laakerityypin, koneen koon ja muiden rakennetekijöiden mukaan.

### Akseleiden linjausmenetelmät

Kahden koneen akseleiden linjaukseen on olemassa eri menetelmiä. Joitakin perustavia akseliin linjaustapoja on vertailtu **taulukossa 4** ja kuvattu **sivuilla 170–173**.

SKF suosittelee laserlinjausmenetelmien käyttöä aina, kun se on mahdollista.

**HUOM.:** Linjauksen aikana mittaukset voidaan tehdä kiinnittämällä laserpäät joko akseleille tai kytkinpuolikkaan kehäpinnalle. Yksinkertaisuuden vuoksi seuraavien toimien yhteydessä on mainittu ainoastaan kytkinpuolikkaan kehäpinta. Lisätietoja linjausparametreista ja mittausasemista on osiossa *Mittaustavat*, alkaen **sivulta 167**.

### Perinteiset akseleiden linjausmenetelmät

Perinteiset linjausmenetelmät ovat nopeita, mutta usein epätarkkoja. Näissä menetelmissä voidaan käyttää mekaanisia työkaluja, kuten karkaistuja suorja, suorakulmia, rullamittoja, vaijeria, nauhaa, rakotulkkeja, vesivaakoja ja kaalibroituja kartioita.

### Mittakellomenetelmät

Mittakelloja käytetään kahdessa linjausmenetelmässä (→ **kuva 13**):

- käänteisten mittakellojen menetelmä (**a**)
- mittakellomenetelmä (**b**)

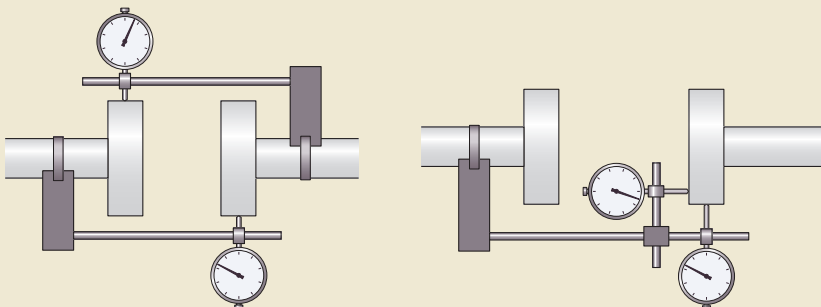
Käänteisten mittakellojen menetelmä on suositeltava, sillä se on "todellinen" akselin linjaus-

menetelmä. Tässä menetelmässä käytetään kahta mittakelloa, joiden avulla tehdään mittaukset molemmilla kytkinpuolikkaan kehiltä, joiden avulla määritetään akselin yhdensuuntaisuusero kiinteän ja liikuteltavan koneen välillä. Kulmavirhe lasketaan edellä mainitun ja mittakellojen välisen etäisyyden perusteella.

Mittakellomenetelmässä säteensuuntainen mittakello mittaa akseleiden/kytkimien yhdensuuntaisuuseron. Aksiaalisuuntainen mittakello mittaa kahden kytkimen/akselin välisen kulmavirheen.

**HUOM.:** Varo, ettet jätä huomioimatta mittakellon tyyttä kierrosta!

Kuva 13



a) Käänteisten mittakellojen menetelmä

b) Mittakellomenetelmä

## Akseleiden linjausmenetelmät

Tyyppi	Menetelmä	Käyttö	Hyödyt	Haitat
<b>Perinteinen</b>	Suora	Karkea linjaus	Yksinkertaiset laitteet Suorat mittausarvot Suhteellisen nopea	Epätarkkuus Lukemat perustuvat visuaalisiin havaintoihin ja kytkinpuolikkaan pinnan tarkkuuteen Edellyttää uudelleenmittausta
<b>Mittakello</b>	Käänteisten mittakellojen menetelmä	Tarkka linjaus, kun laserlinjauslaitteistoa ei voida käyttää	Hyvä tarkkuus Linjaus suoritetaan kaikkien kytkinelementtien ollessa paikallaan Yhdensuuntaisuus- ja kulmavirheen mittaukset voidaan tehdä samanaikaisesti	Edellyttää erityistaitoja Aikaa vievä Linjaustilan säätö edellyttää laskentaa
	Mittakellomenetelmä	Akselin sääteisheiton tarkistaminen Tarkka linjaus, kun laserlinjauslaitteistoa ei voida käyttää	Hyvä tarkkuus Sopii suurille kytkimille ja ahtaisiin paikkoihin	Edellyttää erityistaitoja Aikaa vievä Linjaustilan säätö edellyttää laskentaa
<b>Laser</b>	Yhden laserin järjestelmä	Tarkkuuslinjaus	Tarkka kulmavirheen mittaus lyhyillä etäisyyksillä Laitteisto laskee arvot automaattisesti	Menetelmä on herkkä kahden akselin väliselle poikkeamalle pyörimissuunnassa, kun siirretään kytkemättömiä koneita Jokaisen säätötoimen jälkeen on tehtävä uusi mittaus.
	Kahden laserin menetelmää hyödyntävät SKF-laserlinjauslaitteet	Tarkka linjaus suurille ja pienille akseleille ja enintään 10 metrin mittausmatkoille	Erinomainen tarkkuus Ei edellytä käyttäjältä erityistaitoja Reaaliaikaiset jalka- ja kytkinarvot koneen säätötoimien aikana. Mahdollistaa linjauksen pitkillä etäisyyksillä	Mitä pienempi on mittausyksiköiden välinen etäisyys, sitä epätarkempi on kulmavirheen mittauksen laatu

## Linjaus

### Laserlinjausmenetelmät

Laserlinjauslaitteiston avulla akselin linjaus käy nopeammin ja tarkemmin kuin millään muulla menetelmällä.

Linjaukseen käytettäviä laserlinjausjärjestelmiä on kahta tyyppiä:

- yhden laserin järjestelmä
- kahden laserin järjestelmä

Yhden laserin järjestelmässä käytetään yhtä laserlähteen vastaanotinta sekä yhtä tai kahta maalia. Kahden laserin järjestelmässä on kaksi laserlähteen vastaanotinta, ja se perustuu käänteisten mittakellojen menetelmään.

On suositeltavaa käyttää laserlinjauslaitteita jotka käyttävät kahden laserin järjestelmää, kuten SKF-akselinlinjauslaitteet (→ kuva 14).

**HUOM.:** Laserlinjauslaitteiston lähellä tai koneella, johon laser on kiinnitetty, ei saa tehdä hitsaustöitä. Muuten laserdiodit ja elektroniikka voivat vaurioitua.

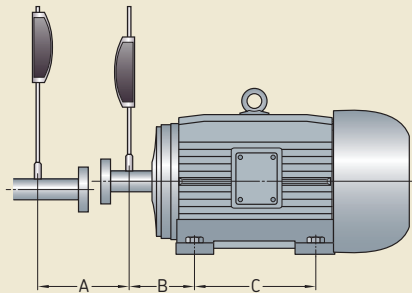
### Kahden laserin järjestelmää käyttävät SKF-laserlinjauslaitteet

Linjauksen tarkistaminen SKF-laserlinjauslaitteiden avulla on erittäin helppoa ja nopeaa. Prosessiin kuuluu yleensä seuraavat vaiheet:

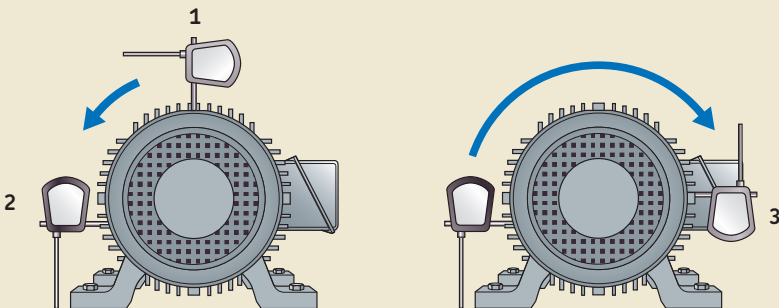
- mittausyksiköiden kiinnittäminen akseliin
- näyttöyksikön liittäminen
- Etäisyyksien A, B ja C (→ kuva 15) mittaaminen ja arvojen syöttäminen näyttöyksikköön
- mittausyksiköiden säätäminen



Kuva 14



Kuva 15





- koneen jalka-arvojen (säätöarvot) määrittäminen tekemällä mittaukset lasersäteiden avulla kolmesta eri kohdasta 1, 2 ja 3 (→ **kuva 16**)
- tarvittavien säätöjen tekeminen linjauslevyjen avulla.

Lisätietoja SKF-laserlinjauslaitteiden käytöstä toimitetaan laitteiston mukana.

**HUOM.:** Laserlinjauslaitteen mittalukemiin vaikuttavat muuttujat, kuten lämpö ja värähtely. Linjauksen laadun varmistamiseksi SKF suosittelee tekemään uudelleenmittauksen yllä olevien vaiheiden mukaan.

## Linjausprosessi

Linjausprosessi on erittäin tärkeä. SKF suosittelee monivaiheista prosessia (→ **kuva 17**), joka on suunniteltu varmistamaan lopputuloksen laatu.

### 1. Esivalmistelut

Esivalmistelut ovat erittäin tärkeä vaihe linjausprosessissa, sillä ne mahdollistavat linjaustoitimien sujuvuuden. Ongelman määrittäminen, työn alkuperäinen tarkoitus, työympäristöön liittyvät seikat ja tehtäviä koskevat velvollisuudet ja vastuut on määritettävä selkeästi.

Valmisteluvaiheen tuloksena kaikki tunnetut tiedot on merkitty muistiin ja kaikki tarvittavat työkalut ja materiaalit ovat paikalla käytettävissä työn aikana.

### 2. Tutkiminen

Tarkistuksen tarkoituksena on kerätä kaikki tiedot, jotta saadaan selville koneen nykytila. Tyypillisiä tarkistustöitä ovat esimerkiksi:

- Tarkista koneen rungon kiinnityspinta ja runko.
- Mittaa pehmeä jalka.
- Mittaa molempien akselien säteisheitto.
- Määritä kumpi yksikkö on paikoillaan oleva ja kumpi liikuteltava.
- Valitse linjausmenetelmä ja valmistelet mittaustaitteisto.

Lisätietoja näistä toimista on osiossa *Koneenasennus ja linjaus*, alkaen **sivulta 161**.

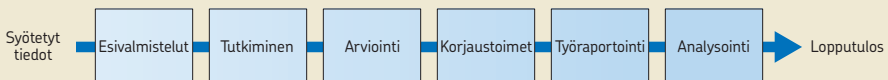
### 3. Arviointi

Vertaa linjauksen laadun nykytilaa koneen toivottuun tilaan ja anna vastuuhenkilöiden päättää tarvittavista toimista mitattujen poikkeamien korjaamiseksi.

**HUOM.:** Kaikkia poikkeamia ei välttämättä korjata välittömästi arviointivaiheen jälkeen. On tärkeää säilyttää näiden arviointien tiedot, jotta niitä voidaan hyödyntää tulevaisuudessakin korjaustoimia aloitettaessa. Riskien lisäarviointi voidaan tehdä tasaamaan korjaustoimien viivästymistä.

Arviointivaiheen tuloksena on tehtävä vastuulisten henkilöiden valtuuttamana selkeä päätös kustakin havainnosta, sekä päätös siitä, mitä korjaavia toimia on tehtävä ja näiden päätösten syyt. Kukin tehtävä määritetään ja kaikki linjauksen tarvittavat työkalut ja materiaalit ovat käytettävissä työpaikalla.

Kuva 17



### VAROITUS

Tapaturmat on pyrittävä välttämään suorittamalla tarvittavat turvallisuustoimenpiteet, esim. mekaaniset, sähköiset, ja neste-paineen irtikytännät ennen korjausten tekemistä.

#### 4. Korjaustoimet

Tee alkusäädöt linjausvirheiden vähentämiseksi ja paranna linjaustoimien tarkkuutta.

Karkealinjauksen aikana pyritään linjaamaan akselien keskilinjat riittävän hyvin, jotta tarkempi linjaus voidaan suorittaa. Karkean linjauksen tarkkuudesta ei ole sääntöjä. Yleisesti katsoen noin 1 mm:n poikkeamaa pystysuorassa ja vaakasuorassa suunnassa ja noin 0,1 mm:n / 100 mm:n poikkeamaa pystysuorassa ja vaakasuorassa kulmassa pidetään karkeina. Näiden vaatimusten täyttämiseksi voidaan käyttää jotain perinteistä menetelmää (→ *Perinteiset akseleiden linjausmenetelmät*, sivu 170).

Akselin linjauksen riittävän tarkkuuden saavuttamiseksi SKF suosittelee käyttämään laserlinjausjärjestelmää (→ *Akseleiden laserlinjausmenetelmät*, alkaen s. 172). Jos laserlaitteistoa ei ole käytettävissä, voidaan käyttää mittakelloja.

**HUOM.:** Koneen testiajo on tärkeä osa linjauksen korjausta. Lopullinen mittaus on tehtävä testi-ajon jälkeen, jotta varmistetaan, ettei muita korjauksia tarvita. Suosittelemme tekemään kohteelle aina uudelleen mittauksen.

SKF suosittelee suorittamaan akselin linjauksen laadun tarkistuksen uusissa laitteistoissa 3–6 kuukauden käytön jälkeen. Tämä johtuu tukipinnan (-pintojen) ja/tai kiilojen/linjauslevyjen asettumisesta. Yleensä akselin linjaus on tarkistettava vuosittain.

#### 5. Työraportointi

Korjausvaiheen tiedot eivät yleensä ole käyttökelppoisessa muodossa (raportoitavissa). Tästä syystä raportointivaihe on tarpeen.

Raportointivaiheen tarkoituksena on kehittää selkeä, yksiselitteinen asiakirja, joka sisältää kaikki jatkotoimien määrittämiseen tarvittavat

olennaiset tiedot. Myös linjauksen tekemiseen kulunut aika ja käytetyt resurssit sekä ei-standardin mukaiset työmenetelmät on merkittävä muistiin.

#### 6. Analysointi

Linjausprosessin viimeisessä vaiheessa verratetaan koneen nykytilaa ja toivottua tilaa. Konehistoriaa, aiempia raportteja ja määrittämiä sekä muita vastaavia tietoja voidaan käyttää johtopäätösten tekemiseen vauriosyistä.

Analyysin avulla voidaan määrittää lisäparannuksia ja suorittaa tulevaisuutta varten kustannus-hyötyanalyysi.

## Nivelakselikäyttöjen linjaus

Nivelakselikäytöissä voima välitetään käytöstä käytettävään yksikköön kardanaakselilla. Usein kardanaakselilla on ristikkonivel akselin molemmissa päissä.

Yleisin kardanaiakselin järjestelmä on Z-koonpano (→ **kuva 18**), jota käytetään yleisesti paperiteollisuudessa.

### Minkä takia linjata nivelakselikäyttöjä?

On yleinen harhaluulo, että nivelakselikäytöt sietävät suuria linjausvirheitä, eikä niitä tästä syystä tarvitse linjata tarkasti. Asia on kuitenkin päinvastoin, sillä huonosti linjatut nivelakselikäytöt voivat lisätä värähtelyä, aiheuttaa energiahäviötä, ennenaikaista kulumista ja jopa vaihteen täydellisen rikkoutumisen.

Näiden epätoivottujen seurausten korjaamiseksi nivelakselikäyttöjen nivelien kulmat tulee olla samansuuntaiset ja käyttö sekä käyttöakselit on linjattava tarkasti toistensa suhteen.

### Nivelakselikäyttöjen linjaustoleranssit

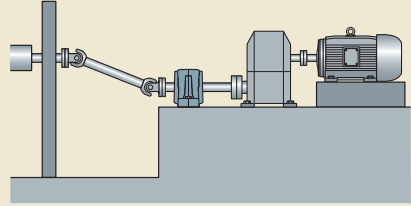
Nivelakselien laserlinjausprosessin tarkkuus riippuu kiinteän koneen kytkinpuolikkaan pinnasta, eli päätypinnan ja rotaatiopisteen välisestä suorakulmaisuudesta. Tavallisesti hyväksyttävä kulmavirhe on 0,50 mm / 1 000 mm. Tämä saavutetaan useimmissa tilanteissa, jos liikuteltavan koneen säätövarat ovat riittävät.

### Nivelakselikäyttöjen mittausmenetelmät

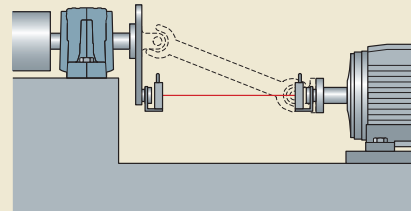
Nivelakselikäyttöjen linjauksessa kulmavirheen korjaaminen on tärkeää, kun taas yhdensuuntaisuusvirheellä ei ole merkitystä.

Nivelakselikäyttöjen linjaukseen on olemassa monia tapoja. Perinteiset linjaustavat, kuten suorakulmat ja karkaistut suorat, eivät anna tarpeeksi tarkkoja tuloksia. SKF suosittelee laserlinjausmenetelmien käyttöä aina, kun se on mahdollista.

Kuva 18



Kuva 19



### Nivelakselikäyttöjen laserlinjausmenetelmät

Nivelakselikäyttöjen linjauksen ratkaisu on poistaa yhdensuuntaisuusero luomalla keinotekoinen rotaatiopiste samansuuntaisesti käyttöakselin kanssa (→ **kuva 19**).

Karkealinjaus voidaan tehdä käyttämällä kardaanisarjaa ja sopivaa laserlinjauslaitetta, joka soveltuu nivelakselien linjaukseen.

Tarkat ohjeet laserlinjauslaitteiden käyttöä varten toimitetaan laitteiden mukana.

# Hihnojen linjaus

Hihnojen linjaus, tai tarkemmin sanoen hihnapyörien linjaus, on perushuoltotoimenpide. Jos hihnapyöriä tai hihnoja ei ole linjattu oikein, esiintyy hihnakäytössä ylimääräisiä kuormituk-  
sia. Hihnojen linjauksen tarkoituksena on linjata molempien hihnapyörien hihnaurat siten, että hihnojen pyöriminen aiheuttaa mahdollisimman vähän kulumista komponenteissa.

Asianmukaisesti linjattujen hihnojen etuja ovat:

- hihnojen ja laakereiden pidempi käyttöikä
- alhaisemmat värähtely- ja melutasot
- energiasäästöt.

## Linjausvirhetyypit

Jos hihnapyörän urat eivät ole linjassa keskenään, hihnoissa on linjausvirhe. Hihnan linjausvirheitä ovat kolmea eri tyyppiä (→ **taulukko 5**) Käytännössä hihnan linjausvirhetyyppejä voi esiintyä useita samanaikaisesti.

**HUOM.:** Ellei hihnan linjausvirhettä korjata, uusi hihna ei kestä vanhaa kauempaa!

## Hihnakäyttäjien linjaustoleranssit

Hihnavaikuttajat suosittelivat vaakasuuntaisen kulmavirheen maksimiarvoksi 1,0–0,25°. Tällainen tarkkuus voidaan saavuttaa vain laserlinjauslaitteilla.

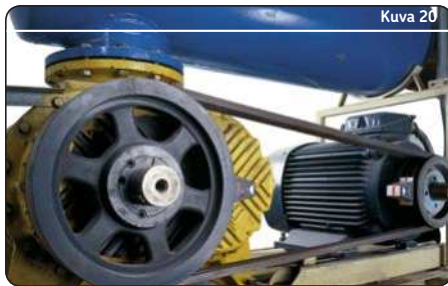
## Hihnanlinjausmenetelmät

Hihnapyörien linjaukseen on kaksi tapaa: perinteiset ja laserlinjausmenetelmät. Hihnan linjauksen perinteisiä menetelmiä on verrattu **taulukossa 6**, ja ne on selitetty alla.

SKF suosittelee laserlinjausmenetelmien käyttöä aina, kun se on mahdollista.

## Perinteiset hihnakäyttäjien linjausmenetelmät

Perinteiset linjausmenetelmät ovat nopeita, mutta usein epätarkkoja. Näissä menetelmissä voidaan käyttää mekaanisia työkaluja, kuten karkaistuja suoraa, suorakulmia, rullamittoja, vaijeria, nauhaa, rakotulkkeja, vesivaakoja ja kalibroituja kartioita.



## Hihnakäyttäjien laserlinjausmenetelmät

Perinteisiin hihnojen linjausmenetelmiin verrattuna laserlinjauslaitteiston käyttö mahdollistaa tarkat mittaukset ja säädöt.

Hihnapyörien laserlinjauslaitteiden rakenteet on ryhmitelty sen mukaan, miten ne kiinnitetään hihnapyöriin:

- hihnapyörän uriin
- hihnapyörän otsapinnoille.

Laserlinjauslaitteet, jotka kiinnitetään hihnapyörän uriin, kuten SKF:n hihnapyörien linjauslaite (→ **kuva 20**), ovat tarkempia kuin laitteet, jotka kiinnitetään hihnapyörien otsapinnoille. Myös hihnapyörien urien linjausta suositellaan, sillä tarkkuus ei kärsi, vaikka hihnapyörät olisivat eripaksuisia, -tyyppisiä tai otsapinnaltaan erilaisia.

Tarkat ohjeet SKF-hihnanlinjauslaitteen käytöstä toimitetaan laitteiston mukana.

Taulukko 5

## Linjausvirhetyypit



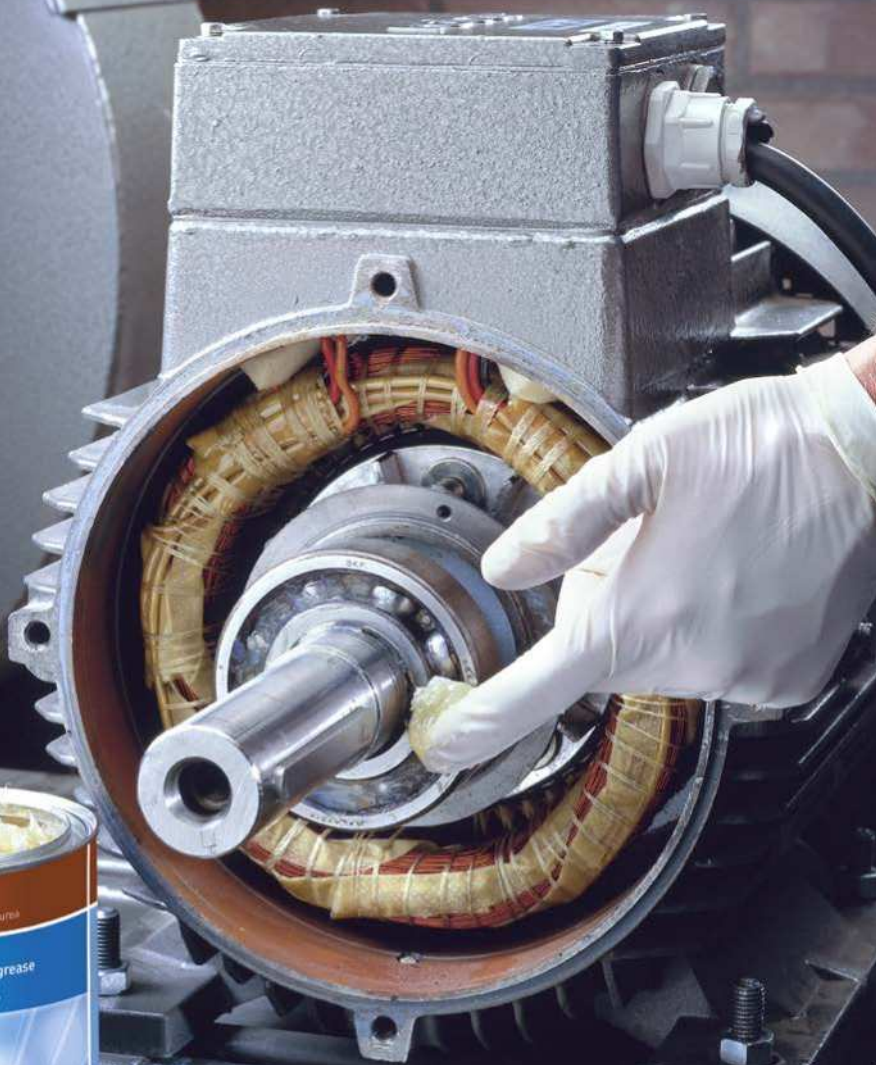
	Pystysuuntainen kulmavirhe	Vaakaasuuntainen kulmavirhe	Yhdensuuntaisuusvirhe
<b>Kuvaus</b>	Käytön ja käytettävän hihnapyörien akselit ovat yhdensuuntaiset, mutta toinen hihnapyöristä on kääntynyt pystysuunnassa	Käytön ja käytettävän hihnapyörien akselit eivät ole yhdensuuntaiset	Käytön ja käytettävän hihnapyörien akselit ovat yhdensuuntaiset, mutta toinen hihnapyöristä on liian edessä (tai takana)
<b>Syy</b>	Liikuttava kone on kohdistettu väärin pystysuunnassa	Liikuttava kone on kohdistettu väärin vaakasuunnassa	Liikuttava kone on kohdistettu väärin akselilla Hihnapyörä on säädetty väärin akselilla
<b>Korjaustoimet</b>	Säädä liikuttavan koneen etu- tai takajalan korkeutta	Liu'uta liikuttavan koneen etu- tai takaosaa sivusuunnassa	Siirrä liikuttavaa konetta eteen- tai taaksepäin  Siirrä toista hihnapyörää eteen- tai taaksepäin akselilla

6

Taulukko 6

## Hihnanlinjausmenetelmät

Tyyppi	Menetelmä	Käyttö	Hyödyt	Haitat
<b>Perinteinen</b>	Suora	Karkea linjaus	Yksinkertaiset laitteet	Epätarkkuus
	Langan/vaijerin pituus		Suorat mittausarvot Suhteellisen nopea	Lukemat perustuvat visuaalisiin havaintoihin ja hihnapyörien otsapinnan tarkkuuteen  Edellyttää uudelleenmittausta
<b>Laser</b>	Otsapinnan linjaus	Karkea linjaus Tarkkuuslinjaus	Hyvä tarkkuus Käytetään myös jakohihnoille Ei edellytä erityistaitoja	Tarkkuus vaihtelee hihnapyörien otsapinnan laadun mukaan Otsapinnat kohdistetaan, ei uria
	Hihnaurien kohdistus esim. SKF-hihnanlinjauslaitteen avulla	Tarkkuuslinjaus	Korkea tarkkuus Ei edellytä erityistaitoja  Kaikkia kolmea linjausvirhetilaa seurataan samanaikaisesti  Korjaukset tehdään reaaliaikaisesti	Ei mitään



# Voitelu

<b>Johdanto</b> . . . . .	<b>180</b>
Voitelunhallinta . . . . .	180
Voiteluaineiden tarkastus, käsittely ja hävittäminen . . . . .	181
Rasva vai öljy? . . . . .	182
Vaihtoehtoiset voiteluaineet . . . . .	182
<b>Rasvavoitelu</b> . . . . .	<b>183</b>
Mistä rasva koostuu? . . . . .	183
Perusöljy . . . . .	183
Saenninaine . . . . .	183
Lisäaineet . . . . .	184
Rasvan toiminta laakereissa . . . . .	184
Rasvojen tuotelehtien tulkitseminen . . . . .	184
Rasvojen ominaisuudet . . . . .	185
Rasvat ja laakereiden käyttöolosuhteet . . . . .	187
Rasvojen suorituskykytestit . . . . .	188
Rasvojen rasvan valitseminen . . . . .	189
Rasvojen valintatyökalut . . . . .	189
Rasvojen ja muiden komponenttien voitelu ensiasennuksessa . . . . .	189
Milloin voitelu kannattaa suorittaa? . . . . .	189
Rasvan oikea määrä . . . . .	190
Rasvausmenetelmät . . . . .	191
asentaminen . . . . .	191
Rasvalla voideltujen laakereiden käyttöönotto . . . . .	191
Jälkivoitelu . . . . .	192
Jälkivoiteluvälit . . . . .	192
Jälkivoitelumenetelmät . . . . .	194
Rasvanvaihto . . . . .	198
Rasvojen yhteensopivuus . . . . .	200
Rasvojen yhteensopivuus . . . . .	200
Rasvojen ja laakerimateriaalin yhteensopivuus . . . . .	202
Rasvojen ja SKF-laakereiden suoja-aineiden yhteensopivuus . . . . .	202
SKF-rasvavoitelutuotteet . . . . .	202

<b>Öljyvoitelu</b> . . . . .	<b>203</b>
Mitä öljy on? . . . . .	203
Perusöljy . . . . .	203
Lisäaineet . . . . .	203
Perusöljyn viskositeetti . . . . .	203
Sopivan öljyn valitseminen . . . . .	203
Öljyn valintaprosessi . . . . .	204
Muut öljynvalintatyökalut . . . . .	207
Öljyvoitelujärjestelmät . . . . .	207
Öljyvoitelujärjestelmien tyypit . . . . .	207
Öljyvoitelujärjestelmien kunnossapito . . . . .	207
Ketjuöljyt . . . . .	209
Öljyjen yhteensopivuus . . . . .	210
Öljyn analysointi . . . . .	210
Öljynäytteet . . . . .	210
Epäpuhtaudet ja suodatus . . . . .	211
SKF-öljyvoitelutuotteet . . . . .	212

<b>Keskusvoitelujärjestelmät</b> . . . . .	<b>213</b>
Sopivan voiteluaineen valitseminen . . . . .	213
Keskusvoitelujärjestelmien tyypit . . . . .	213
Voitelujärjestelmät, joissa voiteluaine ei palaudu takaisin kiertoon . . . . .	214
Kiertovoitelujärjestelmät . . . . .	214

# Johdanto

Laakerijärjestelmän paras mahdollinen käyttöikä voidaan varmistaa käyttämällä oikeaa määrää oikeaan aikaan lisättyä, oikeanlaista voiteluainetta. Liian suuri voiteluaineen määrä voi heikentää laakereiden suorituskykyä aivan samoin kuin liian vähäinenkin määrä. Kummasakin tapauksessa tulos voi olla sama: laakerin ennenaikainen rikkoutuminen ja kallis koneen korjausseisokki.

Puutteellinen voitelutilanne on syynä noin 36 prosenttiin kaikista laakerivaurioista. Se sisältää seuraavat vikojen aiheuttajat:

- virheellinen voiteluainevalinta
- puutteellinen voitelu
- liian paljon voiteluainetta
- virheelliset voiteluvälit
- voiteluaine ei pääse laakerille huonosti suunnitellun laakerijärjestelmän rakenteen, koneen virheellisen kokoamisen tai voiteluputkien tukkeutumisen takia.

Kun huomioidaan lisäksi voiteluainejärjestelmän epäpuhtauksien aiheuttamat laakeriviat, voiteluaineisiin liittyvien laakerivaurioiden osuus on jopa 50%.

Tehokas voitelu ja hyvät voitelukäytännöt voivat auttaa tehokkaasti vähentämään ennenaikaisia laakerivikoja ja koneen korjausseisokkeja. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi SKF tarjoaa laajan voiteluaine- ja voitelujärjestelmävalikoiman sekä ohjelmia, jotka auttavat voiteluaineen valinnassa ja voiteluvälien määrittämisessä.

Tässä luvussa käsitellään vain vierintälaakereiden voitelua. Tietoja muuntyyppisten laakereiden voitelusta on löytyy osoitteesta [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings) tai ottamalla yhteyttä SKF:n sovellussuunnittelupalveluun.

Lisätietoja SKF:n kunnossapito- ja voitelutuotteista ja -työkaluista on osoitteissa [www.skf.com/lubrication](http://www.skf.com/lubrication).

Lisätietoja SKF:n LuBase-, DialSet- ja SKF Lubrication Planner -ohjelmista on osoitteissa [www.skf.com/lubrication](http://www.skf.com/lubrication) ja [www.aptitudexchange.com](http://www.aptitudexchange.com).

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) tarjoaa kattavan valikoiman voiteluaineisiin liittyviä koulutuksia (→ *Koulutus*, alkaen s. 326). Lisätietoja on saatavana SKF:n paikalliselta edustajalta tai osoitteesta [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

## Voitelunhallinta

Teollisuuslaitoksessa, jossa voideltavia kohteita on satoja tai jopa tuhansia, voitelusta vastaavan henkilöstön on oltava tehtäviensä tasalla. Vaikka kohteita olisi vähemmänkin, kaikkien voiteluun liittyvien tietojen järjestely ja dokumentointi sekä tarkan voiteluohjelman suunnittelu on tärkeää. Huomioitavia asioita:

- voiteluaineiden toimitus ja varastointi
- resurssit: laitteet ja työvoima
- voiteluaikataulut ja -reitit
- voiteluaineiden analysointi ja seuranta
- automaattinen ja manuaalinen voitelu.

SKF Lubrication Planner on saatavana osoitteessa [www.skf.com/lubrication](http://www.skf.com/lubrication). Se on helppokäyttöinen ohjelmisto, joka sisältää kaikki voiteluohjelman suunnittelussa ja hallinnassa tarvittavat perusominaisuudet.



## Voiteluaineiden tarkastus, käsittely ja hävittäminen

### Voiteluaineiden tarkastus

Rasvat ja öljyt on tarkistettava silmämääräisesti ennen käyttöä, tuotteen valmistuspäivämäärästä riippumatta.

Rasvoista on tarkistettava, ettei niissä ole tapahtunut normaalista poikkeavaa öljyn erotumista ja ettei niissä ole merkkejä homeesta, tiivistyneestä vedestä tai värivirheistä.

Öljyistä on tarkistettava, ettei niissä ole tiivistynyttä vettä tai värivirheitä. Öljyn sameus on useimmiten merkki veden joutumisesta öljyyn.

**HUOM.:** Rasvojen silmämääräisessä tarkastuksessa on huomioitava, että vähäinen öljyn erotuminen on normaalia.

### Voiteluaineiden käsittelysuosituksia

Voiteluaineiden käsittelyssä on tärkeää noudattaa oikeita menettelytapoja. SKF suosittelee seuraavaa:

- Pyyhi voiteluaineastian reunat ennen sen avaamista, jotta astiasta ei kulkeudu epäpuhtauksia voiteluainejärjestelmään.
- Käytä voiteluaineiden annostelussa puhtaita astioita.
- Käytä tarkoitukseen sopivia, ammattikäyttöön tarkoitettuja työkaluja.

**HUOM.:** Suora kosketus öljytuotteiden kanssa voi aiheuttaa allergisia reaktioita! Lue tuotteiden käyttöturvallisuustiedotteet ennen niiden käsittelemistä. Käytä työskennellessäsi suojakäsineitä.

### Käyttöturvallisuustiedotteet

Käyttöturvallisuustiedotteet sisältävät tärkeitä tietoja voiteluaineiden fyysisistä ja kemiallisista ominaisuuksista. Niissä on myös turvallisuusohjeita sekä toimintaohjeita altistumistapauksia varten.

**HUOM.:** SKF-laakerirasvojen käyttöturvallisuustiedotteet ovat saatavana sähköisessä muodossa osoitteessa [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

### Voiteluaineiden hävittäminen

Voiteluaineiden virheellinen hävittäminen voi aiheuttaa vahinkoa ihmisille ja ympäristölle. Noudata kaikkien voiteluaineiden hävittämisessä kansallisia ja paikallisia lakeja ja määräyksiä sekä hyväksytyjä ympäristönsuojelukäytäntöjä.

## Rasva vai öljy?

Rasva on yleisimmin käytetty vierintälaakereiden voiteluaine, koska sillä on useita etuja öljyyn verrattuna ja se on yleensä edullisempi tuote. Alle 20% vierintälaakereista voidellaan öljyllä.

On välttämätöntä käyttää käyttökohteen ja -olosuhteiden mukaista voiteluainetta, mutta lisäksi on tärkeää huomioida voiteluaineen jake-lutapa sekä asennukseen ja kunnossapitoon liit-tyvät asiat. Rasva- tai öljyvoitelumenetelmää valittaessa on otettava huomioon useita tekijöitä (→ taulukko 1).

## Vaihtoehtoiset voiteluaineet

Eräissä käyttökohteissa Solid Oil -tuotteet voivat tarjota etuja, joita ei saavuteta rasva- tai öljyvoi-telulla. Solid Oil on öljyllä imeytetty polymeeri-matriisi, joka täyttää laakerin vapaan tilan koko-naan. Solid Oil on kehitetty erityisesti sellaisiin käyttökohteisiin, joissa perinteiset voitelumene-telmät ovat osoittautuneet huonoiksi tai mah-dottomiksi toteuttaa. Tällaisia kohteita ovat esi-merkiksi laakerijärjestelmät, joihin on rajoitettu pääsy.

Solid Oil -voitelua voidaan käyttää useiden SKF:n vierintälaakereiden ja laakeriyksiköiden kanssa. Tällaisten laakereiden laakerimerkinnän päätte on W64.

Erittäin kuumissa käyttökohteissa, kuten tois-tokuumennus- ja polttouuneissa, korkeat läm-

Taulukko 1

### Rasvan ja öljyn ominaisuuksien vertailu

Valintakriteerit		Hyödyt/haitat Rasva	Öljy
<b>Käyttökohte ja -olosuhteet</b>	Muut komponentit	Laakerit ja muut komponentit on pidettävä erillään	Laakerit ja muut komponentit voidaan voidella samalla öljyllä (mikäli mahdollista)
	Tiivistysratkaisu	Parantaa tiivistystehokkuutta	Ei tiivistyshyötyä
	Käyttölämpötila	Ei jäähditysominaisuuksia Käyttölämpötilarajoituksia	Auttaa jäähdytyksessä Soveltuu korkeille käyttölämpötiloille
	Pyörimisnopeuskerroin	Nopeusrajoitukset	Toimii suurilla pyörimisnopeuksilla
	Akselin asennussuunta	Voidaan käyttää pystyakseleissa	Tavallisesti ei voida käyttää pystyakselien säteittäisissä laakereissa
	Elintarvikekelpoinen	Pieni vuodon aiheuttama epäpuhtausriski	Vain elintarvikekelpoisia öljyjä voidaan käyttää vuotoriskin takia
<b>Asennus ja kunnossapito</b>	Asennus	Nopea Suhteellisen edullinen	Aikaavievää Kallis (tarvitaan pumput ym.)
	Voiteluaineen paikoillaanpysyvyys ja vuodot	Pysyy helposti laakeripessissä	Voiteluaineen määrän hallinta on helppoa Vuodot todennäköisiä
	Tutkiminen	Vaikeaa tarkastaa käytön aikana	Öljyn määrä on ylläpidettävä tasaisena
	Voiteluaineen lisäys	Normaaliolosuhteissa helppoa	Aikaavievää
	Voiteluaineen vaihto	Kaiken rasvan poistaminen on vaikeaa, mutta ongelmaa ei ole, mikäli rasvat ovat yhteensopivia	Säiliöt on helppo tyhjentää kokonaan ja täyttää uudelleen
	Epäpuhtauksien hallinta	Epäpuhtauksien hallinta on vaikeaa	Voidaan suodattaa ja käyttää uudelleen
	Laadunvalvonta	Vaikeaa seurata	Helppoa seurata

pötitilät voivat aiheuttaa tavanomaisien voiteluainesten sulamisen tai haihtumisen. SKF:n tuotevalikoimaan kuuluu kaksi kuivavoiteluainetuotetta, joita voidaan käyttää tällaisissa vaativissa olosuhteissa:

- kiinteällä, grafiittipohjaisella voiteluaineella voidellut laakerit: laakerimerkinnän päätteet VA201, VA210 ja VA2101
- grafiittipalapatimella varustetut laakerit, laakerimerkinnän päätteet VA208 ja VA228

**HUOM.:** Solid Oil -voiteluaineella, kiinteällä grafiitilla tai grafiittitahnalla täytettyjä laakereita ei jälkivoitella.

## Rasvavoitelu

### Mistä rasva koostuu?

Rasva on ”saennettua öljyä”. Vierintälaakereissa käytetty rasva on yleensä perusöljyn ja saentimen seos, johon lisätty lisäaineita. Näiden aineiden suhdetta muuttamalla voidaan valmistaa erilaisia rasvoja eri käyttökohteisiin.

### Perusöljy

Perusöljyn osuus on 70–95% rasvasta. Perusöljyn päätyypit:

- mineraaliöljyt
- synteettiset öljyt
- luonnonöljyt.

Mineraaliöljypohjaiset perusöljyt ovat raakaöljyjaloiteita. Rasvan perusöljyt ovat yleensä mineraaliöljyjä, sillä ne sopivat useimpiin käyttökohteisiin.

Synteettisiä perusöljyjä käytetään erityisolosuhteissa, kuten erittäin kylmissä tai kuumissa käyttöympäristöissä. Synteettiset perusöljyt eivät ole raakaöljypohjaisia.

Luonnonöljypohjaisia (eläin- tai kasviöljypohjaisia) voiteluaineita ei tavallisesti käytetä vierintälaakereiden voiteluun, koska niihin liittyy laadun heikkenemisen ja happamien yhdisteiden muodostumisen riski jo lyhyen käyttöajan jälkeen.

### Saenninaine

Saentimen osuus rasvasta on 5–30%. Se toimii sidosaineena, jossa rasvan öljy ja lisäaineet ovat. Saennin mahdollistaa rasvan toiminnan. Sen lisäksi saennin ”kiinteyttää” rasvan siten, että se pysyy kohteessaan.

Saenninaineita on useita erilaisia, ja kullakin niistä on tietyissä käyttöolosuhteissa hyödyllisiä ominaisuuksia. Saentimet voidaan jakaa karkeasti saippuoihin ja ei-saippuoihin.

### Saippuat

Yleisimmin käytetyissä rasvoissa on saenninaineena litium- (Li), kalsium- (Ca), natrium- (Na) tai alumiinipohjaista (Al) metallisaippuaa. Litiumsaippua on laakereiden voitelussa yleisimmin käytetty saippua.

Kompleksisaippuurasvat ovat perusmetallin ja kahden erityyppisen hapon kemiallisen reaktion tulos. Yleensä tämäntyyppisten rasvojen suoriutuskyky ja lämpötilankesto on perinteisiä saippuurasvoja parempi.

### Ei-saippuat

Ei-saippuat voivat sisältää epäorgaanisia aineita. Sellaisia ovat esimerkiksi bentoniitti, savi ja piihappogeeli. Ne estävät voiteluaineen valumista kuumissa käyttöolosuhteissa, minkä lisäksi ne ovat vedenkestäviä. Esimerkki ei-saippuasaentimesta on polyurea.

### Lisäaineet

Rasvaan lisätään kemikaaleja, joita kutsutaan yleisesti lisäaineiksi. Niiden avulla voidaan saavuttaa tai tehostaa tiettyjä ominaisuuksia. Yleisimmät lisäaineet on esitetty **taulukossa 2**.

#### Paineen ja kulumisen estolisäaineet sekä kiinteät lisäaineet

Paineenkestolisäaineet (EP) voivat koostua erilaisista yhdisteistä, kuten rikki- ja fosforiyhdisteistä. EP-lisäaineet parantavat voiteluainekalvon kuormankantokykyä raskailla kuormilla.

Kulumisenestolisäaineet (AW) muodostavat metallipinnoille suojaavan kerroksen EP-lisäaineiden tapaan.

Kiinteistä lisäaineista, kuten molybdeenidisulfidista (MoS<sub>2</sub>) ja grafiitista, on hyötyä rasvassa matalilla pyörimisnopeuksilla, jolloin perusöljy menettää voiteluominaisuutensa.

### Rasvan toiminta laakereissa

Rasvan saennin toimii perusöljyä sitovana aineena. Se toimii kuten vettä sitova pesusieni. Kun märkää pesusientä puristetaan kevyesti, siitä vapautuu pieni määrä vettä. Kun sitä puristetaan suuremmalla paineella, siitä vapautuu enemmän vettä.

Saennin vapauttaa perusöljyä samalla periaatteella, kun rasvaan kohdistetaan kuormitusta. Tätä reaktiota kutsutaan öljyn erottumiseksi. Normaalisti saennin sitoo perusöljyn uudelleen, kun kuormitusta vähennetään.

### Rasvojen tuotelehtien tulkitseminen

Rasvojen tuotelehtien tiedot on jaettu kolmeen pääluokkaan:

- rasvan ominaisuudet
- laakereiden käyttöolosuhteet, joissa rasvaa voidaan käyttää
- rasvan suorituskykytestien tulokset.

Rasvojen tuotelehtien tulkitseminen ja ymmärtäminen on tärkeää, kun ollaan valitsemassa tiettyyn käyttökohteeseen soveltuvaa rasvaa, sekä voiteluainehuolloissa.

Taulukko 2

#### Rasvojen lisäaineet

Lisäaine	Tehtävä
<b>Ruosteesto</b>	Parantaa rasvan laakeripinnoille antamaa suojaa
<b>Hapettumisen esto</b>	Hidastaa perusöljyn hapettumista korkeissa lämpötiloissa, mikä lisää rasvan käyttöikää
<b>Paineenkestolisäaine (EP)</b>	Vähentää metallipintojen välisen kontaktin aiheuttamia vaurioita
<b>Kulumisenesto (AW)</b>	Estää metallipintojen välisen kontaktin muodostamalla suojaavan kerroksen
<b>Kiinteä lisäaine</b>	Voitelee silloin, kun perusöljy menettää voiteluominaisuutensa

## Rasvojen ominaisuudet

Tavallisesti rasvan tuotelehdessä on tiedot muun muassa seuraavista tärkeistä rasvan ominaisuuksista:

- NLGI-kovuusluokka
- saippuan tyyppi
- tippumispiste
- perusöljyn viskositeetti ja tyyppi
- käyttölämpötila-alue.

### NLGI-kovuusluokka

Rasvat voidaan jakaa lukuisiin kovuusluokkiin yhdysvaltalaisen National Lubricating Grease Instituten (NLGI:n) kehittämän luokituksen mukaisesti. Jos rasvan kovuus on suuri (rasva on jäykkää), sen NLGI-kovuusluokkaluku on suuri. Vastaavasti jos rasvan kovuus on pieni (rasva on juoksevaa), sen NLGI-kovuusluokkaluku on pieni.

NLGI-luokkia on yhdeksän. Vierintälaakereissa käytetään yleensä asteikon luokkia NLGI 1, 2 ja 3.

**HUOM.:** On tärkeää huomioida, että rasvan jäykkyydellä ei ole mitään tekemistä perusöljyn viskositeetin kanssa: jäykänkin rasvan perusöljyn viskositeetti voi olla suuri tai pieni.

### Saippuan tyyppi

Yleisimmin käytetyissä rasvoissa saennin on litium-, kalsium- tai natriumsaippuaa. Litium- ja natriumsaippuoiden käyttölämpötila-alue on laaja, yleensä enintään 120 °C (250 °F). Kalsiumsaippuoiden suurin käyttölämpötila on 80 °C (175 °F), mutta niiden vedenkesto (mukaan lukien suolaveden) on erinomainen.

Kompleksisaippuilla pyritään yleensä parantamaan tiettyjä ominaisuuksia.

### Tippumispiste

Rasvan tippumispiste tarkoittaa lämpötilaa, jossa rasva menettää kovuutensa ja muuttuu nesteeksi. Tämä lämpötila ei vastaa rasvan käyttölämpötila-alueen ylärajaa.

### Perusöljyn viskositeetti ja tyyppi

Viskositeetti tarkoittaa nesteen virtausvastusta. Eri nesteillä on erilaiset viskositeetit. Veden viskositeetti on pieni, koska sen virtausvastus on alhainen. Vastaavasti hunajan viskositeetti on suuri, koska se ei virtaa helposti.

Viskositeetti riippuu lämpötilasta ja paineesta. Rasvan perusöljyn viskositeetti laskee lämpötilan noustessa ja nousee lämpötilan laskiessa. Sen sijaan rasvan perusöljyn viskositeetti on sitä suurempi, mitä suurempi paine on.

**HUOM.:** Lämpötilan noustessa 10–15 °C (18–27 °F) mineraaliöljypohjaisen perusöljyn viskositeetti puolittuu!

Rasvan perusöljyn viskositeetti ilmoitetaan kahdessa lämpötilassa:

- kansainvälisen standardin mukainen referenssilämpötila on 40 °C (105 °F)
- korkea lämpötila, joka on yleensä 100 °C (210 °F).

Näiden tietojen perusteella voidaan laskea perusöljyn viskositeetti käyttölämpötilassa. Lisätietoja viskositeetin laskemisesta on kohdassa *Sopivan öljyn valitseminen*, alkaen s. 204.

### Käyttölämpötila-alue – SKF:n ”liikennevaloluokitus”

Rasvojen lämpötila-alueet on jaettu neljän lämpötilarajan perusteella viiteen alueeseen:

- lämpötila-alueen alaraja (LTL)
- suositeltavan käyttölämpötila-alueen alaraja (LTPL)
- suositeltavan käyttölämpötila-alueen yläraja (HTPL)
- lämpötila-alueen yläraja (HTL)

SKF:n taulukoissa nämä raja-arvot on esitetty ”kaksosliikennevaloväreillä” (→ **kuva 1**).

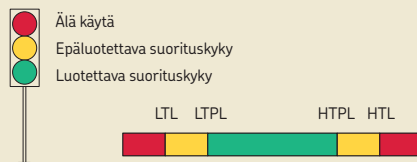
Lämpötila-alueen alaraja (LTL) on alin lämpötila, jossa rasva mahdollistaa laakerin toiminnan käynnistyksessä ilman ongelmia. Perusöljyn tyyppi ja viskositeetti määrittävät pitkälti LTL-arvon.

Lämpötila-alueen yläraja (HTL) määritetään rasvan tippumispiirteen mukaisesti. Tämä on lämpötila, jossa rasva muuttuu nesteeksi.

SKF ei suosittele käynnistämistä HTL-arvoa korkeammissa tai LTL-arvoa matalammissa lämpötiloissa. SKF suosittelee noudattamaan suorituskykyrajoja, jotka ovat selvästi valmistajan suosittelemien lämpötilarajojen sisällä. Tämä lämpötila-alue ilmoitetaan ylempänä ja alempana suorituskykyraja-arvona. Näiden arvojen sisällä oleva lämpötila-alue on **kuvan 1** vihreä alue. Tällä lämpötila-alueella rasva toimii luotettavasti ja rasvan käyttöikä voidaan määrittää.

Koska suositeltavan käyttölämpötila-alueen yläraja (HTPL) ei ole kansainvälisesti standar-

Kuva 1



Taulukko 3

#### Laakereiden käyttölämpötilat (rasvojen tuotelehdet)

Lämpötilan kuvaus	Määritelmä
<b>Matala (L)</b>	< 50 °C (120 °F)
<b>Keskisuuri (M)</b>	50–100 °C (120–210 °F)
<b>Korkea (H)</b>	> 100 °C (210 °F)
<b>Erittäin korkea (EH)</b>	> 150 °C (300 °F)

Taulukko 4

#### Standardilaakereiden pyörimisnopeudet (rasvojen tuotelehdet)

Nopeuden kuvaus	Laakerin pyörimisnopeusraja A tyypeille Säteisvierintälaakerit (kuulalaakerit)	Lieriörullalaakerit	Kartiorullalaakerit Pallomaiset rullalaakerit CARB-kaarirullalaakerit
–	mm/min		
<b>Erittäin matala (VL)</b>	–	< 30 000	< 30 000
<b>Matala (L)</b>	< 100 000	< 75 000	< 75 000
<b>Keskisuuri (M)</b>	< 300 000	< 270 000	< 210 000
<b>Korkea (H)</b>	< 500 000	≥ 270 000	≥ 210 000
<b>Erittäin korkea (VH)</b>	< 700 000	–	–
<b>Erittäin korkea (EH)</b>	≥ 700 000	–	–

doitu suure, valmistajan toimittamia tietoja on tulkittava huolellisesti.

HTPL-arvon ylittävissä lämpötiloissa rasva vanhenee ja hapettuu kiihtyvällä nopeudella ja hapettumisen sivutuotteena syntyvät aineet voivat heikentää voitelukykyä. Sen vuoksi vain lyhytaikainen käyttö HTPL- ja HTL-arvojen välillä, keltaisella merkityllä lämpötila-alueella on suositeltavaa.

Myös matalille lämpötiloille on keltainen alue. Kun lämpötila laskee, rasvan taipumus vuotaa öljyä heikkenee ja sen jäykkyys (kovuus) kasvaa. Tämä johtaa lopulta vierintäpintojen ja -elimien kontaktipintojen riittämättömään voiteluun.

**Kuvassa 1** tämä lämpötilaraja-arvo on LTPL. Yleensä lyhyet käyttöjaksot keltaisella lämpötila-alueella esimerkiksi kylmäkäynnistyksessä eivät aiheuta vaurioita, sillä kitkan muodostama lämpö nostaa laakerin käyttölämpötilan vihreälle alueelle.

### Rasvat ja laakereiden käyttöolosuhteet

Rasvojen tuotelehdissä on seuraavat tiedot laakereiden sallituista käyttöolosuhteista:

- lämpötila
- pyörimisnopeus
- kuormitus.

Nämä tiedot on kuitenkin esitetty yleisin termein, kuten "alhainen" tai "erittäin korkea", mikä edellyttää tietojen tulkittamista.

#### Lämpötila

Laakerin käyttölämpötila mitataan niin läheltä laakerin ulkokehää kuin mahdollista. Käyttöympäristön lämpötila vaikuttaa mitattuun arvoon. Kun mitattu käyttölämpötila on 100 °C (210 °F) tai enemmän, se luokitellaan "korkeaksi".

Rasvojen tuotelehdissä olevien laakereiden käyttölämpötila-arvojen tulkittamisessa voidaan käyttää apuna **taulukkoa 3**.

#### Nopeus

Rasvojen tuotelehtien pyörimisnopeustiedot perustuvat kunkin laakerityypin pyörimisnopeusrajaan. Pyörimisnopeusraja tarkoittaa laakerin nopeudenkestoa. Sitä kuvataan seuraavasti:

Taulukko 5

#### Laakerikuormitus (rasvojen tuotelehdet)

Kuormituksen kuvaus	Kuormitussuhde
Matala (L)	$P \leq 0,05 C$
Keskisuuri (M)	$0,05 C < P \leq 0,1 C$
Korkea (H)	$0,1 C < P \leq 0,15 C$
Erittäin korkea (VH)	$P > 0,15 C$

$$A = n d_m$$

missä

A = pyörimisnopeusraja [mm/min]

n = pyörimisnopeus [r/min]

$d_m$  = laakerin keskihalkaisija  
=  $0,5 (D + d)$  [mm]

Rasvojen tuotelehdissä olevien laakereiden pyörimisnopeusarvojen tulkittamisessa voidaan käyttää apuna **taulukkoa 4**.

#### Kuorma

Rasvojen tuotelehtien laakerikuormitusarvot perustuvat laakerin dynaamisen kantavuusluvun C ja vastaavan laakerikuorman (laakeriin kohdistuvan kuormituksen) P väliseen suhteeseen. Sen vuoksi on huomioitava seuraavat asiat:

- Mitä pienempi kuorma P, sitä suurempi suhdelu C/P eli kevyempi laakeriin kohdistuva kuormitus.
- Mitä suurempi kuorma P, sitä pienempi suhdelu C/P eli raskaampi laakeriin kohdistuva kuormitus.

Rasvojen tuotelehdissä olevien laakerikuormitusarvojen tulkittamisessa voidaan käyttää apuna **taulukkoa 5**.

## Rasvojen suorituskykytestit

Rasvan tuotelehden loppuosa sisältää yleensä rasvanäytteille suoritettujen laboratoriokokeiden tuloksia.

Tuloksien tulkitsemisessa voidaan käyttää apuna **taulukkoa 6**.

Taulukko 6

Rasvojen suorituskykytestit			
Testi	Mitä tämä tarkoittaa?	Mitattava suure (yksikkö)	Tuloksien tulkinta
<b>Tippumispiste</b>	Lämpötila, jossa rasva alkaa valua	Lämpötila (°C)	–
<b>Tunkeuma</b>	Kovuus, rasvan jäykkyys (NLGI-luokka)	Kartion painuman syvyys, arvo on välillä 85–475 (10 <sup>-1</sup> mm) (60 tai 100 000 toistoa)	Suuri arvo = pehmeä rasva Pieni arvo = jäykkä rasva
<b>Vierintästabiilisuus</b>	Kuinka helposti rasva pehmenee tai kovenee	Kartion painumasyvyyden muutos [10 <sup>-1</sup> mm]	Suuri arvo = vähemmän stabiili Pieni arvo = stabiilimpi
<b>Mekaaninen stabiilisuus</b>	Rasvan mekaaninen kestävyys värähtelylle altistettuna	Luokitus, joka riippuu vuotaneen rasvan massasta (SKF V2F -luokitus)	M = hyvin pieni rasvavuoto m = keskiuuri rasvavuoto Fail = suuri rasvavuoto
<b>Korroosiosuoja</b>	Laakerin ruostuminen kun rasvan sekaan on sekoitettu vettä	Arvo väliltä 0–5 (SKF EMCOR -luokitus <sup>1)</sup> )	0 = ei korroosiota 5 = hyvin vakava korrosio
<b>Öljyn erottuminen</b>	Varastoinnin aikana rasvan saenninaineesta erkaantunut perusöljy	Massan hävikki prosentteina (%) (DIN 51817)	0% = ei öljyn erottumista 100% = täydellinen öljyn erottuminen
<b>Vedenkesto</b>	Muutokset rasvassa veteen upotettuna	Arvo väliltä 0–3 (silmämääräinen arvio) (DIN 51807/1)	0 = ei muutoksia 3 = huomattavia muutoksia
<b>Voitelukyky</b>	Rasvan voitelukyky suurille laakereille (d ≥ 200 mm) tyypillisissä käyttöolosuhteissa	Luokitus, joka riippuu rasvan kyvystä voidella suurikokoisia laakereita normaaleissa tai korkeissa käyttölämpötiloissa (SKF R2F -testauslaite)	Lämmittämätön (normaali lämpötila) Läpäisee = rasva soveltuu käyttöön Ei läpäisee = rasva ei sovellu käyttöön Lämmitetty (korkea lämpötila) Läpäisee = rasva soveltuu käyttöön Ei läpäisee = rasva ei sovellu käyttöön
<b>Kuparikorroosio</b>	Rasvan kupariseoksille tarjoama suoja	Arvo väliltä 1–4 (silmämääräinen arvio) (DIN 51811)	1 = hyvä suoja 4 = erittäin huono suoja
<b>Vierintälaakereiden rasvan käyttöikä</b>	Rasvan kestoikä	Aika laakerivaurioon (tunteina) (SKF ROF -testauslaite)	–
<b>EP-ominaisuudet (VKA-testi)</b>	Voidaanko rasva luokitella EP-rasvaksi	Suuren kuormituksen (paineenkesto) raja (N) (DIN 51350/4)	–
<b>Sovitekorroosio</b>	Rasvan sovitekorroosiosuoja	Laakerin kuluminen (mg) (ASTM D4170)	–

<sup>1)</sup> Standardoitu ISO 11007 -standardin mukaisesti.



## Sopivan rasvan valitseminen

Kaikki ennenaikaisen laakerivaurion syntymisen ehkäisemiseksi tehdyt toimenpiteet ovat suhteellisen merkityksettömiä, mikäli käytetään vääränlaista rasvaa. Sen vuoksi oikean rasvan valitseminen on ratkaisevan tärkeä tekijä minkä tahansa koneen kestävyuden kannalta. Mineräaliöljypohjainen, litiumsäntimen NLGI 2 -luokan rasva on ominaisuuksiltaan riittävä useimpiin käyttötarkoituksiin. Kaikki jäljempänä mainitut tekijät on kuitenkin huomioitava rasvavalinnassa.

Hanki kaikki tarvittavat tiedot ennen valintaprosessin aloittamista:

- käyttökohde
- laakerityyppi ja päämitat
- laakerikuormitus
- käyttölämpötila ja käyttöympäristön lämpötila
- pyörimisnopeus
- akselin asennussuunta (vaaka/pysty)
- ulkoiset tekijät, kuten värähtely tai oskillointi
- tiedot epäpuhtauksista.

**HUOM.:** Koneen valmistajan dokumentaatio on käytävä läpi ennen ensiasennuksessa käytettävän rasvan valitsemista tai vaihdettaessa toiseen rasvaan. Kaikki rasvat eivät ole keskenään yhteensopivia. Lisäksi koneessa voi olla komponentteja, jotka eivät ole yhteensopivia tiettyjen voiteluaineiden lisäaineiden kanssa.

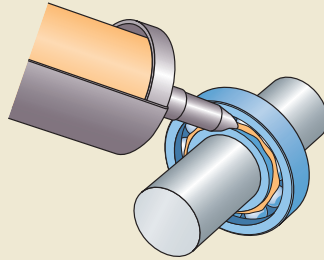
### Rasvojen valintatyökalut

SKF-rasvanvalintaohjelma LubeSelectiä voidaan käyttää apuna sopivan SKF-rasvan valitsemisessa.

SKF-laakerirasvojen valintataulukko on **liitteessä M**, joka on **sivuilla 430–431**. Lisätietoja sopivan voiteluaineen valinnasta on osoitteessa [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

### Rasvojen ja muiden komponenttien voitelu ensiasennuksessa

Useimmat avoimet vierintälaakerit toimitetaan rasvaamattomina. Ne on kuitenkin käsitelty korroosiosuoja-aineella. SKF-laakereiden korroosiosuoja-aineet ovat yhteensopivia useimpien voitelu- ja lisäaineiden kanssa (poikkeuksena esimerkiksi SKF LGET 2), jolloin sitä ei tarvitse pestä pois ennen ensimmäistä rasvausta. Laakerit, joissa on molemmilla puolilla suojalevy tai



### VAROITUS

SKF LGET 2 on synteettiseen fluoriöljyyn perustuva rasva. Sitä ei voida käyttää muiden rasvojen, öljyn ja suoja-aineiden kanssa. Sen vuoksi on tärkeää, että laakerit ja muut komponentit pestään erittäin huolellisesti ennen uuden rasvan levittämistä.

tiiviste, on kestopvoideltu tehtaalla, eikä niitä tarvitse rasvata asennettaessa.

**HUOM.:** Sellaista laakeria, jossa on molemmilla puolilla suojalevy tai tiiviste, ei saa koskaan pestä.

### Milloin voitelu kannattaa suorittaa?

Yleensä avoimet laakerit voidellaan asennuksen jälkeen (→ kuva 2). Tärkein syy tähän on puhdistus. Mitä myöhemmin laakeri rasvataan, sitä epätodennäköisempää on epäpuhtauksien joutuminen laakeriin.

Laakerit tulee voidella ennen asennusta vain silloin, kun rasvauksen suorittaminen asennuksen jälkeen ei ole mahdollista.

### Rasvan oikea määrä

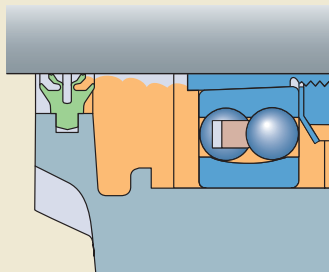
Yleisohjeena voidaan sanoa, että laakeripesiin asennettavat laakerit on täytettävä kokonaan (100-prosenttisesti) rasvalla ennen käynnistystä.

Laakeripesän vapaa tila tulee täyttää osittain (30–50-prosenttisesti) rasvalla (→ kuva 3). SKF suosittelee täyttämään laakeripesän vapaan tilan rasvalla 90-prosenttisesti muissa kuin värähtelylle alttiina olevissa käyttökohteissa, joissa laakerien pyörimisnopeudet ovat erittäin matalia ja laakerit on suojattava hyvin epäpuhtauksilta.

Erittäin likaisissa olosuhteissa laakeripesä voidaan täyttää kokonaan rasvalla ja käyttää tiivistettyä SKF-laakeria. Tällöin saadaan laakerille ja sen sisällä olevalle voiteluaineelle kolminkertainen suojaus pienimpiäkin epäpuhtauksia vastaan. Suojaus muodostuu laakeripesän tiivisteestä, laakeripesän rasvasta ja laakerin tiivisteestä.

**HUOM.:** Laakeripesään on aina jätettävä vapaata tilaa, jotta laakerista käynnistyksessä irtoavalla rasvalla on tilaa poistua laakerista. Jos laakeripesä täytetään kokonaan, rasva voi kirnuuntua, mikä voi nostaa käyttölämpötilaa jopa 50 °C (90 °F). Rasva voi myös palaa, mikä johtaa puutteelliseen voiteluun. Jos sisäänajoa ei voida suorittaa, alkutäyttöä on pienennettävä siten, että se on enintään 30% laakerin vapaasta tilasta.

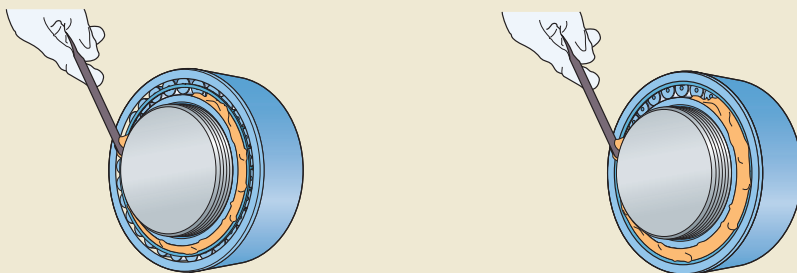
Kuva 3



Jos laakereissa käytetään labyrinthitiivisteitä, tiivisteiden säteittäiset tai aksiaaliset raot on täytettävä kokonaan rasvalla.

Myös kaksoishuulitiivisteet ja hankaavalla lisähuulella varustetut tiivisteet on täytettävä kokonaan rasvalla, koska rasva sekä toimii tiivisteenä että laskee lämpötilaa tiivistehuulen alla.

Kuva 4



a) Pitimellä varustettujen CARB-kaarirullalaakereiden rasvaus (käyttö suurilla pyörintänopeuksilla)

b) CARB-täysrullalaakereiden rasvaus

### CARB-kaarirullalaakerit

CARB-kaarirullalaakereissa on suhteellisen paljon vapaata tilaa rasvalle (→ **kuva 4**). Jos tämäntyyppinen laakeri täytetään kokonaan rasvalla ja sitä käytetään suhteellisen suurella pyörimisnopeudella (> 75% referenssinopeudesta), laakerin käyttölämpötila todennäköisesti nousee. Sen vuoksi SKF suosittelee täyttämään vain laakerin sisärenkaan ja pitimen välisen tilan rasvalla (**a**).

Täysrullaiset CARB-laakerit sekä matalilla tai keskisuurilla pyörintänopeuksilla toimivat CARB-laakerit on täytettävä kokonaan rasvalla (**b**).

### Tarkkuus- ja erikoistarkkuuslaakerit

Tarkkuus- ja erikoistarkkuuslaakereiden voitelussa käytetään yleensä pieniä rasvamääriä. Työstökoneissa, joiden pyörintänopeus on yleensä korkea tai erittäin korkea, alle 30% laakereiden vapaasta tilasta tulee täyttää rasvalla. Käytännön kokemuksen perusteella laakerin vapaasta tilasta täytetään yleensä 10–15%.

Lisätietoja tarkkuus- ja erikoistarkkuuslaakereiden rasvauksesta on osoitteessa [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

### Rasvaustekniikat asennettaessa

Rasvaustekniikka vaihtelee laakerin ja laakeripesän rakenteen mukaisesti. Laakerit voivat olla joko purettavia tai ei-purettavia ja laakeripesät joko yksi- tai kaksiosaisia. Tässä osiossa annetaan joitakin yleisiä laakereiden rasvaukseen liittyviä ohjeita.

Lisätietoja laakereiden asentamisesta on luvussa *Vierintälaakereiden asentaminen*, alkaen **s. 44**.

### Purettavat laakerit

Purettavia laakereita ovat lieriö- ja kartiorulla-laakerit, nelipisteviistokuulalaakerit sekä kaikki painelaakerityypit. Nämä laakerit on rasvattava purettuna asennusjärjestyksen mukaisesti. Varmista, että vierintäelimiä ja pitimen välinen vapaa tila täytetään kokonaan rasvalla. Jos pidin-vierintäelinsarja voidaan irrottaa molemmista laakerin renkaista, rasvaa toisen renkaan vierintäpintaa kevyesti, jotta se ei vaurioituisi, kun pidin-vierintäelinsarja painetaan takaisin paikalleen.

### Ei-purettavat laakerit

Ei-purettavat laakerit, kuten ura- ja viistokuula-laakerit, voidaan täyttää (mieluiten rasvalla) molemmilta puolilta asennuksen aikana.

Pallomaisissa kuula- ja rullalaakereissa sekä CARB-kaarirullalaakereissa rasvausta voidaan helpottaa kääntämällä laakerin rengasta. Rasvan levittyminen varmistetaan pyörittämällä laakeria muutama kierros.

**HUOM.:** Kun CARB-kaarirullalaakerin tai pallomaisen kuulalaakerin rengasta käännetään, alemmat vierintäelimet voivat siirtyä hieman alaspäin. Sen vuoksi vierintäelimet voivat jumittua ulkorengasta vasten, kun rengas käännetään takaisin paikalleen. Tällöin laakeri voi vaurioitua. Tämä voidaan estää ohjaamalla vierintäelimet paikoilleen laakerin rengasta käännettäessä.

### Laakereiden rasvaus ennen asennusta

Jos kyseessä on avoin laakeri, jota ei voida rasvata asennuksen jälkeen, se on rasvattava ennen asennusta seuraavasti:

- 1 Aseta laakeri puhtaalle muoville.
- 2 Jos laakeri on suuri, kiilaa se alustalle, jotta se pysyy paikoillaan.
- 3 Täytä vierintäelimiä ja pitimen välinen vapaa tila molemmilta puolilta rasvalla. Käytä rasvapuristinta. Jos kyseessä on itseasettuva laakeri, käännä laakerirengasta siten, että vierintäelimet tulevat näkyviin, ja suorita rasvaus.
- 4 Jos laakeria ei voida asentaa heti, kääri se muoviin.

### Rasvalla voideltujen laakereiden käyttöönotto

Juuri rasvattujen laakerin lämpötila nousee ensimmäisessä käynnistyksessä. Mikäli mahdollista, SKF suosittelee laakereiden sisäänajoa ennen käyttöä täydellä pyörimisnopeudella. Tämä on erityisen tärkeää, kun kyseessä ovat suurinopeuksiset käyttökohteet. Ilman sisäänajoa lämpötila voi nousta huomattavasti.

Laakerin sisäänajo tarkoittaa laakerin käyttämistä kasvavilla pyörintänopeuksilla, alkaen alhaisesta nopeudesta. Sisäänajon jälkeen rasva on levinyt koko laakerijärjestelmään ja käyttölämpötila on vakiintunut.

### Jälkivoitelu

Rasva ei kestä ikuisesti. Ajan, lämpötilan, mekaanisen rasituksen, vanhenemisen ja epäpuhtauksien vaikutuksen seurauksena rasvan suorituskyky heikkenee, ja se menettää vähitellen voitelukykynsä. Jälkivoitelu tarkoittaa uuden rasvan lisäämistä laakerijärjestelmään tietyn käyttöajan jälkeen.

Kolme tärkeintä jälkivoitelussa huomioitavaa tekijää ovat: rasvan tyyppi, rasvan määrä ja voiteluväli. Rasvan määrä ja voiteluväli riippuvat paljon siitä, lisätäänkö rasvaa käsin vai automaattisesti.

Tiivistetyissä laakereissa on tavallisesti koko niiden käyttöiän kestävä kestovoitelu, minkä ansiosta laakereita ei tarvitse jälkivoiella. Vaaativissa käyttöolosuhteissa jälkivoitelu voi kuitenkin olla tarpeen. Sen vuoksi useiden tiivistettyjen laakerityyppien jälkivoitelu on mahdollista.

### Jälkivoiteluvälit

Jälkivoiteluväli riippuu useista tekijöistä. Muista tarkistaa koneen valmistajan suositukset ennen jälkivoiteluaikataulun suunnittelua. Mikäli se ei ole mahdollista, hanki kaikki tarvittavat tiedot ennen voiteluvälin laskemista:

- käyttökohde
- laakerityyppi ja päämitat
- laakerikuormitus
- käyttölämpötila ja käyttöympäristön lämpötila
- pyörimisnopeus
- akselin asennussuunta (vaaka/pysty)
- ulkoiset tekijät, kuten värähtely tai oskillointi
- tiedot epäpuhtauksista.

Voiteluväli  $t_f$  saadaan **kaaviosta 1** seuraavien muuttujien funktiona:

- pyörimisnopeusraja A
- laakerikerroin  $b_f$
- kuormitusuhde C/P

missä

$$A = n d_m \text{ [mm/min]}$$

$$n = \text{pyörimisnopeus [r/min]}$$

$$d_m = \text{laakerin keskiahkaisu}$$

$$= 0,5 (d + D) \text{ [mm]}$$

$b_f$  = laakerikerroin, joka riippuu laakerityypistä ja kuormitusolosuhteista (aksiaalisesti kuormitetut pallomaiset rullalaakerit)  
(→ **taulukko 7, sivu 194**)

Jos laakerivaurioanalyysi osoittaa, että kyseessä on lämpötila- ja/tai voiteluongelma, tarkista ensimmäisenä, onko käytössä ollut oikeantyyppinen rasva. Jos on, tarkista suositellut pyörimisnopeusrajat (A) **taulukosta 7, sivulta 194**. Jos käyttökohteen pyörimisnopeusraja on suurempi kuin taulukossa, laakerin kestoikää voidaan pyrkiä kasvattamaan merkittävästi siirtymällä öljykyly- tai kiertoöljyvoiteluun.

**Kaavion 1** voiteluvälit ovat arvioita, jotka perustuvat seuraaviin käyttöolosuhteisiin:

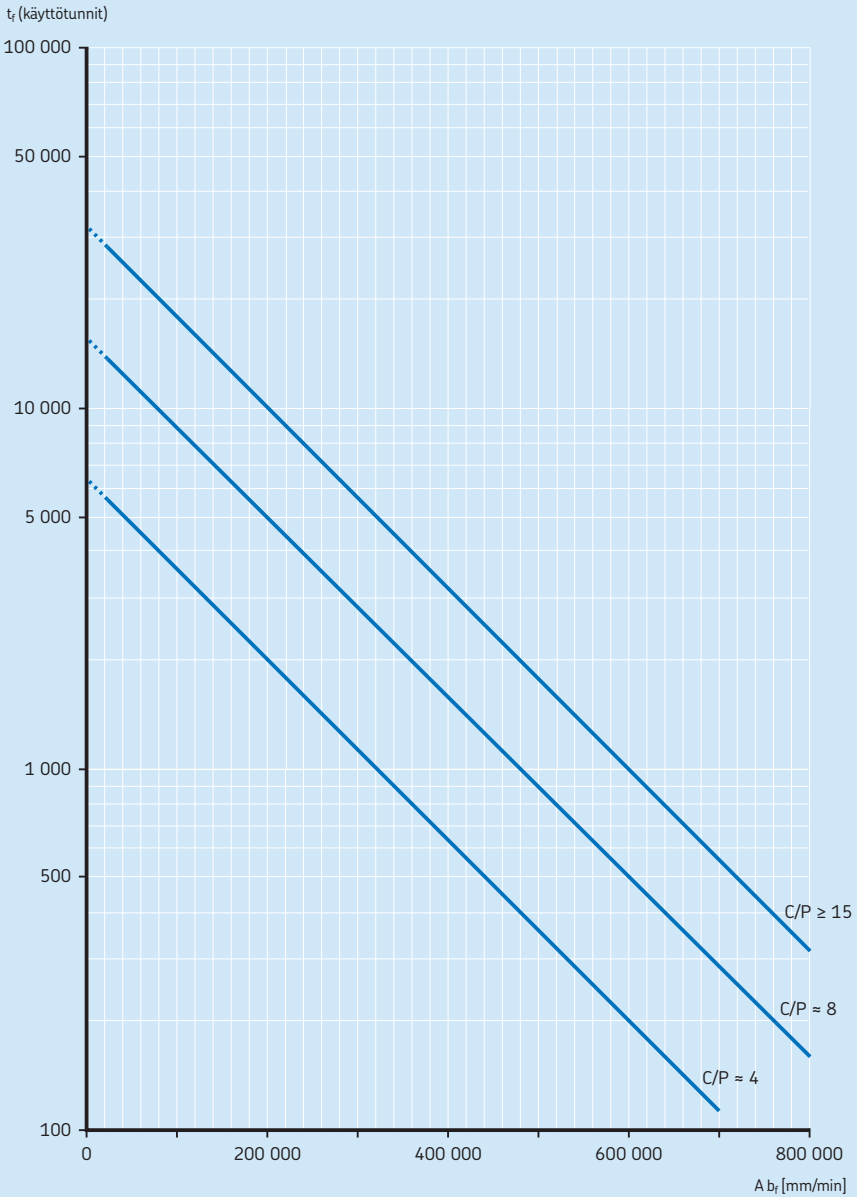
- käyttölämpötila 70 °C (160 °F)
- voitelu hyvälaatuisella litiumpohjaisella rasvalla
- vaaka-akseli
- pyörivät sisärengas
- puhdas käyttöympäristö.

Jos laakerin käyttöolosuhteet poikkeavat edellä mainituista, voiteluväliä on muutettava **taulukossa 8, sivulla 195** olevien tietojen mukaisesti.

**HUOM.:** Jos laakerijärjestelmässä käytetään keskenään erilaisia laakereita, kaikkien laakereiden voiteluvälinä on käytettävä lyhintä järjestelmän laakereiden laskettua voiteluväliä.

SKF:n LubeSelect-rasvanvalintaohjelmaa, joka on saatavana osoitteessa [www.skf.fi](http://www.skf.fi), voidaan myös käyttää voiteluvälien laskemiseen.

Voiteluvälit, kun lämpötila on 70 °C (160 °F)



7

## Jälkivoitelumenetelmät

Käytettävä jälkivoitelumenetelmä valitaan yleensä käyttökohteen, käyttöolosuhteiden ja jälkivoiteluvälin  $t_f$  perusteella. Jälkivoitelumenetelmät voidaan jakaa kahteen pääluokkaan: rasvan lisäämiseen ja jatkuvaan voiteluun (→ taulukko 9).

Taulukko 7

### Laakerikertoimet ja suositellut pyörimisnopeusrajat (A)

Laakerityyppi <sup>1)</sup>	Laakerikerroin $b_f$	Suosittelut pyörimisnopeusrajat (A) $C/P \geq 15$	$C/P \approx 8$	kuormitusasteelle $C/P \approx 4$
–	–	mm/min		
<b>Urakuulalaakerit</b>	1	500 000	400 000	300 000
<b>Viistokuulalaakerit</b>	1	500 000	400 000	300 000
<b>Pallomaiset kuulalaakerit</b>	1	500 000	400 000	300 000
<b>Lieriörullalaakerit</b>				
• vapaan pään laakeri	1,5	450 000	300 000	150 000
• ohjaavan pään laakeri, ei ulkoista aksiaalikuormitusta tai kevyt mutta vaihteleva aksiaalikuormitus	2	300 000	200 000	100 000
• ohjaavan pään laakeri, tasainen kevyt aksiaalikuormitus	4	200 000	120 000	60 000
• ilman pidintä, täysrullalaakeri <sup>2)</sup>	4	– <sup>3)</sup>	– <sup>3)</sup>	20 000
<b>Kartiorullalaakerit</b>	2	350 000	300 000	200 000
<b>Pallomaiset rullalaakerit</b>				
• kun $F_a/F_r \leq e$ ja $d_m \leq 800$ mm				
– sarjat 213, 222, 238, 239	2	350 000	200 000	100 000
– sarjat 223, 230, 231, 232, 240, 248, 249	2	250 000	150 000	80 000
– sarja 241	2	150 000	80 000 <sup>4)</sup>	50 000 <sup>4)</sup>
• kun $F_a/F_r \leq e$ ja $d_m > 800$ mm				
– sarjat 238, 239	2	230 000	130 000	65 000
– sarjat 230, 231, 240, 248, 249	2	170 000	100 000	50 000
– sarja 241	2	100 000	50 000 <sup>4)</sup>	30 000 <sup>4)</sup>
• kun $F_a/F_r > e$				
– kaikki sarjat	6	150 000	50 000 <sup>4)</sup>	30 000 <sup>4)</sup>
<b>CARB-kaarirullalaakerit</b>				
• pitimellä	2	350 000	200 000	100 000
• ilman pidintä, täysrullalaakeri <sup>2)</sup>	4	– <sup>3)</sup>	– <sup>3)</sup>	20 000
<b>Painekuulalaakerit</b>	2	200 000	150 000	100 000
<b>Painelieriörullalaakerit</b>	10	100 000	60 000	30 000
<b>Pallomaiset painerullalaakerit</b>				
• pyörivä akselilaatta	4	200 000	120 000	60 000

<sup>1)</sup> Laakerointikertoimet ja suositellut pyörimisnopeusrajat (A) koskevat laakereita, joiden sisäinen geometria ja pitimet ovat tavanomaisia. Jos laakerissa on erikoisrakenne tai –pitimet, ota yhteyttä SKF-edustajaan.

<sup>2)</sup> Kaaviosta 1, sivulta 193, saatu  $t_f$ -arvo on jaettava 10:llä.

<sup>3)</sup> Ei voida määrittää. SKF ei suosittele näillä  $C/P$ -arvoilla käyttämään täysrullalaakeria, vaan pitimellä varustettua laakeria.

<sup>4)</sup> Suuremmilla käyntinopeuksilla suositellaan öljyvoitelua.

Taulukko 8

## Jälkivoiteluvälän muuttaminen

Käyttöolosuhteet / laakerityyppi	Kuvaus	Suositusmuutos ( $t_f$ )	Muutoksen syy
<b>Käyttölämpötila</b>	Lämpötilan muuttuessa (nousesta) 15 °C (27 °F), kun lämpötila on suurempi kuin 70 °C (160 °F) ja pienempi kuin lämpötila-alueen yläraja (HTL)	Jälkivoiteluväli on puolitettava	Rasvan kiihtyvän vanhenemisen kompensointi korkeissa lämpötiloissa
	Lämpötilan muuttuessa (laskiessa) 15 °C (27 °F), kun lämpötila on pienempi kuin 70 °C (160 °F)	Jälkivoiteluväli voidaan kaksinkertaistaa (korkeintaan kahdesti) <sup>1)</sup>	Rasvan pienemmän vanhenemisriskin kompensointi matalissa lämpötiloissa
<b>Akselin asennussuunta</b>	Pystyakselille asennetut laakerit	Jälkivoiteluväli on puolitettava	Rasva valuu painovoiman vaikutuksesta
<b>Värähtely</b>	Voimakasta värähtelyä ja iskukuormia	Jälkivoiteluväliä on lyhennettävä <sup>2)</sup>	Rasva "vajoaa" tai painuu kasaan värähtelyn vaikutuksesta, mikä aiheuttaa kirkunnumista
<b>Ulkorenkkaan pyöriminen</b>	Ulkorengas pyörii tai akselilla on epäkeskinen kuorma	Pyörimisnopeusrajan A laskennassa käytetään suuretta D, ei suuretta $d_m$	Rasvan käyttöikä on lyhyempi näissä olosuhteissa
<b>Epäpuhtaudet</b>	Erittäin likaiset olosuhteet tai nestemäisiä epäpuhtauksia	Jälkivoiteluväliä on lyhennettävä <sup>2) 3)</sup>	Epäpuhtauksien vahingollisten vaikutuksien vähentäminen
<b>Kuorma</b>	Erittäin raskaat kuormat $P > 0,15 C$	Jälkivoiteluväliä on lyhennettävä <sup>2)</sup>	Rasvan käyttöikä on lyhyempi näissä olosuhteissa
<b>Laakerin koko</b>	Laakerin reiän halkaisija $d > 300$ mm	Jälkivoiteluväliä on lyhennettävä <sup>2)</sup>	Nämä ovat yleensä kriittisiä osia koneesta, jotka edellyttävät tarkasti noudatettavaa, tiheää jälkivoiteluaikataulua
<b>Lieriörullalaakerit</b>	Laakerit, joiden pitimien tyyppi on J, JA, JB-, MA-, MB-, ML, MP tai PHA <sup>4)</sup>	Jälkivoiteluväli on puolitettava	Öljyn erottuminen rasvasta on rajoitettu käytettäessä näitä pidinrakenteita

<sup>1)</sup> Älä pidennä jälkivoiteluväliä täysrulla- tai painelaakereilla.

<sup>2)</sup> Ota yhteyttä SKF-edustajaan.

<sup>3)</sup> Erittäin likaisissa käyttöolosuhteissa on suositeltavaa harkita tiivistettyjen SKF-laakereiden tai jatkuvan voitelun käyttämistä.

<sup>4)</sup> P-, PH-, M- ja MR-tyypin pitimillä muutoksia ei tarvita.

Taulukko 9

## Jälkivoitelumenetelmät

Jälkivoitelumenetelmä	Sopiva jälkivoiteluväli $t_f$	Hyödyt	Haitat	Vaatimukset
<b>Rasvan uudistaminen</b>	$t_f < 6$ kk	Keskeytymätön käyttö	Laakeripesässä on oltava voitelukanavat Suuritoinen Laakeripesään on oltava helppo pääsy Suuri epäpuhtausriski	Laakeripesät, joissa on voitelunippa Rasvapuristin
<b>Jatkuva jälkivoitelu</b>	$t_f$ on erittäin pieni	Soveltu kohteisiin, joihin on vaikea pääsy Pieni epäpuhtausriski Pienitoinen Voitelun jatkuva valvonta on mahdollista Keskeytymätön käyttö	Rasvan pumpattavuuden on oltava hyvä (erityisesti alhaisissa käyttölämpötiloissa)	Automaattiset voitelulaitteet tai keskusvoitelujärjestelmät

## Voitelu

### Jälkivoitelu

Koska vain laakerissa oleva rasva on vaihdettava, rasvan lisäämisessä tarvittava määrä riippuu täysin laakerin koosta.

Eräiden laakerimallien sisä- tai ulkorengaassa on voitelureikä jälkivoitelua varten, mikä mahdollistaa tehokkaan voitelun laakerin keskiosan kautta (→ **kuva 5**). Lisättävä rasvan määrä on silloin

$$G_p = 0,002 D B$$

Muut laakerit voidaan voidella vain sivulta päin (→ **kuva 6**). Lisättävä rasvan määrä on silloin

$$G_p = 0\ 005 D B$$

missä

$G_p$  = rasvan määrä lisättäessä [g]

$D$  = laakerin ulkohalkaisija [mm]

$B$  = laakerin kokonaisleveys (käytä painelaakereille kokonaiskorkeutta  $H$ ) [mm]

Laakeripesien laakerijärjestelmät, joissa on hankaavat tiivisteet (esimerkiksi kaksi- tai nelihuuliset), on varustettava rasvanpoistoreiällä, jotta käytetty ja ylimääräinen rasva pääsee poistumaan järjestelmästä. Poistoreikä on sijoitettava samalle puolelle kuin lukitusmutteri, eli voitelunipan vastakkaiselle puolelle (→ **kuva 7**).

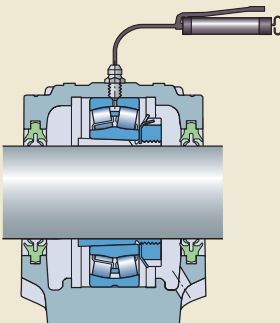
Laakerijärjestelmissä, joissa on ei-hankaavat tiivisteet (esimerkiksi labyrintti tiivisteet), rasvanpoistoreikää ei tarvita, koska käytetty ja ylimääräinen rasva painuu ulos tiivisteiden aukoista, kun järjestelmää rasvataan (→ **kuva 8**).

Rasvaa on lisättävä heti, kun voiteluaineen ominaisuudet alkavat heikentyä. SKF:n rasvan lisäämiseen liittyviä suosituksia:

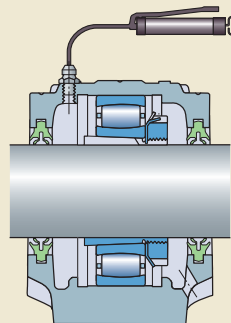
- 1 Jos käytetään erilaista rasvaa kuin laakerissa sillä hetkellä on, rasvojen yhteensopivuus on varmistettava (→ *Rasvojen yhteensopivuus*, alkaen **s. 200**).
- 2 Puhdista voitelunippa.
- 3 Lisää rasvaa koneen käydessä. Jos se ei ole mahdollista, pyöritä akselia käsin.
- 4 Jos voitelukanavat ovat pitkät ja käyttöympäristön lämpötila on alhainen, varmista että rasva pumppautuu asianmukaisesti tarkistamalla, ettei rasvassa ole havaittavissa ylimääräistä öljyn erottumista.
- 5 Rasvanvaihto on suoritettava 3–5:n lisäyskerän jälkeen (→ *Rasvanvaihto*, alkaen **s. 198**).

**HUOM.:** Älä annostelee liikaa rasvaa. Jos rasvaa vuotaa hankaavien tiivisteiden ohi ylitäytön seurauksena, tiivisteet voivat vaurioitua, mikä voi aiheuttaa ylikuumenemisen ja ennenaikaisen laakerivaurion.

Kuva 5



Kuva 6





### Jatkuva jälkivoitelu

Jatkuvaa jälkivoitelua käytetään esimerkiksi suurinopeuksisissa käyttökohteissa, joissa tarvitaan jatkuvasti pieniä määriä voiteluainetta. Sitä käytetään myös hyvin likaisissa olosuhteissa, missä jatkuvaa voitelua tarvitaan estämään epäpuhtauksien pääsy laakeriin.

Automaattiset voitelulaitteet on suunniteltu jatkuvaa voitelua edellyttäviin käyttökohteisiin, kohteisiin, joihin pääsy on vaikeaa tai vaarallista sekä kohteisiin, joissa jälkivoitelun luotettavuutta on saatava parannettua. Automaattisen voitelujärjestelmän tärkein hyöty on voiteluaineen tyypin ja määrän tarkka annostelu kaikkiin voitelupisteisiin. Lisäksi epäpuhtausriski on pienempi kuin käsikäyttöisiä rasvapuristimia käytettäessä.

Jatkuvan voitelun edellyttämä likimääräinen rasvamäärä voidaan laskea seuraavasti:

$$G_k = (0,3 \dots 0,5) D B \times 10^{-4}$$

missä

$G_k$  = jatkuvasti annosteltavan rasvan määrä [g/h]

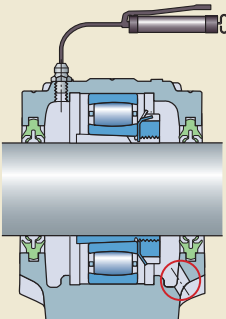
D = laakerin ulkohalkaisija [mm]

B = laakerin kokonaisleveys (käytä painelaakereille kokonaiskorkeutta H) [mm]

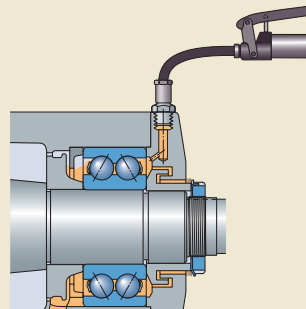
Vaihtoehtoisesti voidaan jakaa laskettu lisättävän rasvan määrä  $G_p$  ( $\rightarrow$  *Lisäminen*, sivu 196) koko voiteluvälille.

SKF valmistaa automaattisia yksi- ja monipistevoitelulaitteita, kuten SKF SYSTEM 24 -järjestelmiä. Keskusvoitelujärjestelmät ovat toinen vaihtoehto automaattisen voitelun järjestämiseen ( $\rightarrow$  *Keskusvoitelujärjestelmät*, alkaen s. 213).

Kuva 7



Kuva 8



### SKF SYSTEM 24

LAGD-sarjan SKF SYSTEM 24 -voitelulaitteet (→ **kuva 9**) sisältävät läpinäkyvän voiteluainesäiliön ja kaasupatruunan (luonnonkaasu). Kellokytkimen asetus osoittaa todellisen tyhjentymisajan. Voitelulaitteet voidaan kytkeä väliaikaisesti pois käytöstä nollaamalla kellokytkin.

LAGE-sarjan SKF SYSTEM 24 -voitelulaitteet (→ **kuva 10**) sisältävät läpinäkyvän voiteluainesäiliön ja sähkömekaanisen voiteluaineen annosteluyksikön. Uudelleentäyttösarjat, paritokäyttöinen malli on saatavana. Annostelunopeus on lämpötilasta riippumaton.

Molempien voitelulaittesarjojen suurin käyttöpaine on 5 baaria. Liitännän kierretyyppi on G 1/4. Lisää teknisiä tietoja on **taulukossa 10**.

**HUOM.:** Varmista, että uudessa voitelulaitteessa on samaa rasvaa, jota on käytetty aiemmin. Jos rasva vaihdetaan uudentyypiseen, varmista että rasvat ovat yhteensopivia.

### VAROITUS

Vakavat tapaturmat on pyrittävä välttämään suorittamalla tarvittavat työturvallisuustoimenpiteet (turvalukitus, vahinkokäynnistyksen esto ym.) ennen töiden aloittamista.

### Rasvanvaihto

Rasvanvaihdossa kone pysäytetään, laakerijärjestelmässä oleva rasva poistetaan ja uusi rasva lisätään. Rasvanvaihto suositellaan suoritettavaksi useiden rasvan lisäskertojen jälkeen tai silloin, kun voiteluväli on yli kuusi kuukautta.

SKF:n suosituksia rasvanvaihtoon laakerijärjestelmissä, joissa on kaksiosainen laakeripesä:

- 1 Puhdista työskentelyalue.
- 2 Avaa laakeripesä.
- 3 Poista rasva laakeripesän aukosta kokonaan sopivalla työkalulla ja puhdista sitten laakeripesä soveltuvalla liuottimella.
- 4 Puhdista laakeri soveltuvalla liuottimella ja anna sen kuivua. Ylimääräinen liuotinaine haihtuu pois.
- 5 Täytä vierintäelimien ja pitimen välinen vapaa tila näkyvissä olevalta puolelta päin rasvalla. Käytä rasvapuristinta.

Kuva 9



Kuva 10



- 6 Täytä 30–50% laakeripesästä rasvalla (tavanomainen määrä normaaleissa käyttökohteissa).
- 7 Aseta laakeripesän kansi paikalleen.
- 8 Suorita laakerin sisäänajo.

Jos laakeripesiin on vaikea pääsy, mutta niissä on voitelunipat ja rasvanpoistoreiät, SKF suosittelee seuraavaa:

**HUOM.:** Jos käytetään erilaista rasvaa kuin laakerissa sillä hetkellä on, rasvojen yhteensopi- vuus on varmistettava (→ *Rasvojen yhteensopi- vuus*, alkaen s. 200).

- 1 Varmista, että rasvanpoistoreikä on avoinna.
- 2 Puhdista voitelunippa.
- 3 Lisää rasvaa voitelunipan kautta tasaisesti ja hitaasti koneen käydessä.
- 4 Aseta astia poistoreiän alle ja ota vanha rasva talteen.
- 5 Jatka rasvan lisäämistä, kunnes poistoreiästä tulee puhdasta rasvaa.

**HUOM.:** Jos rasvaa lisätään liian paljon tai liian nopeasti siten, että vanha rasva ei pääse poistu- maan järjestelmästä, rasva voi kirnuuntua ja aiheuttaa käyttölämpötilan nousemisen.

Taulukko 10

SKF SYSTEM 24 -voitelulaitteet				
Ominaisuus	Voitelulaite LAGD 60	LAGD 125	LAGE 125	LAGE 250
Rasvatilavuus	60 ml	125 ml	122 ml	250 ml
Nimellinen tyhjentymissaika	1–12 kuukautta (säädetty)	1–12 kuukautta (säädetty)	1, 3, 6, 9 tai 12 kuukautta (säädetty)	1, 3, 6, 9 tai 12 kuukautta (säädetty)
Käyttöympäristön lämpötila	–20 – +60 °C (–5 – +140 °F)	–20 – +60 °C (–5 – +140 °F)	0 – +55 °C (30–130 °F)	0 – +55 °C (30–130 °F)
Esitetyt voitelulaitteiden tilaustiedot	LAGD 60 / voiteluaine	LAGD 125 / voiteluaine	LAGE 125 / voiteluaine	LAGE 250 / voiteluaine
Yhteensopivat SKF-rasvat	LGWA 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGGB 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGWM 2
Yhteensopivat SKF-kejuöljyt <sup>1)</sup>	–	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150

<sup>1)</sup> Lisätietoja SKF-kejuöljyistä on taulukossa 16, sivulla 209.

### Rasvojen yhteensopivuus

Rasvojen yhteensopivuus on varmistettava ennen rasvatyyppin vaihtamista toiseen. Koska laakerijärjestelmässä oleva rasva on kosketuksessa koko laakeriin, rasvan on oltava yhteensopiva kaikkien laakerin materiaalien sekä mahdollisten suoja-aineiden ja pinnoitteiden kanssa.

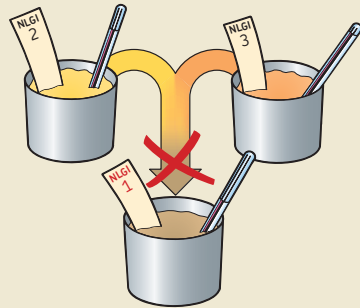
#### Rasvojen yhteensopivuus

Jos rasvoissa on käytetty samaa saenninta ja samantyyppistä perusöljyä, niitä voidaan yleensä sekoittaa ongelmitta. Jos kahta keskenään yhteensopimatonta rasvaa sekoitetaan, seoksen kovuus on yleensä alkuperäisiä rasvoja alhaisempi (→ **kuva 11**), mikä voi aiheuttaa rasvan valumisen pois laakerista ja ennenaikaisen laakerivaurion. Lisäksi seoksen suurin käyttölämpötila ja voiteluainekalvon kuormituskapasiteetti käytön aikana ovat alhaisempia kuin alkuperäisillä rasvoilla.

**HUOM.:** Yleisesti ottaen rasvoja ei tule sekoittaa. Jos alkuperäisen rasvan tyyppiä ei tiedetä, vanha rasva on ensin poistettava kokonaan, minkä jälkeen lisätään uusi rasva (→ *Rasvanvaihto*, alkaen s. 198).

Kahden rasvan yhteensopivuus voidaan määrittää vertaamalla perusöljyjä (→ **taulukko 11**) ja saentimia (→ **taulukko 12**).

Kuva 11



#### **VAROITUS**

SKF LGET 2 on synteettiseen fluoriöljyyn perustuva rasva. Sitä ei voida käyttää muiden rasvojen, öljyjen ja suoja-aineiden kanssa. Sen vuoksi on tärkeää, että laakerit ja muut komponentit pestään erittäin huolellisesti ennen uuden rasvan levittämistä.

Taulukko 11

Perusöljyjen yhteensopivuus

	Mineraali/PAO Esteri		Polyglykoli	Silikoni: metyyli	Silikoni: fenyyli	Polyfenyleenietteri	PFPE
Mineraali/PAO	+	+	-	-	+	0	-
Esteri	+	+	+	-	+	0	-
Polyglykoli	-	+	+	-	-	-	-
Silikoni: metyyli	-	-	-	+	+	-	-
Silikoni: fenyyli	+	+	-	+	+	+	-
Polyfenyleenietteri	0	0	-	-	+	+	-
PFPE	-	-	-	-	-	-	+

+ = voidaan käyttää    0 = testattava    - = ei voida käyttää

Taulukko 12

Saentimien yhteensopivuus

	Litium	Kalsium	Natrium	Litium-kompleksi	Kalsium-kompleksi	Natrium-kompleksi	Barium-kompleksi	Alumiini-kompleksi	Savi	Tavallinen polyurea <sup>1)</sup>	Kalsium-sulfonaattikompleksi
Litium	+	0	-	+	-	0	0	-	0	0	+
Kalsium	0	+	0	+	-	0	0	-	0	0	+
Natrium	-	0	+	0	0	+	+	-	0	0	-
Litiumkompleksi	+	+	0	+	+	0	0	+	-	-	+
Kalsiumkompleksi	-	-	0	+	+	0	-	0	0	+	+
Natriumkompleksi	0	0	+	0	0	+	+	-	-	0	0
Bariumkompleksi	0	0	+	0	-	+	+	+	0	0	0
Alumiinikompleksi	-	-	-	+	0	-	+	+	-	0	-
Savi	0	0	0	-	0	-	0	-	+	0	-
Tavallinen polyurea <sup>1)</sup>	0	0	0	-	+	0	0	0	0	+	+
Kalsiumsulfonaattikompleksi	+	+	-	+	+	0	0	-	-	+	+

+ = voidaan käyttää    0 = testattava    - = ei voida käyttää

<sup>1)</sup> SKF LGHP 2 on testatusti yhteensopiva litium- tai litiumkompleksisaenninta sisältävien rasvojen kanssa.



## Voitelu

### Rasvojen yhteensopimattomuuden merkkejä

Seuraavat käytön aikana havaitut asiat viittaavat tavallisesti rasvojen yhteensopimattomuuteen:

- voiteluainetta vuotaa
- voiteluaine kovettuu
- voiteluaineen väri muuttuu
- käyttölämpötila nousee.

### Rasvojen yhteensopivuuden pikatesti

Saentimien (mekaaninen stabiiliisuus) ja perusöljyjen yhteensopivuuteen (pinnan kostuminen) perustuva pikatesti voidaan suorittaa seuraavasti:

- 1 Aseta sama määrä mitattavia rasvoja astiaan.
- 2 Sekoita seosta.
- 3 Kaada seos toiseen astiaan.

Jos seos kovettuu tai muuttuu pehmeämmäksi ja valuu astiasta alkuperäisiä rasvoja helpommin, rasvat ovat todennäköisesti yhteensopimattomia.

**HUOM.:** Tämä pikatesti on vain viitteellinen. SKF suosittelee määrittämään rasvojen yhteensopivuuden laboratoriotesteillä.

### Rasvojen ja laakerimateriaalien yhteensopivuus

SKF:n laakerirasvoja voidaan käyttää useimpien laakerimateriaalien kanssa. Seuraavat asiat on kuitenkin huomioitava:

- EP-lisäaineita sisältävä rasva voi reagoida ei-toivotulla tavalla polyamidi 66 -pitimien kanssa, kun lämpötila on yli 100 °C (210 °F).
- EP-rikkilisäaineita sisältävä rasva voi syövyttää messinkipitimiä, kun lämpötila on yli 100 °C (210 °F).
- Esteriöljypohjainen rasva ei ole yhteensopiva akryylikumista (ACM) valmistettujen tiivisteiden kanssa.

### Rasvojen ja SKF-laakereiden suoja-aineiden yhteensopivuus

SKF-laakerit käsitellään raakaöljypohjaisella suoja-aineella, joka on yhteensopiva useimpien laakerirasvojen kanssa. Suoja-aine ei ole kuitenkaan yhteensopiva synteettisten fluoriöljypohjaisien rasvojen kanssa, joissa on käytetty PTFE-saenninta. Tällainen rasva on esimerkiksi SKF LGET 2. Tämäntyyppisiä rasvoja käytettä-

essä on tärkeää pestä ja kuivattaa laakeri huolellisesti ennen rasvan levittämistä.

Laakerin suoja-ainetta poistettaessa on käytettävä rasvankestäviä suojakäsineitä ja tarkoitukseen sopivaa puhdistusainetta. Puhdistusaine haihtuu nopeasti. Rasva on levitettävä heti puhdistuksen jälkeen, jotta pinnat eivät ruostu.

### SKF-rasvavoitelutuotteet

SKF tarjoaa laajan valikoiman laakerirasvoja ja voitelulaitteita, jotka soveltuvat käytettäväksi useimmissa kohteissa (→ liite L, alkaen s. 420). Lisätietoja SKF-laakerirasvoista sekä laakerirasvojen valintaopas ovat **liitteessä M**, alkaen s. 423. Lisätietoja on osoitteissa [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com) ja [www.skf.com/lubrication](http://www.skf.com/lubrication).

# Öljyvoitelu

## Mitä öljy on?

Voiteluöljy koostuu perusöljystä, johon on sekoitettu lisäaineita.

## Perusöljy

Perusöljyn osuus voiteluöljystä on noin 95%. Perusöljyt voidaan jakaa seuraaviin luokkiin:

- mineraaliöljyt
- synteettiset öljyt
- luonnonöljyt.

Mineraaliöljypohjaiset perusöljyt ovat raakaöljytuotteita. Ne ovat vierintälaakereiden voitelussa yleisimmin käytettyjä öljyjä.

Synteettisiä perusöljyjä käytetään laakereiden voiteluun yleensä silloin, kun käyttöolosuhteet ovat tavallisuudesta poikkeavat (esimerkiksi jos käyttölämpötila on erittäin matala tai korkea). Termi ”synteettinen öljy” kattaa laajan valikoiman erilaisia perusaineita, joita ovat muun muassa polyalfaolefiini (PAO), polyalkyleeniglykoli (PAG) sekä erilaiset esterit.

Luonnonöljypohjaisia (eläin- tai kasviöljypohjaisia) voiteluaineita ei tavallisesti käytetä vierintälaakereiden voiteluun, koska niihin liittyy laadun heikkenemisen ja happamien yhdisteiden muodostumisen riski jo lyhyen käyttöajan jälkeen.

## Lisäaineet

Perusöljyyn lisätään kemikaaleja, joita kutsutaan yleisesti lisäaineiksi. Niiden avulla voidaan saavuttaa tai tehostaa tiettyjä ominaisuuksia. Lisäaineet luokitellaan yleensä niiden käyttötarkoituksen mukaisesti esimerkiksi suorituskykyä parantaviin, voiteluainetta suojaaviin tai voideltavaa pintaa suojaaviin lisäaineisiin.

Tavallimmat lisäaineet on esitetty **taulukossa 13**.

## Perusöljyn viskositeetti

Voiteluöljyn tärkein ominaisuus on viskositeetti, joka tarkoittaa nesteen virtausvastusta. Se on lämpötilan ja paineen mukaan muuttuva suure. Viskositeetti laskee lämpötilan noustessa ja nousee lämpötilan laskiessa. Korkeaviskositeetinen öljy ei ole niin juoksevaa kuin ohuempi, matalaviskositeetinen öljy.

Taulukko 13

Öljyn lisäaineet	
Lisäaine	Tehtävä
<b>Ruosteenesto</b>	Parantaa öljyn laakerille antamaa suojaa (vesi- tai öljyliukoinen)
<b>Hapettumisen esto</b>	Hidastaa perusöljyn hajoamista korkeissa lämpötiloissa, mikä lisää voiteluaineen käyttöikää
<b>Vaahoamisen esto</b>	Estää kuplien muodostumisen
<b>Paineenkesto-lisäaine (EP)</b>	Vähentää metallipintojen välisen kontaktin aiheuttamia vaurioita
<b>Kulumisenesto (AW)</b>	Estää metallipintojen välisen kontaktin
<b>Kiinteä lisäaine</b>	Voitelee silloin, kun perusöljy menettää voiteluominaisuutensa

Öljyn viskositeetti määritetään tavallisesti kansainvälisen standardin mukaisessa referenssilämpötilassa 40 °C (105 °F).

## Viskositeetti-indeksi (VI)

Öljyn viskositeetin ja lämpötilan välistä suhdetta kuvataan viskositeetti-indeksillä (VI). Jos öljyn VI on suuri, se tarkoittaa, että lämpötilan muuttuessa öljyn viskositeetin muutokset ovat pieniä. Vastaavasti lämpötilan mukaisesti voimakkaasti muuttuvaa viskositeettia kuvataan pienellä VI-arvolla.

Vierintälaakereiden voiteluun SKF suosittelee öljyjä, joiden VI on vähintään 95.

## ISO-viskositeettiluokitus (VG)

Öljyn viskositeetin ISO-standardia kutsutaan ISO-viskositeettiluokitukseksi (VG). Se tarkoittaa öljyn keskiviskositeettia, kun lämpötila on 40 °C (105 °F). Esimerkiksi ISO VG 68 -luokan öljyn keskimääräinen viskositeetti on 68 mm<sup>2</sup>/s, kun lämpötila on 40 °C (105 °F) (68 cSt).

ISO-viskositeettiluokkien ylä- ja alaraja-arvot on esitetty **liitteessä I-2, sivulla 415**. Viskositeetin luokitusmenetelmiä on vertailtu **liitteessä I-1, sivulla 414**.

**HUOM.:** Viskositeetin yksikkö on mm<sup>2</sup>/s tai cSt (yksiköt vastaavat toisiaan).

## Sopivan öljyn valitseminen

Tavallisten mineraaliöljyjen voiteluominaisuudet ovat riittävät useimmissa öljyvaidelluissa koh-teissa. Synteettisiä öljyjä tulee käyttää vain, jos

## Voitelu

niiden tarve on perusteltu, koska ne ovat yleensä huomattavasti mineraaliöljyjä kalliimpia.

Öljyn valinnassa on huomioitava kaikki voiteluun vaikuttavat seikat. Hanki aina kaikki tarvittavat tiedot ennen valintaprosessin aloittamista:

- käyttökohde
- laakerityyppi ja päämitat
- laakerikuormitus
- käyttölämpötila ja käyttöympäristön lämpötila
- pyörimisnopeus
- akselin asennussuunta (vaaka/pysty)
- ulkoiset tekijät, kuten värähtely tai oskillointi
- tiedot epäpuhtauksista.

**HUOM.:** Älä korvaa yhden valmistajan öljyä toiseen toisen valmistajan öljyllä. Ne eivät välttämättä ole yhteensopivia tai vastaa toisiaan.

### Öljyn valintaprosessi

Asianmukaisesti suoritettussa öljyn valintaprosessissa on kolme vaihetta. Seuraavissa osissa on esitetty valintaprosessin yhteenveto.

#### 1 Öljyn viskositeetin valitseminen

Öljy valitaan siten, että viskositeetti riittää varmistamaan asianmukaisen voitelun vallitsevissa käyttöolosuhteissa.

**HUOM.:** Matala viskositeetti tarkoittaa pientä kitkaa, mutta myös ohutta voiteluöljyalvoa. Korkea viskositeetti tarkoittaa paksua voiteluöljyalvoa, mutta suurta kitkaa. Näiden tekijöiden välille on löydettävä tasapaino.

Jotta laakerin sisäisien kontaktipintojen välille saadaan muodostettua riittävän paksu voiteluainealvo, voiteluaineen on säilytettävä tietty vähimmäisviskositeetti "normaalissa käyttölämpötilassa". Riittävän voitelun varmistamiseen tarvittava kinemaattinen vähimmäisviskositeetti  $v_1$  voidaan määrittää laakerin keskihalkaisijan  $d_m$  ja pyörimisnopeuden  $n$  avulla ( $\rightarrow$  **kaavio 2**). Tietyn voiteluaineen suorituskykyä kuvataan viskositeettisuhteella  $\kappa$ , joka on käynninaikaisen viskositeetin  $v$  ja kinemaattisen vähimmäisviskositeetin  $v_1$  välinen suhde. Viskositeettisuhteen tulee yleensä olla välillä 1–4.

Kinemaattinen vähimmäisviskositeetti tarkoittaa "normaalissa käyttölämpötilassa" tarvittavaa viskositeettia. Vastaava viskositeetti kansainvälisen standardin mukaisessa lämpötilassa  $40\text{ °C}$  ( $105\text{ °F}$ ) voidaan tarkistaa ( $\rightarrow$  **kaavio 3**,

**sivu 206**) tai laskea. Näiden tietojen perusteella voidaan valita pienin sallittu ISO-viskositeettiluokitus.

Pienin sallittu ISO-viskositeettiluokitus voidaan määrittää seuraavasti:

**HUOM.:** Laakerin käyttölämpötilan määrittämisessä on huomioitava, että öljyn lämpötila on yleensä  $3\text{--}11\text{ °C}$  ( $5\text{--}20\text{ °F}$ ) laakeripesän lämpötilaa korkeampi.

- 1 Määritä laakerin keskihalkaisija  $d_m$ , pyörimisnopeus  $n$  ja odotettu laakerin käyttölämpötila  $T$ .
- 2 Etsi **kaaviosta 2** piste, jossa keskihalkaisija ja pyörimisnopeus kohtaavat.
- 3 Lue  $Y$ -akselilta kinemaattinen vähimmäisviskositeetti  $v_1$  käyttölämpötilassa.
- 4 Etsi **kaaviosta 3, sivulla 206** piste, jossa kinemaattinen vähimmäisviskositeetti  $v_1$  edellisessä kohdassa määritetyssä käyttölämpötilassa ja laakerin odotettu käyttölämpötila kohtaavat.
- 5 Etsi tätä pistettä lähinnä oikealla oleva vino-suuntainen käyrä. Tämä on pienin sallittu ISO-viskositeettiluokitus.

Jos valitaan viskositeetiltaan vähimmäisvaatimusta suurempi voiteluaine, laakereiden suorituskyky todennäköisesti paranee. Suurempi viskositeetti kuitenkin nostaa laakerin käyttölämpötilaa, mikä on otettava huomioon.

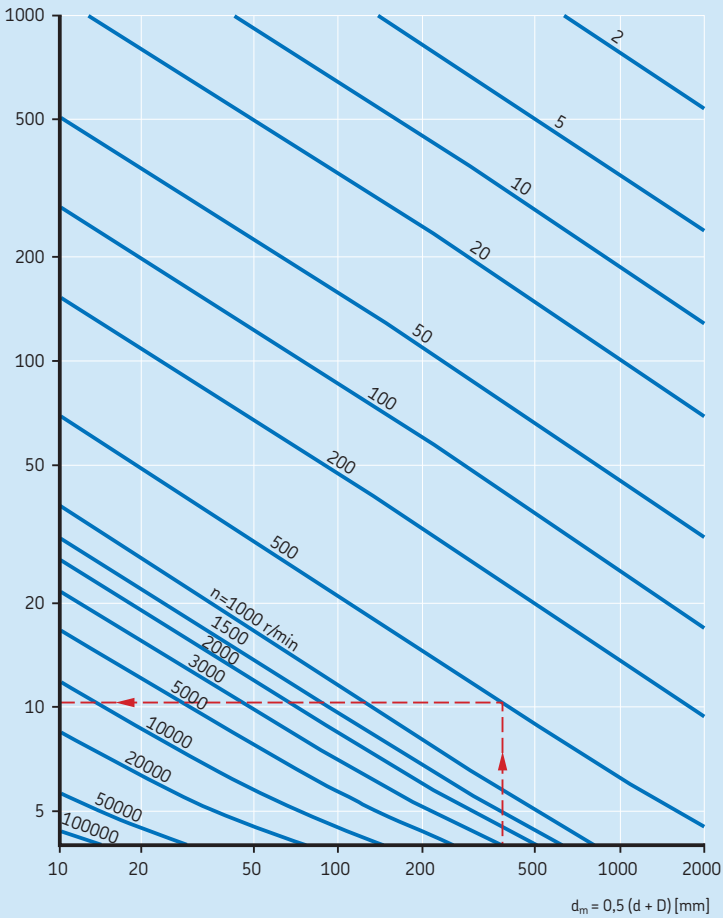
#### Esimerkki

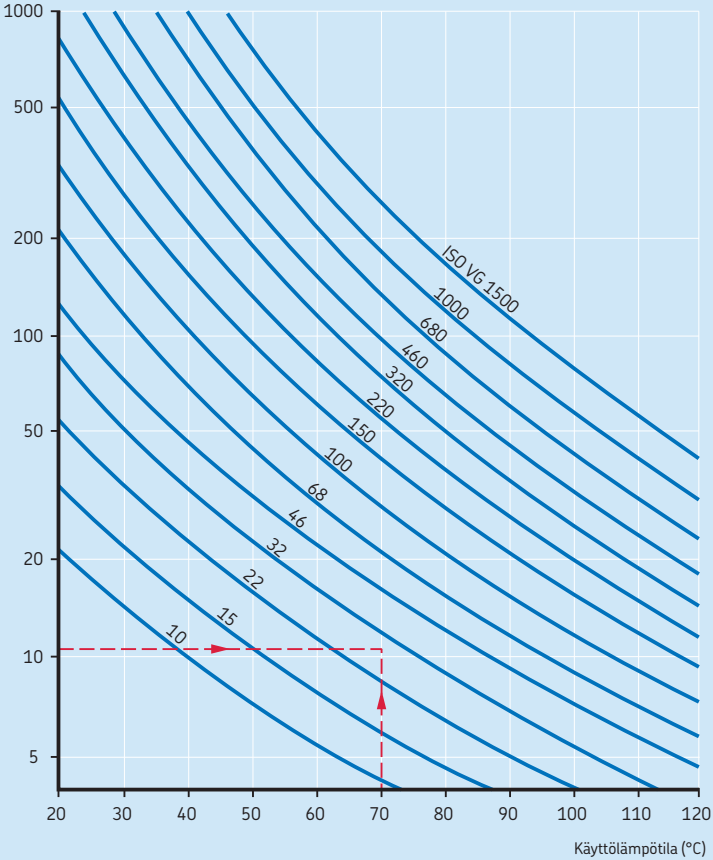
Laakerin reiän halkaisija on  $d = 340\text{ mm}$ , ulkohalkaisija  $D = 420\text{ mm}$  ja pyörintänopeus  $n = 500\text{ r/min}$ . Siksi  $d_m = 0,5(d + D) = 380\text{ mm}$ .

**Kaaviosta 2**, vaadittu kinemaattinen vähimmäisviskositeetti  $v_1$  riittävää voitelua varten toimintälämpötilassa on noin  $11\text{ mm}^2/\text{s}$ .

**Kaaviosta 3, sivu 206**, oletetaan että laakerin toimintälämpötila on  $70\text{ °C}$  ( $160\text{ °F}$ ), vaaditaan voiteluaine, joka kuuluu ISO VG 32 -viskositeettiluokkaan, eli sen todellinen viskositeetti on  $v$  vähintään  $32\text{ mm}^2/\text{s}$  viitelämpötilassa  $40\text{ °C}$  ( $105\text{ °F}$ ).



Arvio kinemaattisesta vähimmäisviskositeetista  $v_1$  käyttölämpötilassaVaadittu viskositeetti  $v_1$  käyttölämpötilassa [mm<sup>2</sup>/s]

Muunnos kinemaattiseksi viskositeetiksi  $v$  referenssilämpötilassa (ISO-viskositeetilukitus)Vaadittu viskositeetti  $v_1$  käyttölämpötilassa [mm<sup>2</sup>/s]

## 2 Paineenkesto- ja kulumisenestolisäaineiden tarpeen tarkistaminen

Kulumisenesto- (AW) ja paineenkestolisäaineita (EP) tarvitaan laakereille, joiden pyörintänopeus on pieni ja kuormitus suuri. Nämä lisäaineet soveltuvat myös laakereille, joihin kohdistuu iskukuormia tai oskillointia, sekä kohteisiin, joissa käynnistyksiä ja sammutuksia suoritetaan usein.

**HUOM.:** Eräillä EP-lisäaineilla voi olla laakerimateriaaleille vahingollisia vaikutuksia, mikä voi lyhentää laakereiden käyttöikää huomattavasti. Tämä koskee erityisesti kohteita, joissa käyttölämpötila on yli 80 °C (175 °F). Tarkista asia voiteluaineen valmistajalta.

## 3 Muiden vaatimuksien arviointi

Mikäli voiteluainetta käytetään normaalista poikkeavissa olosuhteissa, ne on otettava huomioon öljyn ominaisuuksia tarkasteltaessa. Jos laakereiden käyttölämpötila-alue on laaja, on suositeltavaa valita öljy, jonka lämpötilan vaihtelu on kaikkein pienin (suuri viskositeetti-indeksi).

## Muut öljynvalintatyökalut

SKF LubeSelect -ohjelmaa voidaan myös käyttää apuna sopivan öljytyypin ja viskositeetin valitsemisessa.

Öljyn vähimmäisviskositeetin laskennassa voidaan käyttää myös kaavoja, jotka ovat saatavana osoitteessa [www.skf.com](http://www.skf.com).

Nämä öljynvalintatyökalut on laadittu yleisimmän käytetyn valintaprosessimallin perusteella, joten niiden antamia arvoja on pidettävä viitteellisinä.

## Öljyvoitelujärjestelmät

### Öljyvoitelujärjestelmien tyypit

Öljyvoitelumenetelmä tulee valita käyttökohteen ja -olosuhteiden sekä akseleiden asennussuunnan perusteella. Vastaavan voitelujärjestelmän rakenne on suunniteltava huolellisesti. On syytä huomioida esimerkiksi se, että koska öljy on nestettä, vuodot on pystyttävä estämään valitsemalla asianmukaiset tiivisteet.

Voitelujärjestelmien rakenne- ja toimintaperiaatteiden tuntemuksesta on hyötyä kunnossapitotoimenpiteiden suorittamisessa (→ **taulukko 14, sivu 208**).

Öljysumuvoitelua ei ole sisällytetty taulukon, koska sitä käytetään ainoastaan erityiskohteissa.

### Öljyvoitelujärjestelmien kunnossapito

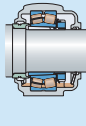
Öljyvoitelujärjestelmän kunnossapito edellyttää huolellisuutta ja järjestelmällisyyttä. Seuraavien ohjeiden lisäksi SKF suosittelee öljynäytteiden ottamista säännöllisesti sekä analyysituloksien seuranta.

- Jos kyseessä on uuden öljyvoitelujärjestelmän asennus, varmista että öljysäiliö, -tila tai paluuöljysäiliö on täytetty öljyllä, jotta laakerien voitelu toimii käynnistyksestä alkaen.
- Kun käynnistetään öljyn heittorenkaalla varustettua konetta pitkän seisokin jälkeen, varmista että öljytila on täynnä öljyä.
- Tarkista säännöllisesti, ettei öljyissä ole epäpuhtauksia, hapettumia tai vaahtoa. Muista, että pienimmän ihmissilmän erottaman hiukkasen koko on 40 µm.
- Jos kyseessä on öljy-paineilmajärjestelmä, tarkista ilmanpaine öljyn tuloreiästä. Sen tulee olla noin 6 baaria.

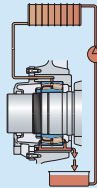
### VAROITUS

Öljyä vuotavat koneet ovat vaarallisia ja muodostavat tulipaloriskin. Etsi vuotokohta ja korjaa se välittömästi.

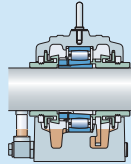
Öljyvoitelujärjestelmät



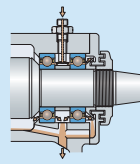
Öljykylpy



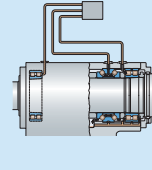
Kiertööljyvoitelu



Öljyn heittorengas



Ruiskuvoitelu



Öljy-paineilma

**Kuvaus**

Laakerin pyörivät osat nostavat ja levittävät öljyn laakeriin, josta öljy virtaa takaisin öljytilaan.

Öljy nostetaan pumpulla laakerin yläpuolelle, josta öljy virtaa laakerin läpi öljysäiliöön. Öljy suodatetaan ja jäähdytetään ennen pumppaamista laakeriin uudelleen.

Heittorengas roikkuu vapaana holkin päällä, uppoo pyöriessään öljytilaan ja kuljettaa öljyn sieltä paluuöljysäiliöön. Öljy virtaa laakerin läpi takaisin öljytilaan.

Korkeapaineinen öljysuihku kohdistetaan laakerin sivulle.

Mitattu määrä öljyä kohdistetaan laakereihin paineilmalla. Tietyin väliajoin annosteltava öljy kerääntyy syöttöputkien sisäpinnoille ja "valuu" kohti suuttimia, joista se annostellaan laakereihin.

**Sopivat käyttöolosuhteet**

Matalat ja keski-suuret nopeudet

Suuret nopeudet

Suuret nopeudet  
Korkeat käyttölämpötilat

Erittäin suuret nopeudet

Erittäin suuret nopeudet  
Matalat käyttölämpötilat

**Hyödyt/haitat**

Yksinkertainen  
Taloudellinen

Tarvitaan pumppu, suodatimet ja jäähdytysjärjestelmä

Sopii vain vaaka-akseleille

Tarvittava öljyn määrä on suhteellisen pieni

Taloudellinen  
Auttaa epäpuhtausien torjumisessa

**Rakennesuosituksia**

Öljynkorkeuslasi visuaalista tarkistamista varten.

Sopivat paluuöljyputket – vaaka-suuntaisia putkitusia on vältettävä. Varmista, että poistoreikä on tuloreikää suurempi. Käytä tehokkaita tiivisteitä.

Öljynkorkeuslasi visuaalista tarkistamista varten. Käytä tehokkaita tiivisteitä.

Varmista, että öljysuihkun nopeus on vähintään 15 m/s. Sopivat paluuöljyputket – vaaka-suuntaisia putkitusia on vältettävä.

Öljysuuttimet on sijoitettava oikein. Syöttöputkien enimmäispituus on 10 m. Suodattimen käyttäminen on suositeltavaa.

### Öljynvaihtovälit

Öljynvaihtoväli riippuu pääasiassa öljyvoitelujärjestelmästä, käyttöolosuhteista ja öljymäärästä. Voitelutavasta riippumatta SKF suosittelee öljyanalysien suorittamista sopivan öljynvaihtovälin määrittämiseksi.

Öljynvaihtoväleihin liittyviä ohjeita on **taulukossa 15**. Yleisohjeena öljy on analysoitava ja vaihdettava sitä useammin, mitä vaativimmat käyttöolosuhteet ovat.

**HUOM.:** Suodatinelementit on vaihdettava säännöllisesti.

### Ketjuöljyt

Ketjujen voitelussa tarvitaan riittävän paksu voiteluainekalvo. Tämä koskee erityisesti ketjun sisäisiä osia. Jos ketjun voitelu ei ole riittävä, hammaspyörät kuluvat nopeammin ja ketju voi venyä.

SKF valmistaa ketjunvoitelulaitteita (→ **kuva 12**), joihin on saatavana kolmenlaista ketjuöljyä (→ **taulukko 16**).

Kuva 12



Taulukko 16

#### SKF-ketjuöljyvalikoima

Ominaisuus	Nimitys	LHHT 265	LHFP 150
	LHMT 68		
<b>Kuvaus</b>	Normaali lämpötila	Korkea lämpötila	Elintarvikelpoinen
<b>Perusöljyn tyyppi</b>	Mineraali	Synteettinen esteri	Synteettinen esteri
<b>Viskosi-teetti/viskositeet-tiukitus</b>	ISO VG 68	265 mm <sup>2</sup> /s	ISO VG 150
<b>Käyttölämpötila</b>	-15–+90 °C (5–195 °F)	Enintään 250 °C (480 °F)	-30 – +120 °C (-20 – +250 °F)

Taulukko 15

#### Öljynvaihtovälit

Öljyvoitelujärjestelmä	Tavanomaiset käyttöolosuhteet	Arvioitu öljynvaihtoväli <sup>1)</sup>
Öljykylpy tai öljyn heittorengas	Käyttölämpötila < 50 °C (120 °F) Pieni epäpuhtausriski	12 kuukautta
	Käyttölämpötila 50–100 °C (120–210 °F) Jonkin verran epäpuhtauksia	3–12 kuukautta
	Käyttölämpötila > 100 °C (210 °F) Likaiset olosuhteet	3 kuukautta
Kiertööljy- tai ruiskuvoitelu	Kaikki	Määritetään testiajoilla ja öljyn kunnon säännöllisillä tarkastuksilla. Riippuu kokonaisöljymäärän kiertonopeudesta ja siitä, käytetäänkö öljyn jäähdytystä.

<sup>1)</sup> Öljynvaihto on suoritettava useammin, mikäli käyttöolosuhteet ovat normaalia haastavammat.

### Öljyjen yhteensopivuus

Ennen erityyppisien öljyjen vaihtamista tai sekoittamista on varmistettava öljyjen yhteensopivuudesta. Jos yhteensopimattomia öljyjä sekoitetaan, perusöljyjen välillä voi tapahtua haitallisia kemiallisia reaktioita. Tarkista perusöljyjen yhteensopivuus **taulukosta 11, sivulta 201**.

SKF-laakerit käsitellään raakaöljypohjaisella suoja-aineella, joka on yhteensopiva useimpien laakeriöljyjen kanssa.

**HUOM.:** Muista, että vaikka perusöljyt ovat keskenään yhteensopivia, vanhan öljyn lisäaineet voivat vaikuttaa uuden öljyn suorituskykyyn. Lisätietoja on saatavana voiteluaineen valmistajalta.

### Öljyn analysointi

Öljyn analysointi on tärkeä voiteluhuollon osa-alue. Näytteitä on otettava säännöllisesti ja ne on analysoitava huolellisesti niin pian näytteenoton jälkeen kuin mahdollista. Tuloksien seuranta on tärkeää myös ennakkohuollon toimien kannalta.

Käytettyjen öljyjen analysoimisen lisäksi SKF suosittelee myös uusien öljyjen analysoimista. Uusissa öljytynnyreissä on usein runsaasti hiukkasia, mikä johtuu toimitusketjun aikaisesta käsittelystä ja säilytysympäristön muutoksista.

**HUOM.:** Muista, että uusi öljy on huomioitava seurannassa!

### Öljynäytteet

Öljynäytteen tulee edustaa öljyn todellista tilaa. SKF suosittelee noudattamaan seuraavia ohjeita öljynäytteiden ottamisessa:

- 1 Käytä pientä, puhdasta näytteenottoastiaa, joka voidaan sulkea tiiviisti.
- 2 Ota näytteet kiertoöljyjärjestelmän painepuolelta. Tämä voidaan toteuttaa yksinkertaisella palloventtiilillä.
- 3 Paineistamattomien järjestelmien, kuten öljykylpyvoitelujärjestelmien, näytteet otetaan poistoreiästä. Valuta hieman öljyä reiästä ennen näytteenottoa.
- 4 Sulje näytteenottoastia tiiviisti heti näytteenoton jälkeen, jotta näytteeseen ei pääse epäpuhtauksia.

Öljynäytteistä tutkitaan tavallisesti seuraavia asioita:

- viskositeetti
- hapettuminen
- kulumisen aiheuttamien hiukkasien määrä
- vesipitoisuus
- lisäainepitoisuuden muutos.

Öljyn viskositeetin tulisi normaalisti olla 10% sisällä lähtöarvosta. Kulumisen aiheuttamien hiukkasien määrä ja vesipitoisuus ilmoitetaan miljoonasosina (ppm). Vesipitoisuuden on oltava < 200 ppm.

### Rätinätesti

Niin sanottu rätinätesti on yksikertainen tapa todeta, onko öljynäytteessä irtovettä. Se suoritetaan seuraavasti:

- 1 Kuumenna keittolevy noin 130 °C:n (265 °F:n) lämpötilaan.
- 2 Ravista öljynäytettä voimakkaasti.
- 3 Aseta pisara öljyä keittolevyn keskelle.

Jos näytteessä on vettä, siihen ilmestyy kuplia. Jos samalla kuuluu rätinää, vesipitoisuus on todennäköisesti yli 2 000 ppm.

**HUOM.:** Tällä testillä ei voida havaita öljyn liuennutta vettä. Testituloksia tulee pitää vain viitteellisenä. SKF suosittelee lähettämään näytteet analysoitavaksi.

### Epäpuhtaudet ja suodatus

Epäpuhtaudet tarkoittavat ei-toivottuja aineita, jotka heikentävät voiteluaineen suorituskykyä. Epäpuhtaudet voivat olla kiinteitä, nestemäisiä tai kaasumaisia. Epäpuhtauksia voi joutua järjestelmään koneen tai voitelujärjestelmän puutteellisen tiivistyksen, kapasiteetiltaan riittämättömän tai huonosti toimivan suodatusjärjestelmän, likaisien täyttöpisteiden tai järjestelmän osien kulumisen seurauksena.

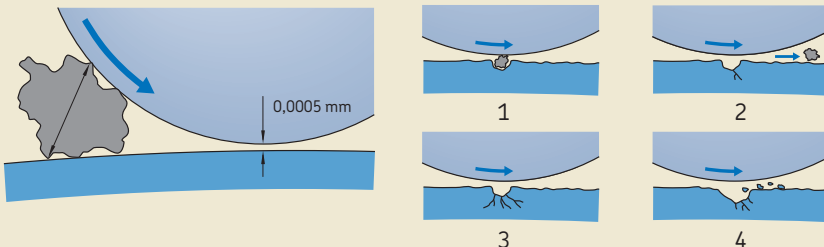
### Kiinteät epäpuhtauspartikkelit

Kiinteät epäpuhtauspartikkelit joko muodostuvat järjestelmässä kulumisen tai vaurioiden seurauksena tai ne pääsevät järjestelmään avoimesta aukosta, riittämättömän tai viallisen tiivistysjärjestelmän vuoksi tai yleisimmin virheellisten jälkivoitelukäytäntöjen seurauksena.

Kiinteiden epäpuhtauksien pääseminen laakeriin (→ **kuva 13**) aiheuttaa painaumia vierintäpintoihin vierintäelimiä kulkiessa likahiukkasiin yli (1). Plastinen muodonmuutos kohottaa painauman reunoja (2). Kun vierintäelimet kulkevat painauman kohonneiden reunojen yli ja voitelu heikkenee, materiaali alkaa väsyä (3). Kun väsymistä on tapahtunut riittävästi, painauman takareunasta alkaa muodostua kuoriutuma (4).

**HUOM.:** Voiteluaineen puhtaus ja huolellinen käsittely asennuksen aikana ovat tärkeitä painaumien syntymistä ehkäiseviä tekijöitä. Muista, että jopa pienet paperinpalaset tai puuvillarätin säikeet voivat vaurioittaa laakeria.

Kuva 13



## Voitelu

Standardoitu voitelujärjestelmien puhtausluokan määrittelytapa on kuvattu ISO 4406:1999 -standardissa. Tässä luokittelu-järjestelmässä kiinteiden hiukkasien lukumäärä muunnetaan koodatuksi puhtausluokkaluvuksi (→ **taulukko 17**). Epäpuhtaustaso voidaan määrittää kahdella tavalla:

- Mikroskooppilaskentamenetelmässä käytetään kahta puhtausluokkalukua. Tässä menetelmässä lasketaan hiukkaset, joiden koko on  $\geq 5 \mu\text{m}$  ja  $\geq 15 \mu\text{m}$ .
- Automaattisessa hiukkaslaskentamenetelmässä käytetään kolmea puhtausluokkalukua. Tässä menetelmässä lasketaan hiukkaset, joiden koko on  $\geq 4 \mu\text{m}$ ,  $\geq 6 \mu\text{m}$  ja  $\geq 14 \mu\text{m}$ .

Käytettäessä esimerkiksi automaattista hiukkaslaskentamenetelmää SKF suosittelee hiukkas määrän pitämistä puhtaustasolla 18/15/12 tai sitä puhtaampana. Se tarkoittaa, että öljyssä on 1 300 – 2 500 hiukkasta, joiden koko on  $\geq 4 \mu\text{m}$ , 160 – 320 hiukkasta, joiden koko on  $\geq 6 \mu\text{m}$  ja 20 – 40 hiukkasta, joiden koko on  $\geq 14 \mu\text{m}$ . Suurempi hiukkas määrä sallitaan laakereissa, joiden reiän halkaisija on  $> 100 \text{ mm}$ .

Suodatusluokka ilmaisee suodattimen suodatus tehon. Suodattimien tehokkuus liittyy yhteen tiettyyn hiukkaskokoon. Sen vuoksi suodattimen valinnassa on huomioitava sekä suodatusluokka että hiukkaskoko.

Lisätietoja puhtaus- ja suodatintuokista on osoitteessa [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

### Nestemäiset epäpuhtaudet

Nestemäiset epäpuhtaudet tarkoittavat vettä, polttoaineita, prosessin sivutuotteita sekä erilaisia kemikaaleja, kuten glykolia. Vedenerottimia on käytettävä sellaisissa järjestelmissä, joissa vesiepäpuhtaudet ovat todennäköisiä. Vedenerottimen tyyppi riippuu arvioidusta veden voitelujärjestelmään joutumisen riskistä. Jatkuvat oimista vedenpoistojärjestelmää suositellaan käytettäväksi aina, kun se on tarpeen tai kustannuksien kannalta mahdollista.

### Kaasumaiset epäpuhtaudet

Ilma- tai kaasuepäpuhtaudet vähentävät öljyn viskositeettia ja lisäävät vaahtoamista, mikä voi aiheuttaa öljyhävikkää.

Taulukko 17

#### ISO-puhtausluokat

Hiukkasien lukumäärä milliliitrassa öljyä		Puhtausluokkaluku
ylä	ml.	–
10 000	20 000	21
5 000	10 000	20
2 500	5 000	19
1 300	2 500	18
640	1 300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10

## SKF-öljyvoitelutuotteet

SKF tarjoaa kattavan valikoiman tuotteita voiteluaineiden hallintaan ja voitelujärjestelmien kunnossapitoon (→ **liite L**, alkaen **s. 420**). Lisätietoja on osoitteissa [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com) ja [www.skf.com/lubrication](http://www.skf.com/lubrication).



## Keskusvoitelujärjestelmät

Keskusvoitelujärjestelmissä voiteluainetta syötetään keskussäiliöstä sellaisiin koneen osiin, joissa esiintyy kitkaa. Voiteluainetta toimitetaan haluttuna määrinä halutun aikataulun mukaisesti. Yleensä näissä järjestelmissä voidaan käyttää öljyjä ja rasvoja, joiden NLGI-kovuusluokka on enintään 2. Koska voiteluaineen pumppattavuus on yksi ratkaisevista ominaisuuksista, järjestelmissä käytetään yleensä voiteluaineita, joiden NLGI-kovuusluokkaluku on pieni.

**HUOM.:** Keskusvoitelujärjestelmien kunnossapito rajoittuu tavallisesti voiteluainesäiliön täyttämiseen sekä toisinaan suoritettaviin liitäntäpisteiden tiivistarkastuksiin. Laitteiston mukana toimitettavia kunnossapito-ohjeita on kuitenkin aina noudatettava.

### Sopivan voiteluaineen valitseminen

Useat keskusvoitelujärjestelmien toimintahäiriöt aiheutuvat vääranlaisesta voiteluaineesta. Keskusvoitelujärjestelmissä käytettäviltä voiteluaineilta edellytetään seuraavia ominaisuuksia:

- voiteluaineessa ei saa olla 25 µm:n suodattimen läpäiseviä kiinteitä hiukkasia
- voiteluaineessa ei saa olla ilmakuplia (liukenemattomia kaasuja), jotta voidaan välttyä paineenmuodostukselta ja voitelujärjestelmän hallitsemattomalta toiminnalta
- voiteluaineen on oltava yhteensopiva kaikkien laakerijärjestelmän osien, kuten tiivisteiden, kanssa
- voiteluaineen hapettumisenkeston on oltava hyvä (hidas vanheneminen)
- voiteluaineen öljynerottumisnopeuden on oltava sopiva, sillä liian nopea öljyn erottuminen aiheuttaa painehäviöitä ja tukoksia
- voiteluaineen on pysyttävä homogeenisenä ja koostumukseltaan muuttumattomana kaikissa oletetuissa käyttölämpötiloissa
- voiteluaineessa ei saa olla kiinteitä lisäaineita, jotka voivat aiheuttaa saostumien kertymisen pumppuun, venttiileihin ja annostelijoihin.

Rasva- tai öljyvoitelujärjestelmää valittaessa on huomioitava sekä tekniset että taloudelliset näkökohdat. Keskusvoitelujärjestelmien kahden päätyypin vertailu on **taulukossa 18, sivulla 214**. SKF suosittelee öljyvoitelun käyttämistä aina, kun se on mahdollista. Tämä koskee erityisesti metallin- ja puuntyöstökoneita, painokoneita ja muovinjalostuksessa käytettäviä koneita.

### Keskusvoitelujärjestelmien tyypit

Teknisesti keskusvoitelujärjestelmät jaetaan niin sanottuihin ”total loss” -järjestelmiin ja kiertovoitelujärjestelmiin sen mukaisesti, palautuuko voiteluaine uudelleen kiertoon järjestelmässä.

Keskusvoitelujärjestelmät voidaan luokitella myös niiden toimintaperiaatteen mukaisesti (→ **taulukko 19, sivu 215**). Sopivan järjestelmätyypin valintaan vaikuttavia tekijöitä:

- käyttöolosuhteet, kuten käyttölämpötila, viskositeetti ja käyttöympäristön ilman suolapitoisuus
- voiteluaineen määrän tarkkuusvaatimukset
- voitelujärjestelmän rakenne ja koko
- valvontavaatimukset.

SKF:llä on alan huippua edustava, kattava voitelujärjestelmien ja integroitujen ratkaisujen valikoima. Näissä tuotteissa yhdistyvät SKF:n tribologian eli kitkaa, kulumista ja voitelua tutkivan tieteenalan asiantuntemus sekä laakeri- ja tiivistetuotteiden suunnittelun ja valmistuksen sekä kunnonvalvonnan kokemus.

Lisätietoja SKF-keskusvoitelujärjestelmistä on osoitteessa [www.skf.com/lubrication](http://www.skf.com/lubrication). Erityisvaatimukseen liittyvää teknistä tukea on saatavana SKF:n paikalliselta edustajalta.

### Voitelujärjestelmät, joissa voiteluaine ei palaudu takaisin kiertoon

Voitelujärjestelmissä, joissa voiteluaine ei palaudu takaisin kiertoon

- voiteluainetta ei käytetä uudestaan
- kitkaa muodostaviin kohteisiin annostellaan tuoretta voiteluainetta voiteluainesyklin aikana
- annosteltava voiteluaineen määrä riittää muodostamaan tarpeeksi paksun voiteluainekalvon
- lämpöhäviöitä ei ole.

Useimmissa keskusvoitelujärjestelmää käyttävissä kohteissa voidellaan liikkuvia osia, kuten laakereita ja hammasrattaita.

Minimimäärävoitelu (MQL) on erityistapaus voitelujärjestelmästä, jossa voiteluaine ei palaudu takaisin kiertoon. Tämäntyyppisiä voitelujärjestelmiä käytetään koneistusprosesseissa sekä erilaisien pintojen ruiskutus- ja kasteluprosesseissa. Minimimäärävoitelumenetelmällä on mahdollista saavuttaa hyvä voiteluteho erittäin pienillä öljy- tai aerosolivoiteluainemäärillä.

### Kiertovoitelujärjestelmät

Kiertovoitelujärjestelmissä

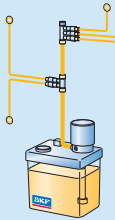
- voiteluaine käytetään uudelleen, eli öljy virtaa takaisin öljysäiliöön uudelleen käytettäväksi suodattamisen ja jäähdyttämisen jälkeen.
- kitka ja prosessin aiheuttama lämpö vähenevät
- värinä vaimenee
- hiovat hiukkaset sekä kondenssi- ja prosessivesi poistetaan voiteluaineesta
- ilmakuplat poistetaan ja vaahdonmuodostus vähenee
- vältytään korroosiolta.

Taulukko 18

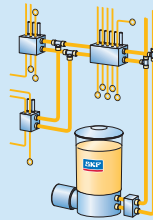
#### Rasvaa ja öljyä käyttävien keskusvoitelujärjestelmien vertailu

Valintakriteerit	Hyödyt/haitat Rasva	Öljy
Käyttöpaine	50–400 bar	14 bar
Putkistojen ja liittimien vaatimukset	Suuri putkien halkaisija (merkittävän painehävikin takia)	Pieni putkien halkaisija
Pumpun teho vaatimukset	Suhteellisen suuri teho	Pieni teho
Epäpuhtaudet	Epäpuhtaudet jäävät seokseen ja voivat päätyä voideltavaan kohteeseen	Epäpuhtaudet jäävät öljysäiliön pohjalle tai öljysuodattimeen
Kunnossapito	Säiliössä olevan rasvan määrän mittaaminen on hankalaa Rasvan lisääminen on hankalaa	Säiliössä olevan öljyn määrän mittaaminen on helppoa Öljyn lisääminen on helppoa
Kiertovoitelu	Ei mahdollista	Suhteellisen helppo toteuttaa
Tiivistys	Laakereita ei tarvitse tiivistää Voiteluaine toimii osana tiivistystä	Laakerijärjestelmä on tiivistettävä öljyvuotojen ja käyttöympäristön likaamisen estämiseksi Voiteluaine ei suojaa epäpuhtauksilta
Jäähdytys- ja huuhteluominaisuudet	Ei mitään	Kyllä

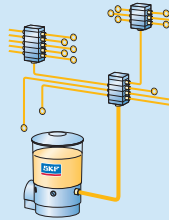
## SKF-keskusvoitelujärjestelmät



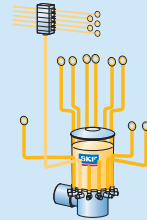
SKF Monoflex



SKF Duoflex

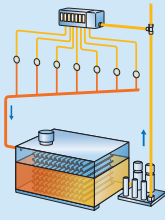


SKF ProFlex

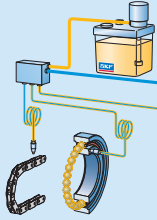


SKF Multiflex

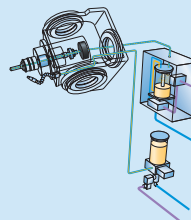
<b>Tyyppi</b>	Yksilinjainen	Kaksilinjainen	Progressiivinen	Monilinjainen
<b>Sopivat voiteluaineet</b>	Öljy NLGI-luokan 000–2 rasva	Öljy NLGI-luokan 000–3 rasva	Öljy NLGI-luokan 000–2 rasva	Öljy NLGI-luokan 000–3 rasva
<b>Esimerkkejä käyttökohteista</b>	Työstökoneet, painokoneet, tekstiiliteollisuus ja maansiirto	Metallintyöstökoneet, sellu-, paperi-, kaivos- ja betoniteollisuus, nosturit, voimalaitokset	Painokoneet, maansiirto, tuuliturbiinit	Öljy- ja kaasuteollisuus, raskas teollisuus



SKF CircOil



SKF Oil+Air



SKF LubriLean

<b>Tyyppi</b>	Kiertoöljyvoitelu	Öljy ja paineilma	Minimimäärävoitelu (MQL)
<b>Sopivat voiteluaineet</b>	Öljy	Öljy	Öljy
<b>Esimerkkejä käyttökohteista</b>	Sellu- ja paperiteollisuus, metallintyöstökoneet, raskas teollisuus	Työstökoneet, ketjukäyttöiset koneet, terästeollisuus	Työstökoneratkaisu



# Tarkastukset

<b>Johdanto</b> . . . . .	<b>218</b>
Kunnossapitotavat . . . . .	218
<b>Käynninaikaiset tarkastukset</b> . . . . .	<b>220</b>
Melunvalvonta . . . . .	221
Lämpötilanvalvonta . . . . .	221
Voiteluolosuhteiden valvonta . . . . .	222
Vierintälaakereiden värähtelymittaukset . . . . .	222
Värähtelymittauksien suorittaminen . . . . .	223
Vierintälaakereiden vikataajuusanalyysi . . . . .	224
<b>Laiteseisokin aikaiset tarkastukset</b> . . . . .	<b>224</b>
Laakereiden tarkastaminen . . . . .	225
Tiivistepintojen tarkastaminen . . . . .	226

# Johdanto

Useat ennenaikaiset laakerivauriot johtuvat ennakoimattoman tekijän, kuten epätasapainon tai linjausvirheen aiheuttamasta lisäkuormituksesta käytön aikana. Laakereiden kunto on ensisijaisen tärkeä tekijä laitteiden kunnonvalvon- nassa. Laajamittainen laakerivaurio vaurioittaa myös muita komponentteja ja voi aiheuttaa konerikon.

Laakereiden ja koneiden kunnossapidossa noudatetaan yleensä: reagoivaa, ehkäisevää tai ennakoivaa kunnossapitotapaa. Niissä kussakin on hyötynsä ja haittansa. Yleensä kuitenkin suositellaan noudattamaan proaktiivista lähestymistapaa ja parhaita käytössä olevia menetelmiä.

Kunnonvalvonta on yleiskäsite, joka kattaa kaiken koneiden toiminnan seuraamisen erilaisien laitteiden avulla. Usean parametrin kunnonvalvonta on yleisimmän käytössä oleva tekniikka. Vastaavasti kunnonvalvonnan värähtelymittaukset on yleisimmän käytetty koneen kunnon seurantamenetelmä. Usean parametrin lähestymistavan etuna on, että se mahdollistaa laakereiden lisäksi koko koneen tilan seurannan. Näin pystytään suojaamaan laakerit korjaamalla koneen piilevät viat heti ensimmäisten oireiden esiinnyttyä.

Laakerit ja niihin liittyvät koneen osat voidaan tarkastaa käynninaikana tai laitesisökä aikana toimenpiteestä riippuen. Asianmukaisilla erikoislaitteilla voidaan tehdä useita erilaisia tarkastuksia.

## Kunnossapitotavat

SKF:n kokemuksen perusteella voidaan todeta, että kunnossapitostrategiat vaihtelevat huomattavasti eri kohteissa. Kaikkien strategioiden toteuttamisessa käytettävät menetelmät voidaan kuitenkin jakaa yleisesti erilaisiin luokkiin (→ **kaavio 1**).

Reagoiva kunnossapito tarkoittaa, että järjestelmällistä kunnossapitostrategiaa ei ole. Joissakin tilanteissa se voi kuitenkin olla ainoa sopiva kunnossapitotapa. Reagoivien toimien luonteen kuuluu, ettei niitä voida aikatauluttaa ennalta. Ne voidaan kuitenkin suunnitella etukäteen siten, että ne eivät aiheuta häiriöitä kunnossapitoaikataulun mukaisille toimenpiteille.

Lisätietoja SKF-kunnonvalvonnasta on osoitteissa [www.skf.com/cm](http://www.skf.com/cm).

Lisätietoja SKF-kunnonvalvontalaitteista ja -kunnossapitotuotteista on osoitteissa [www.skf.com/cm](http://www.skf.com/cm) ja [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) tarjoaa kattavan valikoiman voiteluaineisiin liittyviä koulutuksia, joissa käsitellään esimerkiksi värähtelyanalyysien suorittamista ja lämpökuvausta (→ *Koulutus*, alkaen **s. 326**). Lisätietoja on saatavana SKF:n paikalliselta edustajalta tai osoitteesta [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

Ehkäisevä kunnossapito tarkoittaa rutiinimaisia tai aikataulun mukaisia prosesseja. Ne perustuvat odottamattomien vikatilanteiden estämiseen käyttämällä asianmukaisia kunnossapitomenetelmiä ja -käytäntöjä. Koneiden vikaantumismekanismien tuntemuksella ja kyseiset mekanismit huomioivalla kunnossapitostrategialla on erittäin suuri vaikutus kunnossapidon ja käytön tehokkuuteen.

Ennakoiva kunnossapito (PdM) tarkoittaa kunnossapitoprosessia, joka perustuu koneiden tarkastuksiin, valvontaan ja ennakointiin. Koneen kunnonvalvonnessa käytetään erilaisia laitteita ja tekniikoita, kuten värähtelymittauksia.

On selvää, ettei mikään edellä kuvatuista kunnossapitomenetelmistä ole yksin täydellinen, kaikkiin tarkoituksiin sopiva kunnossapitoratkaisu. Oikea ratkaisu on yhdistää edellä kuvatut menetelmät tarkoituksenmukaisesti.

Proaktiivinen kunnossapito tarkoittaa rakenteellista ja dynaamista prosessia, jossa pyritään saavuttamaan sopiva reaktiivisen, ehkäisevän ja ennakoivan kunnossapitotavan yhdistelmä.

Paras mahdollinen tehokkuus voidaan saavuttaa, kun edistetään koneisiin liittyvien tietojen vaihtamista laitoksen sisällä. Tämä edellyttää koneiden käyttäjien mukanaoloa ja sitoutumista.

Kaavio 1

## Erlaisia kunnossapitotapoja

Paras  
tehokkuus



← Käyttäjätöinen käyttövarmuus	<p><b>Käyttäjälähtöinen kunnossapito (ODR)</b> Koneiden käyttäjät ottavat vastuuta käyttämiensä laitteiden toiminnasta. He tunnistavat, kuvailevat ja ilmoittavat koneisiin liittyviä tietoja koko laitoksen kattavalle tiimille tavoitteenaan koneiden keskeytymätön käytettävyys.</p>
← Proaktiivinen kunnossapito	<p><b>Aktiivinen käytettävyyden ylläpito (PRM)</b> Ennakoivalla kunnossapitavalla pyritään tunnistamaan koneisiin ja prosesseihin liittyvien ongelmien perussyöt. Suunnittelemattomia seiso- keja ei ole käytännössä lainkaan. Koneiden ja komponenttien vikaantu- misväli (MTBF) on merkittävästi pitempi.</p>
← Ennakoiva kunnossapito	<p><b>Ennakoiva kunnossapito (PdM)</b> Koneen tilaa arvioidaan kunnonvalvontatekniikoiden avulla. Seisokit toteutetaan koneiden mahdollisten ongelmien perusteella. Nämä ongelmat määritetään edistyskellisillä värähtelymittaus- ja kunnonvalvontalaitteistoilla. Suunnittelemattomien seisokkien määrä on merkittävästi pienempi.</p>
← Ehkäisevä kunnossapito	<p><b>Ehkäisevä kunnossapito (PM)</b> Suunniteltujen seisokkien aikataulu laaditaan siten, että koneet huolletaan ennalta määritetyin välein. Kunnossapito ei perustu koneen käytönaikaisen tilan arviointiin.</p>
← Reagoiva/korjaava kunnossapito	<p><b>Reagoiva/korjaava kunnossapito</b> Korjaukset suoritetaan vasta koneen osien rikkoutuessa, mikä aiheuttaa suunnittelemattomia seisokkeja.</p>

Huonoin  
tehokkuus

## Käynninaikaiset tarkastukset

Laakerit ovat kaikkien pyöriviä osia sisältävien koneiden tärkeitä komponentteja, minkä vuoksi niiden toimintaa on seurattava tarkasti. Kun alkava laakerivaurio tunnistetaan jo varhaisessa vaiheessa, laakerit voidaan vaihtaa säännöllisen kunnossapitoaikataulun mukaisesti ja välttämään kalliilta ja odottamattomilta seisokeilta.

**HUOM.:** Kriittisen tärkeiden ja vaikeissa olosuhteissa käytettävien koneiden laakereiden kuntoa on seurattava normaalia tiheämmin!

Laakereiden ja muiden niihin liittyvien koneen osien toiminnan käynninaikaiseen valvontaan on olemassa erilaisia laitteita ja menetelmiä. Laakereiden parhaan mahdollisen toiminnan kannalta tärkeitä koneen kunnon mittaamisessa huomioitavia parametreja ovat melu, lämpötila ja värähtely.

Kuluneet tai vaurioituneet laakerit aiheuttavat yleensä havaittavia oireita. Mahdollisia syitä voi olla useita, minkä vuoksi tilanne on tutkittava asianmukaisesti (→ *Vianetsintä*, alkaen s. 228).

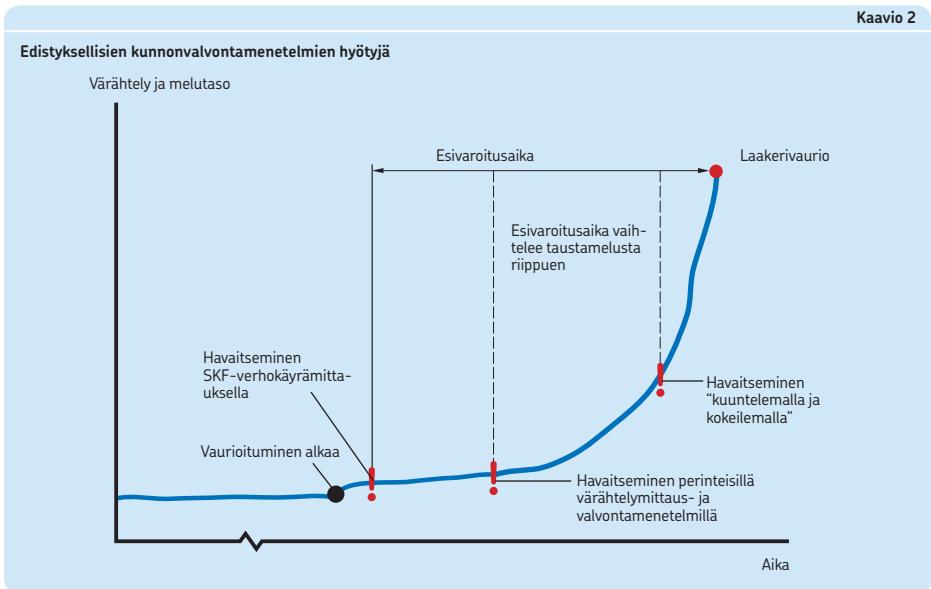
Käytännön syistä kaikkia koneita tai koneen toimintoja ei voida valvoa kehittyneillä järjestelmillä. Näissä tapauksessa mahdolliset ongelmat voidaan pyrkiä havaitsemaan katsomalla tai

kuuntelemalla konetta. Vikojen havaitsemisessa ihmisen aistit ovat kuitenkin rajallisia. Siinä vaiheessa, kun muutokset pystytään havaitsemaan ilman mittalaitteita, vauriot voivat olla jo mittavia. Värähtelyanalyysin kaltaisten objektiivisten tekniikoiden etuna on mahdollisuus havaita viat jo varhaisessa vaiheessa, ennen kuin ne aiheuttavat merkittäviä ongelmia (→ **kaavio 2**).

SKF suosittelee ammattimaisien kunnonvalvontalaitteiden käyttämistä, jotta saadaan tarkkoja mittauksia ja luotettavia tuloksia. SKF-kunnonvalvontalaitteiden yleisesittely on **liitteessä N**, alkaen s. 432. Tarkempia tietoja näistä laitteista ja muista niihin liittyvistä tuotteista on osoitteissa [www.skf.com/cm](http://www.skf.com/cm) ja [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

**HUOM.:** Vian havaitseminen ei ole sama asia kuin sen analysointi. Vaurioituneen laakerin vaihtaminen merkittävien värähtelytasojen havaitsemisen jälkeen ratkaisee ongelman vain väliaikaisesti. Värähtelyn perussyöy on löydettävä ja analysoitava ja siihen puututtava.

Kaavio 2





## Melunvalvonta

Muutokset laakerin toiminnassa havaitaan monesti kuuntelemalla. Hyväkuntoinen laakeri pitää pehmeää, surisevaa ääntä. Kirskiminen, kitinä tai muut poikkeavat äänet ovat yleensä merkki laakereiden huonosta kunnosta tai toimintahäiriöstä.

Koneet tuottavat myös korkeataajuisia ääniä, jotka ovat luonteeltaan voimakkaasti suunnattuja. Tarkoitukseen sopivilla laitteilla, kuten ultraääniantureilla, nämä ilmassa liikkuvat korkeataajuiset äänet voidaan erottaa käyttöympäristön ja koneen taustamelusta, ja äänen lähde voidaan osoittaa tarkasti.

Toinen koneiden osien tai mahdollisesti vaurioituneiden laakereiden tutkimiseen yleisesti käytetty laite on SKF:n elektroninen stetoskooppi (→ **kuva 1**), jolla voidaan havaita, paikallistaa ja diagnosoida kaikenlaisien koneesta kuuluvien äänien lähde.



## Lämpötilanvalvonta

Kaikkien laakerointien käyttölämpötilaa on seurattava. Jos käyttöolosuhteet ovat pysyneet ennallaan, lämpötilan nousu on usein merkki alkavasta laakerivauriosta. On kuitenkin muistettava, että laakereiden käyntilämpötila pysyy tavallisesti korkeampana päivän tai kaksi voitelun tai jälkivoitelun jälkeen.

Lämpötila voidaan mitata SKF:n kosketukseen perustuvilla mittareilla (→ **kuva 2**) tai kosketuksettomilla lämpömittareilla. Kosketuksettomat lämpömittarit ovat erityisen käytännöllisiä koh-teissa, joihin pääsy on vaikeaa tai vaarallista.

Lisäksi saatavana on SKF:n lämpökuvauslaitteita ja lämpökameroita, jotka infrapunasäteilyä mittaamalla "näkevät" lämpötilapoikkeamat ja kuumat pisteet, joita ei voida erottaa ihmissilmällä. Infrapunatutkimukset voivat paljastaa mahdolliset ongelmat ja osoittaa ongelma-alueet tarkasti ilman tuotannon keskeyttämistä.

**HUOM.:** Järjestelmissä, joissa laakerin sisärensas pyörii, laakeripesän lämpötila on tavallisesti 5 °C (9 °F) alhaisempi kuin laakerin ulkorenkään ja 10 °C (18 °F) alhaisempi kuin laakerin sisärenkaan.



## Tarkastukset

### Voiteluolosuhteiden valvonta

Laakereiden paras mahdollinen suorituskyky saavutetaan vain oikein voideltuna. Sen vuoksi laakereiden voiteluolosuhteita on seurattava tarkasti. Myös itse voiteluaineen kunto on arvioitava säännöllisesti. Paras tapa tehdä tämä on ottaa muutamia näytteitä (yleensä eri kohdista) ja analysoida ne. SKF:n rasvojen analysointipakkaus (→ **kuva 3**) on hyödyllinen apuväline rasvojen ominaisuuksien tarkistamiseen suoraan käyttökohteessa.

Yleensä voiteluaineiden analysoinnin perusylinä ovat voiteluaineen ja koneen kunnan arviointi. Esimerkiksi öljyn kunnan seurannalla voidaan mahdollisesti pidentää öljynvaihtovälejä. Näin saadaan vähennettyä öljyn kulutusta ja koneiden seisokkiaikoja.

SKF suosittelee noudattamaan seuraavia yleisohjeita voiteluaineisiin liittyvissä tarkastuksissa:

- 1 Tarkista, ettei laakerointien ympärillä näy voiteluainevuotoja.
- 2 Tutki mahdolliset vuodot. Vuotojen tavallisimpia aiheuttajia ovat kuluneet tai vialliset tiivistet, tiivistepintojen vauriot, nestemäiset epäpuhtaudet, kuten vesi rasvan seassa, sekä löysällä olevat täyttökaukkojen tulpat. Vuodot voivat johtua myös huonosta osien välisestä kontaktista esimerkiksi laakeripesän ja päätykannan välillä tai rasvasta kirnuuntumisen vuoksi erottuneesta öljystä.

**HUOM.:** Kumitiivisteet on suunniteltu siten, että ne sallivat pienet voiteluainevuodot tiivistepinnan voitelun varmistamiseksi.

- 3 Pidä suojalevyt ja labyrinttitiivisteet täynnä rasvaa, jotta ne antavat parhaan mahdollisen suojan.
- 4 Tarkista, että automaattiset voitelujärjestelmät toimivat oikein ja annostelevat oikean määrän voiteluainetta laakereille.
- 5 Tarkista voiteluaineen määrä öljytiloissa ja -säiliöissä sekä lisää voiteluainetta tarvittaessa.
- 6 Suorita tarvittaessa laakereiden jälkivoitelu rasvalla (→ *Jälkivoitelu*, alkaen s. 192).

Lisätietoja voiteluaineiden analysoinnista, jälkivoitelusta ja öljynvaihtoista on luvussa *Voitelu*, alkaen s. 178.

Kuva 3



### Vierintälaakereiden värähtelymittaukset

Värähtelymittauksia tarvitaan seuraavan kolmen perussyyntä:

- Kaikki koneet tuottavat värähtelyä.
- Mekaanisen ongelman ilmenemiseen liittyy yleensä värähtelytason nousu.
- Vian tyyppi voidaan määrittää värähtelyä analysoimalla.

Kaikki mekaaniset ongelmat tuottavat omanlaistaan värähtelytaajuutta. Sen vuoksi tätä taajuutta analysoimalla voidaan määrittää perussyy. Värähtelytaajuus todetaan asettamalla pietsosähköinen mittausturi sopivaa koneen osaa vasten. Erilaiset viat aiheuttavat hyvin erilaisia värähtelytaajuuksia, jotka voidaan jaotella seuraavasti:

- matala taajuusalue, 0–2 kHz
- korkea taajuusalue, 2–50 kHz
- erittäin korkea taajuusalue, > 50 kHz.

Matalataajuuksinen värähtely voi aiheutua esimerkiksi rakenteiden resonoinnista, linjausvirheestä tai järjestelmän osan puutteellisesta mekaanisesta kiristyksestä. Korkeita ja erittäin korkeita taajuuksia muodostuu muun muassa vierintälaakereiden vaurioiden seurauksena. Sen vuoksi kiihtyvyyden amplitudin mittauksella voidaan havaita alkava laakerivaurio jo hyvin varhaisessa vaiheessa.

## Värähtelymittauksien suorittaminen

### Mistä mitata?

Värähtelymittauksia voidaan tehdä esimerkiksi SKF Machine Condition Advisor -laitteella (→ **kuva 4**). Mittaukset tulee suorittaa kolmesta suunnasta kussakin koneen laakeroidussa osassa (→ **kuva 5**).

Vaakasuuntaisissa mittauksessa havaitaan yleensä enemmän värähtelyä kuin pystymittauksessa, koska koneen rakenne on yleensä vaakasuunnassa joustavampi. Esimerkiksi epätasapaino aiheuttaa säteittäistä värähtelyä, joka on osittain pysty- ja osittain vaakasuuntaista. Huomattava vaakasuuntainen värähtely on yleensä luotettava merkki epätasapainosta.

Aksiaalisuuntaiset mittaukset eivät yleensä näytä suurta värähtelyä, mutta jos näin on, se on usein merkki linjausvirheestä ja/tai vääntyneestä akselistä.

### Mittausajankohta

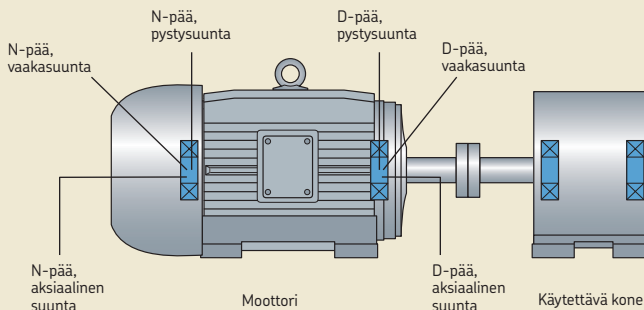
Paras ajankohta värähtelymittauksien suorittamiseen on koneen käydessä normaaleissa käyttöolosuhteissa eli silloin, kun laakereiden toimintalämpötila ja koneen käyntinopeus ovat normaaleja. Jos kyseessä on muuttuvanopeuksinen kone, mittaukset on tehtävä aina saman prosessitilan aikana.

**HUOM.:** Jotta mittaukset olisivat vertailukelpoisia, mittauskohdan ja -tavan sekä käyttöolosuhteiden on oltava samoja jokaisella mittauksella.



Kuva 4

Kuva 5



## Tarkastukset

### Vierintälaakereiden vikataajuusanalyysi

Jokainen laakeri muodostaa matalataajuuksisen signaalin, jonka taajuus riippuu vierintäelimien lukumäärästä ja koosta, laakerin kosketuskulmasta sekä vierintäelimien halkaisijasta.

Aina, kun laakeri kulkee vauriokohdan yli, muodostuu korkeataajuuksinen signaali, joka näkyy signaalin amplitudin nousuna. Näiden amplitudihiippujen määrä on nopeuden, laakerin vauriokohdan sekä laakerin sisäisen geometrian funktio.

Laakerin kunnan seurannassa käytetään niin sanottua verhokäyrämittausta. Kyseisessä tekniikassa vauriosta johtuva korkeataajuuksinen signaali eristetään koneen rakenteen tai pyörimisen aiheuttamista normaaleista taajuuksista (→ kaavio 3).

### Laakereiden vikataajuuksien laskenta

Kullakin laakerin osalla on yksilöllinen vikataajuutensa, jonka perusteella asiantuntijat pystyvät toteamaan vaurion tyyppin.

Seuraavat vikataajuudet voidaan laskea:

- BPFO, ulkorenkään vikataajuus (Hz)
- BPFI, sisärenkaan vikataajuus (Hz)
- BSF, vierintäelimien vaurio (Hz)
- FTF, pidinvaurio (Hz).

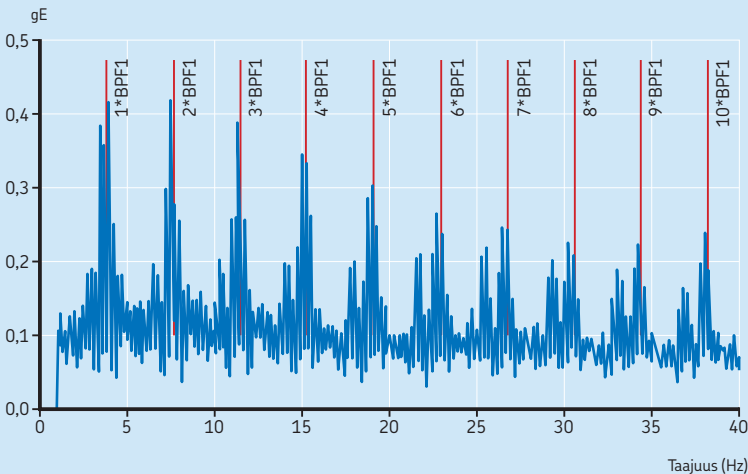
Laakereiden vikataajuuksien laskentaan ja sen perusteella suoritettavaan vauriokohdan määrittämiseen tarkoitettu ohjelma on osoitteessa [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

## Laiteseisokin aikaiset tarkastukset

Kun kone ei ole käynnissä, laakereiden, tiivisteiden, laakeripesien, tiivistepintojen ja voiteluaineen kunto voidaan tarkistaa. Yleistarkastus voidaan tehdä yleensä irrottamalla laakeripesän kansi. Tarkempaa tarkastusta varten laakerit on ensin puhdistettava. Jos laakeri vaikuttaa olevan vaurioitunut, se pitää irrottaa ja tarkastaa huolellisesti.

Kaavio 3

### Verhokäyräanalyysi



Kuva 6



Kun kone ei ole käynnissä, myös akselin ja hihnojen linjaus sekä koneen perustuksien ja ulkopuolisten osien kunto voidaan tarkastaa. Kaikki vauriot, alkaen puuttuvasta linjauslevystä tai perustuksien huonosta kunnosta, voivat vaikuttaa koneen toimintaan. Mitä aikaisemmassa vaiheessa ongelma havaitaan, sitä nopeammin voidaan suorittaa tarvittavat korjaustoimenpiteet.

Lisätietoja koneenelimiä linjauksesta on luvussa *Linjaus*, alkaen s. 158.

**HUOM.:** Vaihda vaurioituneet laakerit ja mikäli mahdollista, myös holkit, mutterit, aluslevyt ja tiivisteet samalla kertaa. Uusien laakereiden asentaminen kunnossapitoaikataulun mukaisen seisokin aikana on kustannuksiltaan huomattavasti edullisempi vaihtoehto kuin ennaikaisen laakerivaurion aiheuttama odottamaton seisokki.

### Laakereiden tarkastaminen

Laakerit eivät aina ole helposti käsiteltävissä. Jos laakeri on kuitenkin osittain näkyvissä, sen kunto voidaan tarkistaa silmämääräisesti. Tarkastus on helpointa suorittaa kunnossapitoaikataulun mukaisen huoltoseisokin aikana.

Jos laakereiden tarkastaminen on vaikeaa tai aikaa vievää, SKF-endoskooppi (→ kuva 6) voi olla erittäin hyödyllinen työkalu. Esimerkiksi kuvassa olevassa endoskoopissa on ohut kaapeli, LCD-näyttö ja tallennustoiminto.

SKF suosittelee noudattamaan seuraavia yleisohjeita asennettujen laakereiden tarkastuksissa:

**HUOM.:** Ota valokuvia kaikista tarkastusprosessin vaiheista laakerin, voiteluaineen ja koneen yleiskunnon dokumentointia varten.

#### Esivalmistelut

- 1 Puhdista koneen ulkopinnat, jotta laakerointiin ei pääse tarkastuksen aikana pölyä tai likaa.
- 2 Irrota laakeripesän kansi, jotta laakeri tulee näkyviin.
- 3 Ota laakeripesästä voiteluainenäyte analysoitavaksi, mahdollisimman läheltä laakeria.

#### VAROITUS

Vakavat tapaturmat on pyrittävä välttämään suorittamalla tarvittavat työturvallisuustoimenpiteet (turvalukitus, vahinkokäynnistyksen esto ym.) ennen töiden aloittamista.

- 4 Jos kyseessä on rasvavoideltu avoin laakeri, ota useita voiteluainenäytteitä eri kohdista. Tarkasta voiteluaineen kunto silmämääräisesti. Usein epäpuhtaudet voidaan havaita yksinkertaisesti hieromalla voiteluainetta peukalon ja etusormen välissä. Toinen tapa todeta epäpuhtaudet on levittää ohut kerros voiteluainetta paperille ja tarkastella näytettä kirkaassa valaistuksessa.
- 5 Puhdista laakerin näkyvissä olevat ulkopinnat nukkaamattomalla kankaalla.

**HUOM.:** Suora kosketus öljytuotteiden kanssa voi aiheuttaa allergisia reaktioita. Käytä suojakäsineitä ja -laseja liuottimien käsittelyn ja laakerin puhdistamisen aikana!

## Tarkastukset

### Tutkiminen

- 1 Tarkasta, ettei laakerin näkyvissä olevissa ulkopinnoissa ole kontakti- ja ole soviteruostetta. Jos vähäistä soviteruostetta on näkyvissä, poista jäljet hiomapaperilla.
- 2 Tarkasta, ettei laakerin renkaissa ole säröjä.
- 3 Jos kyseessä on tiivistetty laakeri, tarkasta tiivisteiden kuluminen.
- 4 Pyöritä akselia hyvin hitaasti ja tunnustele, muuttuuko vastus akselin kierroksen aikana. Kunnossa oleva laakeri pyörii tasaisesti.

Jos rasvavoideltu avoin laakeri on tarkastettava tarkemmin, toimi seuraavasti:

- 5 Poista kaikki rasva laakeripesästä.
- 6 Puhdista laakeri mahdollisimman tarkasti muusta materiaalista kuin metallista valmistetulla lastalla.

**HUOM.:** Ota riittävän suuri rasvanäyte analysointia varten (→ kuva 7).

- 7 Puhdista laakeri ruiskuttamalla raakaöljy-pohjaista liuotinta laakeriin. Pyöritä akselia hyvin hitaasti puhdistuksen aikana ja jatka liuottimen ruiskuttamista, kunnes likaa ja rasvaa ei enää irtoa. Jos kyseessä on suuri laakeri, johon on kertynyt on pahoin hapettunutta voiteluainetta, käytä puhdistukseen vahvasti emäksistä liuosta, jossa on enintään 10% natriumhydroksidia ja 1% kostutustavaa lisäainetta.

- 8 Kuivaa laakeri nukkaamattomalla kankaalla tai puhtaalla, kuivalla paineilmalla.
- 9 Tarkasta laakerin vierintäpinnat, -elimet ja pitimet endoskoopilla. Etsi kuoriumia, painaumia, naarmuja, värinmuutoksia ja kiillotuneita alueita. Mikäli mahdollista, tarkasta mahdollinen kuluminen mittaamalla laakerin säteisvällys ja vertaa mitattua arvoa tehtaan raja-arvoihin.
- 10 Jos laakeri on kunnossa, levitä laakeriin välittömästi asianmukaista rasvaa ja sulje laakeripesä. Jos havaitset laakerivaurion, irrota laakeri (→ *Irrottaminen*, alkaen s. 252) ja suojaa laakeri korroosiolta. Suorita täysimittainen laakerivaurioanalyysi (→ *Laakerivauriot ja niiden syyt*, alkaen s. 288).

**HUOM.:** Tietty suuret ja keskikokoiset laakerit voidaan kunnostaa. Lisätietoja on kohdassa *Laakerikunnostuspalvelut sivulla 331*.

### Tiivistepintojen tarkastaminen

Tiivisteiden oikea toiminta edellyttää, että tiiviste-pinnat ovat tasaiset. Jos tiivisteiden vastinpinta on kulunut tai vaurioitunut, tiivisteiden huuli ei toimi oikein. Tämä on huomioitava erityisesti uutta tiivistettä asennettaessa. Jos uusi tiiviste asennetaan kuluneen tai vaurioituneen tiivistevas-tinpinnan päälle, joko tiivistys ei toimi oikein tai tiiviste rikkoutuu ennenaikaisesti.

Sen vuoksi tiivistevastinpinnat on korjattava ennen uusien tiivisteiden asentamista.

Tiivistevastinpintojen tarkastuksen yhteydessä on kiinnitettävä huomiota myös sovitekorroosiojälkiin. Jos vähäistä soviteruostetta on näkyvissä, poista jäljet hienolla vesihiomapaperilla.

Kuva 7



Tuore rasva:  
ruskea väri

Käytetty rasva:  
keltainen väri



**HUOM.:** Akseleita ja muita osia, joissa on kulunut tai vaurioitunut tiivistevastinpinta, ei välttämättä tarvitse vaihtaa. Ne voidaan kunnostaa ja koneistaa uudelleen. Tarvittaessa voidaan käyttää SKF Speedi-Sleeve -holkkia (kun akselin halkaisija on  $\leq 203$  mm) tai suuren halkaisijan kulutusholkkia (LDSL) (kun akselin halkaisija on  $> 203$  mm). Ne ovat toimiva ja edullinen kulumisurien korjausmenetelmä (→ **kuva 8**). Lisätietoja SKF-kulutusholkeista on kohdassa *Kuluneen akselin korjaaminen SKF-kulutusholkillla* alkaen **sivulta 152**.





# Vianetsintä

<b>Johdanto</b> .....	<b>230</b>
Miksi laakerit vaurioituvat? .....	230
Laakereiden käyttöikään vaikuttavia tekijöitä .....	230
<b>Vianetsintä</b> .....	<b>232</b>
Laakerivikojen yleiset oireet .....	232
Vikatilanteet ja niiden korjaaminen .....	235

## Johdanto

### Miksi laakerit vaurioituvat?

Vain pieni osa käytössä olevista laakereista vaurioituu (→ **kaavio 1**). Suurin osa (noin 90%) niistä kestää kauemmin kuin koneet, joihin ne on asennettu. Tietty osa laakereista (9,5%) vaihdetaan ennen rikkoutumista ehkäisevän kunnossapidon periaatteiden mukaisesti. Noin 0,5% laakereista vaihdetaan vaurion tai rikkoutumisen vuoksi.

Laakereiden vaurioitumiselle tai rikkoutumiselle on useita syitä. Tässä muutamia:

- materiaalin väsyminen
- riittämätön tiivistys
- puutteellinen voitelutilanne
- odotettua raskaampi kuormitus
- väärä tai virheellinen sovite
- asennusvirheet.

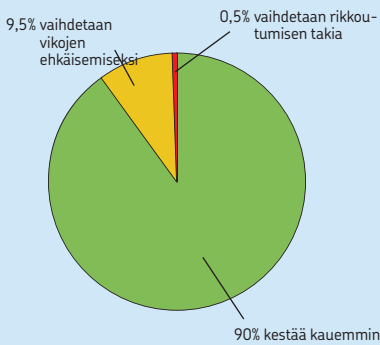
Jokainen edellä mainituista syistä vaurioittaa laakeria omalla tavallaan ja jättää tyypillisen "jäljen" (→ *Vierintäjäljet*, alkaen **sivulta 291**). Näin ollen tutkimalla vaurioitunut laakeri tarkasti voidaan useimmissa tapauksissa määrittää vaurion perussy. Löydöksiens perusteella voidaan tehdä tarvittavat korjaustoimenpiteet ja estää vian uusiutuminen.

Vaurioituneista laakereista voidaan yleisesti todeta seuraavaa:

- 1/3 vaurioituu väsymisen vuoksi
- 1/3 vaurioituu voiteluongelmien vuoksi
- 1/6 vaurioituu epäpuhtauksien vuoksi

Kaavio 1

#### Laakerin käyttöikä ja vaurioituminen



Lisätietoja SKF-kunnonvalvontalaitteista ja -kunnossapitotuotteista on osoitteissa [www.skf.com/cm](http://www.skf.com/cm) ja [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

SKF tarjoaa laajan valikoiman mekaanisia kunnossapitopalveluja (→ *Mekaaniset kunnossapitopalvelut*, **sivu 330**). Lisäksi SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) tarjoaa erilaisia koulutuksia (→ *Koulutus*, alkaen **s. 326**). Lisätietoja on saatavana SKF:n paikalliselta edustajalta tai osoitteesta [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

- 1/6 vaurioituu muista syistä (kuten virheellisen käsittely- tai asennustavan vuoksi)

Mainitut vauriotyyppien osuudet vaihtelevat teollisuudenalasta riippuen. Esimerkiksi sellu- ja paperiteollisuudessa merkittävien laakerivaurioiden aiheuttaja on epäpuhtaudet ja riittämätön voitelu, ei materiaalin väsyminen.

### Laakereiden käyttöikään vaikuttavia tekijöitä

Yleisesti ottaen kunkin käyttökohteen laakereilla on oma laskettu käyttöikänsä (→ *Laakerien käyttöikä*, alkaen **s. 27**). Riippuu useista tekijöistä, saavuttaako vai ylittääkö laakeri kyseisen lasketun käyttöiän:

#### • Laakerin laatu

Vain tiukimpien laatustandardien mukaan valmistetuilla laakereilla voidaan saavuttaa pitkä käyttöikä.

#### • Varastointi

Laakereiden asianmukainen varastointitapa on tärkeä käyttöikään vaikuttava tekijä. Älä pidä suurta varastoa ja käytä aina viimeispänä saapunutta laakeria ensimmäisenä. Näin varmistetaan, että aina käytetään "tuoreita" laakereita. Tämä on erityisen tärkeää tiivistettyjen laakereiden ollessa kyseessä, sillä tämäntyyppisissä laakereissa tehdasvoitelu ja rasvan varastointiaika on rajallinen. Muista myös, että nopeasti muuttuvien valmistustekniikoiden ansiosta tänä päivänä valmistet-

tävien laakereiden odotettu elinkaari on huomattavasti pitempi kuin 10–15 vuotta sitten valmistettujen laakereiden. Lisätietoja laakereiden varastoinnista on kohdassa *Laakerien, tiivistesten ja voiteluaineiden varastointi*, alkaen sivulta 41.

#### • Käyttökohde

Kussakin käyttökohteessa on käytettävä kyseiseen kohteeseen sopivia laakereita.

#### • Asennus

Laakerit toimivat oikein vain, mikäli ne on asennettu oikein (→ *Vierintälaakereiden asentaminen*, alkaen s. 44). Virheelliset asennustekniikat voivat helposti aiheuttaa laakerivaurioita ja ennenaikaisen rikkoutumisen.

#### • Voitelu

Erilaisissa käyttöolosuhteissa tarvitaan erilaisia voiteluaineita ja voiteluvälejä. Sen vuoksi on tärkeää sekä käyttää oikeaa voiteluainetta että annostella voiteluainetta oikea määrä, oikeaan aikaan, oikeilla menetelmillä (→ *Voitelu*, alkaen s. 178).

#### • Tiivistysratkaisu

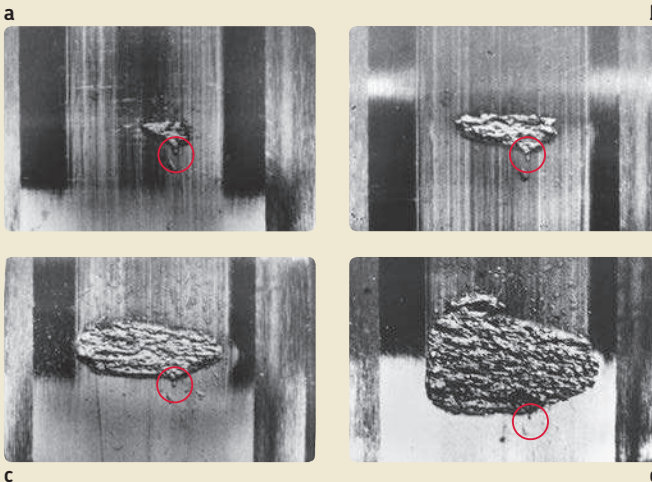
Tiivisteiden tarkoitus on pitää voiteluaineet laakeroinnin sisäpuolella ja epäpuhtaudet sen ulkopuolella. Laakeri voi rikkoutua ennenaikaisesti, mikäli käyttökohdetta ei ole tiivistetty asianmukaisesti.

Jos jokin näistä tekijöistä on muita heikompi, se voi yksin lyhentää laakerin käyttöikää. Jos kaikki ovat yhtä vahvoja, laakerille voidaan odottaa pitkää käyttöikää.

Esimerkkinä voidaan tarkastella järjestelmää, jonka tiivistys on riittämätön. Kun epäpuhtauksia pääsee laakeriin tiivisteiden ohi, laakerin vierintäelimet yllirullaavat epäpuhtauspartikkelien ylitse. Tämä aiheuttaa painaumien muodostumista vierintäpinnoille (→ *kuva 1*). Kovat hiukasepäpuhtaudet voivat aiheuttaa teräväreunaisia painaumuksia. Kun painauman ympärillä olevalle alueelle kohdistuu rasitusta, pinnan väsyminen alkaa ja vierintäpinnasta alkaa murtua palasia irti. Tätä kutsutaan kuorioriumaksi. Kun kuorioriuma on muodostunut, vaurio etenee, kunnes laakeri on korjauskelvottomassa kunnossa.

Aika vaurion ensimmäisestä esiintymisestä laakerin korjauskelvottomaan kuntoon päätymiseen voi vaihdella huomattavasti. Suurilla pyörintänopeuksilla kyse voi olla vain sekunneista. Suurissa, hitaasti pyörivissä koneissa vaurion

Kuva 1



#### Vaurion eteneminen

Vierintäelimet ovat kulleet kovan epäpuhtauspartikkelin ylitse, mistä on aiheutunut painauma vierintäpinnalle (a). Materiaalin väsyminen alkaa heti painauman takapuolelta. Ajan kuluessa kuorioriuma muuttuu merkittävämmäksi (b, c). Jos konetta ei pysäytetä ajoissa, koneen osiin voi tulla toissijaisia vaurioita. Lisäksi vaurion perussyö voi hävitä jopa kokonaan (d).

## Vianetsintä

eteneminen voi kestää kuukausia. Milloin laakeri sitten pitää vaihtaa? Tähän kysymykseen saadaan paras vastaus seuraamalla laakerin kuntoa (→ *Tarkastukset*, alkaen s. 216).

Jos laakerivauriota ei saada diagnosoitua eikä laakeria vaihdeta ennen sen täydellistä vaurioitumista, koneeseen ja sen osiin voi tulla toissijaisia vaurioita. Kun laakeri rikkoutuu täydellisesti, vian perussyyn selvittäminen voi olla vaikeaa tai jopa mahdotonta.

## Vianetsintä

Laakereissa, jotka eivät toimi oikein, voidaan yleensä havaita tunnistettavia oireita. Paras tapa tunnistaa nämä oireet ja tehdä tarvittavat korjaukset riittävän varhaisessa vaiheessa on koko laitoksen kattavan kunnonvalvontaohjelman laatiminen (→ *Tutkiminen*, alkaen sivulta 216).

Seuraavassa osiossa on esitelty käytännöllisiä vinkkejä yleisimpien oireiden ja niiden syiden selvittämiseen tapauksissa, joissa kunnonvalvontalaitteistoa ei ole käytettävissä tai laitteiston käyttäminen olisi hankalaa. Tietyissä tapauksissa on esitetty myös käytännön ratkaisuja. Laakerivaurion vakavuudesta riippuen eräät oireet voivat olla harhaanjohtavia. Useissa tapauksissa ne aiheutuvat toissijaisista vaurioista. Laakeriongelmien vianetsinnässä käyttökohteessa havaitut oireet on analysoitava havaitsemisjärjestyksessä. Tätä käsitellään tarkemmin luvussa *Laakerivauriot ja niiden syyt*, alkaen s. 288.

### Laakerivikojen yleiset oireet

Laakerivikojen oireet voidaan useimmiten jakaa muutamaan pääluokkaan, Minkä lisäksi kukin oire on jaettu sen aiheuttavan tilanteen perusteella luokkiin (→ **taulukko 1**). Tilanteille on määritetty numerokoodi, joka viittaa kyseisen tilanteen käytännön ratkaisutapoihin (→ **taulukko 2**, alkaen s. 236).

**HUOM.:** Tässä luvussa esitettyjä vianetsintätietoja tulee pitää vain viitteellisinä.

### Taulukko 1

#### Laakerivikojen yleiset oireet

- A Liian korkea lämpötila → **taulukko 1a**
- B Liian korkea melutaso → **taulukko 1b**
- C Liian suuri värähtely → **taulukko 1c, sivu 234**
- D Liian suuri akselin liike → **taulukko 1d, sivu 234**
- E Liian suuri akselin pyörittämiseen tarvittava kitkamomentti → **taulukko 1e, sivu 235**

Taulukko 1a

## Oire: A. Liian korkea lämpötila

Ratkaisu- Mahdollinen aiheuttaja  
koodi

	<b>Voiteluongelma</b>
1	Riittämätön voitelu – liian vähän rasvaa tai liian alhainen öljynpinnan taso
2	Liian paljon voiteluainetta – rasvaa on liikaa eikä vanha rasva ei pääse poistumaan tai öljyn pinnantasoo on liian korkea
3	Väärä voiteluaineen tyyppi – väärä koostumus, väärä viskositeetti, väärät lisäaineet
4	Vääräntyyppinen voitelujärjestelmä
	<b>Tiivistys</b>
5	Laakeripesän tiivisteet ovat liian tiukat tai muut osat rikkovat tiivisteet
6	Laakerijärjestelmässä (laakeripesässä) on useita tiivisteitä
7	Laakeripesän ulkopuolisten tiivisteiden linjausvirhe
8	Pyörimisnopeus on liian suuri laakerin hankaaville tiivisteille
9	Tiivisteiden voitelu ei ole riittävä
10	Tiivisteet ovat väärin päin
	<b>Riittämätön välitys käytön aikana</b>
11	Väärä uuden laakerin sisäisen välityksen valinta
12	Akselimateriaali (esimerkiksi ruostumaton teräs) laajenee enemmän kuin laakeriteräs
13	Suuri lämpötilaero akselin ja laakeripesän välillä (laakeripesän lämpötila on huomattavasti akselia alhaisempi)
14	Liian suuri aksiaalisiiirtymä asennuksessa kartiopinnalla
15	Akselin tai laakeripesän huomattava soikeus – laakeri puristuu soikeaan laakeripesään
16	Liian tiukka akselin ahdistusovite
17	Liian tiukka laakeripesän ahdistusovite
	<b>Poikkeava laakerin kuormitus</b>
18	Laakereiden ylikuormitus käyttöolosuhteiden muuttumisen seurauksena
19	Kahden laakeriyksikön välinen yhdensuuntaisuusvirhe
20	Kahden laakeriyksikön välinen kulmavirhe
21	Laakeri on asennettu väärin päin
22	Epätasapainotila
23	Väärä laakeri valittu ohjaavaksi laakeriksi
24	Liian suuri aksiaalikuormitus
25	Riittämätön kuormitus
26	Liian suuri esijännitys

Taulukko 1b

## Oire: B. Liian korkea melutaso

Ratkaisu- Mahdollinen aiheuttaja  
koodi

	<b>Metalli-metallikontakti</b>
1	Puutteellinen voitelu
3	Öljykalvo on liian ohut kyseisiin käyttöolosuhteisiin
25	Vierintäelimet liukuvat
	<b>Epäpuhtaudet</b>
27	Kiinteiden epäpuhtauspartikkelien yli kulkemisesta aiheutuneet vierintäpintojen ja/tai -elimien painaumat
28	Laakeripesässä on epäpuhtauspartikkeleita joko valmistuksen tai aiemman laakerivaurion jäljiltä
29	Voiteluaineen viskositeettia alentavat nestemäiset epäpuhtaudet
	<b>Liian löysät sovitteet</b>
30	Sisärengas pyörii akselivoltteella
31	Ulkorengas pyörii laakeripesässä
32	Laakerin lukitusmutteri on löysällä akselilla tai holkissa.
33	Laakeri ei ole tiukasti painettuna viereistä komponenttia tai olaketta vasten
34	Liian suuri säteittäinen tai aksiaalinen laakerin sisäinen välitys
	<b>Pintavaurio</b>
1, 2, 3, 4	Puutteellisen voitelun aiheuttama kuluminen
25	Vierintäelimien liukumisen aiheuttama tahmautumisvaurio
27	Kiinteiden epäpuhtauspartikkelien yli kulkemisesta aiheutuneet vierintäpintojen ja/tai -elimien painaumat
35	Osumasta tai iskukuormituksesta aiheutuneet vierintäpintojen ja/tai -elimien painaumat
36	Staatteisesta värähtelystä aiheutuneet vierintäpintojen ja/tai -elimien tärinäjäljet
37	Materiaalin väsymisestä aiheutuneet vierintäpintojen ja/tai -elimien kuoriumat
38	Pintavauriosta alkunsa saaneet vierintäpintojen ja/tai -elimien kuoriumat
39	Kemiallisten/nestemäisien epäpuhtauksien aiheuttama vierintäpintojen ja/tai -elimien etsaantuma
40	Kosteuden tai sähkövirran aiheuttamat vierintäpintojen ja/tai -elimien mikrokuoriumat
41	Sähkövirran aiheuttama vierintäpintojen ja/tai -elimien pyykkilautakuvio
	<b>Hankaaminen</b>
7	Laakeripesän tiivisteiden asennusvirhe
32	Kristitys- tai vetoholkkia ei ole asennettu oikein
33	Väli- tai etäisyysrenkaita ei ole asennettu oikein
42	Lukituslevyn kielekkeet ovat taipuneet

Taulukko 1c

Oire: C. Liian suuri värähtely

Ratkaisu- Mahdollinen aiheuttaja  
koodi

25	<b>Metalli-metallikontakti</b> Vierintäelimet liukuvat
27	<b>Epäpuhtaudet</b> Kiinteiden epäpuhtauspartikkelien yli kulkemisesta aiheutuneet vierintäpintojen ja/tai -elimien painaumat
28	Laakeripesässä on epäpuhtauspartikkeleita joko valmistuksen tai aiemman laakerivaurion jäljiltä
30	<b>Liian löysät sovitteet</b> Sisärengas pyörii akselisolitteella
31	Ulkorengas pyörii laakeripesässä
1, 2, 3, 4	<b>Pintavaurio</b> Puutteellisen voitelun aiheuttama kuluminen
25	Vierintäelimien liukumisen aiheuttama tahmautumisvaurio
27	Kiinteiden epäpuhtauspartikkelien yli kulkemisesta aiheutuneet vierintäpintojen ja/tai -elimien painaumat
35	Ösumasta tai iskukoormituksesta aiheutuneet vierintäpintojen ja/tai -elimien painaumat
36	Staattisesta värähtelystä aiheutuneet vierintäpintojen ja/tai -elimien tärnäjäljet
37	Materiaalin väsymisestä aiheutuneet vierintäpintojen ja/tai -elimien kuoriumat
38	Pintavauriosta alkunsa saaneet vierintäpintojen ja/tai -elimien kuoriumat
39	Kemiallisien/nestemäisien epäpuhtauksien aiheuttama vierintäpintojen ja/tai -elimien etsaantuma
40	Kosteuden tai sähkövirran aiheuttamat vierintäpintojen ja/tai -elimien mikrokuoriumat
41	Sähkövirran aiheuttama vierintäpintojen ja/tai -elimien pyykkilautakuvio

Taulukko 1d

Oire: D. Liian suuri akselin liike

Ratkaisu- Mahdollinen aiheuttaja  
koodi

30	<b>Väljyys</b> Liian löysä sovite akselilla
31	Liian löysä ulkorengkaan sovite pesässä
33	Laakeri ei ole painettuna paikalleen akselille tai laakeripesään
1, 2, 3, 4	<b>Pintavaurio</b> Puutteellisen voitelun aiheuttama kuluminen
37	Väsymisestä aiheutuneet vierintäpintojen ja/tai -elimien kuoriumat
38	Pintavauriosta alkunsa saaneet vierintäpintojen ja/tai -elimien kuoriumat
11	<b>Väärä laakerin sisäinen vällys</b> Asennetun laakerin vällys väärä
33	Laakeri ei ole painettuna paikalleen akselille tai laakeripesään, liian suuri aksiaalivällys

Taulukko 1e

Oire: E. Liian suuri akselin pyörittämiseen tarvittava kitkamomentti

Ratkaisu- Mahdollinen aiheuttaja  
koodi

	<b>Esijännitetty laakeri</b>
11	Väärävalyksinen laakeri valittu
12	Akselimateriaali (esimerkiksi ruostumaton teräs) laajenee enemmän kuin laakeriteräs
13	Suuri lämpötilaero akselin ja laakeripesän välillä
14	Liian suuri aksiaalisiiirtymä asennuksessa kartiopinnalla
15	Liian suuri akselin tai laakeripesän soikeus – laakeri on puristuneena
16, 17	Liian tiukat akselin ja/tai pesän ahdustusovitteet
26	Liian suuri esijännitys – virheellinen kokoaminen (esijännitys)
	<b>Tiivisteiden laahaaminen</b>
5	Laakeripesän tiivisteet ovat liian tiukat tai muut osat rikkovat tiivisteet
6	Laakerijärjestelmässä (laakeripesässä) on useita tiivisteitä
7	Laakeripesän ulkopuolisten tiivisteiden linjausvirhe
9	Tiivisteiden voitelu ei ole riittävä
	<b>Pintavaurio</b>
37	Väsymisestä aiheutuneet vierintäpintojen ja/tai -elimien kuoriumat
38	Pintavauriosta alkunsa saaneet vierintäpintojen ja/tai -elimien kuoriumat
41	Sähkövirran aiheuttama vierintäpintojen ja/tai -elimien pyykkilautakuvio
	<b>Rakenne</b>
43	Akselin ja/tai laakeripesän olakkeet vinossa laakerisijaan nähden
44	Akselin olake (halkaisija) on liian suuri, mikä rikkoo tiivisteet/suojalevyt

## Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Käytännön ratkaisuja laakerivaurioiden yleisiin oireisiin on **taulukossa 2**, alkaen s. 236.

### VAROITUS

Vakavat tapaturmat on pyrittävä välttämään suorittamalla tarvittavat työturvallisuustoimenpiteet (turvalukitus, vahinkokäynnistyksen esto ym.) ennen töiden aloittamista.

**HUOM.:** Suora kosketus öljytuotteiden kanssa voi aiheuttaa allergisia reaktioita! Lue tuotteiden käyttöturvallisuustiedotteet ennen niiden käsittelemistä. Käytä työskennellessäsi suojakäsineitä.

Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

1

**Puutteellinen voitelu**

Rasvavoitelu

Ensimmäisessä täytössä tai käynnistyksessä huomioitavaa:

- Rasvan on täytettävä laakeri 100-prosenttisesti ja pesätila akselin alaosaan saakka (1/3–1/2).
- Jos laakeria vieressä oleva laakeripesän vapaa tila on pieni, voiteluaineen määrää on mahdollisesti vähennettävä hieman, jotta välttyään kirnuuntumisen aiheuttamalta ylikuumentumiselta.
- → *Voitelu*, alkaen s. 178.

Toimenpiteet käytön aikana:

- Tarkista, ettei kuluneita, vaurioituneita tai vuotavia tiivisteitä ole. (Tarkasta rasvavuodot.)
- Rasvojen yhteensopimattomuudesta aiheutuva vuoto. (Tarkasta rasvavuodot.)

Toimenpiteet jälkivoitelun aikana:

- Varmista, että voiteluväli on oikea (ei liian pitkä).
- Varmista, että rasva pääsee laakerille.
- Varmista, että tuoretta rasvaa pääsee laakerin sisään.

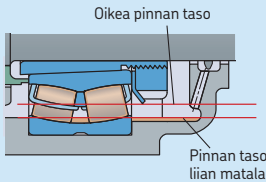
Öljykypyvoitelu

Ensimmäisessä täytössä, voiteluaineen lisäämisessä ja seisokin aikana huomioitavaa:

- Öljykypyvoitelussa pinnan korkeuden tulee olla laakerin alimman vierintäelimen keskikohtalla koneen ollessa pysäytettyinä.

Toimenpiteet käytön aikana:

- Varmista, että laakeripesässä on asianmukaiset huohotusaukot, jotta paine ei aiheuta toimintahäiriötä automaattiseen voitelulaitteeseen.
- Tarkista, ettei tiivisteissä ole kulumia, vaurioita tai vuotoja.
- Tarkista, ettei kaksiosaisen laakeripesän liitoksessa ole vuotoja. Levitä pinnoille tarvittaessa ohut kerros tiivisteliimaa.



2

**Liian paljon voiteluainetta**

Liian suuri voiteluainemäärä voi aiheuttaa voiteluaineen kirnuuntumisen ja lämpötilan kohoamisen.

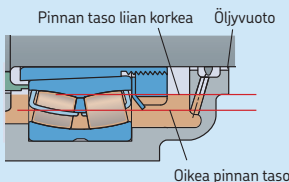
Rasvavoitelu

Ensimmäisessä täytössä tai käynnistyksessä huomioitavaa:

- Rasvan on täytettävä laakeri 100-prosenttisesti ja pesätila akselin alaosaan saakka (1/3–1/2).
- Jos laakerin vieressä oleva laakeripesän vapaa tila on pieni, voiteluaineen määrää on mahdollisesti vähennettävä hieman, jotta välttyään kirnuuntumisen aiheuttamalta ylikuumentumiselta.
- → *Voitelu*, alkaen s. 178.

Toimenpiteet käytön aikana:

- Tarkista, että rasva pääsee poistumaan laakeripesästä joko tiivisteiden läpi tai tyhjennysaukosta. Rasvan poistoventtiili voi estää liian suuren voiteluainemäärän jäämisen laakerointiin.
- Tarkista, että tiivisteet ovat oikein päin, jotta ylimääräinen voiteluaine pääsee poistumaan ja epäpuhtaudet pysyvät järjestelmän ulkopuolella.
- Varmista, ettei voiteluväli ole liian lyhyt.
- Varmista, että jälkivoitelussa lisätään oikea määrä voiteluainetta.



Öljykypyvoitelu

Toimenpiteet:

- Varmista, että öljykypyvoitelussa pinnan korkeus on laakerin alimman vierintäelimen keskikohtalla koneen ollessa pysäytettyinä.
- Tarkasta, ettei öljyn paluurei'issä ole tukoksia.
- Kun kaikkiin laakeripesiin asennetaan öljynkorkeuslasi, öljymäärä voidaan tarkistaa nopeasti ja helposti.



## Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

3



## Väärä voiteluaine

Toimenpiteet:

- Selvitä käyttökohteen ominaisuudet, jotta käyttöolosuhteiden edellyttämä oikea perusöljyn viskositeetti (koskee rasvoja ja öljyjä) ja koostumus (koskee rasvoja) voidaan määrittää (→ *Voitelu*, alkaen s. 178).
- Metallimetallikontaktit laakerilla voivat aiheuttaa ylikuumentumista ja ennenaikaista kulumista, mikä johtaa melutason nousuun.
- Tarkista rasvan tai öljyn sekoittuvuus, mikäli voiteluaineen tyyppiä on vaihdettu.
- Tarkista rasvan kovuusluokka.
- Tarkista käytönaikainen viskositeetti.

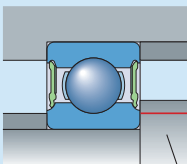
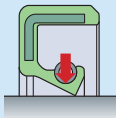
4

## Vääräntyyppinen voitelujärjestelmä

Toimenpiteet:

- Tarkista pyörintänopeus ja mittaa käyttölämpötila.
- Määritä, onko käytössä oikean tyyppinen voiteluaine ja -järjestelmä.
- Rasvoitelusta öljyvoiteluun siirtyminen voi ratkaista ongelman helposti.
- Öljykylpyvoitelusta kiertoöljyvoiteluun siirtyminen voi ratkaista ongelman.
- Lisäjäähdyttimen lisääminen olemassa olevaan öljyvoitelujärjestelmään voi auttaa useissa kuumenemiseen liittyvissä ongelmissa.
- Erityisvaatimuksiin liittyvää teknistä tukea on saatavana SKF-edustajalta tai laitevalmistajalta.
- Tarkista nimellinopeusarvot valmistajan tuoteoppaasta ennen yhteydenottoa. SKF:n viite- ja rajanopeudet löytyvät osoitteesta [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

5



Oikea korkeus

## Laakeripesän tiivisteet ovat liian tiukat

Toimenpiteet:

- Mittaa akselin halkaisija ja tarkista, sopiiko asennettu jousikuormitteinen tiiviste kyseiselle akselikoolle. Jos ei, kitkaa muodostuu liikaa ja tiiviste on vaihdettava oikealla jousen kireydellä varustettuun tiivisteeseen.
- Varmista, että tiivisteiden voitelu on riittävä.
- Tarkista tiivisteiden huulien kuluminen.
- Huopatiivisteitä on liotettava kuumassa öljyssä ennen asennusta.

## Muut koneen osat rikkovat laakerin tiivisteet

Toimenpiteet:

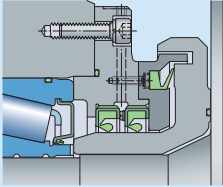
- Tarkista tiivisteiden vieressä olevat koneen osat:
  - olakkeiden korkeudet (→ [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings))
  - mahdollisuus kompensoida aksiaalisirtymä, mikäli akseli lämpölajenee.

Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

6

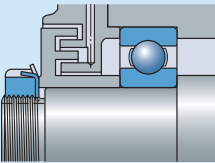


**Laakerijärjestelmässä (laakeripesässä) on useita tiivisteitä**

Huomioitavaa:

- Jos epäpuhtauksien pitämiseen laakerijärjestelmän ulkopuolella käytetään useita hankaavia tiivisteitä, kitka ja lämpötila nousevat.
- Lämpötilan vaikutus laakeriin ja voiteluaineeseen on huomioitava ennen tiivisteiden lisäämistä järjestelmään.
- Lisäksi on otettava huomioon koneen pyörittämiseen tarvittava lisäteho.

7



**Laakeripesän ulkopuolisten tiivisteiden linjausvirhe**

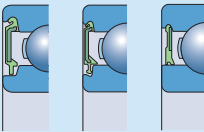
Kokoamisessa huomioitavaa:

- Akselin linjausvirhe suhteessa laakeripesään voi aiheuttaa tilanteen, jossa hankaamaton tiiviste tai rakotiviviste hankaa akseliin. Tällainen tilanne voi aiheuttaa lämpötilan ja melutason nousua sekä liiallista kulumista sisäänajon aikana. Se myös heikentää tiivistystä.

Toimenpiteet:

- Tarkista linjaus ja tee tarvittavat korjaukset.
- Jos kulmavirheeltä ei voida välttyä, ulkoisien tiivisteiden välystä tai rajoja on ehkä lisättävä.

8



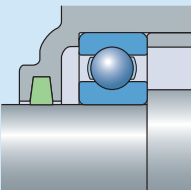
Hankaavat tiivisteet

**Pyörimisnopeus on liian suuri laakerin hankaaville tiivisteille**

Huomioitavaa:

- Tiivistehuulilla on määritetty maksimirajanopeus. Jos pyörimisnopeus on suurempi kuin kyseinen rajanopeus, tiivistehuuli vaurioituu. mikä aiheuttaa voiteluainevuodon.
- Jos pyörimisnopeutta on lisätty tai jos käytetään alkuperäisestä poikkeavan tyyppisellä tiivisteellä varustettua laakeria, tarkista että laakerin tiiviste toimii kyseisessä nopeudessa.
- Hankaavat tiivisteet muodostavat enemmän lämpöä kuin pienikitkaiset tiivisteet, suojalevyt tai avoimet laakerit.

9



**Tiivisteiden voitelu ei ole riittävä**

Huomioitavaa:

- Hankaavien tiivisteiden käyttäminen kuivana muodostaa merkittävästi lämpöä järjestelmään.

Toimenpiteet kokoamisen aikana:

- Varmista, että tiivisteet on voideltu asianmukaisesti ennen käynnistystä uuden tai kunnostetun koneen ollessa kyseessä. (Huopatiivisteitä on liotettava kuumassa öljyssä ennen asennusta.)

Toimenpiteet käytön aikana:

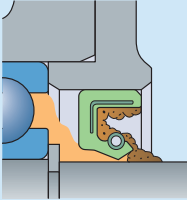
- Normaaliolosuhteissa laakeripesän sisällä oleva voiteluaine roiskuu ulospäin kohti tiivisteitä ja voitelee ne automaattisesti.
- Oikein voideltujen tiivisteiden käytönaikainen lämpötila pysyy alhaisena ja ne ovat tiiviitä, sillä kaikilla kosketuspinnoinlla on voiteluainekerros.
- Asianmukainen voitelu vähentää myös ennenkaista tiivisteiden kulumista.
- Tarkista, näkykö tiivisteissä kulumista tai vaurioita.

## Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

10

**Väärin päin asennetut tiivisteet eivät mahdollista rasvan poistumista laakeripesästä**

Kokoamisessa huomioitavaa:

- Käyttökohteesta riippuen hankaavien tiivisteiden asennussuunta on huomioitava, jotta joko voiteluaine pääsee poistumaan laakeripesästä tai voiteluainevuodot estetään.

Toimenpiteet:

- Tarkista tiivisteiden asennussuunta rakennepiirustuksista tai ota yhteyttä koneen valmistajaan, jotta varmistetaan oikea tiivisteiden asennusjärjestys.

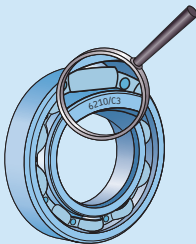
Käytön aikana huomioitavaa:

- Ulospäin osoittavat tiivisteet mahdollistavat yleensä ylimääräisen voiteluaineen poistumisen ja estävät epäpuhtauksien pääsyn laakeriin.

Toimenpiteet:

- Tiivisteet on asennettava oikein päin, jotta rasva pysyy laakeroinnissa ja epäpuhtaudet sen ulkopuolella.

11

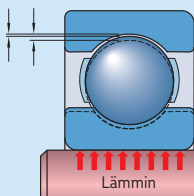


Väärä uuden laakerin sisäisen välyksen valinta

Toimenpiteet:

- Tarkista uuden laakerin pakkauksesta, että sen laakerin sisäinen välyys vastaa rakenteen alkuperäisiä määrittämiä.
- Jos laakeri ylikuumentuu sen vaihtamisen jälkeen ja jos käyttökohteessa tarvitaan suurempaa välystä, ota yhteyttä SKF-edustajaan ja kysy, mitkä ovat suuremman välyksen käyttämisen vaikutukset koneeseen ja laakeriin.
- Suorita kaikkien osien tarkistusmittaus, sillä osien kuluminen voi vaikuttaa laakerin välykseen.

12

Pienentynyt  
välysErilaiset  
lämpölaaje-  
nemisker-  
toimet

Lämmin

**Akselin (ja laakeripesän) materiaali laajenee enemmän kuin laakeriteräs**

Rakenteen muuttamisessa tai kunnostuksessa huomioitavia seikkoja:

- Eräissä tapauksissa akselit ja laakeripesät voidaan valmistaa normaalista poikkeavista materiaaleista. Järjestelmässä saatetaan tarvita esimerkiksi elintarviketeollisuuden vaatimuksia vastaavaa, ruostumattomasta teräksestä valmistettua akselia tai koneen massaa keventävää alumiinista valmistettua laakeripesää.
- Jos akselin valmistusmateriaalin lämpölaajenemiskerroin on suurempi kuin laakeriteräksen, laakerin säteittäinen sisäinen välys pienenee. Sen vuoksi käytettäessä eräitä akselimateriaaleja (ruostumaton teräs, 300-sarja) on käytettävä hieman löysempää akselisovitetta tai normaalia suuremmalla säteittäisellä sisäisellä välyksellä (esimerkiksi CN-C3, C3-C4 jne.) varustettua laakeria.
- Jos laakeripesä on valmistettu materiaalista (esimerkiksi alumiinista), jonka lämpölaajenemiskerroin on suurempi kuin laakeriteräksen, on ehkä käytettävä hiukan tiukempaa sovitetta, jotta laakerin ulkorengas ei pääse pyörimään laakeripesän sovitteessa.

Toimenpiteet:

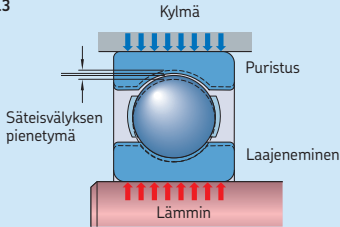
- Molemmissa edellä kuvatuissa tapauksissa uuden akseli- tai laakeripesämateriaalin vaikutus laakerin sisäiseen välykseen voi olla tarpeellista laskea. Laakeri on vaihdettava tarvittaessa.

Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

13



Suuri lämpötilaero akselin ja laakeripesän välillä

Suunnittelussa huomioitavaa:

- Laakerijärjestelmien rakenteen vuoksi laakerin sisärenkaan lämpötila on usein korkeampi kuin ulkorengas. Esimerkiksi sähkömoottorin akselin lämpötila on suhteellisen korkea, minkä seurauksena laakerin sisärenkas laajenee. Moottorin rungon, johon ulkorengas on kiinnitetty, pinta-ala on suhteellisen suuri, mikä edistää lämmön haihtumista. Sen vuoksi sisä- ja ulkorengaskaiden välinen lämpötila-ero on huomattava.

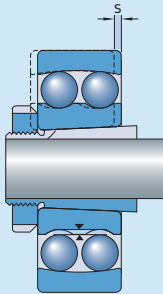
Käytön aikana huomioitavaa:

- Akselin ja laakeripesän välinen suuri lämpötilaero pienentää laakerin sisäistä välystä, mikä voi johtaa liian pienen väläksen tai jopa esijännityksen muodostumiseen ja käyttölämpötilan kohoamiseen.

Toimenpiteet:

- Tarkista akselin ja laakeripesän lämpötila mahdollisimman läheltä laakeria.
- Käytä tarvittaessa esijännityksen estämiseksi laakeria, jonka sisäinen väläys on suurempi (esimerkiksi CN-C3, C3-C4 jne.)

14



Liian suuri aksiaalisirtymä asennuksessa kartiopinnalla

Asennuksessa huomioitavaa:

- Kartioreikäisen laakerin asentaminen (ahtaminen) kartiopinnalle (akselille tai holkille) pienentää laakerin säteittäistä laakerivälystä.

Käytön aikana huomioitavaa:

- Liian suuri aksiaalisirtymä (s) voi aiheuttaa suuren laakerin sisärenkaan jännitystilän, mikä voi johtaa sisärenkaan murtumiseen. Se aiheuttaa käyttölämpötilan kohoamisen.
- Liian suuri aksiaalisirtymä (s) voi aiheuttaa laakerin sisärenkaalle suuren vetojännityksen, mikä voi johtaa sisärenkaan säröilyyn tai katkeamiseen.

Toimenpiteet:

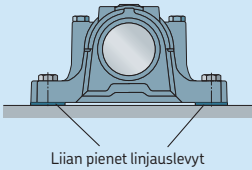
- Pienet pallomaiset kuulalaakerit: Tarkista akselin asentamisen jälkeen, että laakerin ulkorengas kääntyy helposti. Mikäli näin ei ole, irrota laakeri ja suorita asennus uudelleen.
- Suuret pallomaiset kuulalaakerit, pallomaiset rullalaakerit ja CARB-kaarirullalaakerit: Mittaa laakeriväläys ennen asennusta ja sen jälkeen. Katso säteisväläksen pienentymän enimmäisarvot liitteestä F, alkaen s. 402. Mikäli asennuksen jälkeinen väläys ei ole riittävä, irrota laakeri ja suorita asennus uudelleen.
- Pallomaisien kuulalaakereiden asennuksessa on käytettävä SKF Drive-up- tai kiertymiskulmamenetelmää. Pallomaisien rullalaakereiden ja CARB-kaarirullalaakereiden asennuksessa on käytettävä SKF Drive-up -menetelmää tai säteisväläksen pienentymämenetelmää. Käytössä hyväksytty havaittu SKF Drive-up -menetelmä (→ sivu 57) on helppo tapa saavuttaa oikea laakerin käyntiväläys ilman toistuvia rakotulkimittauksia. Muista kuitenkin mitata loppuväläys. Erittäin suurien laakereiden asennuksessa voidaan käyttää SensorMount-menetelmää (→ sivu 67).

## Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

15



## Laakeri on asennettu soikealle akseli- tai pesäsovitteelle

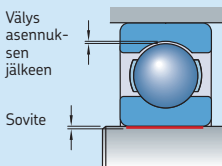
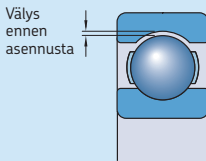
Käytön aikana huomioitavaa:

- Soikeaan tai vääntyneeseen laakeripesään asennetun laakerin ulkorengas aiheuttaa epätasaisen puristuksen, mikä johtaa välyksen pienentymiseen tai esijännityksen muodostumiseen ja käyttölämpötilan nousuun.
- Tämä näkyy usein kahtena 180 asteen välein olevana kuormitusalueena.
- Epätasainen puristus voi rajoittaa vapaan pään laakerin aksiaalista liikettä, mikä aiheuttaa suuren aksiaalkuormituksen.

Toimenpiteet:

- Tarkista, että koneen tukipinta on tasainen, jotta välttytään ns. pehmeältä jalalta. Linjauslevyjen on ulotuttava koko laakeripesän jalustan alueelle.
- Varmista, että laakeripesän tukipinta on riittävän jäykkä, ettei se pääse taipumaan.
- Tarkista akseli- ja laakeripesäsovitteen pyöreys (soikeus) (→ liite D-1, sivu 386).
- Koneista osat uudelleen tarvittaessa.

16



## Liian tiukka akselin ahdistusovite

Suunnittelussa huomioitavaa:

- Laakerin sisärenkaan ja akselin välinen ahdistusovite laajentaa sisärenkasta ja pienentää laakerivälystä.
- Jos sovite on liian tiukka, laakerin käytönaikainen välys voi olla liian pieni tai laakeriin voi jopa muodostua esijännitys. Tämä johtaa laakerin kuumenemiseen käytön aikana.

Toimenpiteet:

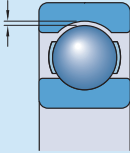
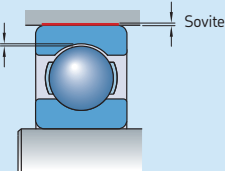
- Tarkista, että asennetun laakerin sisäinen välys on oikea.
- Jos akseli on uusi tai kunnostettu, tarkista molemmat laakerisijat huolellisesti. Tarkista sekä mitat että muototoleranssit (→ liite D-1, sivu 386).
- Tarkista laakeripesän sovitteen mitat ennen korjaustoimenpiteiden suorittamista.
- Mikäli kaikki mitat ovat annettujen arvojen mukaiset, on ehkä käytettävä laakeria, jonka sisäinen välys on suurempi.
- Huomaa, että ahdistussovitteen käyttäminen sekä akselilla että laakeripesässä johtaa todennäköisesti liian pienen käytönaikaisen välykseen (→ Laakerien säätöinen aseointi, alkaen s. 31).

## Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

## Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

17

Vällys ennen  
asennustaVällys  
asennuk-  
sen  
jälkeen

## Liian tiukka laakeripesän ahdistusovite

Suunnittelussa huomioitavaa:

- Laakerin ulkorengkaan ja akselisovitteen välinen ahdistusovite puristaa ulkorengasta ja pienentää laakerivälystä.
- Jos sovite on liian tiukka, laakerin käytönaikainen vällys voi olla liian pieni tai laakeriin voi jopa muodostua esijännitys. Tämä johtaa laakerin kuumenemiseen käytön aikana.

Toimenpiteet:

- Tarkista, että asennetun laakerin sisäinen vällys on oikea.
- Jos laakeripesä on uusi tai kunnostettu, tarkista molempien laakerisijojen mitat huolellisesti. Tarkista sekä mita- että muototoleranssit (→ liite D-1, sivu 386). Hio laakeripesän soviteen tiukkuus oikeaksi. Mikäli tämä ei ole mahdollista, käytä laakeria, jonka sisäinen vällys on suurempi.
- Huomaa, että ahdistusovitteen käyttäminen sekä akselilla että laakeripesässä johtaa todennäköisesti liian pienen käytönaikaiseen välykseen (→ *Laakerien säteittäinen aseointi*, alkaen s. 31).
- Huomaa, että jos sisärenkaalla on pyörivä kuormitus, laakeripesän ahdistusovite aiheuttaa vapaan laakerin muuttumisen kiinteäksi, mikä aiheuttaa aksiaalista kuormitusta ja laakerin kuumenemisen.

18

## Laakereiden ylikuormitus käyttöolosuhteiden muuttumisen seurauksena

Rakenteen muuttamisessa tai kunnostuksessa huomioitavia seikkoja:

- Laakeriin kohdistuvan ulkoisen kuormituksen lisääntyminen aiheuttaa laakerin suurempaa lämpenemistä.
- Raskaat kuormat lyhentävät laakerin käyttöikää.
- Sen vuoksi rakenteen muuttamisen yhteydessä on tarkistettava, ettei kuormitus ole lisääntynyt.

Esimerkkejä:

- Suorakäytöstä hihnäkäyttöön siirtyminen
- Suorakäytöstä väkipyöräkäyttöön siirtyminen
- Koneiston osan pyörintänopeuden kasvattaminen.

Toimenpiteet:

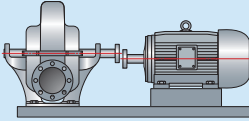
- Koneiston osan suorituskykyarvojen muutokset on tarkistettava yhdessä laitevalmistajan kanssa.

## Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

## Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

19



## Kahden laakeriryksikön välinen yhdensuuntaisuusvirhe

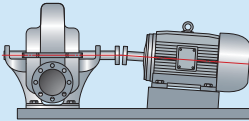
Kokoamisessa huomioitavaa:

- Kaksi laakeripesää eivät ole suorassa linjassa (pysty- tai vaakasuunnassa).
- Tämä aiheuttaa ylimääräistä kuormitusta laakereille ja tiivisteille, mikä lisää kitkaa ja lämpötilaa sekä vähentää laakereiden, tiivisteiden ja voiteluaineen käyttöikää.

Toimenpiteet:

- Suorita laakeripesien linjaus asianmukaisilla työkaluilla. Käytä linjauslevyjä pystysuuntaiseen linjaukseen (→ *Linjaus*, alkaen s. 158).

20



## Kahden laakeriryksikön välinen kulmavirhe

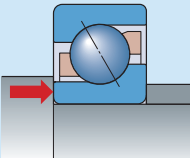
Kokoamisessa huomioitavaa:

- Kahden tukipinnan välillä on linjauksvirhe: toinen on kulmassa toiseen nähden.
- Tämä aiheuttaa ylimääräistä kuormitusta laakereille ja tiivisteille, mikä lisää kitkaa ja lämpötilaa sekä vähentää laakereiden, tiivisteiden ja voiteluaineen käyttöikää.

Toimenpiteet:

- Suorita laakeripesien linjaus asianmukaisilla työkaluilla ja linjauslevyillä (→ *Linjaus*, alkaen s. 158).

21



## Väärin päin asennettu laakeri aiheuttaa viistokuulalaakereiden kuormituksen epätasaisen kohdistumisen

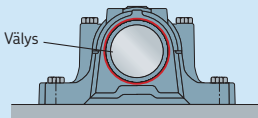
Kokoamisessa huomioitavaa:

- Laakerit, joiden asennussuunta on määrätty, eivät toimi väärin päin asennettuna oikealla tavalla.
- Esimerkki: Yksiriviset viistokuulalaakerit voivat ottaa vastaan aksiaalikuormitusta vain toisesta suunnasta. Mikäli laakeri on asennettu väärin päin, aksiaalikuormitus kohdistuu sisärenkaan vääriä puolelle vierintärataa, mikä vaurioittaa laakeria, aiheuttaa laakerin kuumenemisen ja johtaa ennenaikaiseen laakerivaurioon.

Toimenpiteet:

- Asennuksen tai kokoamisen aikana on varmistettava, että aksiaalinen kuormitus kohdistuu laakerin sisärenkaan oikealle puolelle vierintärataa.

22



## Epätasapainotila

Käytön aikana huomioitavaa:

- Epätasapainotila (pyörivä epätasapaino) voi aiheuttaa pyörivän kuormituksen laakerin ulkorenkaalle, mikä kuumentaa laakeria merkittävästi ja lisää laakerin kokonaiskuormitusta.

Toimenpiteet:

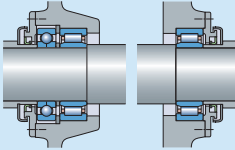
- Tarkista, ettei roottorissa ole likaa tai epäpuhtauksia.
- Suorita koneiston tasapainotus.
- Huomaa, että liian suuri laakeripesä aiheuttaa myös värähtelyä ja ulkorenkaan pyörimistä laakeripesässä.

Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

23



**Vääräntyyppinen laakeri on asennettu (säteittäisesti)**

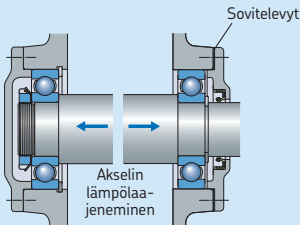
Suunnittelussa tai kokoamisessa huomioitavaa:

- Eräissä käyttökohteissa ohjaavan pään laakerijärjestelmä koostuu säteis- ja painelaakerista.
- Jos säteisvierintälaakeri on aksiaalisessa suunnassa kiinteä, siihen kohdistuu aksiaalinen kuormitus, jolloin kokonaiskuormitus on liian suuri. Tämä voi aiheuttaa ylikuumentumisen ja ennenaikaisen laakerivaurion.
- Jos aksiaalilaakeri on säteittäissuunnassa kiinteä, siihen kohdistuu säteittäinen kuormitus, jolloin kokonaiskuormitus on liian suuri. Tämä voi aiheuttaa ylikuumentumisen ja ennenaikaisen laakerivaurion.

Toimenpiteet:

- Varmista, että säteisvierintälaakeri on aksiaalisuunnassa vapaa, ja että painelaakeri on säteittäissuunnassa vapaa. Painelaakerin ulkorenkaan pyöriminen estetään kiilalla. Esimerkiksi nelipiteistökuulalaakerin ulkorenkaassa on yleensä kiilaurat.

24



**Laakerit ovat ristiinlukittuja, eikä akseli voi laajeta enempää**

Suunnittelussa tai kokoamisessa huomioitavaa:

- Kun laakerit ovat ristiinlukittuja ja akseli ei pääse laajenemaan riittävästi, molempiin laakereihin kohdistuu sisäinen aksiaalinen kuormitus.
- Kuormitus voi aiheuttaa käyttölämpötilan ja sisäisen kitkan nousua.
- Kuormitus voi olla raskasta ja johtaa ennenaikaiseen väsymisen aiheuttamaan kooriutumaa.

Toimenpiteet:

- Aseta sovitelevyjä laakeripesän ja kannen väliin siten, että kannen ja laakerin ulkorenkaan sivupinnan välissä on riittävä välys eikä laakeriin kohdistu aksiaalista kuormitusta.
- Mikäli mahdollista, pienennä laakerijärjestelmän aksiaalivälystä kohdistamalla aksiaalinen jousikuorma laakerin ulkorenkaaseen.
- Määrittämällä odotettu akselin lämpölaajenema voidaan laskea, kuinka suuri laakerin ulkorenkaan sivupinnan ja laakeripesän kannen välisen välkyksen on oltava.

25



**Liian kevyesti kuormitettujen vierintäelimien liukumisen aiheuttama tahmautumisvaurio**

Suunnittelussa huomioitavaa:

- Jotta laakerijärjestelmä toimii oikein ja tahmautumisvaurioita ei esiinny, kaikkiin kuula- ja rullalaakereihin on aina kohdistuttava tietty minimikuormitus (→ [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings)).
- Jos minimikuormitusta ei saavuteta, laakerin vierintäelimet voivat liukua koneen käydessä tai akselin pyöriessä. Tämä aiheuttaa kuumenemista ja melua. Erittäin jäykkien rasvojen käyttäminen voi edesauttaa tämän tilanteen muodostumista erityisesti erittäin kylmissä käyttöympäristöissä.

Toimenpiteet:

- Ulkoista kuormitusta on lisättävä tai on käytettävä jousikuormituslaitteita.
- On myös mahdollista, että on käytettävä eri laakerityyppiä tai laakeria, jossa on eri laakerivällys.
- Myös pienemmän laakerin käyttö voi tulla kyseeseen.

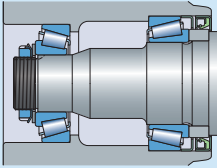


## Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

26



## Laakerin säätäminen aiheuttaa liian suuren esijännityksen

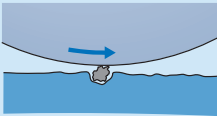
Asennuksessa tai kokoamisessa huomioitavaa:

- Laakerijärjestelmän aksiaalivälystä tai esijännitystä säädettäessä säätölaitteen (lukitusmutterin) ylikiristäminen voi johtaa liian suureen esijännitykseen ja käyttölämpötilan nousuun.
- Liian suuri esijännitys lisää myös laakereiden kitkamomenttia. Esimerkki: kartiorullalaakerit tai viistokuulalaakerit, yksi laakeri akselin kummassakin päässä.

Toimenpiteet:

- Kysy valmistajalta ohjeet järjestelmän aksiaalivälkyksen tai esijännityksen asettamiseen.
- Akselin liikkuminen aksiaalisuunnassa säätämisen (sen aikana ja sen) jälkeen voidaan mitata mittakellolla.

27



## Kiinteitä epäpuhtauksia pääsee laakeriin ja vierintäpintaan muodostuu painauma

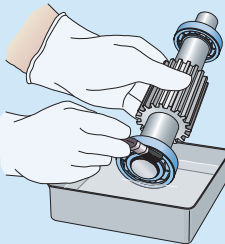
Käytön aikana huomioitavaa:

- Epäpuhtaudet voivat vaurioittaa laakerin vierintäpintoja, mikä aiheuttaa melu- ja värähtelytason kasvamista. Eräissä tapauksissa myös käyttölämpötila voi nousta.

Toimenpiteet:

- Tarkista tiivistejärjestelmä ja totea, onko
  - oikeaa tiivistettä käytetty
  - tiiviste asennettu oikein
  - tiiviste kulunut tai vaurioitunut ja onko voiteluainevuotoja.
- Voiteluvälillä on mahdollisesti lyhennettävä. Kun järjestelmään annostellaan useammin pienempi määrä tuoretta rasvaa, likainen rasva pääsee poistumaan laakerista ja laakeripesän aukosta (→ *Jälkivoitelu*, alkaen s. 192).
- Harkitse, kannattaako avoimet laakerit vaihtaa tiivistettyihin.

28



## Laakeripesässä on kiinteitä epäpuhtauspartikkeleita valmistuksen tai aiemman laakerivaurion jäljiltä

Puhdistamisessa ja kokoamisessa huomioitavaa asioita sekä tietoja voiteluaineiden puhtaudesta:

- Laakerin vierintäpinnoille voi tulla painaumia, kun kiinteitä epäpuhtauspartikkeleita jää laakeripesän edellisen laakerivaurion jälkeen, muiden osien, kuten hammasrattaiden, kulumisen vuoksi tai voiteluaineen epäpuhtauksien takia.
- Se voi aiheuttaa melu- ja värähtelytason sekä lämpötilan nousua.

Toimenpiteet:

- Poista jäysteet ja varmista, että kaikki koneistetut pinnat ovat tasaisia.
- Puhdista laakeripesä ja kaikki sen sisäpuolella olevat osat huolellisesti ennen uuden laakerin asentamista.
- Varmista, että käytettävä voiteluaine on puhdasta, ja ettei se sisällä epäpuhtauksia. (Rasva-astiat on suljettava ja varastoitava oikein.)

Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

29



**Nestemäiset epäpuhtaudet alentavat voiteluaineen viskositeettia**

Kokoamisessa ja voitelussa huomioitavaa sekä tietoja tiivistämisestä:

- Nestemäiset epäpuhtaudet alentavat voiteluaineen viskositeettia, mikä voi johtaa metalli-metallikontakteihin laakerin vierintäpinoilla.
- Lisäksi se voi aiheuttaa ruosteen muodostumisen laakereiden kosketuspinoille.
- Nämä tilanteet aiheuttavat lämpötilan ja melutason nousua sekä kiihdyttävät kulumista.

Toimenpiteet:

- Tarkista, että laakeripesän tiivisteet estävät nestemäisien epäpuhtauksien pääsyn laakeripesään riittävän tehokkaasti.
- Voiteluväliä on mahdollisesti lyhennettävä. Kun järjestelmään annostellaan useammin pienempi määrä tuoretta rasvaa, likainen rasva pääsee poistumaan laakerista ja laakeripesän aukosta (→ *Jälkivoitelu*, alkaen s. 192).

30



**Sisärengas pyörii akselilla**

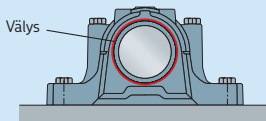
Huomioitavaa sovitteista ja laakerirenkaiden pyörimisestä sovitteilla:

- Useimmissa käyttökohteissa on pyörivä akseli, jossa kuormitus on yksisuuntaista. Tämä tarkoittaa, että sisärenkaalla on pyörivä kuormitus, jolloin akselin sovitteen on oltava tiukka, jotta laakerin ja akselin välistä liikkumista ei tapahdu. Laakereiden suorituskyky riippuu suuresti oikeanlaisen sovitteen käyttämisestä.
- Sisärengas voi kuitenkin pyöriä akselilla, mikäli se on kulunut tai halkaisijaltaan liian pieni.
- Tämä aiheuttaa melun ja tärinän voimistumista sekä kulumista.

Toimenpiteet:

- Akselisoite on pinnoitettava ja hiottava oikean kokoiseksi (→ *Laakerien säteittäinen aseointi*, alkaen s. 31).

31



**Ulkorenas pyörii laakeripesässä**

Kulunut tai halkaisijaltaan liian suuri laakerisija

Huomioitavaa sovitteista ja laakerirenkaiden pyörimisestä sovitteilla:

- Useimmissa käyttökohteissa on kiinteä laakeripesä, jossa kuormitus on yksisuuntaista. Tämä tarkoittaa, että ulkorenkaalla on tasainen kuormitus, jolloin akselin sovitteen on oltava tiukka, jotta ulkorenkaalla on tasainen kuormitus, jotta ulkorenkaalla on tasainen kuormitus, jotta ulkorenkaalla on tasainen kuormitus.
- Ulkorenas voi kuitenkin pyöriä laakeripesän sovitteella, mikäli sovitte on kulunut tai se on halkaisijaltaan liian suuri.
- Tämä aiheuttaa melun ja tärinän voimistumista sekä kulumista.

Toimenpiteet:

- Laakeripesän sovitte on pinnoitettava ja hiottava oikean kokoiseksi (→ *Laakerien säteittäinen aseointi*, alkaen s. 31).
- Suurissa laakeripesissä sovitte voidaan usein koneistaa läpimitaltaan suuremmaksi ja halkittaa tarvittaessa.

Epäsymmetrinen kuormitus

Huomioitavaa sovitteista ja laakerirenkaiden pyörimisestä sovitteilla:

- Pyörivän epätasapainotilan vallitessa akselilla kuormitus voi aiheuttaa ulkorenkaiden pyörimistä laakerisijoilla, vaikka sovitteet olisivatkin oikeat.

Toimenpiteet:

- Poista epätasapaino kohteesta.
- Suorita koneen tasapainotus.

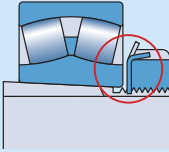


## Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

32



## Laakerin lukitusmutteri on löysällä akselilla tai kiristysholkilla

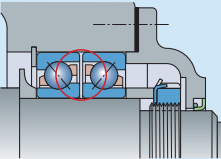
Asennuksessa tai kokoamisessa huomioitavaa:

- Löysällä oleva akselin tai kiristysholkin lukitusmutteri tai varmistinlaatta voi aiheuttaa laakerin irtoamisen laakerisijalta.
- Se voi johtaa sisärenkaan pyörimiseen laakerisijalla.
- Tämä voi lisätä laakerin muodostamaa melua ja lämpöä sekä johtaa laakerin virheeseen.

Toimenpiteet:

- Kiristä lukitusmutteri siten, että laakerin sisärenkas on oikeassa asemassa (ja laakerin sisäinen välys on oikea) (→ *Vierintälaakereiden asentaminen*, alkaen s. 44).
- Varmista, että lukitusmutteri on lukittu asennuksen jälkeen asianmukaisesti esimerkiksi varmistinlaatan kielekkeellä.

33



## Laakeri ei ole tiukasti painettuna viereistä komponenttia tai vastinpintaa vasten

Asennuksessa tai kokoamisessa huomioitavaa:

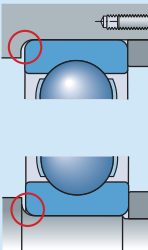
- Jos laakeri ei ole asianmukaisesti painettuna viereistä komponenttia tai vastinpintaa vasten, laakerivälitys tai esijännitys ei ehkä ole oikea.
- Tämä tilanne voi aiheuttaa melutason nousua ja heikentää laakerin suorituskykyä.

Esimerkkejä:

- Pari yhteensovitettuja viistokuulalaakereita, joiden otsapinnat eivät ole asianmukaisesti toisiaan vasten.
- Tämä voi kasvattaa laakeriparin aksiaalivälystä, mikä voi johtaa kuulan liukumisen aiheuttamaan vaurioon (tahmautuminen), melutason nousuun ja voiteluongelmiin.
- Lisäksi laakereiden virheellinen asema vaikuttaa akselin asemaan.

Toimenpiteet:

- Varmista, että molemmat laakerit ovat lukittuneena akselin olaketta tai väliholkkia vasten.



## Kulmapyöritys (pyörityssäde) on liian suuri

Asennuksessa tai kokoamisessa huomioitavaa:

- Jos viereisen komponentin kulmapyöritys on liian suuri, laakerin tuenta ei ole riittävä.
- Tämä voi johtaa laakerin renkaiden väännyntymiseen.
- Laakeri ei saavuta oikeaa sisäistä välystä (esijännitystä).

Toimenpiteet:

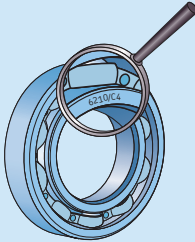
- Koneista kulmapyöritys siten, että tuenta on riittävä.

Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

34



Liian suuri säteittäinen tai aksiaalinen sisäinen välys

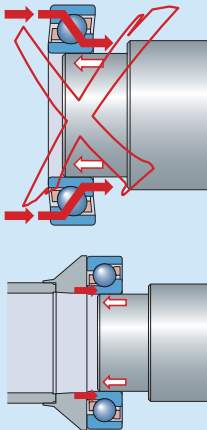
Käytön aikana huomioitavaa:

- Liian suuri säteittäinen tai aksiaalinen laakerivälys voi aiheuttaa melutason nousua, koska vierintäelimet pääsevät pyörimään vapaasti kuormitusalueen ulkopuolella.
- Lisäksi liian suuri välys voi heikentää laakerin suorituskykyä vierintäelimiä liukumisen vuoksi.

Toimenpiteet:

- Käyttämällä jousia tai jousialuslevyjä voidaan saada aikaiseksi riittävä aksiaalikuormitus, jotta vierintäelimet pysyvät kuormittuna koko ajan (tämä koskee yleensä kuulalaakereita).
- Tarkista tarvittava laakerin alkuvälys ja valitse eri välyksellä varustettu laakeri tarvittaessa.

35



Vierintäpinnoissa on osuman tai iskukuormituksen aiheuttamia painaumuksia (väärä asennustapa)

Suunnittelussa huomioitavaa:

- Useimmat laakerit asennetaan joko akselin tai laakeripesän ahdistussoviteella.

Asennuksessa huomioitavaa:

- Kohdista asennusvoima siihen laakerin renkaaseen, jolla ahdistusovite on. Jos asennusvoima kohdistetaan vierintäelimiin, vierintäpintoihin ja -elimiin voi tulla painaumuksia.
- Vauriot voivat aiheuttaa melu- ja värähtelytason sekä lämpötilan nousua.
- Laakeri todennäköisesti rikkoutuu ennenkaikaisesti.

Toimenpiteet:

- Vaihda laakeri.
- Älä koskaan iske mitään laakerin osaa suoraan vasaralla asennuksen aikana. Käytä aina asennusholkkia- tai tuurnaa.
- Tarkista asennusohjeet ja varmista, ettei asennusvoimaa kohdisteta laakerin vierintäelimiin (→ *Asennus kylmänä*, alkaen s. 53).
- Käytä laakereiden asennustyökalua. (SKF:n laakereiden iskuholkkisarja on erittäin käyttökelpoinen työkalu pienille laakereille.)

36



Vierintäpinnoissa on värähtelyn aiheuttamia jälkiä

Käytön aikana huomioitavaa:

- Vierintäpinnoille voi muodostua värähtelyjälkiä, kun muiden koneiden aiheuttama värähtely kohdistuu laakeriin, joka ei pyöri. Tällainen vaurio muodostuu yleensä kuormitusalueelle. Se voidaan tunnistaa painumista, jotka vastaavat vierintäelimiä jakoa.
- Tämä yleinen ongelma aiheuttaa melua koneessa, joka on pysäytetty (esimerkiksi varajärjestelmän kone) lähellä toista, pyörivää konetta pitkän aikaa.

Toimenpiteet:

- Pyöritä pysäytettyä olevan koneen akselia säännöllisesti, jotta värähtelyn vaikutukset ovat mahdollisimman pienet.
- Varsinainen ratkaisu olisi koneen eristäminen värähtelyltä, mutta se ei aina ole mahdollista.
- → *Laakerivauriot ja niiden syyt*, alkaen s. 288.

## Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

37

**Vierintäpinnoilla on materiaalin väsymisen aiheuttamia kuorutumia**

Käytön aikana huomioitavaa:

- Laadukkaiden vierintälaakereiden puhdas materiaalin väsyminen on nykyään harvinaista.
- Väsymisestä aiheutuva kuoriuma on seurausta normaalista poikkeavista käyttöolosuhteista, jotka johtavat rasituksen kasvamiseen laakerissa. Syitä voivat olla linjausvirheet, soikea pesä/akseli tai materiaali- ja virheet, kuten sulkeumat tai heikkolaatuinen teräs.

Toimenpiteet:

- Käytä vain laadukkaita laakereita.
- Tarkista, onko vaurioituneessa laakerissa merkkejä linjausvirheestä. Suorita linjaus tarvittaessa.
- Tarkista, onko vaurioituneessa laakerissa merkkejä soikeasta pesä- tai akselisovitteesta. Korjaa ja koneista sovitteet tarvittaessa.
- → *Laakerivauriot ja niiden syyt*, alkaen s. 288.

38

**Vierintäpinnoilla on materiaalin pinnasta alkaneen väsymisen aiheuttamia kuorutumia**

Käytön aikana huomioitavaa:

- Puutteellinen voitelu johtaa metalli-metallikontakteihin vierintäpinnoilla.
- Mahdollisia syitä ovat muun muassa: liian alhainen viskositeetti käyttölämpötilassa, osien kulumisen aiheuttamat epäpuhtauspartikkelit sekä ulkoisten epäpuhtauksien pääsy järjestelmään.

Toimenpiteet:

- Tarkista voiteluaineen käytönaikainen viskositeetti ja huomioi todelliset käyttöolosuhteet.
- Kulumisen aiheuttamien epäpuhtauspartikkelien vaikutusta voidaan vähentää käyttämällä tiheämpiä voiteluvälejä.
- Tarkista tiivistejärjestelmän kunto.
- → *Laakerivauriot ja niiden syyt*, alkaen s. 288.

**Vierintäpinnoilla on pinnan väsymisen aiheuttamia kuorutumia**

Asennuksessa tai käytössä huomioitavaa:

- Pinalähtöisiä vaurioita ovat muun muassa iskun aiheuttamat painaumat, tärinävauriot, veden aiheuttama etsaantuma, epäpuhtauspartikkelien aiheuttamat painaumat sekä sähkövirran kulkeminen laakerin läpi.

Toimenpiteet:

- Määritä vaurion aiheuttaja ja suorita tarvittavat toimenpiteet: estä iskujen kohdistuminen vierintäelimiin asennuksen aikana, estä epäpuhtauksien joutuminen järjestelmään vaihtamalla tiivisteet, maadoita koneet asianmukaisesti jne.
- → *Laakerivauriot ja niiden syyt*, alkaen s. 288.

## Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

## Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

39

**Kemiallisen tai nestemäisen epäpuhtauksien (veden, hapon, kaasujen tai muiden korroosiota aiheuttavien aineiden) aiheuttama vierintäpintojen söpöyminen**

Seisokin aikana:

- Söpöymistä (korroosiota) tapahtuu, kun kone on pysäytetty. Tämä on yleisintä rasvavoidelluissa laakereissa.
- Seisontakorrosio (etsaantumat, söpöymät) ja vauriot ilmenevät yleensä vierintäelimiä kohdalle.

Toimenpiteet:

- Tarkista tiivistejärjestelmä.
- Tehosta tiivistejärjestelmän suojausta asentamalla suoja ja/tai roiskelevy.
- Kun järjestelmään annostellaan useammin pienempi määrä tuoretta rasvaa, likainen rasva pääsee poistumaan laakerista ja laakeripesän aukosta (→ *Jälkivoitelu*, alkaen s. 192).
- Pyöritä akselia säännöllisesti, jotta seisontakorrosion vaikutukset ovat mahdollisimman pienet.
- → *Laakerivauriot ja niiden syyt*, alkaen s. 288.

40

**Vierintäpinnoissa ja/tai -elimissä on mikrokuoriumia**

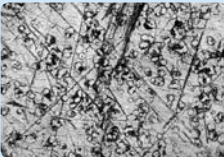
Käytön aikana:

- Vierintäpintojen mikrokuoriutumat johtuvat joko korroosiota aiheuttavista epäpuhtauksista tai sähköön läpivirtauksesta (sähköisestä eroosiosta).
- Aiheuttajasta riippumatta tuloksena on melu- ja värähtelytason nousu.

Toimenpiteet:

- → Ratkaisukoodit 39 ja 41.
- → *Laakerivauriot ja niiden syyt*, alkaen s. 288.

41

**Vierintäpinnoissa ja/tai -elimissä on mikrokraatereita**

Käytön aikana:

- Vuotovirrat (sähköinen eroosio) eli laakerin läpi kulkeva sähköpurkaus voi aiheuttaa pienen kraatterien muodostumisen vierintäpinnoille. Kraatterit ovat niin pieniä, että niiden erottaminen paljalla silmällä on vaikeaa. SKF-sähköpurkausdetektorit auttaa havaitsemaan koneissa olevan purkausvirran. Detektoria voidaan käyttää koskettamatta mitattavaa kohdetta.

Toimenpiteet:

- Suurennusalue 500–1 000 × auttaa havaitsemaan vierintäpintojen kraatterit.
- → *Laakerivauriot ja niiden syyt*, alkaen s. 288.

**Pyykkilautakuvio**

Käytön aikana:

- Pyykkilautakuvion muodostuminen vierintäpinnoille on yleensä sähköön läpivirtauksen aiheuttama toissijainen vaurio.
- Eräissä tapauksissa pinnoilla voi olla käytönaikaisen värähtelyn seurauksena pyykkilautakuvio.
- Laakerin läpi kulkeva sähköpurkaus voi aiheutua maadoitusongelmasta, taajuusmuuttajasta, kaapeloinnista, moottorin rakenteesta tai käytettävistä koneista.

Toimenpiteet:

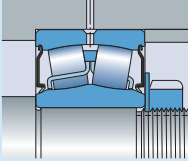
- Varmista, että koneet on maadoitettu oikein.
- Mikäli asianmukainen maadoitus ei ratkaise ongelmaa, ratkaisuvaihtoehtoja ovat eristepinnoitetut INSO-COAT-laakerit, keraamisilla vierintäelimillä varustetut hybridilaakerit sekä eristysholkin käyttäminen laakeripesän reiässä.
- → *Laakerivauriot ja niiden syyt*, alkaen s. 288.

## Vikatilanteet ja niiden korjaaminen

Ratkaisu-  
koodi

Vaurio / käytännön korjaustoimenpiteet

42



**Lukituslevyn kielekkeet ovat taipuneet ja ne osuvat laakerin pitimeen tai tiivisteisiin**

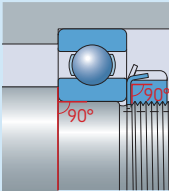
Asennuksessa tai kokoamisessa huomioitavaa:

- Eräissä lukituslevyissä on taivutettavat kielekkeet, jotka voivat rikkoa laakerin pitimeen tai tiivisteet, aiheuttaa melua sekä kiihdyttää kulumista ja vaurioiden syntymistä.
- Käytettyjen lukituslevyjen lukituskieleke tai pyörimisen estävä kieleke voi olla vaurioitunut siten, että sitä ei voida havaita silmällä. Tällainen kieleke voi vaurioitua käytön aikana.

Toimenpiteet:

- Älä koskaan käytä lukituslevyjä tai muttereita uudelleen.
- Huomaa, että KMFE-lukitusmuttereissa on sisäänrakennettu välirengas, joka estää tällaiset vauriot. Vaihtoehtoisesti laakerin ja lukitusmutterin väliin voidaan asettaa välirengas.

43



**Akselin ja/tai laakeripesän olakkeet vinossa laakerisijaan nähden**

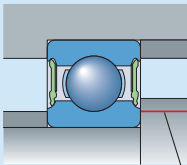
Huomioitavaa koneistetuista olakkeista asennuksen ja kokoamisen aikana:

- Vinossa olevat akselin ja/tai laakeripesän olakkeet voivat vääntää laakerin renkaita, mikä lisää laakerin kitkamomenttia ja muodostaa lämpöä.
- → Ratkaisukoodit **19** ja **20**.

Toimenpiteet:

- Koneista osat kohtisuoriksi.

44



Oikea korkeus

**Akselin olake on liian korkea (halkaisija), mikä rikkoor tiivisteet/suojalevyt**

Huomioitavaa koneistetuista olakkeista asennuksen aikana tai käytössä:

- Jos olake on liian korkea (halkaisija), se voi rikkoa tiivisteet/suojalevyt.

Toimenpiteet:

- Tarkista, että olakkeen halkaisija vastaa suosituksia, jotka ovat osoitteessa [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).
- Koneista akselin olake siten, että se ei osu tiivisteisiin/suojalevyihin.





# Irrottaminen

<b>Vierintälaakerien irrottaminen</b> . . . . .	<b>254</b>	<b>Laakeriyrksiköiden irrottaminen</b> . . . . .	<b>270</b>
Huomioitavat asiat . . . . .	254	Huomioitavat asiat . . . . .	270
Esivalmistelut ennen irrottamista . . . . .	254	Esivalmistelut ennen irrottamista . . . . .	271
Asianmukaiset irrotusmenetelmät . . . . .	255	Pidätinruuvilukituksella varustettujen	
Lieriöakselisovittele asennetun laakerin		Y-laakeriyrksiköiden irrottaminen . . . . .	272
irrottaminen . . . . .	256	Epäkeskisellä lukkorengaskiinnityksellä	
Mekaaninen irrottaminen . . . . .	256	varustettujen Y-laakeriyrksiköiden	
Irrottaminen hydraulivusteisella		irrottaminen . . . . .	273
ulosvetäjällä . . . . .	257	Kiristysholkille asennettujen	
Irrottaminen paineöljymenetelmällä . . . . .	258	Y-laakeriyrksiköiden irrottaminen . . . . .	274
Irrottaminen prässillä . . . . .	258	SKF ConCentra -kuulalaakeriyrksiköiden	
Irrottaminen lämmittämällä . . . . .	258	irrottaminen . . . . .	275
Kartioakselille asennetun laakerin		SKF ConCentra -rullalaakeriyrksiköiden	
irrottaminen . . . . .	259	irrottaminen . . . . .	276
Mekaaninen irrottaminen . . . . .	260	Lieriömäisellä lukkorengaalla	
Irrottaminen hydraulivusteisella		varustettujen rullalaakeriyrksiköiden	
ulosvetäjällä . . . . .	260	irrottaminen . . . . .	276
Irrottaminen paineöljymenetelmällä . . . . .	260		
Kiristysholkille asennetun laakerin		<b>Laakeripesien irrottaminen</b> . . . . .	<b>278</b>
irrottaminen . . . . .	260	Huomioitavat asiat . . . . .	278
Mekaaninen irrottaminen:		Esivalmistelut ennen irrottamista . . . . .	278
olakkeettomat akselit . . . . .	262	Pystylaakeripesien irrottaminen . . . . .	280
Mekaaninen irrottaminen:		Laippalaakeripesien irrottaminen . . . . .	282
olakkeelliset akselit . . . . .	262		
Irrottaminen hydraulimutterilla . . . . .	262	<b>Tiivisteiden irrottaminen</b> . . . . .	<b>284</b>
Irrottaminen paineöljymenetelmällä . . . . .	264	Hankaamattomien tiivisteiden	
Vetoholkille asennetun laakerin		irrottaminen . . . . .	284
irrottaminen . . . . .	264	Hankaavien tiivisteiden irrottaminen . . . . .	284
Mekaaninen irrottaminen . . . . .	264		
Irrottaminen hydraulimutterilla . . . . .	266		
Irrottaminen paineöljymenetelmällä . . . . .	266		
Laakerin irrottaminen kiinteästä			
laakeripesästä . . . . .	267		
Mekaaninen irrottaminen . . . . .	267		
Irrottaminen paineöljymenetelmällä . . . . .	268		
Irrottaminen lämmittämällä . . . . .	269		
Laakerin irrottaminen samanaikaisesti			
akselilta ja kiinteästä laakeripesästä . . . . .	269		

# Vierintälaakerien irrottaminen

### Huomioitavat asiat

Hyväkuntoisenkin laakerin vaurioituminen on mahdollista irrottamisen aikana. Sen vuoksi kunnossa olevaa laakeria ei tule irrottaa tarpeettomasti. Jos näin on kuitenkin toimittava ja laakeria aiotaan käyttää vielä irrotuksen jälkeen, muista seuraavat asiat:

- Älä kohdistu laakerin renkaisiin tai sen muihin osiin suoraa iskuja.
- Irrotusvoima ei saa koskaan kohdistua suoraan vierintäelimiin.
- Älä lämmitä laakeria avoliekillä.

Vierintälaakereiden irrotustyökalut ja -menetelmät riippuvat usein laakerin koosta. Yleisesti laakerit voidaan luokitella seuraavasti:

- pienet laakerit: reiän halkaisija  $d \leq 80$  mm
- keskikokoiset laakerit: reiän halkaisija  $80 \text{ mm} < d < 200$  mm
- isot laakerit: reiän halkaisija  $d \geq 200$  mm

Pese laakeri irrottamisen jälkeen sopivalla liuotimella ja kuivaa se sitten huolellisesti. Tarkasta kaikki laakerin osat, erityisesti vierintäpinnat ja -elimet sekä pidin, ja etsi merkkejä kulumisesta tai vaurioista. Jos laakeria voidaan edelleen käyttää, suojaa se korroosiolta levittämällä laakerin kaikille pinnoille rasvaa, öljyä tai korroosio-suoja-ainetta. Paketoi laakeri.

Pieniä tiivistettyjä laakereita sekä erittäin likaisia tai hapettuneen voiteluaineen peittämiä laakereita ei yleensä kannata puhdistaa. Normaalisti on kustannuksien kannalta järkevämpää hävittää vanha laakeri ja asentaa uusi.

**HUOM.:** Merkitse laakerin asennusasento laakeripesässä (tai akselilla) (→ **kuva 1**) ennen laakerin irrottamista. Kun ehjä laakeri asennetaan uudelleen, pyörimätöntä rengasta kääntään yleensä 120–180°, jotta uusi vierintäpinnan osa olisi kuormitusalueen kohdalla.

SKF-kunnossapitotuotteiden valikoimaan kuuluu erilaisia irrotustyökaluja ja -tuotteita (→ **liite 0**, alkaen **s. 435**). SKF-irrotusöljyä voidaan käyttää apuna, kun irrotustyössä käytetään hydraulivusteisia työkaluja tai paineöljymenetelmää. Lisätietoja on osoitteessa [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) tarjoaa laajan valikoiman erilaisia irrotustekniikoita käsitteleviä koulutuksia (→ **Koulutus**, alkaen **s. 326**). Lisätietoja on saatavana SKF:n paikalliselta edustajalta tai osoitteesta [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

### Esivalmistelut ennen irrottamista

Huolellisilla valmisteluilla voidaan helpottaa irrotustyötä. Mikäli rakennepiirustukset ovat käytettävissä, tarkista niistä laakerijärjestelmän kokoonpano. Suorita seuraavat toimenpiteet ennen töiden aloittamista:

- Puhdistu kohde ja sen ympäristö huolellisesti.
- Varaa sopivia astioita voiteluainenyhteiden ottamista ja käytetyn voiteluaineen talteenottoa varten.
- Varaa sopivaa liuotinta, kuten kerosiinia, raa-kaöljypohjaista liuotinta tai vahvasti emäksistä liuosta ja puhdistu sillä akseli, laakeripesä ja laakeri, mikäli sitä käytetään uudelleen.

**HUOM.:** Ympäristönsuojelluksista syystä SKF ei suosittele minkäänlaisien kloorattujen liuotimien käyttämistä.

### Asianmukaiset irrotusmenetelmät

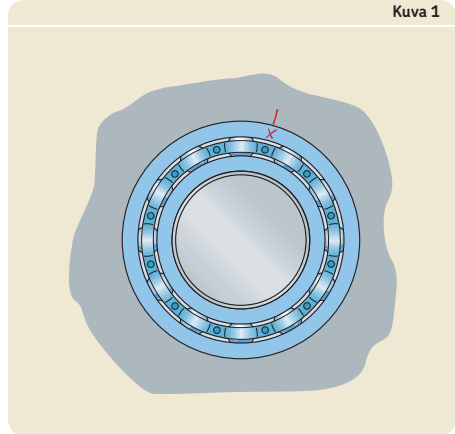
SKF suosittelee käyttämään jotakin seuraavista menetelmistä laakereiden irrottamiseen:

- mekaaninen irrottaminen
- irrottaminen hydraulivusteisilla työkaluilla
- irrottaminen paineöljymenetelmällä
- irrottaminen lämmittämällä.

Valittu menetelmä riippuu suuresti laakerin koosta ja tyypistä. Pienet laakerit voidaan irrottaa sijoiltaan mekaanisilla työkaluilla. Suurempien laakereiden irrottamisessa tarvitaan yleensä mekaanisia työkaluja enemmän voimaa. Sen vuoksi SKF suosittelee käyttämään joko hydraulivusteisia työkaluja, paineöljymenetelmää tai molempia.

Lämmitysrenkaita tai erityisiä induktiolämmittimiä voidaan käyttää neulalaakereiden sekä NU- NJ- ja NUP-lieriörullalaakereiden sisärenkaiden irrottamiseen. Muiden laakerityyppien kanssa lämmittämistä tulee pitää viimeisenä irrotuskeinona.

Paineöljymenetelmän käyttäminen edellyttää, että laakeroinnissa on tarvittavat öljykanavat ja -urat (→ liite G, sivu 405).



### Lieriöakselisovitteelle asennetun laakerin irrottaminen

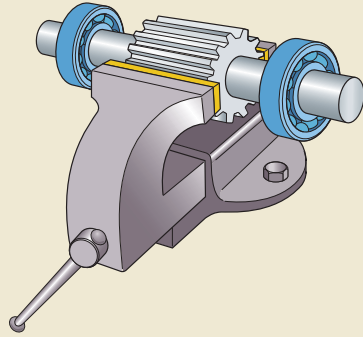
#### Mekaaninen irrottaminen

Mikäli mahdollista, tue akseli soveltuvalla ruuvipuristimella (→ **kuva 2**), jotta akseli tai laakeri ei vaurioidu irrottamisen aikana.

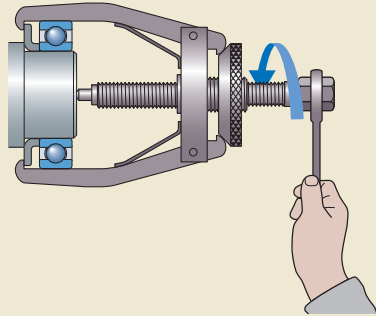
Pienet laakerit voidaan irrottaa akselilta mekaanisella ulosvetäjällä. Ulosvetäjän kynnet on asetettava sisärenkaan tai sen vieressä olevan osan (esimerkiksi labyrinthitiivisteeseen) kohdalle (→ **kuva 3**).

Mikäli ei ole mahdollista asettaa leukoja edellä kuvatulla tavalla, laakeria on vedettävä ulkorengasta. Laakerin irrotuksen aiheuttamien vaurioiden estämiseksi SKF suosittelee pyörittämään ulkorengasta irrotuksen aikana (→ **kuva 4**). Jos tätä tekniikkaa käytetään, SKF ei suosittele käyttämään laakeria uudelleen.

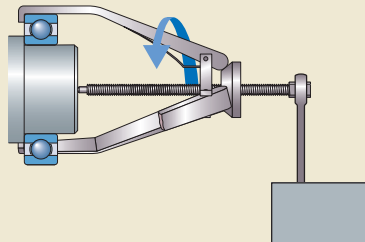
Kuva 2



Kuva 3



Kuva 4



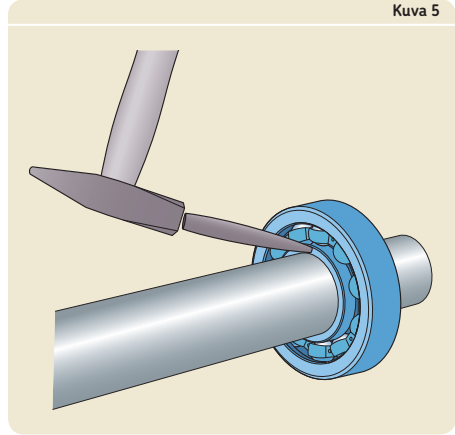
Kuva 5

Jos sopivaa ulosvetäjää ei ole käytettävissä, laakerin irrottamiseen sijaltaan voidaan käyttää vasaraa ja pehmeästä metallista valmistettua lyöntituurnaa. Naputtele tuurnaa kevyesti vasaralla tasaisesti koko sisärenkaan otsapinnan matkalta (→ kuva 5). Tätä tekniikkaa käytettäessä on oltava hyvin varovainen, sillä akseli voi helposti vaurioitua. Lisäksi SKF ei suosittele käyttämään tällä tavoin irrotettua laakeria uudelleen, koska siinä voi olla piileviä vaurioita.

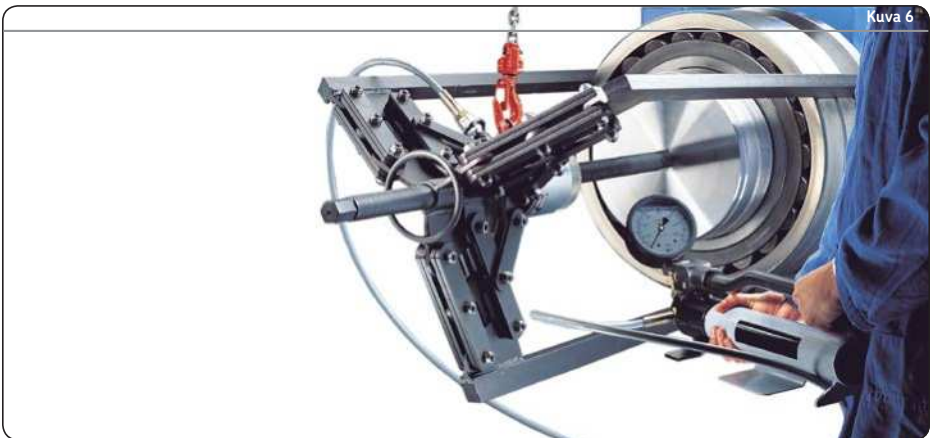
### Irrottaminen hydraulivasteisella ulosvetäjällä

Ahdistussovitteella akselille asennettujen laakereiden irrottamiseen tarvittava voima lisääntyy huomattavasti laakerin koon kasvaessa. Sen vuoksi SKF suosittelee hydraulisen ulosvetäjän (→ kuva 6) käyttämistä suurien laakereiden irrottamiseen. Näitä ulosvetäjiä on tavallisesti saatavana laakereille, joiden ulkohalkaisija on enintään 500 mm. Noudata ulosvetäjän mukana toimitettuja käyttöohjeita.

SKF:n valikoimaan kuuluu myös hydraulisia ulosvetosarjoja pienien ja keskikokoisten laakereiden irrottamiseen.



Kuva 6



## Irrottaminen

### Irrottaminen paineöljymenetelmällä

Paineöljymenetelmää voidaan käyttää lieriöreikäisien laakereiden irrottamiseen. Paineöljymenetelmässä akselin laakerisijan ja laakerin sisärenkaan reian väliin injektoidaan korkealla paineella öljyä, jonka viskositeetti on noin  $900 \text{ mm}^2/\text{s}$  lämpötilan ollessa  $20 \text{ °C}$  ( $70 \text{ °F}$ ), kunnes öljykalvo irrottaa pinnat kokonaan toisistaan (→ kuva 7). Jos laakeri pystytään irrottamaan nopeasti ja keskeytyksettä, irrottamiseen tarvitaan suhteellisen vähän voimaa.

### Irrottaminen prässillä

Akselin päähän sijoitettu prässä/tunkki on käytännöllinen tapa irrottaa laakeri akseliilta. Tässä tapauksessa laakerin sisärenkas on tuettava (→ kuva 8).

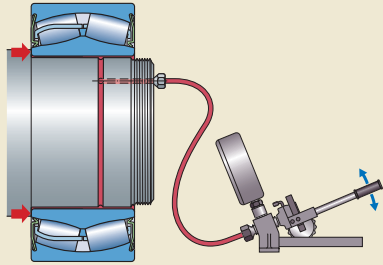
### Irrottaminen lämmittämällä

Irrottaminen lämmittämällä on sopiva menetelmä neulalaakereiden sekä NU- NJ- ja NUP-lieriörullalaakereiden sisärenkaiden irrottamiseen. Tähän tarkoitukseen sopivia työkaluja ovat lämmitysrenkaat ja induktiolämmittimet.

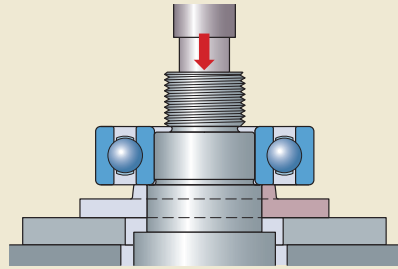
Lämmitysrenkaita käytetään yleensä keskenään samankokoisten pienien tai keskikokoisten laakereiden sisärenkaiden asentamiseen ja irrottamiseen.

Lämmitysrenkaat on valmistettu kevytmetallista. Niissä on säteittäiset urat ja lämpöeristetyt kahvat (→ kuva 9). Irrottaminen on helppoa. Levitä laakerin sisärenkaan vierintäpinnalle hapettumisen estävää voiteluainetta. Aseta lämmitysrenkas lämmityslevylle ja kuumenna rengasta, kunnes sen lämpötila on noin  $280 \text{ °C}$  ( $540 \text{ °F}$ ). Aseta kuumennettu rengas laakerin sisärenkaan ympärille ja paina kahvat yhteen. Lämpö siirtyy nopeasti sisärenkaaseen. Kun sisärenkas irtaa sovitteeltaan, vedä sekä työkalu että sisärenkas pois akseliilta. Irrota sitten sisärenkas työkalusta.

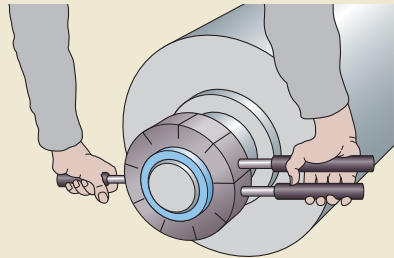
Kuva 7



Kuva 8



Kuva 9

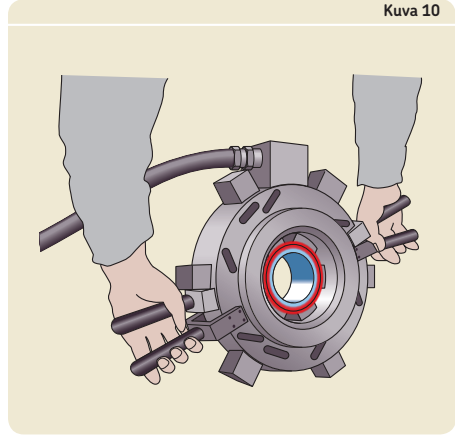


Kuva 10

Jos erikokoisia sisärenkaita on irrotettava usein, SKF suosittelee käyttämään säädettävää induktiolämmitintä. Nämä sähköiseen induktioon perustuvat lämmittimet (→ **kuva 10**) lämmittävät sisärenkaan nopeasti ilman, että akseli lämpenee lainkaan. Jos sisärenkasta käytetään uudelleen, sille on irrotuksen jälkeen suoritettava magneetoimin poisto.

Jos keskikokoisien ja suurien lieriörullalaakereiden, kuten valssaaomoiden valssiakselitappien laakereiden, sisärenkaita on irrotettava usein, SKF suosittelee käyttämään kiinteää induktiolämmitintä.

Lämmitysrenkaita ja induktiolämmittimiä on saatavana SKF:ltä. Lisätietoja on osoitteessa [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).



### Kartioakselille asennetun laakerin irrottaminen

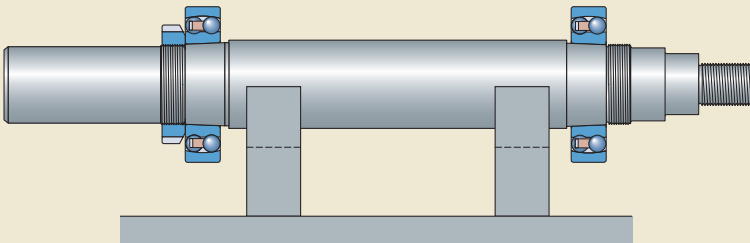
Tue akseli asianmukaisesti, jotta akseli tai laakeri ei vaurioidu irrottamisen aikana. Käytä sopivan kokoista ruuvipuristinta, kahta V-urakiinnitintä (→ **kuva 11**) tai taljaa.

#### **VAROITUS**

Vakavan loukkaantumisen välttämiseksi akselin päähän on kiinnitettävä varmistukseksi esimerkiksi lukitusmutteri, joka rajoittaa laakerin liikkumista sen vapautuessa.

Kuva 11

10



## Irrottaminen

### Mekaaninen irrottaminen

Pienet laakerit voidaan irrottaa mekaanisella ulosvetäjällä, joka ottaa tartunnan sisärenkaan otsapinnalta. Toimenpide voidaan suorittaa helposti ja laakerisijaa vaurioittamatta käyttämällä jousitoimisilla jaloilla varustettua itsekeskittävää ulosvetäjää.

Jos ulosvetäjän kynsiä ei voida kiinnittää sisärenkaaseen, irrota laakeri ulkorenkaasta vetämällä tai käytä ulosvetäjän kanssa vetolevyä (→ kuva 12).

### Irrottaminen hydraulivusteisella ulosvetäjällä

Kartioakselille asennettujen suurien laakereiden irrottamisessa tarvitaan yleensä huomattavan paljon voimaa, minkä vuoksi irrotuksessa on käytettävä hydraulivusteista ulosvetäjää (→ kuva 6, sivu 256). Näitä ulosvetäjiä on tavallisesti saatavana laakereille, joiden ulkohalkaisija on enintään 500 mm.

### Irrottaminen paineöljymenetelmällä

Keskikokoisien ja suurien laakereiden irrottaminen kartiomaisilta akseleilta on helpompaa ja turvallisempaa, kun käytetään paineöljymenettelmää. Tässä menetelmässä kahden kartiomaisen vastinpinnan väliin injektoidaan öljykanavan ja -uran kautta korkealla paineella öljyä, jonka viskositeetti on noin 900 mm<sup>2</sup>/s, kun lämpötila on 20 °C (70 °F). Tämä vähentää kahden pinnan välistä kitkaa merkittävästi ja kehittää aksiaalisen voiman, joka irrottaa laakerin sijaltaan (→ kuva 13).

### VAROITUS

Vakavan loukkaantumisen välttämiseksi akselin päähän on kiinnitettävä varmistukseksi esimerkiksi lukitusmutteri, joka rajoittaa laakerin liikkumista sen vapautuessa.

### Kiristysholkille asennetun laakerin irrottaminen

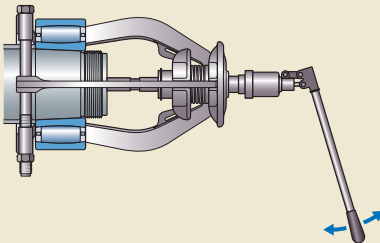
Kiristysholkille asennetun laakerin irrottamismenetelmä riippuu seuraavista tekijöistä:

- laakerin koko
- järjestelmätyyppi: suora tai olakkeellinen akseli (→ kuva 14)
- kiristysholkin rakenne: mahdolliset öljykanavat ja paineöljyurat (→ kuva 15).

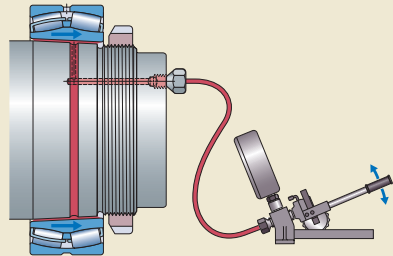
Kaikissa tapauksissa irrottaminen aloitetaan seuraavasti (→ kuva 16):

- Poista ylimääräinen voiteluaine ja pyyhi osat.

Kuva 12

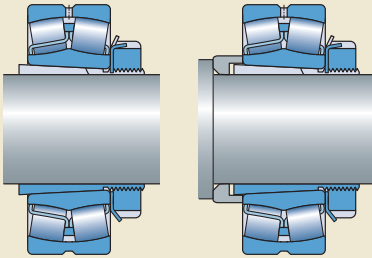


Kuva 13

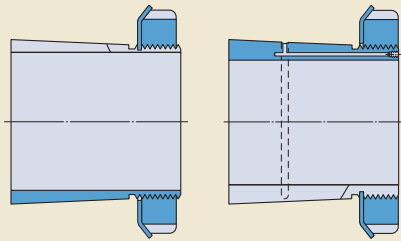




Kuva 14

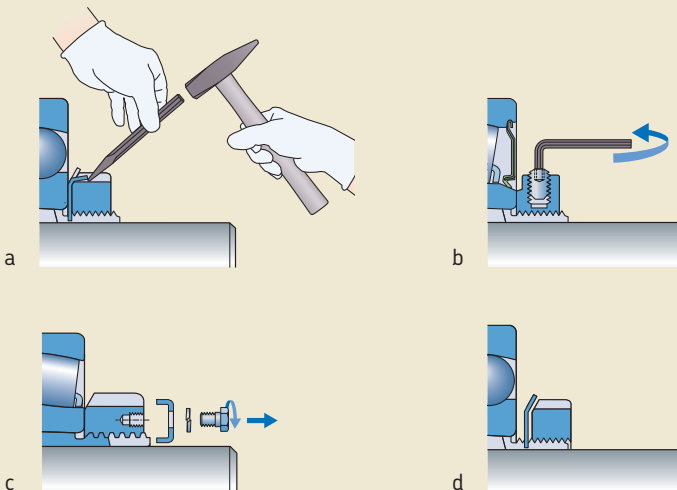


Kuva 15



- Valitse seuraava toimenpide lukitustyyppistä riippuen:
  - Käännä varmistinlaatan taivutettu kieleke pois lukitusmutterin urasta (a).
  - Löysää lukitusmutterin pidätinruuvia (b).
  - Irrota mutterivarmistin (lukituspala) lukitusmutterista (c).
  - Löysää lukitusmutteria muutama kierros (d).

Kuva 16



## Irrottaminen

### Mekaaninen irrottaminen: olakkeettomat akselit

Kiristysholkille ja sileälle akselille asennetut pienet laakerit voidaan irrottaa käyttämällä pientä lyöntituurnaa ja lyömällä sitä sopivan kokoisella vasaralla tasaisesti koko sisärenkaan sivupinnan matkalta (→ **kuva 17**). Ennen tätä on löysätävä holkin lukitusmutteria muutama kierros. Merkitse holkin asema akselille kokoamisen helpottamiseksi. Kun laakeri irtoaa, irrota lukitusmutteri, varmistinlaatta, laakeri ja holkki akselilta. Irrottamisen helpottamiseksi kiristysholkkia kannattaa levittää hieman asettamalla pieni muovikiila tai ruuvitaltta holkin aukkoon.

**HUOM.:** Lyöntituurna **kuva 18** on sorvatus renkaan muotoisen teräskappaleen osa, joka on helppo tehdä osoitteessa [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings) olevien tuotetaulukoiden mittojen mukaisesti.

### Mekaaninen irrottaminen: olakkeelliset akselit

Kiristysholkille ja olakkeelliselle akselille asennetut pienet laakerit voidaan irrottaa parilla terävällä vasaraniskulla kiristysholkin lukitusmutteria vasten olevaan iskuholkkiin (→ **kuva 19**). Kun laakeri irtoaa, irrota lukitusmutteri, varmistinlaatta ja laakeri sekä vedä kiristysholkki ja tukirengas pois akselilta. Irrottamisen helpottamiseksi kiristysholkkia kannattaa levittää hieman asettamalla pieni muovikiila tai ruuvitaltta holkin aukkoon.

**HUOM.:** Käytä SKF:n laakereiden asennustyökalusarjaa (iskuholkkisarja), jos akselin halkaisija on ≤ 55 mm (→ **sivu 72**).

### Irrottaminen hydraulimutterilla

Kiristysholkille ja olakkeelliselle akselille asennetut laakerit voidaan irrottaa helposti hydraulimutterilla. Tämän menetelmän käyttäminen edellyttää kuitenkin, että hydraulimutterin männälle täytyy olla vastinpinta, jota vasten laite tuetaan (→ **kuva 20**). Vastinpinta tai tuki voi olla akselin päähän kiinnitetty laatta tai levy tai akselin uraan kiinnitetty kaksiosainen rengas, jota yhtenäinen rengas pitää paikallaan.

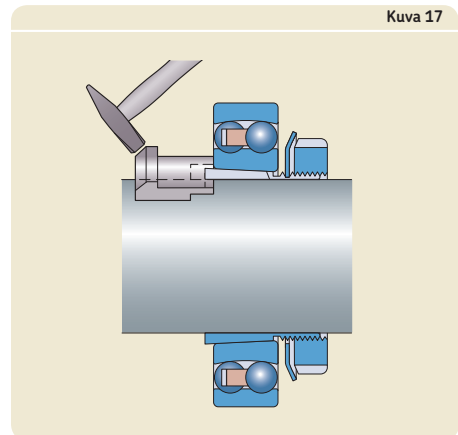
Aseta hydraulimutteri kiristysholkkia vasten siten, että mäntä osoittaa ulospäin. Varmista, että laakerin ja mutterin välissä on rako, joka on suurempi kuin alkuperäinen aksiaalisiirtymä. Kytke hydraulipumppu hydraulimutteriin. Kun öljy pumpataan hydraulimutteriin, mäntä työn-

tää tukirenkaan alla olevaa kiristysholkkia, kunnes laakeri irtoaa.

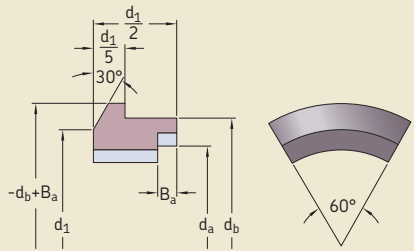
Hydraulimutteri tyhjenetään avaamalla hydraulipumpun vapautusventtiili ja työntämällä mäntä takaisin aloitusasentoon kiertämällä mutteria holkin kierteillä. Irrota sitten hydraulipumpun liittimet ja vastinpinta. Kierrä lopuksi mutteri pois holkin päältä ja irrota sekä laakeri että holkki akselilta.

**HUOM.:** Tarkempia tietoja SKF-hydraulimuttereista on kohdassa *Hydraulityökalut*, alkaen **sivulta 73**. Hyödyllisiä ohjeita on kohdassa *Paineöljymenetelmä* alkaen **sivulta 62**.

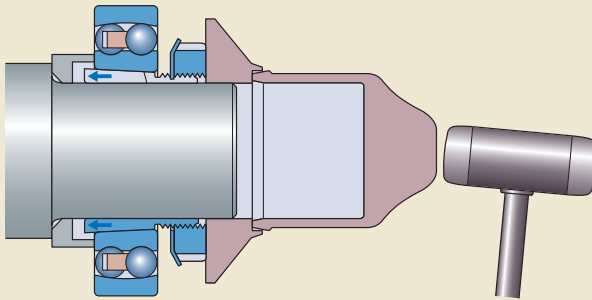
Kuva 17



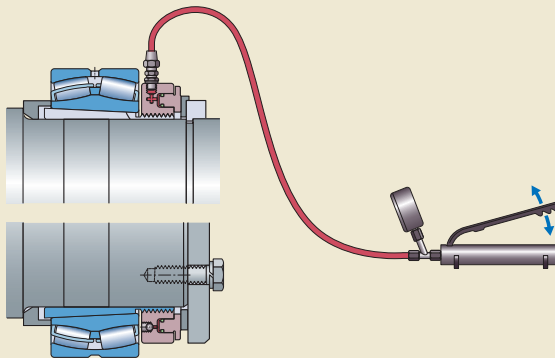
Kuva 18



Kuva 19



Kuva 20



## Irrottaminen

### Irrottaminen paineöljymenetelmällä

Öljykanavilla ja paineöljyurilla varustetut kiristysholkit helpottavat irrotusta, koska niiden kanssa voidaan käyttää paineöljymenetelmää (→ **kuva 21**). SKF-kiristysholkit, joiden reiän halkaisija on  $\geq 200$  mm, on varustettu paineöljykanavilla. Holkeille, joiden halkaisija on  $\geq 140$  mm ne voidaan tehdä erikseen pyydettäessä.

Irrota ensin lukitusmekanismi ja löysää lukitusruuvia muutama kierros. Puhdista sitten holkin sivupinnassa oleva kierteitetty liitäntäreikä. Kytke hydraulipumppu sopivalla liittimellä ja jatkokotkella kiristysholkkiin. Injektoi kahden kartiomaisen vastinpinnan väliin holkin öljykanavan ja -uran kautta korkealla paineella öljyä, jonka viskositeetti on noin  $900 \text{ mm}^2/\text{s}$ , kun lämpötila on  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $70 \text{ }^\circ\text{F}$ ). Laakeri irtoaa nopeasti sijaltaan. Kun hydraulipumppu ja putket on irrotettu, irrota lukitusmutteri, lukituslevy, laakeri ja kiristysholkki akselilta.

#### **VAROITUS**

Vakavan loukkaantumisen välttämiseksi akselin päähän on kiinnitettävä varmistukseksi esimerkiksi lukitusmutteri, joka rajoittaa laakerin liikkumista sen vapautuessa.

**HUOM.:** Tarkempia tietoja paineöljymenetelmästä ja hyödyllisiä ohjeita käyttöä varten on kohdassa *Paineöljymenetelmä* alkaen sivulta **62**.

### Vetoholkille asennetun laakerin irrottaminen

Vetoholkille asennetun laakerin irrottamismenetelmä riippuu seuraavista tekijöistä:

- laakerin koko
- vetoholkin rakenne: mahdolliset öljykanavat ja paineöljyurat (→ **kuva 22**).

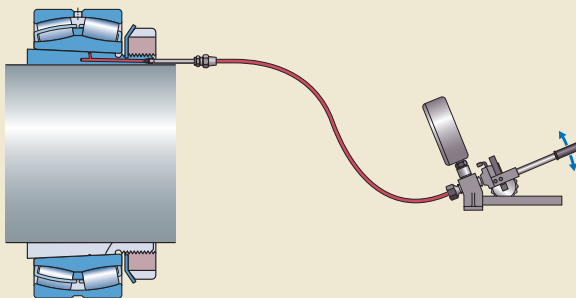
Kaikissa tapauksissa irrottaminen aloitetaan seuraavasti (→ **kuva 23**):

- Poista ylimääräinen voiteluaine ja pyyhi osat.
- Irrota lukituslaite, kuten lukitusmutteri ja lukituslevy (**a**) tai päätylevy (**b**).
- Tue laakeri esimerkiksi taljalla (**c**).

### Mekaaninen irrottaminen

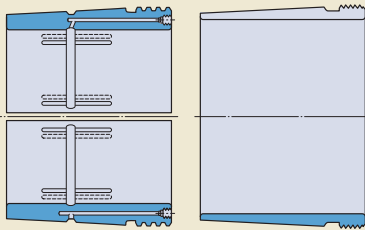
Vetoholkille asennetut pienet ja keskikokoiset laakerit voidaan irrottaa lukitusmutterilla ja haka- tai iskuhaka-avaimella (→ **kuva 24**). Voitele holkin kierre molybdeenidisulfidilla tai muulla kitkaa pienentävällä aineella ennen lukitusmutterin kiertämistä kierteelle. Voitele myös lukitusmutterin laakerin sisärengasta vasten tuleva puoli. Kiristä lukitusmutteria, kunnes vetoholkki irtoaa. Tue akseli ja irrota holkki ja laakeri akselilta.

Kuva 21

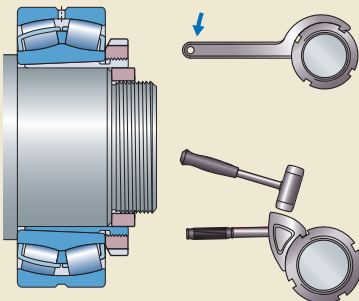


**HUOM.:** Jos holkin kierreosa ulottuu akselin päähän tai olakkeen yli, mahdollisimman suurella seinämäpaksuudella varustettu tukirengas on asetettava holkin ja akselin väliin, jotta holkki ei väännä eivätkä kiertet vaurioidu, kun mutteria kiristetään (→ kuva 24).

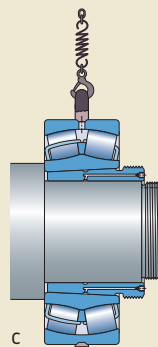
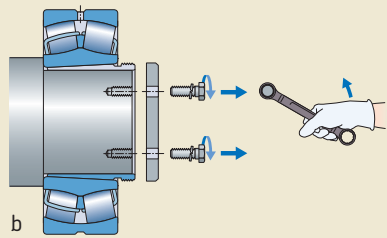
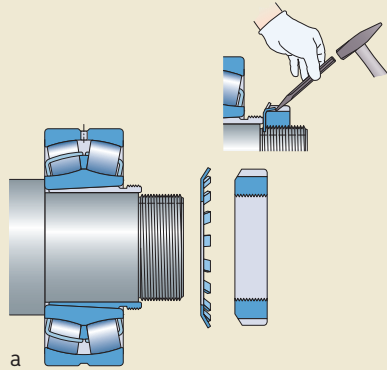
Kuva 22



Kuva 24



Kuva 23



## Irrottaminen

### Irrottaminen hydraulimutterilla

Vetoholkille asennetut keskikokoiset ja suuret laakerit voidaan irrottaa helposti hydraulimutterilla.

#### **VAROITUS**

Vakavan loukkaantumisen välttämiseksi akselin päähän on kiinnitettävä varmistukseksi esimerkiksi lukitusmutteri (→ kuva 25), joka rajoittaa vetoholkin liikkumista sen vapautuessa.

Kierrä hydraulimutteria vetoholkin kierteelle siten, että hydraulimutterin mäntä osoittaa laakeriin päin, kunnes mäntä on laakerin sisärengasta vasten. Kytke hydraulipumppu hydraulimutteriin ja pumpkaa öljyä, kunnes holkki irtaoo. Kun holkki on irti, poista paineistettu öljy mutterista avaamalla hydraulipumpun vapautusventtiili. Irrota sitten hydraulipumpun liittimet ja rajoitin. Vedä holkki kokonaan pois akselilta ja irrota laakeri.

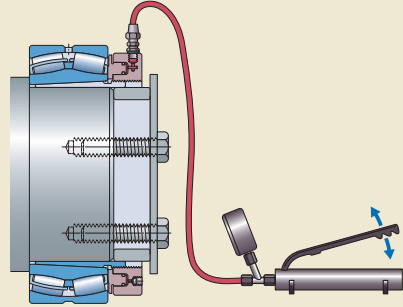
**HUOM.:** Tarkempia tietoja SKF-hydraulimuttereista on kohdassa *Hydraulityökalut sivulla 73*. Hyödyllisiä ohjeita käyttöä varten on kohdassa *Paineöljymenetelmä* alkaen *sivulta 62*.

### Irrottaminen paineöljymenetelmällä

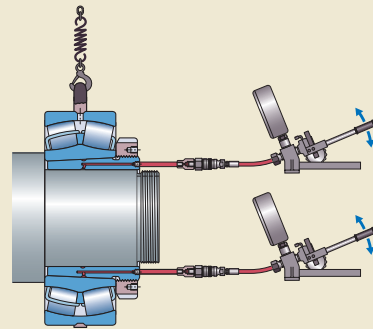
Vetoholkeissa, joiden reiän halkaisija on  $\geq 200$  mm, on vakio-ominaisuutena kaksi öljykanavaa ja paineöljyura sekä sisä- että ulkopinnalla. Paineöljymenetelmää käytettäessä tarvitaan kaksi hydraulipumppua ja sopivat jatkoputket (→ kuva 26).

Puhdista ensin ulkokierre ja vetoholkin sivupinnalla olevat kierrereijät. Kierrä lukitusmutteri paikalleen ja kiristä se. Kytke hydraulipumput sopivalla liittimellä ja jatkoputkella holkkiin. Injektoi toisen öljykanavan kautta holkin ja akselin väliin ja toisen kanavan kautta holkin ja laakerin reiän väliin korkealla paineella öljyä, jonka viskositeetti on noin  $900 \text{ mm}^2/\text{s}$ , kun lämpötila on  $20 \text{ °C}$  ( $70 \text{ °F}$ ). Vastinpintojen välinen öljynpaine nousee ja putoaa sitten nopeasti, mikä tarkoittaa, että vastinpinnat ovat irti toisistaan. Holkki irrotetaan kiristämällä lukitusmutteria esimerkiksi iskuhaka-avaimella. Irrota hydraulipumput ja jatkoputket. Vedä holkki kokonaan pois akselilta ja irrota laakeri.

Kuva 25



Kuva 26



pumput ja vedä holkki kokonaan pois akselilta lukitusmutterin avulla. Irrota lopuksi laakeri.

**HUOM.:** Tarkempia tietoja paineöljyminenelmästä ja tarvittavista työkaluista on kohdassa *Paineöljyminenelmä* alkaen sivulta 62.

### Laakerin irrottaminen kiinteästä laakeripesästä

Useimmissa laakeroinneissa käytetään löysää laakeripesän sovitetta, joten niiden irrottamisen pitäisi onnistua helposti. Jos käyttökohde kuitenkin edellyttää tiukkaa laakeripesän sovitetta tai jos laakeroinnissa on esimerkiksi soviteruostetta, laakerin irrottamisessa saatetaan joutua käyttämään voimaa.

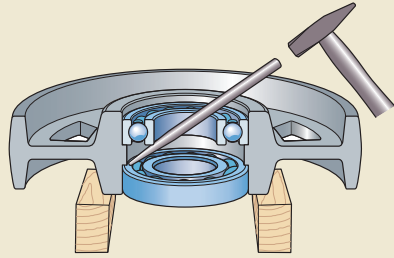
### Mekaaninen irrottaminen

Olakkeettomaan laakeripesän reikään asennetut laakerit, joiden ulkohalkaisija on enintään 120 mm, voidaan irrottaa käyttämällä laakerin ulkorengasta vasten asetettavaa iskuholkkia ja vasaraa. Käytä SKF:n laakereiden asennustyökälusarjaa (→ sivu 72). Suurien laakereiden irrottamiseen tarvitaan paljon voimaa, joten ne on irrotettava prässillä.

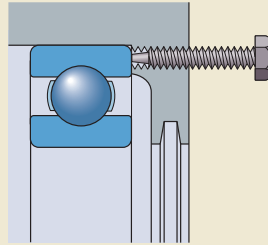
Jos laakeripesän sisäpuolella, laakerin takana oleva olake estää iskuholkin tai prässin käyttämisen, irrota laakeri laakeripesästä käyttämällä vasaraa ja pehmeästä metallista valmistettua lyöntituurnaa. Naputtele tuurnaa kevyesti vasaralla tasaisesti koko sisärenkaan tasopinnan matkalta (→ kuva 27). Huomaa, että tätä menetelmää käytettäessä laakeri ja laakeripesän reikä voivat vaurioitua helposti.

Jos laakeripesän olakkeissa on kierreleivät (→ kuva 28) tai aukot (→ kuva 29), laakerin irrottamisessa voidaan käyttää ruuveja, ulosvetäjää tai vasaraa ja lyöntituurnaa.

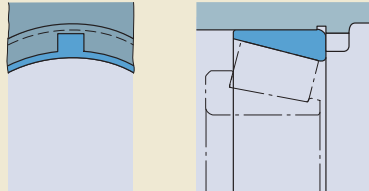
Kuva 27



Kuva 28



Kuva 29



## Irrottaminen

Laakeripesään asennetut pienet laakerit, joiden reiän halkaisija on 7–60 mm, voidaan irrottaa laakeripesän reiästä sisäkehältä vetävällä ulosvetäjällä ja liukuvasaralla. Esimerkiksi SKF:n laakerin sisäkehältä vetävää ulosvetäjäsarjaa voidaan käyttää (→ kuva 30).

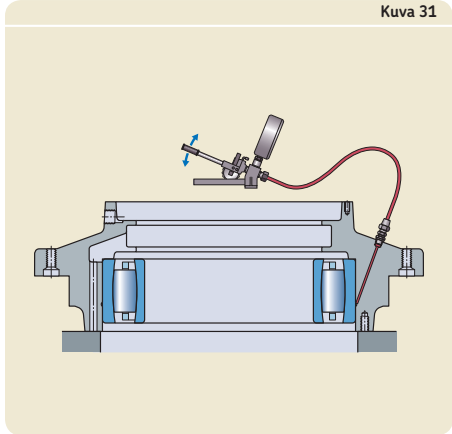
Aseta ulosvetäjän kynnet laakerin reiän läpi puristamalla ulosvetäjän jousimekanismia siten, että vetokappale sulkeutuu (a). Kun jousi vapautetaan, vetokappale tarttuu tiukasti laakerin sisärenkaan takapuolelle (b). Laakeri irrotetaan laakeripesästä iskemällä liukuvasaralla pysäytinrengasta vasten (c).

### Irrottaminen paineöljymenetelmällä

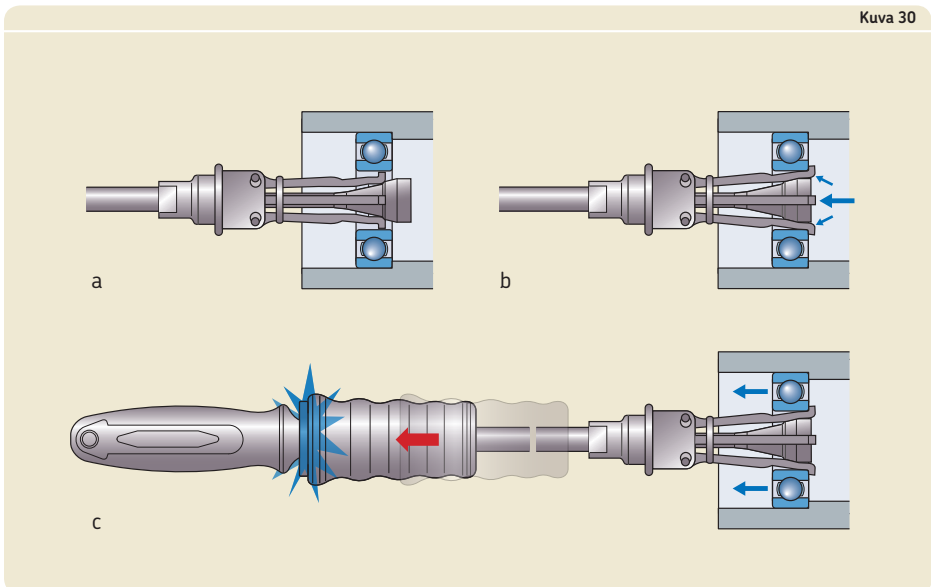
Jos laakeripesässä on öljykanava ja paineöljyura, eikä laakerin ulkorenkaassa ole voitelu-uraa, paineöljymenetelmää voidaan silti käyttää. Tätä menetelmää käyttämällä suurien laakereiden irrottamiseen tarvitaan huomattavasti vähemmän voimaa kuin muilla menetelmillä (→ kuva 31).

**HUOM.:** Tarkempia tietoja paineöljymenetelmästä on kohdassa *Paineöljymenetelmä* alkaen sivulta 62.

Kuva 31



Kuva 30





### Irrottaminen lämmittämällä

Laakerin irrottaminen esimerkiksi lämpömatolla laakeripesää lämmittämällä (→ **kuva 32**) ei ole kovin yleinen toimintatapa, ja sitä tulee pitää viimeisenä irrotuskeinona.

**HUOM.:** Älä koskaan lämmitä laakeripesää avoilekillä.

### Laakerin irrottaminen samanaikaisesti akselilta ja kiinteästä laakeripesästä

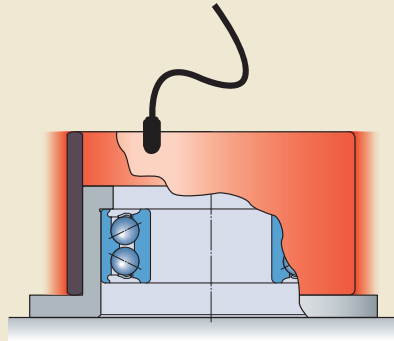
Pienet urakuulalaakerit voidaan irrottaa akselilta ja kiinteästä laakeripesästä samanaikaisesti tähän tarkoitettuun ulosvetäjällä.

**Kuvassa 33** on ulosvetäjä laakereille, joiden reiän halkaisija on 10–100 mm. Ulosvetäjän jalat asetetaan laakerin kuulien väliin. Kynnet tarttuvat ulkorenkkaan vierintäpintaan ja sisärenkas tukee niitä.

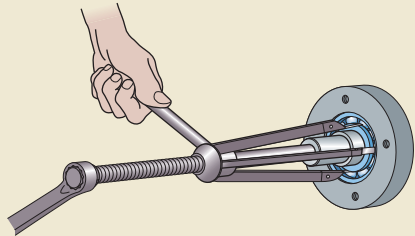
**Kuvassa 34** on ulosvetäjä laakereille, joiden reiän halkaisija on 30–160 mm. Ennen ulosvetäjän käyttämistä laakerin pidin on irrotettava. Ulosvetäjän jalkojen päissä on pyöritys ja kaksi tasaista kohtaa. Jalat asetetaan kuulien väliin, minkä jälkeen ne tarttuvat sekä sisä- että ulkorenkkaan vierintäpintoihin.

Lisätietoja sokean pesän ulosvetosarjoista on osoitteessa [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

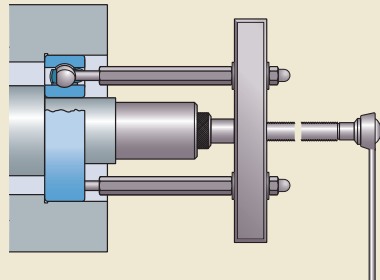
Kuva 32



Kuva 33



Kuva 34



# Laakeriyksiköiden irrottaminen

### Huomioitavat asiat

SKF-laakeriyksiköitä (→ **kuva 35**) on saatavana pystylaakeripesäyksikköinä, laippalaakeripesäyksikköinä ja säätölaakeripesäyksikköinä. Koosta ja laakerin tyypistä riippuen ne voidaan lukita akselilla seuraavilla tavoilla (→ **kuva 36**):

- pidätinruuvilukitus (**a**)
- yksi pidätinruuvi ja epäkeskinen lukkorengas (**b**)
- kiristyshokkikiinnitys (**c**)
- SKF ConCentra -lukitusmekanismi (**d, e**)
- kaksi pidätinruuvia ja lieriömäinen lukkorengas (**f**)

Sen vuoksi irrotusmenetelmä ja tarvittavat työkalut vaihtelevat. Tarvittavia työkaluja:

- hylsy- tai kuusiokoloavain kiinnitysruuvien, -pulttien tai muttereiden avaamiseen
- kuusiokoloavain sisä- tai lukkorengkaan pidätinruuvien avaamiseen luvun *Laakeripesäyksiköiden asentaminen sivulla 102* olevan **taulukon 3** mukaisesti
- haka-avain kiristyshokkin lukitusmutterin avaamiseen luvun *Laakeripesäyksiköiden asentaminen, sivulla 103* olevan **taulukon 4** mukaisesti.

Joissakin tapauksissa voidaan tarvita rekyylitöntä vasaraa.

Sekä haka-avaimet että rekyyllittömät vasarat löytyvät SKF:n kunnossapitotuotteiden valikoimasta. Lisätietoja on osoitteessa [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

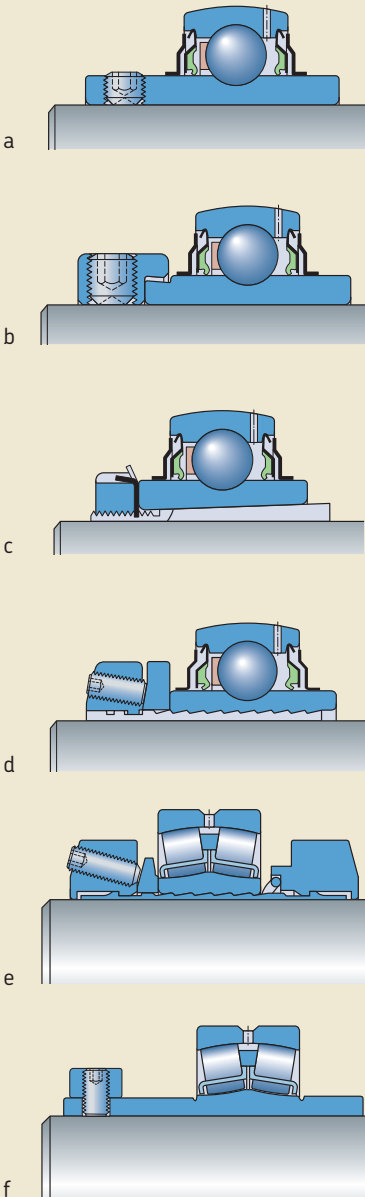
Kun laakeriyksikkö on irrotettu, tarkista, voidaanko sitä käyttää uudelleen. Puhdista ensin laakeriyksikön ulkopinta. Varmista, että tiivisteet eivät vaurioidu ja ettei liuotainainetta pääse laakerin sisään. Pyöritä laakeria hitaasti ja tunnus-tele mahdollisia vaurioiden merkkejä. Mikäli mahdollista, voitele laakeriyksikkö hitaasti voitelunipan kautta jatkuvasti sisärengasta pyörittäen. Mikäli yksikkö hyväksytään uudelleen käytettäväksi, levitä käsittelemättömille pinnoille rasvaa, öljyä tai korroosiosuoja-ainetta.

Kuva 35



**HUOM.:** Pieniä, erittäin likaisia laakeriyksiköitä ei yleensä kannata puhdistaa. Normaalisti on kustannuksien kannalta järkevämpää hävittää vanha laakeri ja asentaa uusi.

Kuva 36

**VAROITUS**

Vakavat tapaturmat on pyrittävä välttämään suorittamalla tarvittavat työturvallisuustoimenpiteet (turvalukitus, vahinkokäynnistyksen esto ym.) ennen töiden aloittamista.

**Esivalmistelut ennen irrottamista**

Huolellisilla valmisteluilla voidaan helpottaa irrotustyötä. Mikäli rakennepiirustukset ovat käytettävissä, tarkista niistä laakeriyksikön kokoonpano. Suorita seuraavat toimenpiteet ennen töiden aloittamista:

- Katkaise laitteen virransyöttö.
- Puhdista laakerointi ja sen ympäristö huolellisesti.
- Pyyhi akseli puhtaaksi.
- Tarkista laakerin kiinnitystapa ja valitse sopivat irrotustyökalut.
- Tarkista ja korjaa mahdolliset vauriot, jotka voivat estää yksikön liu'uttamisen pois akselilta.
- Tue akseli siten, ettei laakeriin kohdistu kuormitusta.

### Pidätinruuvilukituksella varustettujen Y-laakeriyksiköiden irrottaminen

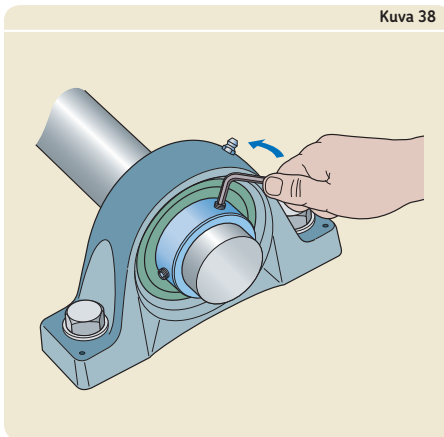
Pidätinruuvilukituksella varustettuja Y-laakeriyksiköitä irrotettaessa (→ **kuva 37**) on noudatettava huolellisesti kohdassa *Huomioitavat asiat*, alkaen **s. 270**, annettuja ohjeita sekä seuraavia lisäohjeita:

- 1 Löysää molempien yksiköiden sisärenkaan pidätinruuveja vähintään yksi kokonainen kierros (→ **kuva 38**).
- 2 Irrota kiinnityspultit.
  - Jos kyseessä on säätölaakeripesäyksikkö, irrota molempien yksiköiden säätöruuvit valetusta rungosta.
- 3 Irrota laakeriyksiköt akselilta.
  - Jos kyseessä on säätölaakeripesäyksikkö, vedä koko akseli-laakeriyksikkökokonaisuus pois säätökehiksestä ja irrota sitten laakeriyksiköt akselilta.
  - Jos kyseessä on teräslevystä puristettu pysty-laakeripesäyksikkö, irrota laakeripesien kannet, nosta akseli pois paikaltaan ja irrota laakerit akselilta.
  - Jos kyseessä on teräslevystä puristettu laippalaakeriyksikkö, irrota ensimmäinen laakeripesän kansi ja liu'uta sitten laakeri pois akselin päältä. Tee samat toimenpiteet toisella puolella.

Kuva 37



Kuva 38



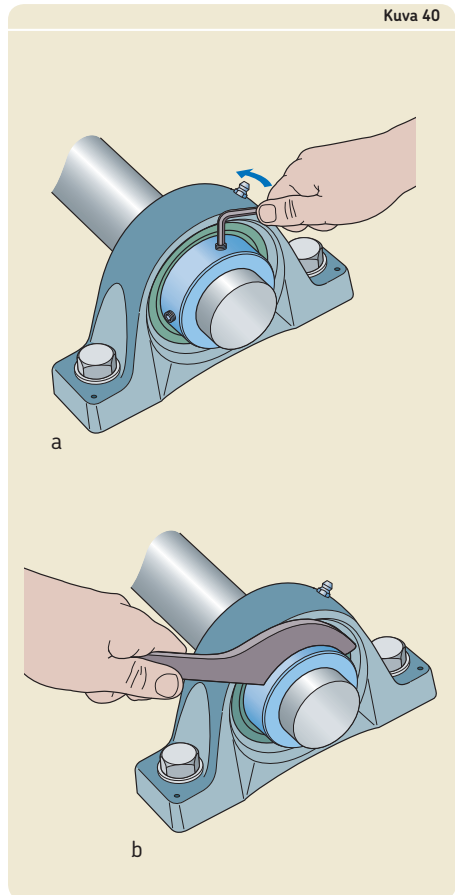
## Epäkeskisellä lukkorengaskiinnityksellä varustettujen Y-laakeriryksiköiden irrottaminen

Epäkeskisellä lukkorengaskaalla varustettuja Y-laakeriryksiköitä irrotettaessa (→ **kuva 39**) on noudatettava huolellisesti kohdassa *Huomioitavat asiat*, alkaen **s. 270**, annettuja ohjeita sekä seuraavia lisäohjeita (→ **kuva 40**):

- 1 Löysää molempien yksiköiden epäkeskisen lukkorenkaiden pidätinruuveja vähintään yksi kokonainen kierros (**a**).
- 2 Löysää lukkorengasta pyörimissuuntaan nähden vastakkaiseen suuntaan. Toimi seuraavasti:
  - Aseta lyöntituurna lukkorengaan reunassa olevaan reikään ja iske tuurnaa vasaralla.
  - Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää hakaavainta, jonka tappi asetetaan lukkorengaan reikään (**b**).
- 3 Irrota molempien yksiköiden epäkeskinen lukkorengas akselilta.
- 4 Irrota kiinnityspultit.
  - Jos kyseessä on säätölaakeripesäyksikkö, irrota molempien yksiköiden säätöruuvit valetusta rungosta.
- 5 Irrota laakeriryksiköt akselilta.
  - Jos kyseessä on säätölaakeripesäyksikkö, vedä koko akseli-laakeriryksikkökokonaisuus pois säätökehuksesta ja irrota sitten laakeriryksiköt akselilta.
  - Jos kyseessä on teräslevystä puristettu pysty-laakeripesäyksikkö, irrota laakeripesien kannet, nosta akseli pois paikaltaan ja irrota laakerit akselilta.
  - Jos kyseessä on teräslevystä puristettu laippalaakeriryksikkö, irrota ensimmäinen laakeripesän kansi ja liu'uta sitten laakeri pois akselin päältä. Tee samat toimenpiteet toisella puolella.



Kuva 39



Kuva 40

## Kiristysholkille asennettujen Y-laakeriyksiköiden irrottaminen

Kiristysholkille asennettuja Y-laakeriyksiköitä irrotettaessa (→ **kuva 41**) on noudatettava huolellisesti kohdassa *Huomioitavat asiat*, alkaen **s. 270**, annettuja ohjeita sekä seuraavia lisäohjeita (→ **kuva 42**):

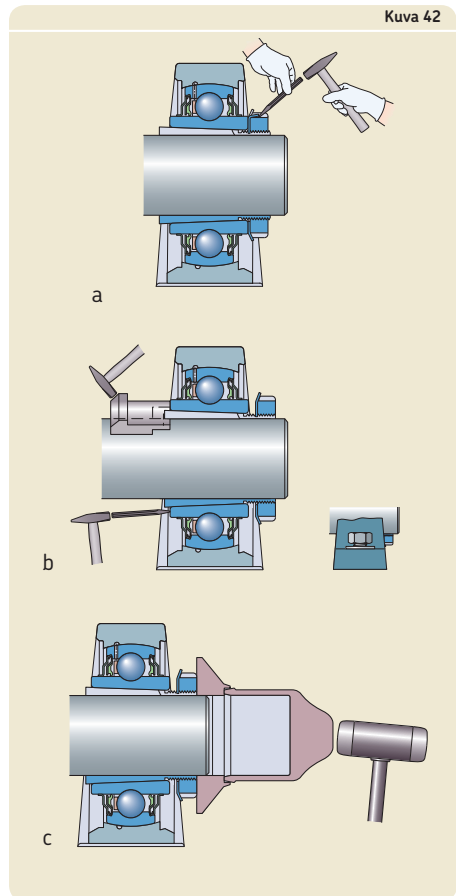
- 1 Käännä lukituslevyn taivutettu kieleke pois lukitusmutterin urasta (**a**) ja löysää lukitusmutteriä muutama kierros.
- 2 Löysää kiinnityspultteja tai -muttereita muutama kierros.
- 3 Jos yksikkö on rakenteeltaan sellainen, että lukituslaitteen kääntöpuoli on näkyvässä, yksikkö voidaan irrottaa kiristysholkilta käyttämällä apuna teräskappaletta tai lyöntituurnaa ja vasaraa (**b**). Jos lukituslaitteen kääntöpuoli ei ole näkyvässä, yksikkö voidaan irrottaa kiristysholkilta parilla terävällä vasaran iskulla kiristysholkin lukitusmutteriä vasten olevaan iskuholkkiin (**c**).

**HUOM.:** Käytä SKF:n laakereiden asennustyökalusarjaa (iskuholkkisarja), jos akselin halkaisija on  $\leq 55$  mm (→ **sivu 72**).

- 4 Kierrä lukitusmutteri auki ja irrota molempien yksiköiden lukituslevyt.
- 5 Irrota kiinnityspultit tai -mutterit ja liu'uta yksiköt holkilta akselia pitkin.
- 6 Irrota kiristysholkki akselilta. Irrottamista helpottaa kiristysholkin levittäminen hieman asettamalla holkin aukkoon muovikiila tai ruuvitaltta.



Kuva 41



Kuva 42

## SKF ConCentra -kuulalaakeriyksiköiden irrottaminen

SKF ConCentra -kuulalaakeriyksiköitä irrotettaessa (→ **kuva 43**) on noudatettava huolellisesti kohdassa *Huomioitavat asiat*, alkaen **s. 270**, annettuja ohjeita sekä seuraavia lisäohjeita (→ **kuva 44**):

- 1 Löysää molempien yksiköiden asennusrengaspidätinruuveja muutama kierros (**a**).
- 2 Löysää molempien yksiköiden kiinnityspultteja tai -muttereita, mutta älä irrota niitä.
- 3 Liikuta asennusrengasta, kunnes SKF ConCentra -laakerin monikartioholkki vapautuu. Valitse toinen seuraavista menetelmistä:
  - Naputa akselin päätä vasaralla (**b**).
  - Naputa asennusrengasta vasten asetettua iskuholkkia vasaralla (**c**).

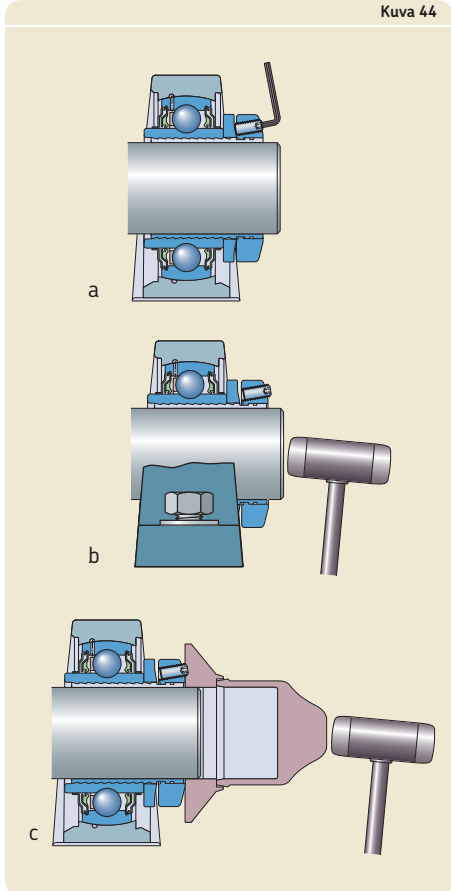
**HUOM.:** Käytä SKF:n laakereiden asennustyökalusarjaa (iskuholkkisarja), jos akselin halkaisija on  $\leq 55$  mm (→ **sivu 72**).

- 4 Irrota kiinnityspultit ja irrota sitten laakeriyksiköt akselilta.

Kuva 43



Kuva 44



### SKF ConCentra -rullalaakeriyksiköiden irrottaminen

SKF ConCentra -rullalaakereiden pystylaakeripesäyksiköitä irrotettaessa (→ **kuva 45**) on noudatettava huolellisesti kohdassa *Huomioitava asiat*, alkaen **s. 270**, annettuja ohjeita sekä seuraavia lisäohjeita (→ **kuva 46**):

- 1 Löysää ja irrota kiinnityspultit. Mikäli mahdollista, nosta koko laakerijärjestelmä (akseli, molemmat laakeriyksiköt ja niihin liitetyt komponentit) pois paikoiltaan ennen laakeriyksiköiden irrottamista (**a**).
- 2 Aseta akselin alle sopiva tuki.
- 3 Aloita ohjaavan pään laakeroinnista.
- 4 Löysää asennusrenkaan pidätinruuveja muutama kierros (**b**).
- 5 Pidä kiinni jalustasta ja vedä laakeriyksikköä asennusrenkaan suuntaan, kunnes se irtoaa akselilta (**c**). Yksikössä on jousi, jonka energia helpottaa irtoamista. Tarvittaessa holkkia voidaan naputtaa kumivasaralla yksikön toiselta puolelta päin (**d**).
- 6 Vedä laakeriyksikkö akselilta.
- 7 Irrota vapaan pään laakeriyksikkö toistamalla vaiheet 4–6.

### Lieriömäisellä lukkorengaalla varustettujen rullalaakeriyksiköiden irrottaminen

Lieriömäisellä lukkorengaalla varustettuja rullalaakeriyksiköitä irrotettaessa (→ **kuva 47**) on noudatettava huolellisesti kohdassa *Huomioitava asiat*, alkaen **s. 270**, annettuja ohjeita sekä seuraavia lisäohjeita:

- 1 Löysää molempien yksiköiden lieriömäisen lukkorengaan pidätinruuveja muutama kierros.
- 2 Irrota kiinnityspultit.
  - Jos kyseessä on säätölaakeripesäyksikkö, irrota molempien yksiköiden säätöruuvit valetusta rungosta.
- 3 Irrota laakeriyksiköt akselilta. Tarvittaessa yksikköä voidaan naputtaa kevyesti kumivasaralla, kunnes se irtoaa akselilta.
  - Jos kyseessä on säätölaakeripesäyksikkö, vedä koko akseli-laakeriyksikkökokonaisuus pois säätökehystä ja irrota sitten laakeriyksikkö akselilta.

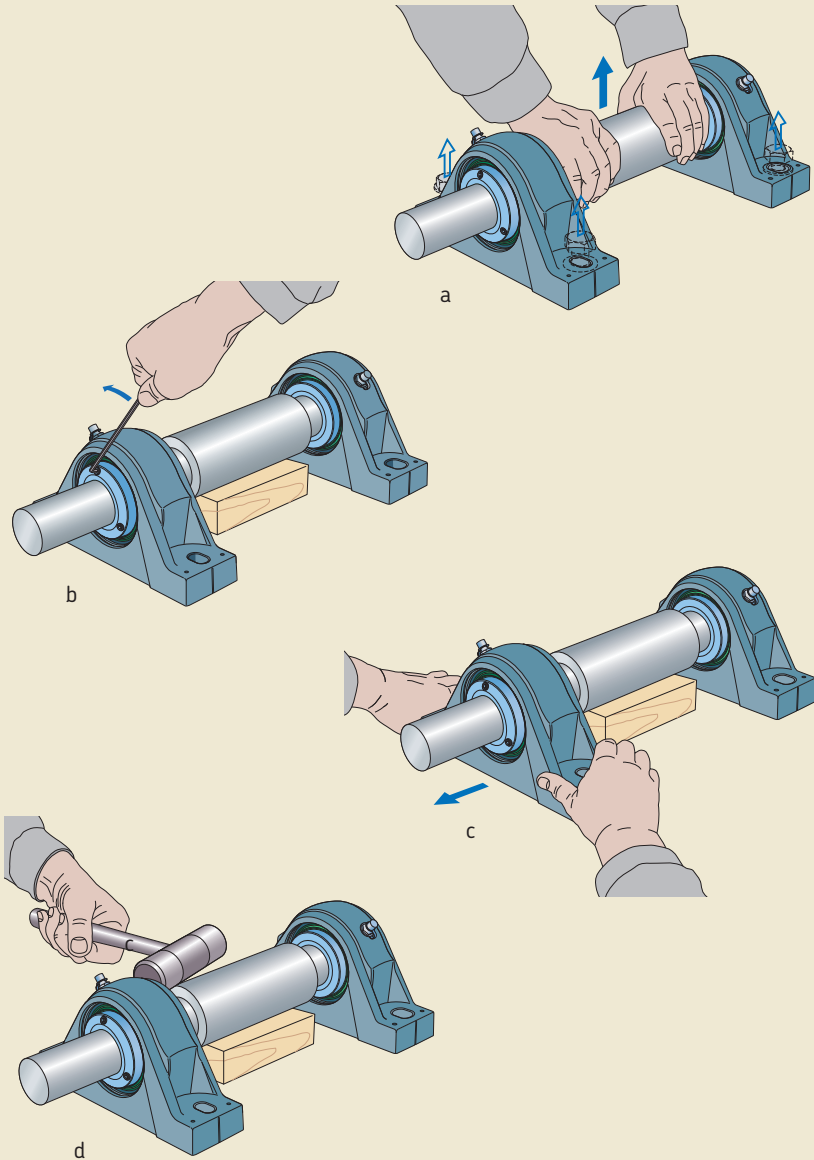
Kuva 45



Kuva 47







# Laakeripesien irrottaminen

Laakeripesiä käytetään hyvin monissa teollisuuden käyttökohteissa. Erilaisia rakenne- ja kokovaihtoehtoja on useita. Tässä kohdassa on tietoja yleisimpien pysty- ja laippalaakeripesien irrottamisesta ja purkamisesta (→ **kuva 48**). Irrottamisohjeet sellaisille laakeripesille, joita ei ole käsitelty tässä kohdassa, ovat saatavana SKF:n edustajalta.

### Huomioitavat asiat

Jos laakeripesää käytetään uudelleen, se on irrotettava varovasti. Huomioi seuraavat asiat:

- Pidä kunkin laakeripesän osat yhdessä. Laakeripesän jalustaa tai kantta ei voida asentaa toiseen laakeripesään. SKF:n SNL-, SONL- ja SAF-laakeripesien jalustoihin ja kansiin on merkitty sarjanumero.
- Käsittele kaikkia umpinaisien tiivisteiden metalliosia varovasti.
- Älä kohdista laakeripesään suoria vasaraniskuja.

### VAROITUS

Vakavat tapaturmat on pyrittävä välttämään suorittamalla tarvittavat työturvallisuustoimenpiteet (turvalukitus, vahinkokäynnistyksen esto ym.) ennen töiden aloittamista.

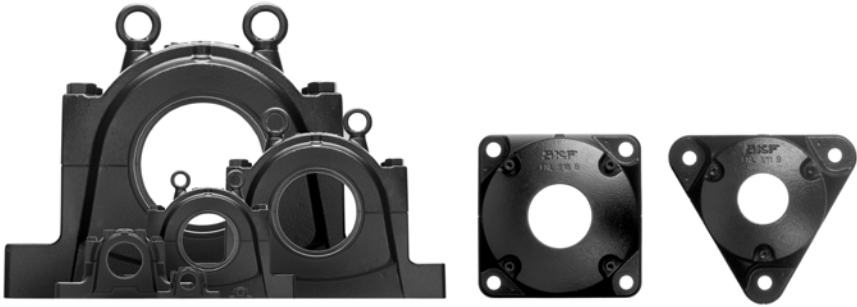
### Esivalmistelut ennen irrottamista

Huolellisilla valmisteluilla voidaan helpottaa irrotustyötä. Mikäli rakennepiirustukset ovat käytettävissä, tarkista niistä laakerijärjestelmän kokoonpano. Suorita seuraavat toimenpiteet ennen töiden aloittamista:

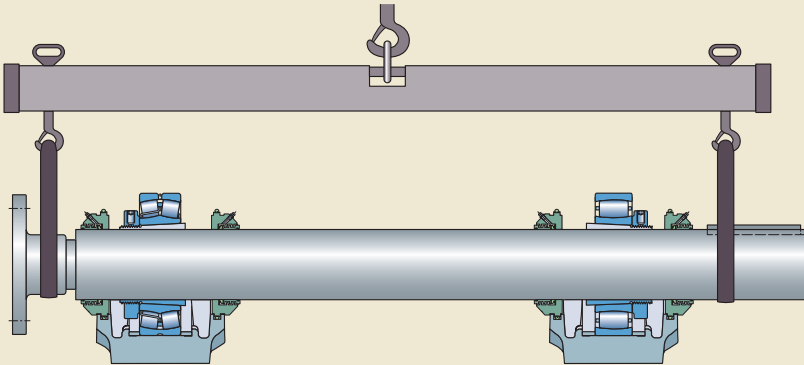
- Katkaise laitteen virransyöttö.
- Puhdista laakeroinnit ja niiden ympäristö huolellisesti.
- Tue akseli esimerkiksi taljalla.
- Jos kyseessä on pystyalaakeripesä, varmista, että käytettävissä on tarvittavat työkalut akselin nostamiseen laakeripesästä (→ **kuva 49**).
- Varaa sopivia astioita voiteluainenyhteiden ottamista ja käytetyn voiteluaineen talteenottoa varten.

Laakeripesissä ei saa olla murtumia tai säröjä, mikäli niitä aiotaan käyttää uudelleen. Mikäli laakeripesä hyväksytään käytettäväksi uudelleen, levitä kaikille maalattomille pinnoille rasvaa tai öljyä korroosion estämiseksi.

Kuva 48



Kuva 49



### Pystylaakeripesien irrottaminen

Vakiomallista pystylaakeripesää irrotettaessa (→ **kuva 50**) on noudatettava huolellisesti kohdassa *Huomioitavat asiat*, alkaen **s. 278**, annettuja ohjeita sekä seuraavia lisäohjeita (→ **kuva 51**):

- 1 Irrota kaikki laakeripesän kytkennät, kuten voiteluaineiden syöttöputket tai muut koneet.
- 2 Löysää ja irrota molempien laakeripesien kiinnityspultit tai -mutterit.

**HUOM.:** Mikäli mahdollista, nosta kokonaisuus (akseli, laakeripesät ja muut osat) yhtenäisenä puhtaalle, avoimelle alueelle.

- 3 Löysää ja irrota molempien laakeripesien kansipultit.
- 4 Irrota laakeripesien kannet (**a**).

**HUOM.:** Kaikissa SKF:n nykyisen malliston laakeripesissä on lovet ruuvitalttaa tai sorkkarautaa varten.

- 5 Mikäli se on tarpeen, poista ylimääräinen rasva ja halkaistut tiivisteet laakeripesien kansista (**b**).
- 6 Nosta akselikokonaisuus pois laakeripesien jalustoista (**c**).
- 7 Irrota tiivisteiden toiset puolikkaat tai päätykansi sekä mahdolliset ohjausrenkaat (**d**).

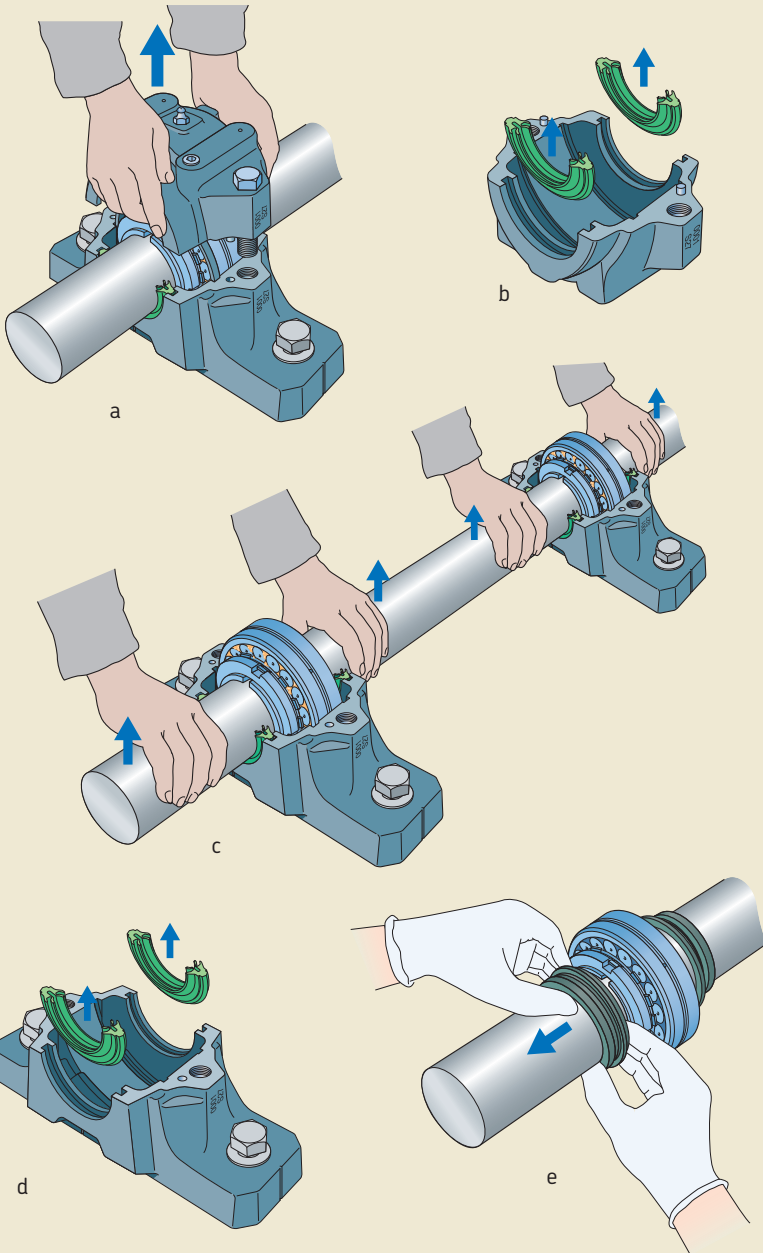
**HUOM.:** Älä käytä hankaavia tiivisteitä uudelleen.

- 8 Poista ylimääräinen rasva laakeripesän pohjaosasta.
- 9 Irrota umpinaiset tiivisteet akselilta (**e**). V-rengastiivisteet voidaan leikata.
- 10 Irrota laakerit akselilta.
- 11 Irrota toinen (takapuoli) tiiviste akselilta.

**HUOM.:** Pidä kunkin laakeripesän komponentit erillään toisista samanlaisista komponenteista.

Kuva 50





### Laippalaakeripesien irrottaminen

Vakiomallista laippalaakeripesää irrotettaessa (→ **kuva 52**) on noudatettava huolellisesti kohdassa *Huomioitavat asiat*, alkaen **s. 278**, annettuja ohjeita sekä seuraavia lisäohjeita (→ **kuva 53**):

- 1 Löysää ja irrota molempien laakeripesien kansipultit.
- 2 Irrota kansi ja mahdolliset ohjausrenkaat.
- 3 Poista ylimääräinen rasva kannesta ja laakeripesästä, jotta kiristysholkin mutteri ja lukituslevy tulee näkyviin.
- 4 Käännä lukituslevyn taivutettu kieleke pois lukitusmutterin urasta ja löysää lukitusmutteria muutama kierros (**a**).
- 5 Löysää kiinnityspultteja tai -muttereita, mutta älä irrota niitä.
- 6 Irrota laakeri kiristysholkilta. Valitse toinen seuraavista menetelmistä:
  - Lyö akselin päähän vasaralla (**b**).
  - Lyö lukitusmutteria vasten olevaa iskuholkkia vasaralla (**c**).

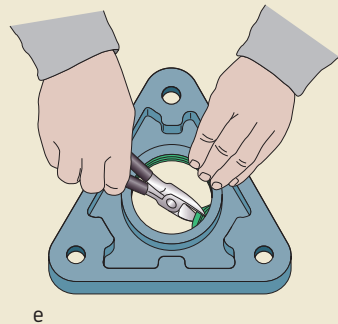
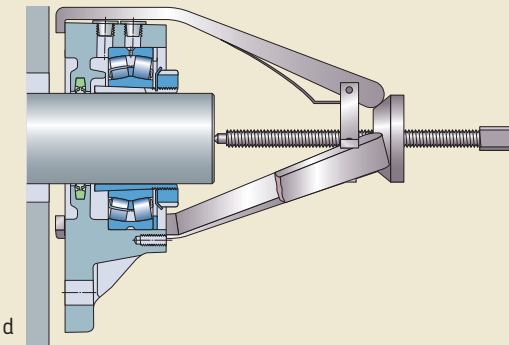
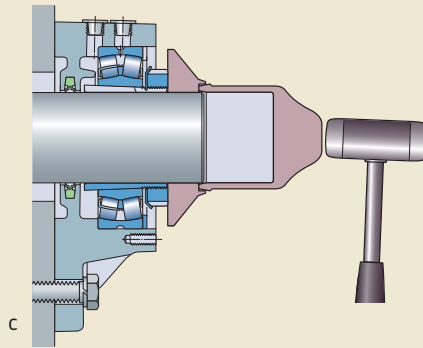
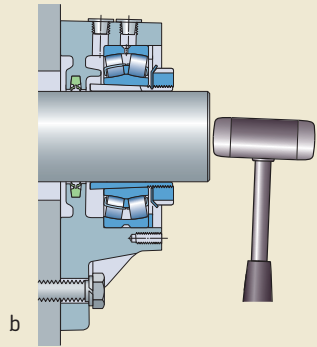
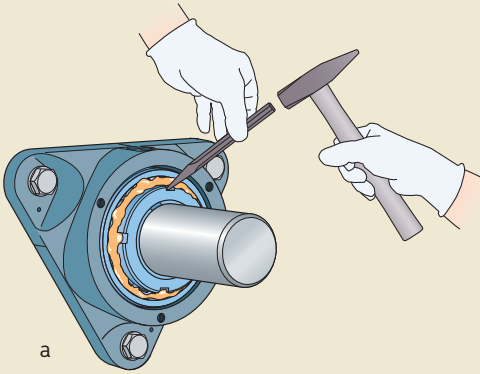
**HUOM.:** Käytä SKF:n laakereiden asennus-työkalusarjaa (iskuholkkisarja), jos akselin halkaisija on  $\leq 55$  mm (→ **sivu 72**).

- 7 Kierrä lukitusmutteri auki ja irrota molemmilla puolilla olevat lukituslevyt.
- 8 Irrota kiinnityspultit tai -mutterit.
- 9 Irrota laakeripesä sen tukipinnasta ja liu'uta laakeripesä, laakeri ja kiristysholkki akselilta.
- 10 Jos laakeri ei irtoa akselilta, käytä ulosvetäjää (**d**).
- 11 Leikkaa tiiviste tiivisteurasta (**e**).
- 12 Poista ylimääräinen rasva laakeripesästä laakerin takapuolelta.
- 13 Irrota laakeri kohdan *Laakerin irrottaminen kiinteästä laakeripesästä*, alkaen **s. 267**, ohjeiden mukaisesti.

**HUOM.:** Pidä kunkin laakeripesän komponentit erillään toisista samanlaisista komponenteista.

Kuva 52





### Tiivisteiden irrottaminen

Vierintälaakerointien tiivisteet voidaan jakaa seuraavasti: hankaamattomiin ja hankaaviin tiivisteisiin.

#### Hankaamattomien tiivisteiden irrottaminen

Hankaamattomat tiivisteet (→ kuva 54) eivät aiheuta juuri lainkaan kitkaa, minkä ansiosta niiden käyttöikä on pitkä. Useimmissa tapauksissa tämän tyyppisiä tiivisteitä voidaan käyttää uudelleen irrottamisen jälkeen. Sen vuoksi ne on irrotettava varovasti. Käytä asianmukaisia työkaluja. Hankaamatonta tiivistettä ei saa koskaan lyödä vasaralla eikä irrottamiseen saa käyttää ruuvitalttaa tai terävää lyöntituurnaa.

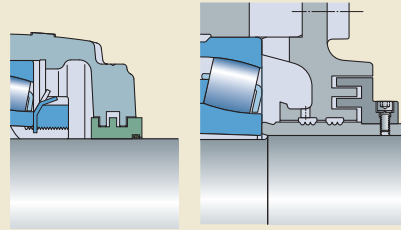
Ennen tiivisteiden irrottamista on tarkistettava ja korjattava mahdolliset akselin vauriot, jotka voivat vaurioittaa tiivistettä liu'utettaessa sitä akselille.

#### Hankaavien tiivisteiden irrottaminen

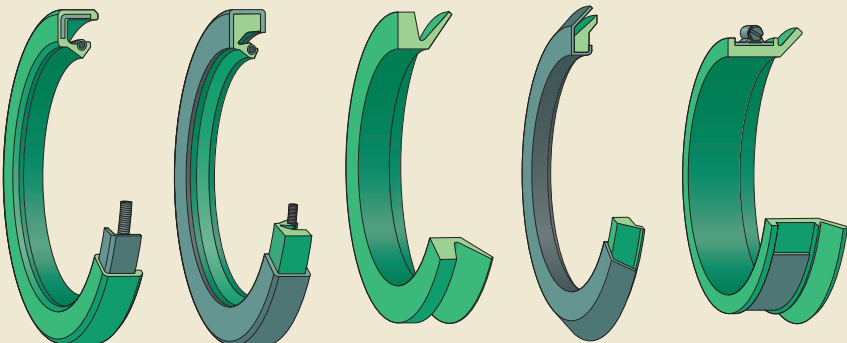
Hankaavat tiivisteet (→ kuva 55) on yleensä asennettu kiinteästi laakeripesään. Ne liukuvat vastinpintaa, kuten akselia tai välirengasta, vasten ennalta määritetyllä säteittäisellä voimalla. Tämantyyppiset tiivisteet kuluvat ajan myötä. Sen vuoksi niitä ei saa koskaan käyttää uudelleen irrottamisen jälkeen.

Mikäli tiivisteen rikkoutumisen syy halutaan analysoida, myös tämän tyyppinen tiiviste on irrotettava varovasti.

Kuva 54



Kuva 55

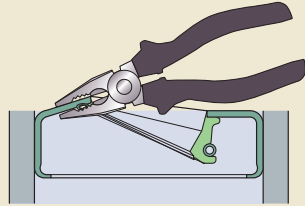




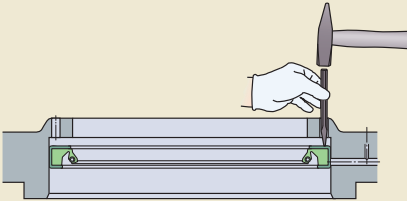
Säteisakselitiivisteet voidaan irrottaa käyttämällä:

- vasaraa ja lyöntituurnaa, mikäli akselipesän olakkeessa on huohotusreiät (→ **kuva 56**)
- ruuvitalttaa, mikäli tiivisteen etu- tai taka-puolelle päästään käsiksi (→ **kuva 57**)
- nokkapihdeillä tarttumalla tiivisteen kuoreen (→ **kuva 58**)
- iskuholkilla, jollainen sisältyy esimerkiksi SKF:n laakereiden asennustyökalusarjaan (→ **kuva 59**)
- koukulla, jolla päästään tarttumaan tiivisteeseen takaapäin (→ **kuva 60**).

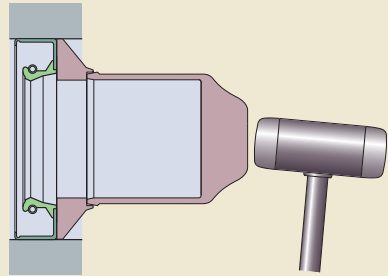
Kuva 58



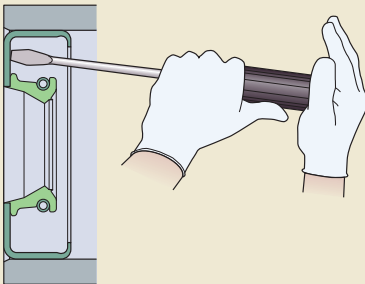
Kuva 56



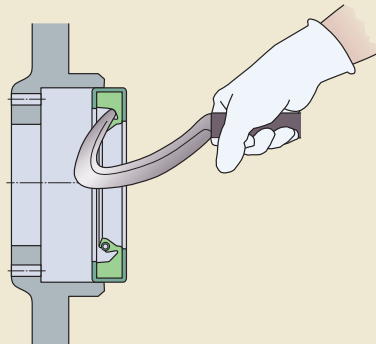
Kuva 59



Kuva 57



Kuva 60



## Irrottaminen

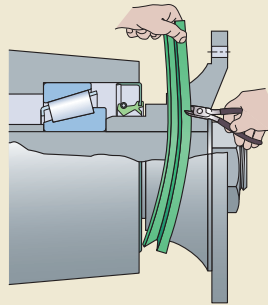
V-rengastiivisteet voidaan irrottaa:

- venyttämällä niitä muiden osien päälle (→ **kuva 61**)
- leikkaamalla ne saksilla (→ **kuva 62**).

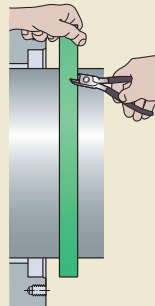
Suuret, kokonaan elastomeerista valmistetut säteisakselitiivisteet voidaan irrottaa

- venyttämällä niitä tai leikkaamalla ne saksilla (→ **kuva 63**)
- irrottamalla halkaistun tiivisteen kiinnitysjosui (→ **kuva 64**)

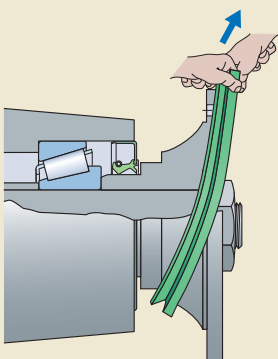
Kuva 62



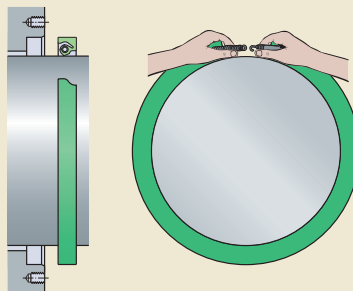
Kuva 63



Kuva 61



Kuva 64







# Laakerivauriot ja niiden syyt

<b>Johdanto</b> . . . . .	<b>290</b>
<b>Irrottaminen</b> . . . . .	<b>291</b>
<b>Vierintäjäljet</b> . . . . .	<b>291</b>
Vierintäjäljet normaaleissa käyttöolosuhteissa . . . . .	292
Vierintäjäljet poikkeavissa käyttöolosuhteissa . . . . .	296
<b>Laakerivaurio</b> . . . . .	<b>298</b>
Vaurioiden aiheuttajat ennen käyttöä . . . . .	300
Virheelliset akselin ja laakeripesän sovitteet . . . . .	300
Viallisen akseli- tai laakeripesäsovitteen aiheuttama vaurio ja rikkoutuminen . . . . .	302
Staatinnainen linjausvirhe . . . . .	304
Virheelliset asennustavat . . . . .	305
Suuren jännitteen kulkeminen laakerin läpi . . . . .	307
Vaurioituminen kuljetuksen tai varastoinnin aikana . . . . .	308
Käytöstä aiheutuvat vauriot . . . . .	309
Materiaalin väsyminen (pinnanalainen väsyminen) . . . . .	309
Puutteellinen voitelu . . . . .	310
Riittämätön tiivistys . . . . .	314
Tärinävauriot . . . . .	319
Dynaaminen linjausvirhe . . . . .	320
Sähkövirran kulkeminen laakerin läpi . . . . .	321

### Johdanto

Vierintälaakerit ovat koneiden ja laitteiden tärkeimpiä komponentteja. Jos laakerit vaurioituvat, seurauksena on kalliita seisokkeja. Käyttökohteeseen sopivan laakerin valinta on vain yksi vaihe laitteiston luotettavan toiminnan varmistamisessa. Koneen toimintaparametrit, kuten kuormitukset, nopeudet, lämpötila, vierintätarkkuus ja käyttövaatimukset, on otettava huomioon valittaessa sopivinta laakerityyppiä ja kokoa saatavilla olevista tuotteista.

Laakerin laskennallinen käyttöikä perustuu kahdeksaan oletukseen:

- 1 Laakeri on korkealaatuinen eikä siinä ole laadullisia vikoja.
- 2 Laakeri on oikea kyseiseen käyttökohteeseen.
- 3 Laakeriin liittyvien osien, kuten akselien ja laakeripesän sovitteiden, mitat ovat oikein.
- 4 Laakeri on asennettu oikein.
- 5 Laakerin oikea-aikainen voitelu oikealla määrällä oikeanlaatuista voiteluainetta toteutuu.
- 6 Laakerijärjestelmä suojataan kunnolla (tiivistys).
- 7 Käyttöolosuhteet sovitetaan laakeroinnille.
- 8 Suositellut huollot suoritetaan.

Jos kaikki nämä ehdot täyttyvät, laakerin pitäisi kestää sen laskennallisen käyttöiän ajan. Valitettavasti tämä on melko teoreettista. Usein jokin seikka estää ihanteellisten käyttöolosuhteiden täyttymisen.

Yleensä on virheellistä olettaa, että laakerin vaurioituminen johtui laakerin riittämättömästä kuormankantokyvystä. Sen perusteella tehdään usein kalliita modifiointeja laakerin kuormankantokyvyn lisäämiseksi, mutta lopputuloksena on lisää laakerivaurioita.

Laakerivaurion aiheuttajan tunnistaminen on ensimmäinen vaihe koneen tai laitteen luotettavan toiminnan varmistamisessa. Yksi vaikeimmista tehtävistä on määrittää ensisijainen vaurion syy (aiheuttaja) ja tunnistaa, mitkä ovat toissijaisia vaurioita, jotka johtuvat ensisijaisesta vaurion syystä.

Tämä ohjekirjan luku antaa tarvittavat tiedot laakerivaurion tai laakerin rikkoutumisen syyin arviointiin.

Laakerivaurioanalyysi antaa tietoa koneen toiminnasta ja laakerivauriosta. Ongelman aiheuttaja selviää keräämällä tietoja ja havaintoja ja tulkitsemalla ne oikein. Hyödyllisten tietojen erottaminen vääristä tai harhaanjohtavista tiedoista vaatii tietoa, taitoja ja kokemusta. Siksi SKF tarjoaa palveluita ja tukea vaurioanalyysien suorittamiseen.

Lisätietoja SKF-vaurioanalyysipalvelusta on saatavana paikalliselta SKF:n edustajalta tai valtuutetulta SKF-jälleenmyyjältä.

## Irrrottaminen

SKF:n irrotukseen liittyviä suosituksia:

- Ota valokuvia. Siitä voi olla apua myöhemmin tutkimuksen aikana. Tästä esimerkkinä laakerin asennussuunta tai asento. Ota kuvia esimerkiksi laakerin sisällä ja ympärillä olevan rasvan sijainnista, määrästä ja kunnosta.
- Ota voiteluainenyhteitä analyysiä varten. Ota näytteitä eri paikoista rasvavoitelua käyttävissä kohteissa.

**HUOM.:** Katso kohta *Irrrottaminen*, alkaen sivulta 252.

## Vierintäjäljet

Uusi laakeri on kaunis (→ **kuva 1**). Sen komponentit on valmistettu täsmällisiin mittoihin, usein mikronien tarkkuudella. Mitat on tarkistettu useita kertoja valmistusprosessin aikana. Hiotut alueet, kuten sisä- ja ulkorenkaiden ja vierintäelimien pinnat, ovat erittäin kiiltäviä.

Kun tarkastellaan jonkin aikaa käytössä olleita laakereita, havaittavissa on useita muutoksia, kuten:

- vierintäpinnan ja vierintäelimien kiillottomat alueet, toisinaan myös erittäin kiillottuneet (→ **kuva 2**)
- värjäytyneet sisärenkaan sisäreikä ja ulkorenkaan vaippapinta
- pitimen kuluminen
- soviteruoste sisärenkaan sisäreiässä ja ulkorenkaan ulkopinnassa

Perusteellisella tutkimuksella voidaan selvittää, mitä laakerille tapahtui käytön aikana riippumatta siitä, onko laakerissa jälkiä vain vähäisestä kulumisesta tai vauriosta vai onko se rikkoutunut kokonaan.

Tutkimuksessa yksi tärkeä asia on tarkkailla laakerin vierintäjälkiä. Vierintäjälki voi olla normaali tai se voi ilmoittaa ongelmasta. Vierintäjälkiä tutkimalla on yleensä mahdollista tunnistaa ongelman aiheuttaja.

Tässä luvussa esitetään useita yleisiä ja/tai tyypillisiä vierintäjälkiä.



Kuva 1



Kuva 2

### Vierintäjäljet normaaleissa käyttöolosuhteissa

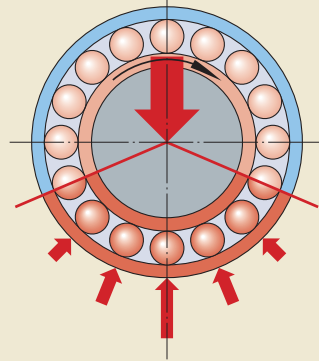
**Kuvat 3 ja 4** näyttävät, miten laakerin pyörivään sisärenkaaseen kohdistuva vakio säteiskuormitus kulkeutuu laakerin paikallaan pysyvälle ulkorenkaalle vierintäelimien kautta.

Suuri nuoli kello 12:n asennossa kuvaa laakeeriin kohdistuvaa kuormitusta ja pienet nuolet kello 4:n ja 8:n asennoissa näyttävät, miten kuormitus jakautuu tai miten laakerin vierintäelimet kantavat kuormituksen.

Kun sisärenkas pyörii, renkaan jokainen kohta tulee vuorollaan kuormitusalueelle. Sen seurauksena sisärenkaan vierintäpinnan keskellä on koko vierintäpinnan matkalla tasalevyisenä näkyvä vierintäjälki. Siitä käytetään nimitystä pyörivän sisärenkaan kuormitusalue.

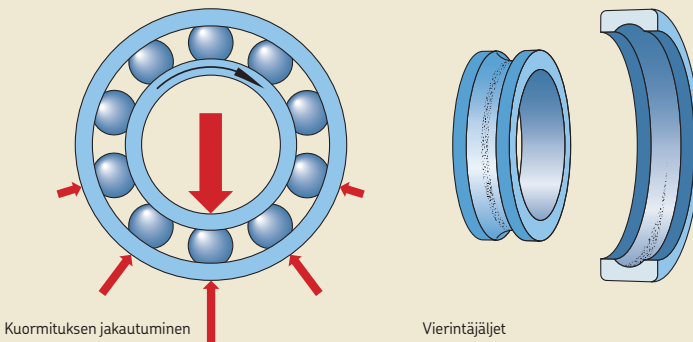
Ulkorenkas pysyy paikallaan, ja siksi kuormitusalue rajautuu niihin kohtiin, joihin vierintäelementit johtavat kuormituksen. Siitä käytetään nimitystä paikoillaan olevan ulkorenkaan kuormitusalue. Kuormituksen jakautuminen ulkorenkaan kuormitusalueella vaihtelee. Se on suurimmillaan kuormituksen suunnassa ja vähenee siitä asteittain molempiin suuntiin. Useimmissa käyttökohteissa kuormitusalue on noin 150°.

Kuva 3



- Kuormitusalue ( $\approx 150^\circ$ )
- Menevät kuormitusalueelle laakerin pyöriessä
- Laakerivälitys, kuormittamaton alue
- Kuormitus (akseli) ja kuormituksen jakautuminen (laakeripesä)

Kuva 4



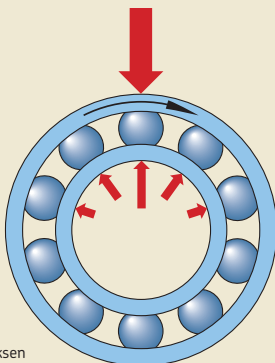
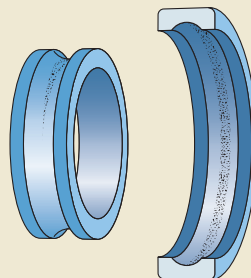


**Kuva 5** esittää, miten laakerin pyörivän ulkorenkaan vakio säteiskuormitus jakautuu laakerin paikallaan pysyväälle sisärenkaalle vierintäeli-mien kautta.

Kun ulkorengas pyörii, renkaan jokainen kohta tulee vuorollaan kuormitusalueelle. Sen seurauksena ulkorenkaan vierintäpinnan keskellä on koko vierintäpinnan matkalla tasalevyisenä näkyvä vierintäjälki.

Kuormituksen jakautuminen sisärenkaalla vaihtelee. Se on suurimmillaan kuormituksen suunnassa ja vähenee siitä asteittain molempiin suuntiin. Useimmissa käyttökohteissa kuormitusalue on noin  $150^\circ$ .

Kuva 5

Kuormituksen  
jakautuminen

Vierintäjäljet

## Laakerivauriot ja niiden syyt

Samanlainen ulkorenkkaan kuormitusjälki voi esiintyä myös pyörivän epätasapainotilan yhteydessä (pyörivä sisärengas). Vaikka sisärengas pyörii, kuormitus sisärenkaalla pysyy paikallaan, kun taas kuormitus ulkorenkkaalla pyörii (→ **kuva 6**).

**Kuva 7** esittää vakion aksiaalikuormituksen vaikutuksen urakuulalaakerissa.

Pyörivässä renkaassa on koko vierintäpinnan matkalla sen reunassa kulkeva vierintäjälki.

Paikallaan pysyvässä renkaassa on vierintäpinnan reunassa kulkeva vierintäjälki vastakkaisella puolella. Jos aksiaalikuormitus on riittävän suuri, paikallaan pysyvässä renkaassa on vierintäjälki koko vierintäpinnan matkalla.

**Kuva 8** esittää yhdistetyn vakion säteis- ja aksiaalikuormituksen vaikutukset urakuulalaakeriin, jossa on pyörivä sisärengas ja paikallaan pysyvä ulkorengas.

Sisärenkaan kuormitusjälki on vierintäpinnan toisessa reunassa koko vierintäpinnan matkalla.

Ulkorenkkaan kuormitusjälki on vierintäpinnan toisessa reunassa vastakkaisella puolella. Kuormitusalue on pidempi kuin pelkästään säteiskuormituksesta aiheutuva kuormitusalue, mutta ei välttämättä 360°.

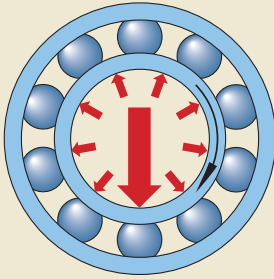
Kaksirivisissä laakereissa yhdistetyt kuormitukset muodostavat eripituisia kuormitusalueita. Aksiaalikuormituksen kantavalla vierintäpinnalla on pidempi kuormitusalue. Jos aksiaalikuormitus on riittävän suuri, toinen vierintäpinta saattaa olla täysin kuormittamaton.

Pelkässä säteiskuormituksessa ulkorenkkaan vierintäjälki näkyy vain pienellä matkalla (noin 150°) (→  **kuvat 3 ja 4, sivu 292**).

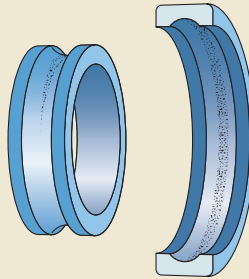
Pelkässä aksiaalikuormituksessa ulkorenkkaalla on vierintäjälki 360°, joka kulkee vierintäradan toisessa reunassa (→ **kuva 7**).

Yhdistetyssä kuormituksessa vierintäjälki on näiden kahden välisellä alueella riippuen säteiskuormituksen suuruudesta aksiaalikuormitukseen nähden (→ **kuva 8**).

Kuva 6

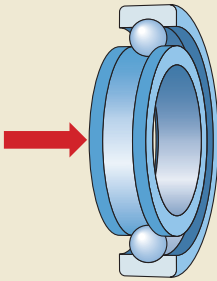


Kuormituksen jakautuminen

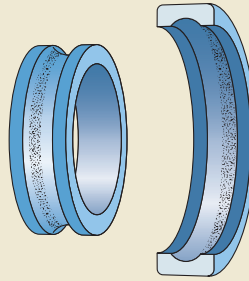


Vierintäjäljet

Kuva 7

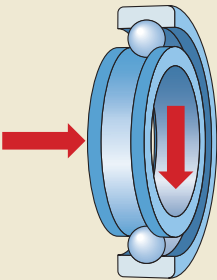


Kuormituksen jakautuminen

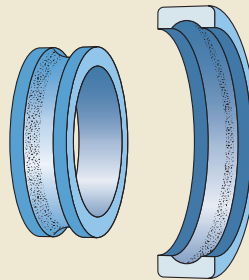


Vierintäjäljet

Kuva 8



Kuormituksen jakautuminen



Vierintäjäljet

### Vierintäjäljet poikkeavissa käyttöolosuhteissa

**Kuva 9** esittää vakion säteiskuormituksen aiheuttamat kuormitusalueet, kun paikallaan pysyvän ulkorengas ja sisärenkaan välillä on linjausvirhe.

Sisärenkaan vierintäpinnan keskellä on koko vierintäpinnan matkalla tasalevyisenä näkyvä vierintäjälki.

Ulkorengas on vierintäpinnan reunasta reunan kulkeva vierintäjälki. Vierintäjäljen kulurata ja pituus riippuvat linjausvirheen suuruudesta, kuormituksesta ja laakerivällyksestä. Vierintäjälki voi olla alueella 150°–360°.

Ongelma voi johtua akselin taipumasta tai laakerien asennuksesta erillisiin laakeripesiin, joiden reiät eivät ole samankeskisiä.

**Kuva 10** esittää vakion säteiskuormituksen muodostamat kuormitusalueet, kun paikallaan pysyvä ulkorengas on puristuneena säteittäisesti (epätasainen puristus).

Näissä olosuhteissa sisärenkaan vierintäpinnan keskellä on koko vierintäpinnan matkalla tasalevyisenä näkyvä vierintäjälki.

Ulkorengas on kaksi erillistä kuormitusaluetta. Jokin seuraavista syistä aiheuttaa ulkorengas säteittäisen puristuksen:

- Laakeripesä on asennettu epätasaiselle pinnalle.
- Kaksiosaisen laakeripesän puolikkaat tai koneen osa eivät ole samankeskisiä.
- Laakeripesän sovite on esim. soikea valmistusvirheen takia, jolloin kuormitusalueita voi olla kaksi tai useampia.

Useat kuormitusalueet lisäävät laakerin sisäisiä kuormituksia merkittävästi ja nostavat laakerin käyttölämpötilaa, mikä voi johtaa ennenaikaiseen laakerivaurioon.

**Kuva 11** esittää kuormitusalueet laakerissa, jossa on sisäinen esijännitys ja johon kohdistuu vakio säteiskuormitus, kun sisärenkaan pyörii ja ulkorengas pysyy paikallaan.

Näissä olosuhteissa sisärenkaan vierintäpinnan keskellä on koko vierintäpinnan matkalla tasalevyisenä näkyvä vierintäjälki.

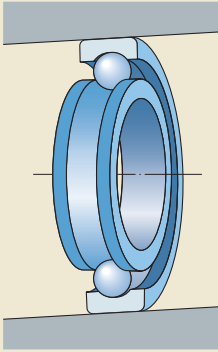
Myös ulkorengas näkyy 360°:n kuormitusalue, mutta vierintäjälki on yleensä leveämpi, kun kuormituksen yhdistyy sisäinen esijännitys.

Ongelma saattaa johtua akselin ja/tai laakeripesän liian tiukoista sovitteista. Jos sovitteet ovat liian tiukat, laakeriin saattaa muodostua sisäinen esijännitys. Liian pieni alkuvällyys saattaa aiheuttaa saman ongelman.

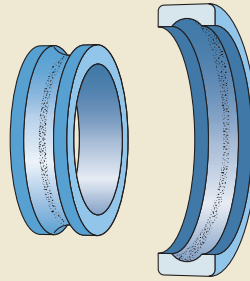
Ongelma saattaa johtua myös liian suuresta lämpötilaerosta akselin ja laakeripesän välillä. Se voi pienentää laakerin sisäistä vällystä huomattavasti. Akselin ja laakeripesän materiaalien erilaiset lämpölaajenemiskertoimet voivat olla yksi syy vällyksen pienenemiseen.

**HUOM.:** Katso *Suosittelut sovitteet ja toleranssit*, sivu 35.

Kuva 9

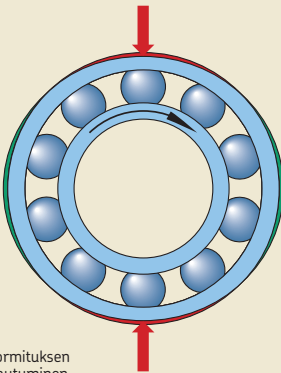


Kuormituksen jakautuminen

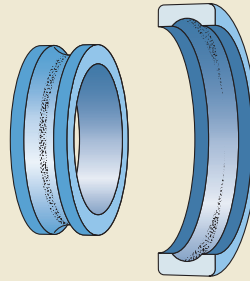


Vierintäjäljet

Kuva 10

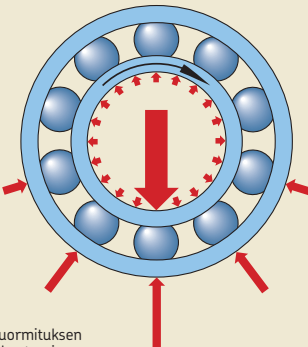


Kuormituksen jakautuminen

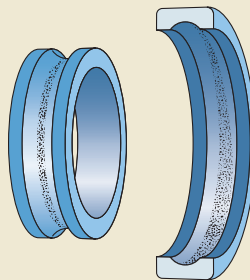


Vierintäjäljet

Kuva 11



Kuormituksen jakautuminen



Vierintäjäljet

# Laakerivaurio

Koska laakerivaurioiden uusiutumisen estäminen on entistä tärkeämpää, International Organization for Standardization (ISO) on kehittänyt laakerivaurioiden luokitusmenetelmän (ISO 15243:2004). Standardi luokittelee valmistuksen jälkeiset vauriot kuuteen pääryhmään ja 16 alaryhmään. Standardi perustuu pääasiassa vierintäelimissä, vierintäpinoilla ja muilla pinoilla näkyviin visuaalisiin jälkiin. Se määrittää myös jokaiseen vauriotyyppiin liittyvät syymekanismit.

Useimpien laakerivaurioiden syyt voidaan jäljittää kuuteen pääryhmään ja niiden alaryhmiin, jotka on esitetty **taulukossa 1**. Vauriomekanismien määritelmät on esitetty **taulukossa 2**.

Useimmat syntyvät vauriot on helppo tunnistaa ja niitä on helppo valvoa, kun kunnonvalvonta on osa kattavaa kunnossapito-ohjelmaa. Värähtelyanalyysillä voidaan tunnistaa ensimmäiset laakerivaurioiden merkit, jolloin huoltohenkilökunta voi tehdä korjaavat toimenpiteet ajoissa. Se vähentää kustannuksia ja odottamattomia seisakkeja huomattavasti ja auttaa välttämään laajamittaiset vauriot, jotka vahingoittavat viereisiä komponentteja. Lisäksi huoltohenkilökunta voi sen avulla tutkia vaurioituneen laakerin aikaisessa vaiheessa vaurion syyn määrittämiseksi ja ryhtyä tarvittaviin toimiin, jotta ongelma ei toistu.

**HUOM.:** Katso kohta *Tutkiminen*, alkaen sivulta 216.

Useimmat laakerivauriot voidaan jakaa kahteen vaurioluokkaan: ennen käyttöä ja käytöstä aiheutuvat. Vauriot ennen käyttöä tapahtuvat yleensä ennen laakerin asennusta tai sen aikana, ja käytöstä aiheutuvat vauriot tapahtuvat käytön aikana.

Vaurioiden aiheuttajat ennen käyttöä:

- virheelliset akselin ja laakeripesän sovitteet
- vialliset akselin ja laakeripesän sovitteet
- staattinen linjausvirhe
- virheelliset asennustavat
- sähkövirran kulkeminen laakerin läpi (liian suuri jännite)
- kuljetus, käsittely ja varastointi

Käytöstä aiheutuvat vauriot:

- materiaalin väsyminen
- puutteellinen voitelu
- riittämätön tiivistys
- tärinävauriot
- dynaaminen linjausvirhe
- sähkövirran kulkeminen laakerin läpi (laakerivirta)

Taulukko 1

### Laakerivaurioiden ISO-luokitus

Pääryhmä	Alaryhmä
<b>Materiaalin väsyminen</b>	Pinnanalainen väsyminen Pinnan väsyminen
<b>Kuluminen</b>	Abrasiivinen kuluminen (hiontakuluminen) Adhesiivinen kuluminen (hankauskuluminen)
<b>Korroosio</b>	Kosteuskorroosio Kitkakorroosio Sovitekorroosio Tärinävaurio
<b>Sähköeroosio</b>	Suuri jännite Laakerivirrat
<b>Plastinen muodonmuutos</b>	Ylikuormitus Epäpuhtauspartikkelien aiheuttamat painaumat Virheellisen käsittelyn aiheuttamat painaumat
<b>Murtuma ja säröily</b>	Pakotettu murtuma Väsymismurtuma Lämpömuromat

## Vaurioluokituksen määritelmät

Vaurioluokitus	Määritelmä ja/tai selitys
<b>Materiaalin väsyminen</b>	Vierintäelimen ja vierintäpintojen välisten kosketusalueiden dynaamisen kuormituksen aiheuttama materiaalirakenteen muutos. Väsymys ilmenee pinnasta irtoavina partikkeleina (kuoriutuma). Kuoriuman alkamisen ja edistyneen kuoriuman välinen aika vaihtelee nopeuden ja kuormituksen mukaan.
Pinnanalainen väsyminen	Mikrokuoriutumien muodostuminen vierintäpinnan alla. Kun mikrosäröt etenevät pintaan asti, kuoriutuma alkaa.
Pinnan väsyminen	Pinnan väsyminen. Puutteellisen voitelun aiheuttama vierintäpintojen epätasaisuuksien väliset kosketukset (pinnankarheuden) vaurioituminen.
<b>Kuluminen</b>	Materiaalin progressiivinen irtoaminen kahden liuku- tai vierintä-/liukukosketuspintojen käytön aikaisen kosketuksen seurauksena.
Abrasiivinen kuluminen (hiontakuluminen)	Puutteellisen voitelun tai epäpuhtauspartikkelien tuloksena.
Adhesiivinen kuluminen (hankauskuluminen)	Vierintäpintojen välisen liukumisen seurauksena tapahtuva materiaalin siirtyminen pinnalta toiselle paikallisen pintojen välisen kylmähitsautumisen takia.
<b>Korroosio</b>	Metallipinnan heikentyminen pintojen hapettumisen tai kemiallisen reaktion takia.
Kosteuskorroosio	Pintojen hapettuminen kosteuden takia.
Kitkakorroosio	Vastinpintojen välisen mikroliikkeen aktivoima kemiallinen reaktio tietyissä kitkaolosuhteissa.
Sovitekorroosio (soveruoste)	Pinnan epätasaisuuksien hapettuminen ja kuluminen mikroliikkeissä.
Tärinävaurio	Mikroliikkeen aiheuttamat matalat painanteet pysähdyksissä olevan koneen jaksoitaisten värähtelyjen seurauksena. Painanteet ovat tasaisella etäisyydellä toisistaan vastaten vierintäelinjakoa.
<b>Sähköeroosio</b>	Sähkövirran läpikulkemisen aiheuttamat kosketuspintojen vauriot.
Suuri jännite	Kipinöinti ja paikallinen kuumeneminen johtuen virran kulkemisesta laakerinrenkaalta toiselle vierintäelimen läpi.
Laakerivirrat	Korkeataajuuksien sähkövirran läpikulkemisen aiheuttamat matalat kraatterit. Kraatterit ovat lähellä toisiaan. Ajan mittaan ne kehittyvät akselin keskilinjan kanssa yhdensuuntaisiksi uurteiksi tasaisella etäisyydellä toisistaan.
<b>Plastinen muodonmuutos</b>	Pysyvä muodonmuutos materiaalissa.
Ylikuormitus	Staattisten tai iskukuormitusten aiheuttama ylikuormitus, joka johtaa plastiseen muodonmuutokseen.
Epäpuhtauspartikkelien aiheuttamat painaumat	Partikkelien aiheuttamat painaumat vierintäpintojen ja vierintäelimen kosketusalueilla, kun vierintäelimet kulkevat partikkelien yli. Pinaumien koko ja muoto riippuvat partikkelien muodosta ja kovuudesta.
Virheellisen käsittelyn aiheuttamat painaumat	Koviin, teräviin esineiden aiheuttamat painaumat laakerin pannoilla.
<b>Murtuma</b>	Materiaalin enimmäisvetolujuus ylittyy ja komponentista irtoaa osa.
Pakotettu murtuma	Materiaalin vetolujuuden ylittävän jännityskeskittymän aiheuttama murtuma.
Väsymismurtuma	Murtuma, joka johtuu materiaalin väsymislajuuden ylärajan toistuvasta ylittymisestä.
Lämpömuurtumat	Suuren kitkalämmön aiheuttamat muurtumat. Ne muodostuvat yleensä kohtisuoraan liikesuuntaan nähden.

### Vaurioiden aiheuttajat ennen käyttöä

#### Virheelliset akselin ja laakeripesän sovitteet

Virheellinen akselin tai laakeripesän sovitteet voi aiheuttaa liian suuren välyksen tai esijännityksen ja johtaa seuraaviin ongelmiin:

- renkaan pyöriminen (renkas pyörii akselilla tai pesässä)
- sovittekorrosio (sovitteuoste)
- laakerirenkaiden murtuminen
- pienempi kuormankantokyky
- kuormituksen lisääntyminen
- liian korkeat käyttölämpötilat

Siksi oikea sovitte on kriittisen tärkeä tekijä laakerin käyttöä ja käyttökohteen toiminnan kannalta.

Jos laakerirengas pyörii ja kuormitus on vakio, on käytettävä ahdistussovitteita. Tiukkuusaste määräytyy kuormituksen suuruuden sekä laakerin tyyppin ja koon mukaan. Yleensä sovitteeseen tulee olla sitä tiukempi, mitä suurempi kuormitus on.

Jos laakerirengas pysyy paikallaan ja kuormitus on vakio, on yleensä asennettava löysä sovitte. Suositellut sovitteet ovat **liitteessä A**, alkaen **s. 334**. Sovitteiden raja-arvot ja sovitteet on lueteltu **liitteessä B**, alkaen **s. 338**.

Jos laakereihin kohdistuu iskukuormia tai jatkuvaa värähtelyä, ahdistussovitteeseen tulee olla suurempi laakerirenkaalla, joka pyörii suhteessa kuormitukseen.

Jos kyseessä on laakerirengas, jolla on pyörimä kuormitusalue, kevyesti kuormitetut laakerit tai jos laakerien pyörimisnopeudet ovat erittäin matalia, voidaan käyttää kevyempää sovitteita tai joissakin tapauksissa välysovitteita.

Laitteen kokoaminen ei aina ole mahdollista, jos suositeltuja sovitteita käytetään. Ota siinä tapauksessa yhteyttä SKF:n edustajaan.

Mieti kahta seuraavaa esimerkkiä: Auton etupyörässä kuormituksen suunta on vakio, sillä tienpinta kohdistaa pyörään aina ylöspäin suuntautuvan voiman. Siten pyörivässä ulkorenkaassa on ahdistussovitte pyörän napaan, kun taas paikallaan olevassa sisärenkaassa on välysovitte akseliin.

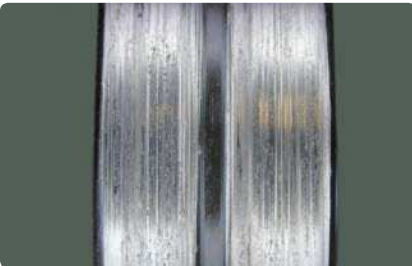
Tavanomaisten sähkömoottorien laakereissa on paikallaan pysyvät ulkorenkaat suhteessa kuormitukseen ja löysä laakeripesän sovitte, kun taas sisärenkaat pyörivät suhteessa kuormitukseen ja niissä on ahdistussovitte.

Joissakin tapauksissa sekä laakerin sisä- että ulkorengas on asennettava ahdistussovitteella. Näin on esimerkiksi lieriörollalaakereissa ja CARB-kaarirullalaakereissa, jotka pystyvät muuttamaan akselin aksiaaliseen lämpölaajenemiseen sisäisesti, joten laakerirenkaan ei tarvitse liikkua laakerisijallaan. Näin voi olla myös käyttökohteissa, joissa laakeriin kohdistuu voimakkaita iskukuormituksia.

Virheelliset akselin ja laakeripesän sovitteet tai tarpeettoman löysät sovitteet voivat aiheuttaa sisä- tai ulkorenkaan pyörimisen sovitteella. Silloin kyse on renkaan pyörimisestä. Tämä liike muodostaa kitkaa ja voi aiheuttaa kulumisen tai

Kuva 12

Ulkorenkaan pyörimisestä johtuva hiontakuluminen  
ISO-luokitus: Abrasiivinen kuluminen (hiontakuluminen)



Kuva 13

Ulkorenkaan pyörimisestä johtuva kiillotuskuluminen  
ISO-luokitus: Abrasiivinen kuluminen (hiontakuluminen)





tahmautumisen. Vaurio ei aina rajoitu laakerisijan pintaan, vaan se voi vaikuttaa myös laakerirenkaan (renkaiden) ulkopinnoille. **Kuvassa 12** on esimerkki hiontakulumisesta ja **kuvassa 13** esimerkki kiillotuskulumisesta.

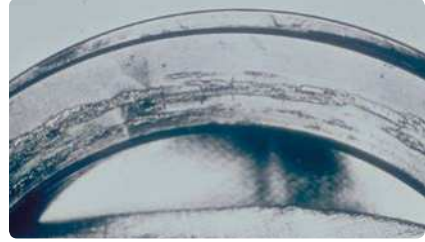
Liian löysät sovitteet voivat aiheuttaa nopeuseroja kontaktipintojen välillä. Joissakin tapauksissa on välttämätöntä käyttää välyssovitetta, esimerkiksi valssaamojen valssiakselitappien nelirivisissä kartiorullalaakereissa. Tavallisesti sisärenkaassa on välyssovite asennus- ja irrotussyistä. Välyssoviteen takia sisärenkaan ja akselin soviteen välillä on nopeusero (rennaspyörii) ja myös sisärenkaan otsapinnan ja sen vastinpinnan (olake) välillä on nopeusero. Nämä nopeuserot aiheuttavat kuumenemista kuormitusalueella. Joissakin tapauksissa paikallinen kuumuus voi olla niin voimakasta, että materiaalia siirtyy laakerirenkaalta vastinpinoille tai päinvastoin (tahmautuminen) (→ **kuva 14**). Kuumuus voi aiheuttaa materiaaliin myös lämpömurtumia (→ **kuva 14**), jotka johtavat lopulta renkaan murtumiseen (lämpömurtuma).

Sisärenkaan ja akselin välinen ahdistusovite aiheuttaa renkaaseen kehäjännityksiä (vetojännityksiä). Jos ahdistusovite on liian tiukka, sen aiheuttamat kehäjännitykset voivat ylittää renkaan lujuuden ja saavat sen murtumaan (→ **kuva 15**).

Laakeroinnit koostuvat yleensä ohjaavasta ja vapaan pään laakerista. Vapaan pään laakeri on valmistettu siten, että se mukautuu akselin lämpölaajenemiseen joko sisäisesti tai liikkumalla sijallaan laakeripesässä. Jotta liike laakerisijalla on mahdollista, ulkorengas tulee asentaa pesään välyssovitteella. Jos sovite on liian tiukka tai jos ulkorengas on vinossa laakeripesässä, rengas ei liiku. Tämä aiheuttaa raskaita aksiaalkuormituksia laakerijärjestelmään. Raskas aksiaalkuormitus voi johtaa seuraaviin ongelmiin: materiaalin ennenaikainen väsyminen, ylikuumeneminen, puutteellinen voitelu, liiallinen kuluminen tai pintalähtöiset kuoriutumukset (→ **kuva 16**). Seurauksena on laakerin ratkai-sevasti lyhyempi käyttöikä.

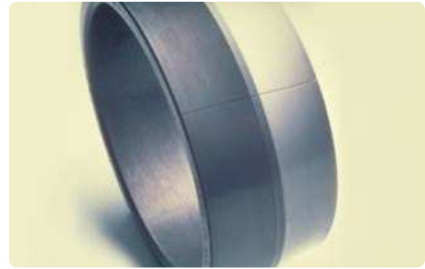
Kuva 14

Laakerin ja välirenkaan eri nopeudet kontaktialueella on aiheuttanut tahmautumisen (kehän suuntaiset jäljet). Siitä johtuva kuumuus on aiheuttanut lämpömurtumia laakerirenkaaseen (kohtisuorassa tahmautumisyjälkiin nähden). ISO-luokitus: Adhesiivinen kuluminen (hankaava kuluminen ja lämpömurtuma)



Kuva 15

Laakerirenkaan murtuma liian tiukan ahdistusoviteen takia  
ISO-luokitus: Pakotettu murtuma



Kuva 16

Laakeripesän sovite, joka on liian tiukka vapaan pään laakerille, aiheuttaa suuria aksiaalkuormituksia ja lyhentää merkittävästi laakerin käyttöikää.  
ISO-luokitus: Pinnanalainen väsyminen (liian suuren kuormituksen takia) tai pinnan väsyminen (voiteluongelmien takia)



## Laakerivauriot ja niiden syyt

### Viallisen akseli- tai laakeripesäsovitteen aiheuttama vaurio ja rikkoutuminen

Laakerin käyttöiän laskentakaavat perustuvat tiettyihin perusoletuksiin. Yksi näistä oletuksista on se, että akselin ja laakeripesien sovitteet vastaavat geometrisiä määrittämiä. Vaikka komponentit on valmistettu erittäin tarkkojen määrittysten mukaan, muut tekijät voivat vaikuttaa niihin haitallisesti. Akselin tai laakeripesän laakerisijat voivat olla esimerkiksi kartiomaisia, soikeita, vinoja tai lämmöstä vääntyneitä. Oikein valmistettu laakeripesän laakerisija voi aiheuttaa saman ongelman, jos se vääntyi, kun se asennettiin konerunkoon tai tukipinnalle.

Osassa *Virheelliset akselin ja laakeripesän sovitteet*, alkaen s. 300, käsiteltiin väärin valittuja sovitteita, ja tämä osa käsittelee vääntyneitä laakerisijoja ja niiden aiheuttamia vaurioita.

Sovitekorroosiota tapahtuu, kun sovite on liian löysä ja laakerirengas ja akseli tai laakeripesä liikkuvat toistensa suhteen. Tämä liike johtuu yleensä muotovirheestä tai akselin taipumasta ja saa pieniä hiukkasia irtoamaan akselin tai laakeripesän sovitepinnasta. Hiukkaset hapettuvat nopeasti altistuessaan ilmalle.

Sovitekorroosion seurauksena laakerirenkaiden tuenta saattaa muuttua epätasaiseksi, mikä voi vaikuttaa haitallisesti kuormituksen jakautumiseen laakerilla. Sovitekorroosiota tulee ulkorenkaan ulkopintaan (→ kuva 17) tai sisärenkaan reikään (→ kuvat 18 ja 19) näkyvänä ruosteena. Rautaoksidin tilavuus on suurempi kuin puhtaan raudan. Siksi laakerin geometria voi muuttua ja silloin vierintäpinnan vierintäjäljessä saattaa olla voimakkaita jälkiä vastaavissa kohdissa.

Sovitekorroosio on yleinen käyttökohteissa, joissa käyttöolosuhteet aiheuttavat laakerisijojen muodonmuutoksen kuormituksessa. Usein näin tapahtuu raskaasti kuormitetuissa käyttökohteissa.

**HUOM.:** Sovitekorroosiota on  $Fe_3O_4$ , niin sanottu magnetiitti (→ kuva 17), joka voi olla mustaa – tai  $Fe_2O_3$ , niin sanottu hematitiitti, joka on punaista tai punaruskeaa (→ kuvat 18 ja 19).

Kuva 17

Voimakasta sovitekorroosiota tapahtuu usein raskaasti kuormitetuissa käyttökohteissa. Sovitekorroosio ulkorenkaan sovitteeseen kuormitusalueella.  
ISO-luokitus: Sovitekorroosio



Kuva 18

Väärän akselisovitteen aiheuttama sovitekorroosio  
ISO-luokitus: Sovitekorroosio



Kuva 19

Huonosti koneistetun akselin tai akselin taipuman aiheuttama sovitekorroosio  
ISO-luokitus: Sovitekorroosio



Ajan mittaan virheellinen pintojen kontakti/so-  
vite johtaa voimakkaaseen sovitekorroosioon.  
Ruostuneet alueet ovat lisäksi alueita, josta  
murtumat saavat alkunsa (→ kuvat 20 ja 21).

Koverien, kuperien tai kartiomaisten laakeri-  
sijojen vuoksi laakerirenkaan tuenta on huono  
renkaan koko leveydellä. Siksi rengas taipuu  
kuormituksessa ja vierintäpintaan muodostuu  
kehäsuuntaisia väsymismurtumia.

**Kuvassa 22** on peilikuva pallomaisen kuula-  
laakerin ulkorenkaasta, joka on ollut asennettu-  
na soikeaan laakeripesän reikään. Paikoillaan  
oleva ulkorengas oli puristuneena kahdesta  
kohdasta – 180° erillään – muodostaen esijän-  
nityksen näihin kohtiin. Esijännitys tuotti liian  
suuria voimia, jotka aiheuttivat materiaalin  
ennenaikaisen väsymisen ja pinnanalaisia  
kuoriumia.

Lisäksi esijännitys aiheutti kuumenemista ja  
johti huonoihin voiteluolosuhteisiin. Huomaa  
kahta kuormitusaluetta vastaava voimakas  
sovitekorroosio (180° erillään) ulkorenkaan  
vaippapinnalla.

Kuva 20

**Sovitekorroosio voi aiheuttaa renkaan murtumisen.**  
Rengas murtuu heikoimmasta kohdasta – voitelu-urasta.  
ISO-luokitus: Sovitekorroosio ja pakotettu murtuma



Kuva 21

**Tämän laakerin ulkorengas ei ollut hyvin tuettuna laakeri-  
pesän sovitteella. Sovitekorroosio johti ulkorenkaan suuriin  
rasituksiin ja aiheutti lopulta pakotetun murtuman.**  
ISO-luokitus: Sovitekorroosio ja pakotettu murtuma



Kuva 22

**Pallomaisen kuulalaakerin ulkorengas on peiliä vasten.**  
Kaksi kuormitusaluetta ja kuoriumia näkyy 180 asteen  
päässä toisistaan. Vaurio johtui soikeasta laakeripesän  
sovitteesta.  
ISO-luokitus: Pinnanlainen väsyminen



## Laakerivauriot ja niiden syyt

### Staattinen linjausvirhe

Staattinen linjausvirhe on yleinen syy ylikuumenemiseen ja/tai ennenaikaiseen kuoriutumiseen, ja sitä esiintyy seuraavissa olosuhteissa:

- Sisärenkas on kohdistettu akselin olaketta vasten, joka on vinossa akselin keskilinjaan nähden.
- Ulkorenkas on kohdistettu laakeripesän olaketta vasten, joka on vinossa laakeripesän laakerisijaan nähden.
- Laakeripesien laakerisijat eivät ole samankeskisiä.
- Laakerirenkas on asennettu väärin olaketta vasten ja on vinossa sovitteella.
- Vapaan pään laakerin ulkorenkas on vinossa laakeripesässä.

Kaikkia linjausvirheitä ei voida korjata itseasettavilla laakereilla. Jos esimerkiksi itseasettuvan laakerin pyörivä sisärenkas on vinossa akselin akselin keskilinjaan nähden, se kieppuu pyöriessään. Tämä aiheuttaa voiteluongelmia ja joko ennenaikaista kulumista ja/tai pintalähtöistä väsymistä.

Painekuulalaakereissa voi olla ennenaikaisen kulumisen jälkiä, jos niiden tukipinnat eivät ole kohtisuorassa akseliin nähden. Näissä tapauksissa paikallaan olevan renkaan lyhyt osa (kaari) kantaa koko kuormituksen. Jos painekuulalaakerin pyörivä rengas asennetaan akselin olakkeeseen, joka on vinossa, rengas kieppuu pyöriessään. Pyörivä rengas, joka kieppuu, kuormittaa paikallaan olevaa rengasta vain

pieneltä pieneltä alueelta kerrallaan ja aiheuttaa siten ennenaikaisen väsymisen.

Tilanteissa, joissa kahdella samaa akselia tukevalla pesällä ei ole yhteistä keskilinjaa, vain pallomaiset kuula- tai rullalaakerit pystyvät toimimaan siten, ettei niihin synny sisäisiä kuormituksia (taivutusmomentteja). Taivutusmomentit johtaisivat akselin taipumiin ja linjausvirheisiin. Ura- ja viistokuulalaakerit sekä lieriö- ja kartiorullalaakerit pystyvät mukautumaan vain hyvin pieniin linjausvirheisiin. Linjausvirhe johtaa näissä laakereissa tavallisesti reuna-alueen kuormittamiseen, mikä voi aiheuttaa ennenaikaisen väsymisen.

**Kuvan 23** kaksirivinen viistokuulalaakeri oli linjattu väärin. Se johti kahteen, 180° erillään olevaan kuormitusalueeseen. Lisääntynyt kuormitus aiheutti puutteellisen voitelutilanteen. Raskaat kuormitukset ja voiteluongelma johtivat ennenaikaiseen laakerivaurioon, joka alkoi pintalähtöisenä kuoriutumaan.

**Kuvan 24** kartiorullalaakeri oli asennettu laakeripesään, joka oli linjattu väärin. Vain pieni alue vierintäpinnan reunalla kantoi kuormituksen. Siitä johtuvat erittäin suuret rasitukset kuormitusalueella johtivat materiaalin väsymiseen ja ennenaikaiseen pinnanalaiseen vaurioon (kuoriutumiin).

Kuva 23

Kaksirivinen viistokuulalaakeri, jossa sisäinen linjausvirhe: linjausvirhe johti kahteen 180 asteen välein olevaan kuormitusalueeseen. Raskaat kuormitukset aiheuttivat rasitusta ja voiteluongelmia, joista oli seurauksena laakerin ennenaikainen rikkoutuminen.  
ISO-luokitus: Pinnan väsyminen



Kuva 24

Laakeripesän linjausvirhe aiheutti tämän kartiorullalaakerin reuna-alueen kuormittamisen. Tulos: laakerin ennenaikainen rikkoutuminen.  
ISO-luokitus: Pinnanalainen väsyminen



## Virheelliset asennustavat

Väärä käsittely ja huolimattomuus ennen asennusta ja asennuksen aikana aiheuttaa usein vaurion sekä ennenaikaisen väsymisen tai rikkoutumisen.

Yksi ennenaikaisen väsymisen syistä on käsittelyn, asennuksen, varastoinnin ja/tai käytön aikaiset osumavauriot.

Näissä tapauksissa osuma on voimakkaampi kuin materiaalin lujuus (ylikuormitus), ja materiaalissa tapahtuu plastisia muodonmuutoksia. Vaurio alkaa muodonmuutoskohdasta ja johtaa lopulta ennenaikaiseen laakerivaurioon.

**Kuva 25** näyttää, miten väärään renkaaseen kohdistunut asennusvoima kulkeutuu vierintäelimien läpi. Näin voi tapahtua myös silloin, kun pysähdyksissä olevaan laakeriin kohdistuu epänormaalia kuormitusta. Koska iskukuormitus on aksiaalista kuormitusta, renkaissa voi olla painaumuksia, jotka ovat sivussa keskikohdasta aksiaalisuunnassa. Pinaumien välinen etäisyys on sama kuin vierintäelimien välinen etäisyys.

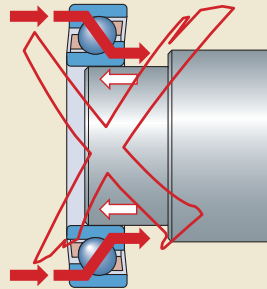
**Kuvassa 26** on esimerkki kaksirivisen viistokuulalaakerin sisärenkaan vauriosta. Asennusvoima välitettiin ulkorengkaan kautta. Siitä johtuvat plastiset muodonmuutokset näkyvät vierintäpinnalla vierintäelinjaolla.

**Kuvassa 27** näkyy vaurio jonkin aikaa käytössä olleessa urakuulalaakerissa.

Ennenaikaiset väsymisvauriot saattavat johtua myös laakerin tai laakeripesän epäpuhtauksista. Laakeriin voi päästä epäpuhtauksia asennuksen aikana tai epäpuhtaudet ovat jäämiä aikaisemmasta laakerivauriosta. Laakeriin saat-

Kuva 25

Asennusvoima kohdistettu väärään renkaaseen  
ISO-luokitus: Ylikuormitus



Kuva 26

Asennuksen aikaisen osuman aiheuttama vaurio  
ISO-luokitus: Ylikuormitus



Kuva 27

Asennuksen aikaisen iskun aiheuttama väsyminen  
ISO-luokitus: Ylikuormitus



## Laakerivauriot ja niiden syyt

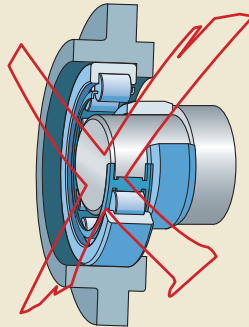
taa päästä epäpuhtauksia myös laakeripesän valmistusprosessissa.

Myös laakerin ulkopinnan ja laakeripesän reiän väliin jäänyt irtomateriaali voi johtaa ennenaikaiseen laakerivaurioon.

Lieriörullalaakerit vaurioituvat helposti asennuksen aikana. Näin voi käydä esimerkiksi NU-rakenteisissa laakereissa sisärenkaalle asennuksen jälkeen, kun ulkorengas, pidin ja rullakokonaisuus ovat laakeripesässä. Jos akseli on vinossa asennuksen aikana eikä sitä pyöritetä, rullat voivat naarmuttaa sisärenkaan vierintäpintaa (→ **kuva 28**) aiheuttaen painaumuksia, jotka näkyvät pitkinä, poikittaisina viiruina. Huomaa, että vaurioalueiden välinen etäisyys (→ **kuva 29**) vastaa rullien välistä etäisyyttä.

**HUOM.:** Se voidaan välttää: voitele kaikki komponentit hyvin ja pyöritä ulko- tai sisärenhasta asennuksen aikana. Suuremmissa laakereissa tulee käyttää asennusholkkia (→ **kuva 30**).

Kuva 28



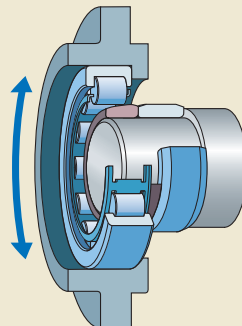
Kuva 29

### Asennusvaurio lieriörullalaakerissa

ISO-luokitus: Virheellisen käsittelyn aiheuttamat painaumat



Kuva 30



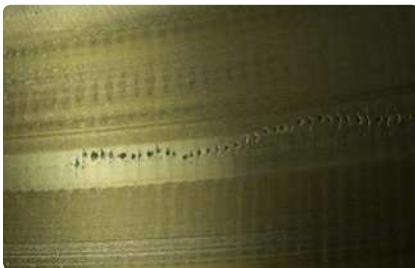
### Suuren jännitteen kulkeminen laakerin läpi

Tietyissä olosuhteissa sähkövirta kulkee laakerin läpi sieltä, mistä se helpoimmin pääsee läpi. Esimerkiksi liian suuret jännitteen potentiaalierot akselikorjauksen aikana, johtuen esim. hitsauslaitteen huonosta maadoituksesta. Kun sähkö siirtyy yhdestä laakerirenkaasta vierintäelimiin ja niistä toiseen renkaaseen, seurauksena on vakavia vaurioita. **Kuvassa 31** näkyy liian suuren jännitteen aiheuttama vaurio ulkorenkaan vierintäpinnassa ja suuren pallomaisen rullalaakerin rullan pinnassa.

Vaurio voi tapahtua pysähdyksissä, mutta yleensä se tapahtuu käytön aikana. Siitä huolimatta tämäntyyppinen vaurio luokitellaan vaurioksi ennen käyttöä.

Kuva 31

Suuren pallomaisen rullalaakerin vaurio, joka johtuu suuren sähköjännitteen kulkemisesta laakerin läpi. Vasemmalla: ulkorenkaan vierintäpinnan vaurio; oikealla: vastaava vaurio rullassa. ISO-luokitus: Suuri jännite



## Laakerivauriot ja niiden syyt

### Vaurioituminen kuljetuksen tai varastoinnin aikana

Tyypillinen kuljetusvaurio on iskukuormituksen ta johtuva paikallinen ylikuormitus tai värähtelystä johtuvat painaumat.

Ylikuormitusvaurio muodostuu osuman seurauksena. Osuma voi johtua laakerin väärästä käsittelystä tai käyttökohteen iskukuormituksesta. Ylikuormitusvauriot voivat lisätä melua ja värähtelyä ja lyhentää laakerin käyttöikää vaurion vakavuudesta riippuen. Ylikuormitusvaurion tunnistaa tarkistamalla, vastaako vaurioalueiden välinen etäisyys vierintäelimien välistä etäisyyttä. Koska ylikuormitusvaurio muodostuu osuman seurauksena, alkuperäiset hiontajäljet saattavat näkyä suurennuksessa. Kuvassa 32 on 100-kertainen suurennos osuman (ylikuormituksen) aiheuttamasta vauriosta.

Myös tärinävaurioissa vaurioalueiden etäisyys vastaa vierintäelimien etäisyyttä. Koska se johtuu värähtelystä, hiontajäljet ovat hävinneet, kuten **kuvassa 33**. Tärinävaurion painaumat voivat myös lisätä melua ja värähtelyä vaurion vakavuudesta riippuen.

Varastoidun laakeripakkauksen on pysyttävä hyvässä kunnossa, sillä muuten laakerin kunto voi heiketä. Se koskee myös osakokoonpanoihin jo asennettuja laakereita (→ **kuva 34**). Laakerit on suojattava asianmukaisesti.

Kuva 32

Ylikuormituksen aiheuttama iskujälki – 100-kertainen suurennos  
ISO-luokitus: Ylikuormitus



Kuva 33

Tärinävauriojäljet – 100-kertainen suurennos  
ISO-luokitus: Tärinävaurio



Kuva 34

Sopimattoman varastoinnin aiheuttama vaurio  
ISO-luokitus: Kosteuskorrosio





## Käytöstä aiheutuvat vauriot

### Materiaalin väsyminen (pinnanalainen väsyminen)

Käytön aikana kuormitus siirtyy renkaalta toiselle vierintäelimien välityksellä. Aina kun vierintäelin tulee kuormitusalueelle, kosketusalueelle siirtyvä kuormitus nousee nolasta maksimikuormitukseen ja laskee takaisin nolaaan. Sen seurauksena materiaaliin kertyy jännitys- ja väsymysjännityksiä. Kuormituksesta, lämpötilasta ja kuormitusjaksojen määrästä riippuen ne voivat johtaa materiaalin rakennemuutoksiin ja muodostaa lopulta säröjä pinnan alla. Ajan mittaan säröt yhdistyvät ja etenevät pintaan asti jolloin kuoriutuma syntyy (→ **kuva 35**).

Laakeri vaurioituu heti ensimmäisen kuoriutumisan yhteydessä. Siitä huolimatta laakeri voi edelleen toimia. Vähitellen kuoriutumien koko (→ **kuva 36**) ja määrä kasvaa, mikä lisää koneiston melua ja värähtelyä. Kone tulee pysäyttää ja korjata, ennen kuin laakeri rikkoutuu täydellisesti.

Ennenaikainen pinnanalainen väsyminen voidaan välttää, jos seuraavat kolme ehtoa täyttyvät:

- puhdas laakeriteräs – paras laakerilaatu
- hyvät voiteluolosuhteet (ei epäpuhtauksia)
- hyvä kuormituksen jakautuminen vierintäelimille ja vierintäelimien kosketuslinjaa pitkin.

Kuva 35

**Kuoriutuma laakerissa**  
ISO-luokitus: Pinnanalainen väsyminen



Kuva 36

**Pitkälle edennyt kuoriutuma materiaalin pinnan alla alkaneen väsymisen takia**  
ISO-luokitus: Pinnanalainen väsyminen



### Puutteellinen voitelu

Laakerin ennakoitavan käyttöiän laskennassa yksi perusolettamus on laakerin oikea voitelu. Se tarkoittaa, että laakeri saa oikean määrän oikeaa voiteluainetta oikeaan aikaan. Kaikki laakerit vaativat asianmukaisen voitelun luotettavan toiminnan takaamiseksi. Voiteluaine erottaa vierintäelimet, pitimen ja vierintäpinnat toisistaan vierintä- ja liukupinnoilla. Ilman tehokasta voitelua vierintäelimien ja vierintäpintojen sekä muiden kosketuspintojen metallipinnat koskettavat toisiinsa, mikä vaurioittaa kyseisiä pintoja.

Liian usein puutteellisen voitelun oletetaan tarkoittavan, ettei laakerissa ollut öljyä tai rasvaa. Niin voi käydä toisinaan, mutta laakerivaurion analyysi ei ole yleensä näin yksinkertaista. Monet vauriotapaukset voivat johtua voiteluaineen riittämättömästä tai liian suuresta viskositeetista, liiallisesta voitelusta, riittämättömästä voiteluaineen määrästä, voiteluaineen epäpuhtauksista tai käyttökohteeseen sopimattomasta voiteluaineesta. Siksi voiteluaineesta johtuvien vaurioiden analyysissä on tutkittava huolellisesti voiteluaineen ominaisuudet, laakerin saaman voiteluaineen määrä ja käyttöolosuhteet.

Jos voitelu on tehotonta, seurauksena on pinnan väsyminen. Vaurio etenee nopeasti ja aiheuttaa sekundaarisia vaurioita, joiden tuloksena on usein vaikea erottaa materiaalin väsymisen aiheuttamia vaurioita. Kuoriutuma alkaa ja tuhoaa usein puutteellisen voitelun jäljet. Jos vaurio havaitaan tarpeeksi aikaisin, nähtävissä on vielä merkkejä, jotka osoittavat vaurion todellisen aiheuttajan.

Puutteellisen voitelun aiheuttaman vaurion (pinnan vahingoittumisen) eri vaiheet on esitetty kuvassa 37. Ongelman ensimmäinen näkyvä merkki on yleensä pinnan karhentuminen tai aaltomaisuus. Myöhemmin siihen kehittyä säröjä, joita seuraa kuoriutuma.

Kuva 37

Puutteellisesta voitelusta johtuvan kuoriutuman etenemisvaiheet (pinnan vahingoittuminen) ISO-luokitus: Pinnan väsyminen



Vaihe 1: Pinnassa näkyy karhentumista tai aaltomaisuutta.



Vaihe 2: Pinta vahingoittuu ja pieniä säröjä muodostuu. Mikrokuoriutuma alkaa.



Vaihe 3: Vierintäelimet kulkevat partikkelien yli; varsinainen pinnan kuoriutuma alkaa.



Vaihe 4: Jos laakeria käytetään liian pitkään, kuoriutuma tapahtuu koko vierintäpinnan matkalta; alkuperäistä vauriota ei ole enää näkyvissä.

**Kuvassa 38** on suuren pallomaisen rullalaakerin sisärenkaan vierintäpinta. Puutteellinen voitelu on aiheuttanut pinnan väsymistä. Kuoriutuma on jo alkanut vierintäpinnan kosketusalueen ulkoreunoilla. **Kuvassa 39** on pallomaisen rullalaakerin ulkorengas. Tässä kuoriutuma on jo pitkällä.

Kuva 38

Pinnan vahingoittuminen suuren pallomaisen rullalaakerin sisärenkaan vierintäpinnan kosketusalueen ulkoreunoilla.  
ISO-luokitus: Pinnan väsyminen



Kuva 39

Pitkälle edennyt kuoriutuma, joka johtuu pallomaisen rullalaakerin ulkorengkaan pinnan kulumisesta ja pintaväsymisestä.  
ISO-luokitus: Pinnan väsyminen



## Laakerivauriot ja niiden syyt

Eräs pintavaurion muoto on adhesiivinen (hankaava) kuluminen. Tahmautumisen (luistaminen) voi tapahtua seuraavissa olosuhteissa:

- suuret pyörimisnopeudet
- riittämätön kuormitus
- liian kova voiteluaine
- liian suuri laakerivälitys
- toimimaton voiteluaine

Kun vierintäelimiin kohdistuu voimakas kiihtyvyyden saapessa uudelleen kuormitusalueelle, ne saattavat liukua. Liukumisen muodostama kuumuus voi olla niin suuri, että pinnat sulavat kiinni toisiinsa metallipintojen kosketuskohdissa. Tämä hitsautumisilmiö saa materiaalin siirtymään pinnalta toiselle, mikä lisää kitkaa, ja aiheuttaa suuria paikallisia rasituksia. Säröjen muodostumisen ja ennenaikaisen laakerivaurion riski on suuri. **Kuvassa 40** on pallomaisen rullalaakerin ulkorengas. Molemmilla rullariveillä rivissä näkyy tahmautumisläpkeitä. Huomaa kuormitusalueen kaksi kulumisläpkeä.

**Kuvassa 41** on toinen esimerkki tahmautumisesta.

Tahmautumista voi tapahtua myös käyttökohteissa, joissa kuormitus on liian kevyt pyörintänopeuteen nähden. Vierintäelimiä liukuminen nostaa lämpötilaa äkillisesti, mikä voi aiheuttaa paikallista kylmähitsautumista ja materiaalin siirtymisen pinnalta toiselle (→ **kuva 42**).

Tahmautumista voi tapahtua myös muilla alueilla, kuten lieriö- ja kartiorullalaakereiden laippapinnoilla ja rullien päädyissä, pallomaisten rullalaakereiden ohjausrenkaassa ja rullien otsapinnoilla sekä pallomaisten painerrullalaakereiden rullien ja vierintäpintojen välillä sekä rullan pään lappakontaktissa. (→ **kuva 42**).

Kuva 40

Hankauskulumista pallomaisen rullalaakerin ulkorengaan kuormitusalueen siinä puolella, joka tulee uudelleen kuormitusalueelle  
ISO-luokitus: Adhesiivinen kuluminen (hankauskuluminen)



Kuva 41

Hankauskulumista pallomaisen rullalaakerin sisärenkaan vierintäpinnalla  
ISO-luokitus: Adhesiivinen kuluminen (hankauskuluminen)



Kuva 42

Pallomaisen painerrullalaakerin rullan laippakontaktin hankauskulumisläpjet  
ISO-luokitus: Adhesiivinen kuluminen (hankauskuluminen)



Koko laakerin kuluminen johtuu puutteellisesta voitelusta. **Kuvassa 43** on esimerkki tämäntyyppisestä vauriosta.

Useimmat metallipitimet ovat karkaisemattomia. Jos voitelu on riittämätön, kuluminen alkaa usein pidintaskuissa (→ **kuvat 44 ja 45**).

Kuva 43

**Puutteellisesta voitelusta johtuva pallomaisen rullalaakerin kuluminen**

ISO-luokitus: Abrasiivinen kuluminen (hiontakuluminen)



Kuva 44

**Puutteellisen voitelun aiheuttama kuluminen: lieriörullalaakerin massiivinen messinkipidin**

ISO-luokitus: Abrasiivinen kuluminen (hiontakuluminen)



Kuva 45

**Puutteellisen voitelun aiheuttama pitkälle edennyt kuluminen: yksirivisen viistokuulalaakerin messinkipidin**

ISO-luokitus: Abrasiivinen kuluminen (hiontakuluminen)



### Riittämätön tiivistys

Tässä osassa käsitellään riittämättömien tiivistysjärjestelmien aiheuttamia vaurioita.

Jos laakeriin pääsee epäpuhtauksia, laakerin käyttöikä lyhenee. Siksi on hyvin tärkeää suojata laakerit joko integroiduilla tiivisteillä tai suojalevyillä tai ulkoisilla tiivisteillä. Erittäin likaisissa olosuhteissa voi olla hyödyllistä käyttää molempia tiivistysratkaisuja.

Jos laakeriin pääsee kiinteitä epäpuhtauksia, voiteluaineen suorituskyky heikkenee, mikä voi aiheuttaa kulumista. Tämä on nopeutuva prosessi, koska voiteluaineen heikkeneminen jatkuu ja kuluminen tuhoaa laakerin teräsrakenteen (pinnan). Prosessin nopeus riippuu pääasiassa epäpuhtauden tyypistä ja siitä, jäävätkö kulumishiukkaset laakeriin vai poistuvatko ne laakerista (jälkivoitelu). Kuluminen johtaa tavallisesti viimeisiin pintoihin (→ kuvat 46 – 48).

**Kuvassa 46** on pallomaisen rullalaakerin ulkorengas, jonka kuormitusalueella on kaksi kulumisjälkeä. Siinä on myös jonkin verran käytön aikaisen värähtelyn aiheuttamaa aaltomaisuutta. **Kuvassa 47** on pallomaisen rullalaakerin sisärenkas käyttökohteessa, jossa ulkorengas pyörii. Molempien vierintäpintojen kuluminen on pitkällä ja kuoriuma on alkanut. **Kuvassa 48** on suuren pallomaisen rullalaakerin sisärenkas käyttökohteessa, jossa ulkorengas pyörii. Kuluminen on hyvin pitkällä ja kuoriuma on alkanut. Kummallakin vierintäpinnalla on kaksi kulumis-alueetta. Kulumista oli ensin yhdellä alueella. Sittem kuluminen alkoi toisella alueella renkaan pyörimisen (kääntymisen) takia.

Kuva 46

**Pallomaisen rullalaakerin ulkorengaan kuluminen**  
ISO-luokitus: Abrasiivinen kuluminen (hiontakuluminen)



Kuva 47

**Pallomaisen rullalaakerin paikallaan pysyvän sisärenkaan pitkälle edennyt kuluminen**  
ISO-luokitus: Abrasiivinen kuluminen (hiontakuluminen)



Kuva 48

**Suuren pallomaisen rullalaakerin paikallaan pysyvän sisärenkaan erittäin pitkälle edennyt kuluminen**  
ISO-luokitus: Abrasiivinen kuluminen (hiontakuluminen)



Joissakin tapauksissa kulumispartikkelit tai muut kiinteät epäpuhtaudet aiheuttavat kiillotumista ja kosketuspintoista tulee erittäin kiiltävät. Sen laajuus riippuu kulumispartikkelien koosta, niiden kovuudesta ja ajasta (→  **kuvat 49 ja 50**).

Kuva 49

**Pallomaisen rullalaakerin kiillotuskuluminen**  
ISO-luokitus: Abrasiivinen kuluminen (hiontakuluminen)



Kuva 50

**Suuren pallomaisen rullalaakerin sisärenkaan kiillotuskuluminen**  
ISO-luokitus: Abrasiivinen kuluminen (hiontakuluminen)



## Laakerivauriot ja niiden syyt

Laakeriin joutuneet kiinteät epäpuhtaudet aiheuttavat painaamia vierintäpintoihin vierintäelimiä kulkiessa epäpuhtauspartikkelien yli. Vierintäpintoihin syntyvät vauriot riippuvat epäpuhtauden tyypistä. Erittäin kovat partikkelit, kuten  $Al_2O_3$  (hiomalaikasta irronnut materiaali), muodostavat teräväkulmaisia painaamia, jotka aiheuttavat suuria rasiuksia vaurioalueella. Pehmeät epäpuhtaudet, kuten ohut paperinpala tai puuvillakankaasta irronnut säie, voivat myös aiheuttaa haitallisia painaamia.

Jokainen painauma voi käynnistää ennenaikaisen väsymisen.

**Kuvassa 51** on yllirullautuneen metallilangan aiheuttama painauma suuressa pallomaisessa rullalaakerissa.

**Kuvassa 52** on suuren pallomaisen rullalaakerin painaamia. Näin monet painaumat lyhenne-äisivät laakerin käyttöikää huomattavasti.

**Kuvassa 53** on epäpuhtauksista johtuvia painaamia urakuulalaakerissa. Kuoriutuma alkoi kahdesta ympyrällä merkitystä kohdasta ja levisi siitä eteenpäin.

Kuva 51

**Metallilangan aiheuttama painauma suuressa pallomaisessa rullalaakerissa.**  
ISO-luokitus: Epäpuhtauspartikkelien aiheuttamat painaum



Kuva 52

**Epäpuhtauspartikkelien aiheuttamat painaum**  
**pallomaisessa rullalaakerissa**  
ISO-luokitus: Epäpuhtauspartikkelien aiheuttamat painaum



Kuva 53

**Painaamien aiheuttama urakuulalaakerin kuoriutuma**  
ISO-luokitus: Epäpuhtauspartikkelien aiheuttamat painaum





Riittämätön tiivistysjärjestelmä voi aiheuttaa myös korroosiota, yleensä seisokin aikana (lepokorroosio).

Vesi, happo ja monet puhdistusaineet heikentävät voiteluaineiden suorituskykyä, mikä aiheuttaa korroosiota.

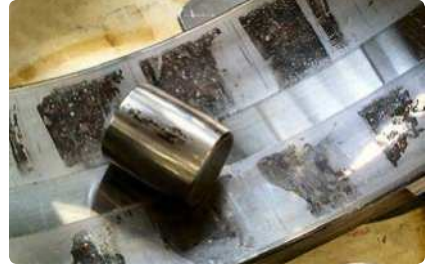
Jos käyttökohteeseen pääsee vettä, happoa tai puhdistusaineita, se heikentää voiteluaineen kykyä suojata teräspintoja hapettumiselta. Siksi koneen seisokin aikana muodostuu helposti syvää ruostetta.

Ajan mittaan liiallinen kosteus muodostaa happoa voiteluaineeseen ja syövyttää pinnan mustaksi, kuten **kuvassa 54**.

Vesi ja kapillaari-ilmio voivat aiheuttaa korroosiota vierintäelementin kosketusalueen viereiseen alueeseen (→ **kuva 55**). Tämä korroosio ilmenee harmahtavan mustina, vierintäpintojen poikki kulkevinä viiruinä, joiden etäisyys toisistaan vastaa yleensä vierintäelementtien välistä etäisyyttä (→ **kuva 56**).

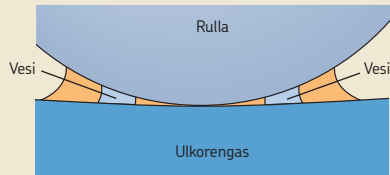
Kuva 54

**Kosteusvaurioita pallomaisessa kuulalaakerissa**  
ISO-luokitus: Kosteuskorroosio



Kuva 55

**Kapillaari-ilmion takia vierintäelementin kosketusalueen viereinen alue voi ruostua.**  
ISO-luokitus: Kosteuskorroosio



Kuva 56

**Voiteluaineeseen joutuneen veden aiheuttamat korroosiojäljet**  
ISO-luokitus: Kosteuskorroosio



## Laakerivauriot ja niiden syyt

Jos vesi, happo tai puhdistusaineet ovat heikentäneet voiteluaineen kykyä suojata teräspintoja ja seisokki on pitkäaikainen, renkaiden ja vierintäelimien pinnat voivat syöpyä kauttaaltaan (→  **kuvat 57 ja 58**).

Kuva 57

Pitkäaikaisessa seisokissa muodostunut kosteudesta johtuva ruoste pallomaisen rullalaakerin ulkorengaassa  
ISO-luokitus: Kosteuskorroosio



Kuva 58

Pitkäaikaisessa seisokissa muodostunut kosteudesta johtuva ruoste pallomaisen rullalaakerin rullassa  
ISO-luokitus: Kosteuskorroosio



## Tärinävauriot

Värähtely on yksi syy laakerivaurioihin etenkin seisokkien aikana. Esimerkiksi varakoneissa laakerien tärinävaurio saattaa johtua muista lähellä olevista koneista, jotka ovat käynnissä. Käynnissä olevan koneen muodostama värähtely voi saada pysähdyksissä olevan koneen laakerin vierintäelimet värähtelemään riippuen käynnissä olevaan koneen läheisyydestä. Värähtelyn voimakkuudesta ja taajuudesta sekä voiteluaineen kunnosta ja kuormituksesta riippuen seurauksena voi olla sekä korroosiota että kulumista, mistä aiheutuu matalia painanteita vierintäpintaan.

Painanteiden välinen etäisyys vastaa vierintäelimien välistä etäisyyttä. Painanteet ovat usein värjäytyneitä (punertavia) tai kiiltäviä (pyöreät painamat kuulalaakereissa, viivat rullalaakereissa).

Värähtelyn voimakkuus ja kesto sekä laakerin sisäinen välitys voivat vaikuttaa vaurioon vakuuteen. Rullalaakerit ovat alttiimpia tälle vauriotyypille kuin kuulalaakerit.

**Kuvassa 59** näkyy varakoneen pallomaisen kuulalaakerin tärinävaurio. **Kuvassa 60** on pitkäaikaisesta seisokista johtuva CARB-kaarirullalaakerin vastaava vaurio. **Kuvassa 61** on lieriörullalaakerin ulkorenkaan tärinävaurio. Laakeri oli asennettu sähkömoottoriin. Sammutuksia ja käynnistyksiä oli useita. Jokaisen pysähdyksen aikana muodostui tärinävaurioita. Kuvassa näkyy useita uurteiden ryhmiä, joiden välinen etäisyys vastaa rullien välistä etäisyyttä. Kolme nuolta osoittavat pahimmat pitkäaikaisen seisokin aikana muodostuneet vauriot, jotka ovat vierintäelinjaolla toisistaan.

Kuva 59

Varalaitteeseen asennetun pallomaisen kuulalaakerin tärinävaurio  
ISO-luokitus: Tärinävaurio



Kuva 60

Pitkäaikaisessa seisokissa muodostunut CARB-kaarirullalaakerin värähtelyvaurio  
ISO-luokitus: Tärinävaurio



Kuva 61

Lieriörullalaakerin tärinävaurio  
ISO-luokitus: Tärinävaurio



## Laakerivauriot ja niiden syyt

### Dynaaminen linjausvirhe

Käynninaikaiset linjausvirheet voivat johtua akselin taipumista, jotka ovat seurausta raskaista kuormituksista tai kuormituksen amplitudin muutoksista käytön aikana (muuttuva kuormitus). Jos kyseessä on käynninaikainen linjausvirhe, kuormitusalueet eivät ole yhdensuuntaisia vierintäpintojen kanssa (→ **kuva 9, sivulla 297**). Seurauksena on aksiaalikuormitusten lisääntyminen, mikä voi olla vaarallista, koska se voi aiheuttaa väsymismurtuman. **Kuvassa 62** on kaksirivisen NNCF-täyslieriörullalaakerin ulkorengas. Ulkorengaan laippa on lohjennut lähes kokonaan irti väsymisen takia, joka johtui akselin taipuman aiheuttamasta aksiaalisuuntaisen kuormituksen lisääntymisestä.

Kuva 62

Kaksirivisen täyslieriörullalaakerin ulkorengaan laipan väsymismurtuma  
ISO-luokitus: Väsymismurtuma



### Sähkövirran kulkeminen laakerin läpi

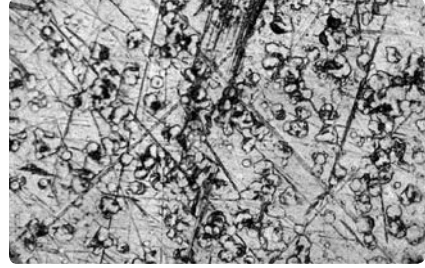
Katso tiedot liiallisen jännitteen aiheuttamista vaurioista kohdasta *Suuren jännitteen kulkeminen laakerin läpi sivulla 307*.

Sähkövirta voi aiheuttaa vaurioita vaikka virran voimakkuus on suhteellisen pieni. Mikä tahansa seuraavista voi aiheuttaa vuotovirtoja: taajuusmuuttajat, käämien epäsymmetrisyydet, moottorin rakenne, epäsymmetrinen kaapelointi, maadoitus ja käytettävät koneet. Aluksi pintaan tulee matalia kraattereita, jotka ovat lähellä toisiaan ja niin pieniä, että ne voi nähdä vain suurennuksella (→ **kuvat 63 ja 64**).

Materiaalimuutokset voidaan tunnistaa leikkaamalla materiaalista poikkileikkaus ja käyttämällä noin 500-kertaista suurennosta (→ **kuva 65**). Valkoinen alue osoittaa metallin uudelleen karkaistumisen, yleensä 66–68 HRC:n kovuuteen. Tämä materiaali on erittäin kovaa ja haurasta. Kovettuneen alueen alla on musta kerros (päästynyt), joka on ympäröivää laakerimateriaalia pehmeämpi (56–57 HRC).

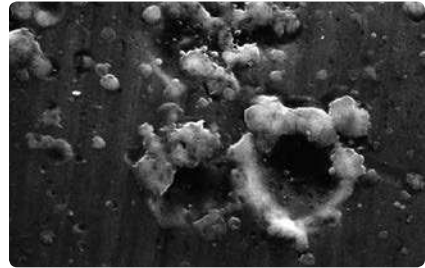
Kuva 63

**Vuotovirrat: pienet kraatterit näkyvät 500-kertaisessa suurennoksessa.**  
ISO-luokitus: Vuotovirrat



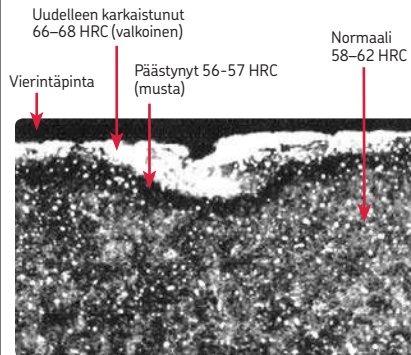
Kuva 64

**Kraatterit (1000-kertainen suurennos)**  
ISO-luokitus: Vuotovirrat



Kuva 65

**Materiaalimuutos: laakerirenkaan poikkileikkauksen 500-kertainen suurennos**  
ISO-luokitus: Vuotovirrat



## Laakerivauriot ja niiden syyt

Vaurion laajuus riippuu useista tekijöistä: laakerin tyyppi, virran voimakkuus (ampeeria), kesto, laakerin kuormitus, laakerivälitys, pyörimisnopeus ja voiteluaine. Ajan mittaan kuopista kehittyvät uurteita (ns. pyykkilautakuvio) (→ **kuvat 66 ja 67**), jotka ovat yhdensuuntaisia pyörimisakselin kanssa. Ne saattavat olla erittäin akselin ja aiheuttaa melua ja värähtelyä käytön aikana. Lopulta laakeri rikkoutuu metallin väsymisen takia. Laakerin renkaissa ja rullissa olevien uurteiden lisäksi vuotovirtojen aiheuttamat vauriot voidaan tunnistaa kahdesta muusta seikasta: vierintäelimien tummanharmaaksi värjäytynyt himmeä pinta (→ **kuva 68**) sekä erittäin ohut tummanharmaaksi värjäytynyt mattapintainen kuormitusalue. Pidinvivoissa tai niiden ympärillä oleva rasva on (hiiltyneen) mustaa (→ **kuva 69**).

Sähkövirran aiheuttama vaurio voi johtua myös varautuneiden hihnojen staattisesta sähköstä tai valmistusprosessista, joissa käytetään nahkaa, paperia, kangasta tai kumia. Nämä vuotovirrat kulkevat akselin ja laakerin läpi maahan. Kun virta läpäisee vierintäelimien ja vierintäpintojen välisen voiteluainekalvon, muodostuu mikroskooppista kipinöintiä.

**HUOM.:** Vuotovirtojen aiheuttamien vaurioiden välttämiseksi SKF suosittelee käyttämään eristettyjä laakereita, eli hybridi- tai INSOCOAT-laakereita. SKF-sähköpurkausdetektorien avulla voidaan tunnistaa laakereiden sähköpurkaukset.

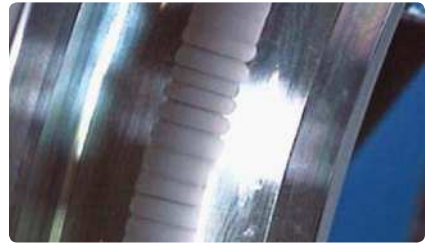
Kuva 66

Aikaisen vaiheen uurteet (pyykkilautakuvio) pallomaisessa rullalaakerissa  
ISO-luokitus: Vuotovirrat



Kuva 67

Urakuulalaakerin pitkälle edenneet uurteet  
ISO-luokitus: Vuotovirrat



Kuva 68

Vasemmalla: vuotovirtojen aiheuttama kiilloton, himmeäpintainen kuula  
Oikealla: normaali kuula  
ISO-luokitus: Vuotovirrat



Kuva 69

Palanutta rasvaa pidinvivoissa  
ISO-luokitus: Vuotovirrat









# Kunnossapidon tukipalvelut

<b>Johdanto</b> . . . . .	<b>326</b>
<b>Koulutus</b> . . . . .	<b>326</b>
SKF Reliability Maintenance Institute . . . . .	326
Luokkahuonekoulutus . . . . .	326
Räätälöity koulutus . . . . .	326
SKF Reliability Maintenance Institute verkossa . . . . .	327
SKF @ptitude Exchange . . . . .	327
SKF @ptitude Decision Support . . . . .	327
<b>Kunnossapitostrategian arviointi</b> . . . . .	<b>328</b>
SKF Client Needs Analysis . . . . .	328
Integroidut kunnossapitoratkaisut . . . . .	329
<b>Energiankäytön ja kestävän kehityksen hallinta</b> . . . . .	<b>329</b>
SKF Energy Monitoring Service . . . . .	329
Tietoiskukortit . . . . .	330
<b>Mekaaniset kunnossapitopalvelut</b> . . . . .	<b>330</b>
<b>Laakerikunnostuspalvelut</b> . . . . .	<b>331</b>
SKF-kunnostuspalvelut . . . . .	331
SKF:n työstökoneiden kunnostuspalvelut . . . . .	331
<b>SKF:n valtuutetut jälleenmyyjät</b> . . . . .	<b>331</b>
SKF:n virallisesti hyväksytyt kunnossapitokumppanit . . . . .	331
SKF:n virallisesti hyväksytyt sähkömoottorikorjaajat . . . . .	331

## Johdanto

SKF tarjoaa laajan valikoiman koneiden kunnossapidon tukipalveluja.

Tässä luvussa annetaan yleiskuva näistä palveluista. Täydelliset tiedot löytyvät osoitteesta [www.skf.com/services/ja/tai](http://www.skf.com/services/ja/tai) [www.aptitudexchange.com](http://www.aptitudexchange.com).

## Koulutus

Oikea koulutus antaa yrityksen henkilökunnalle asianmukaiset tiedot ja taidot koneiden kunnossapitoon ja kunnonvalvontaan, mikä vähentää kunnossapitokustannuksia ja parantaa tuotantolaitoksen toimintavarmuutta ja tuottavuutta.

SKF:n koulustarjonta vaihtelee asiakkaan tiloissa tapahtuvasta räätälöidystä koulutuksesta online-koulutusratkaisuihin, jotka kurssilainen voi suorittaa omaan tahtiinsa silloin, kun se hänelle parhaiten sopii.

Saatavilla on laaja valikoima koneiden käyttövarmuutta käsitteleviä kursseja perusteista asiantuntijatasolle saakka.

SKF voi auttaa tehostamaan asiakkaan käyttöomaisuuden kunnossapitoa teollisuusalasta ja käytettävistä koneista riippumatta.

## SKF Reliability Maintenance Institute

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) tarjoaa kattavia kurssipaketteja eritasoisille osallistujille. Kurseilla käsitellään koneiden kunnossapitoon ja käyttövarmuuteen liittyviä aiheita, kuten esimerkiksi laakeroinnin perusteita ja voittoa tai kunnossapitostrategioita ja käyttöomaisuuden hallintaa.

### Luokkahuonekoulutus

RMI:n perinteiset, asiantuntijakouluttajien vetämät luokkahuonekurssit pidetään SKF:n koulutuskeskuksissa, mutta tilauksesta myös asiakkaan luona. Asiakkaan luona tapahtuva koulutus tuo kouluttajan ja asiantuntemuksen tuotantolaitokseen, joten koulutusta voidaan soveltaa suoraan siellä oleviin koneisiin.

Useimmat kurssit sisältävät kokeen. Kokeen läpäisseet kurssilaiset saavat SKF-todistuksen.

### Räätälöity koulutus

SKF voi laatia yrityksille asiakkaan vaatimuksien mukaisia yksilöllisiä koulutusohjelmia. Työntekijöiden taito-, prosessi- tai konekoulutusta varten RMI:n asiantuntijat arvioivat koulustarpeen tehtävä- ja taitoanalyysillä, kehittävät kurssimateriaalit ja laativat koulutusaikataulun.



### SKF Reliability Maintenance Institute online

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) -instituutin online-portaalissa on useita eri aiheita käsitteleviä perustason e-learning-kursseja. Tarjontaa laajennetaan jatkuvasti. Kurssilaiset voivat opiskella omaan tahtiinsa heille parhaiten sopivaan aikaan. RMI online antaa osallistujille mahdollisuuden yhteistyöhön muiden kurssilaisten ja kouluttajien kanssa. "Ask the expert" (kysy asiantuntijalta) -toiminnolla osallistuja pääsee käyttämään SKF:n laajaa asiantuntija-verkostoa, mikä tekee oppimisesta erittäin tehokasta.

Online-kurssien rakenne vastaa luokkahuonekurssien tavoin SKF:n käyttöomaisuuden optimointimenetelmää (Asset Efficiency Optimization). Kurssin suoritettuaan kukin osallistuja voi arvioida oppimisensa loppukokeen avulla. Kursin hyväksytysti suorittaneet osallistujat voivat tulostaa todistuksensa.

### SKF @ptitude Exchange

SKF @ptitude Exchange -portaali on SKF:n kunnossapito- ja käyttövarmuusosaamisen online-tietolähde, joka keskittyy kolmeen pääalueeseen:

- Käyttöomaisuuden hallinta, esim. kunnossapidon optimointi ja logistiikka
- Mekaaninen kunnossapito, esim. tasapainotus, linjaus ja voitelu
- Käyttövarmuustoiminta, esim. ennaltaehkäisevä kunnossapito, värähtelyanalyysi ja tutkimustekniikat

SKF @ptitude Exchange -sivusto on SKF Reliability Maintenance Institute -instituutin kirjasto, joka sisältää runsaasti korkealuokkaista teknistä tietoa kurssilla saatavan opetuksen tueksi. Rekisteröityjen käyttäjien saatavilla on maksusta teknisiä selvityksiä, artikkeleita, esitelyjä ja paljon muuta tietoa sekä useita ohjelmia ja interaktiivisia palveluja, esimerkiksi seuraavat:

- SKF Bearing Inspector – auttaa laakerivaurioiden analyysissä
- LubeSelect – voiteluaineen valintaan
- LuBase – voiteluainekohtaiset tiedot
- SKF.com/mount – yksityiskohtaiset laakerien, laakeripesien ja yksikköjen asennusohjeet

- @ptitude Exchange Forum – keskustelufoorumi, johon osallistuvat kunnossapidon ja kunnonvalvonnan asiantuntijat

Jotkut ohjelmat vaativat maksullisen lisenssin.

### SKF @ptitude Decision Support

SKF @ptitude Decision Support on tiedonhallintajärjestelmä, joka integroi tietoja useasta lähteestä helppokäyttöiseen kunnossapitosovellukseen edistynyttä tekniikkaa hyödyntämällä. Se on järjestelmällinen lähestymistapa tiedon hankintaan ja käyttöön ja antaa käyttäjälle paremmat valmiudet tehdä oikeita päätöksiä oikeaan aikaan.

## Kunnossapitostrategian arviointi

Miten ja missä voin parantaa tuotantolaitoksen suorituskykyä? Pitäisikö tuotantolaitoksen toimintaa muuttaa alan benchmark-tietojen mukaiseksi? Miten voin varmistaa laitoksen kunnossapitoprosessin jatkuvan parantamisen?

Nämä ovat hyviä kysymyksiä. Mutta oikeiden vastausten löytäminen ja tarvittavien strategioiden käyttöönotto voi tuntua ylivoimaiselta. Jokapäiväiseen toimintaan liittyvien haasteiden ja ajan vähyiden takia parannusmahdollisuuksien tunnistaminen ja saavuttaminen vaikuttaa lähes mahdottomalta. Mutta SKF voi auttaa.

Kunnossapitostrategian ja sen toteutuksen on kuljettava käsi kädessä,

jotta toivotut hyödyt saavutetaan. SKF-konsultti tarjoaa käyttöön tarvittavat työkalut, tekniikat, valmennuksen ja opastuksen, joilla näihin taivoitteisiin päästään yhdessä asiakkaan kanssa.

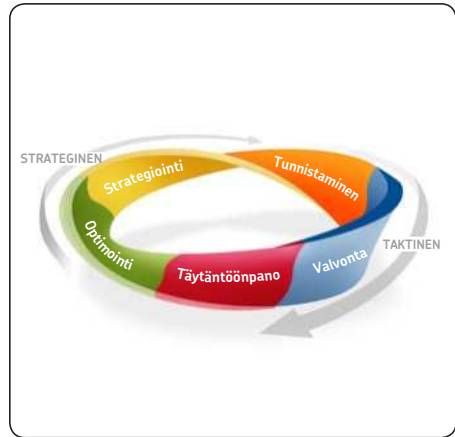
SKF arvioi kunnossapitostrategian, tekee asiakkaan teollisuusalan benchmarking-vertailun ja laatii raportin, joka sisältää toimenpidesuosituksen. SKF voi tukea parannusten tekemistä ja suositusten käyttöönottoa jokaisessa vaiheessa varmistamalla, että tuotantolaitoksen henkilökunnalla on tarvittavat tiedot ja tekniikat ja tarvittava koulutus haluttujen tulosten saavuttamiseksi.

SKF voi myös huolehtia kunnossapito-ohjelman käyttöönotosta ja toteuttamisesta asiakkaan puolesta toimittamalla osaamisen, työvoiman ja laitteet, joilla saavutetaan yhteisesti sovitut tulokset.

### SKF Client Needs Analysis

Nykyisen kunnossapito-ohjelman tehokkuuden arviointi voidaan aloittaa SKF Client Needs Analysis -analyysillä. Palvelu keskittyy asiakkaan käyttöomaisuuden hallintastrategioihin ja/tai energiatehokkuuteen ja kestävään kehitykseen liittyviin tekijöihin.

Käyttövarmuuteen ja riskeihin perustuva integroitu käyttöomaisuuden hallintastrategia alkaa nykyisen tilanteen kartoittamisella ja tavoitteiden määrittämisellä optimaalisen suorituskyvyn saavuttamista varten. SKF Client Needs Analysis helpottaa tätä selvitystyötä, sillä siinä yhdistyvät SKF:n käyttövarmuuspainotteinen kunnossapito-osaaminen ja asiakkaan tie-



dot tuotantolaitoksen olosuhteista. Tavoitteena on tarjota hyödyllistä ja toteutettavissa olevaa tietoa, joka auttaa keskittymään todellisiin suorituskyvyn parannusmahdollisuuksiin.

SKF Client Needs Analysis antaa kuvan asiakkaan tuotantolaitoksen nykyisestä tilanteesta ja ottaa huomioon alalle tyypilliset kunnossapitoon ja käyttövarmuuteen vaikuttavat tekijät, jonka perusteella laaditaan yksilöllinen, tarpeisiin perustuva analyysi.

Kun tiedämme, miten laitoksen nykyiset kunnossapitoprosessit toimivat, autamme löytämään ratkaisut laitoksen välittömiin haasteisiin.

## Integroidut kunnossapitoratkaisut

Integroitu kunnossapitoratkaisu (IMS) perustuu yhteistyöhön, jossa SKF on vastuussa käyttöomaisuuden hallintastrategian laatimisesta ja käyttöönotosta tavoitteena tuotantolaitoksen käyttövarmuuden ja tuottavuuden parantaminen. IMS-sopimuksella SKF:stä tulee kiinteä osa asiakkaan toimintatiimiä. Me toimitamme laakerit, tiivisteet ja voiteluaineet ja hallitsemme koneiden kunnossapitoa. Toimimme yhteistyössä asiakkaan kanssa ja pienennämme käyttöomaisuuden elinkaarikustannuksia (TCO) hyödyntäen osaamistamme ja laajaa kokemustamme pyöristä koneenelimitystä ja käyttöomaisuuden hallinnasta.

Edut yhdellä silmäyksellä:

- koneiden parempi käyttövarmuus ja pidempi käytettävyyssika
- elinkaarikustannusten (TCO) ja kunnossapito-kustannusten hallinta
- kunnossapitotoimintoihin, käyttövarmuuteen ja ammattitaitoon liittyvien tietojen päivitys
- tekniikan ja varaston pääomakustannusten välttäminen
- MRO-osien (kunnossapito-, korjaus- ja käyttöosien) oikea-aikainen toimitus ja kustannusten hallinta
- SKF:n teknisten tietotaitoresurssien käyttö

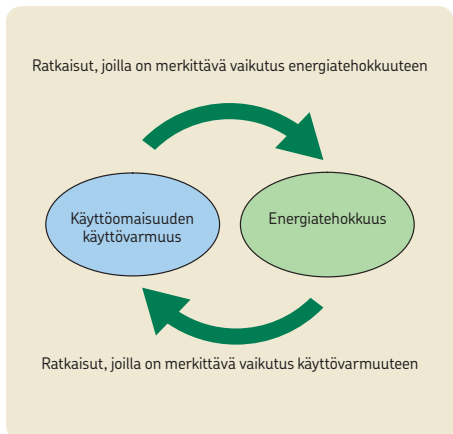


## Energiankäytön ja kestävän kehityksen hallinta

Energiätehokkuus voi olla merkki tuotantolaitoksen käyttöomaisuuden, kuten pumppujen, käyttövarmuudesta. Se ei kuitenkaan sovellu erityisten kunnossapito-ongelmien ennakoimiseen tai tunnistamiseen. Siksi SKF:n energiankäytön valvonnan ja kunnonvalvonnan ohjelmat täydentävät toisiaan ja antavat parhaat hyödyt ja kustannussäästöt, kun niitä käytetään rinnakkain.

### SKF Energy Monitoring Service

SKF tarjoaa paineilma- ja pumppujärjestelmien energiankäytön valvontapalveluja. Palvelujen avulla löydetään mahdollisuudet energialaskujen pienentämiseen ja ympäristön huomioon ottamisen parantamiseen. Tyypillisiä etuja ovat:



## Kunnossapidon tukipalvelut

- kustannussäästöt – tunnistamalla mahdollisuudet järjestelmien optimointiin ja energiankulutuksen vähentämiseen
- asiantunteva ohjelmanhallinta – ammattimainen tietojen keruu ja analysointi sekä tehokkuusparannuksiin tähtäävien toimenpiteiden suositukset
- parhaat käytännöt – yhdistämällä SKF:n kunnonvalvontatekniikat ja perusteelliset tutkimukset teollisuuden parhaisiin energiankulutuksen ja CO<sub>2</sub>-päästöjen valvonta- ja laskemiskäytäntöihin
- käyttäjävetoinen käyttövarmuus (ODR) – käytössä hyväksi havaitut ODR-työkalut ja -menetelmät, joilla saadaan tuotantolaitosten käyttö- ja hallintahenkilökunta osallistumaan energiatietoisuus- ja energiankäytön hallintatoimiin
- integraatio – yhdistämällä energiatiedot olemassa olevien kunnonvalvontaohjelmien tietojen kanssa seulontaa, analysointia ja raportointia varten
- joustava resurssien käyttö – toteutus SKF:n kouluttaman laitoksen oman henkilökunnan voimin, tai SKF huolehtii toteutuksesta palvelusopimuksen mukaan

## Shopfloor Awareness -kortit

USA:n energiaministeriön asiantuntijoiden mukaan kattavalla tietoisuusohjelmalla voidaan vähentää energiankulutusta 5% ilman merkittäviä pääomainvestointeja.

SKF:n energiankäyttöä ja kestävää kehitystä käsittelevät tietoisuskortit antavat operatiivisille johtajille mahdollisuuden ja työkalut herättää tiimiensä kanssa keskustelua energiankäytöstä ja kestävästä kehityksestä tavalla, joka rohkaisee palautteiden ja säästöideoiden antamista jokaisessa kokouksessa.

Monissa yrityksissä kokoukset aloitetaan turvallisuuskeskustelulla, ja vastaavasti tietoisuskortteja voidaan käyttää kokousten aloittamiseen energjakeskustelulla. Korteissa käsitellään erityisiä energiankäyttöön ja kestävään kehitykseen liittyviä aiheita välttäen teknistä slangia, joten asiat ovat helposti ymmärrettävissä ja omaksuttavissa. Ne eivät muodosta kattavaa koulutusohjelmaa, vaan niiden avulla voidaan pikemminkin pitää energiankäyttöä ja kestävää kehitystä koskevat aiheet ajankohtaisina työntekijöiden keskuudessa.

## Mekaaniset kunnossapitopalvelut

Koneiden kunnossapidon muuttuessa entistä vaativammaksi tekniikan kehityksen sekä ympäristö- ja turvallisuuslainsäädännön takia yhä useammat yritykset tarvitsevat apua kunnossapitotoiminnoissa. SKF tarjoaa laajan valikoiman mekaanisia kunnossapitopalveluja asiakkaiden kunnossapitotavoitteiden saavuttamiseen. Näitä ovat esimerkiksi:

- koneen asennus
- linjaukset
- 3D-mittaus
- on-site-koneistaminen
- tarkka tasapainotus
- laakerien asennus ja irrotus
- voiteluratkaisut



## Laakerikunnostuspalvelut

### SKF-kunnostuspalvelut

Laakerikunnostuksella voidaan pidentää laakerien käyttöikää ja vähentää kunnossapitokustannuksia ja ympäristövaikutuksia. SKF:llä on alan huippua edustava globaali korjauskeskusverkosto, jonka kautta asiakkaat hyötyvät laakerien maailmanluokan kunnostusresursseista. Käytämme laakerien kunnostuksessa samoja laatumateriaaleja, menetelmiä ja koneita kuin niiden valmistuksessa, joten voit luottaa siihen, että laakereihin ja niihin liittyvien komponenttien, kuten laakeripesien, käsittelyssä sovelletaan samaa laatutasoa ja samoja työmenetelmiä ja tietoja riippumatta siitä, missä maassa tuotantolaitoksesi sijaitsee.

Jos haluat tietää, soveltuvatko koneissasi käytettävät laakerit kunnostettavaksi, ota yhteyttä SKF:n paikalliseen edustajaan.

### SKF:n työstökoneiden kunnostuspalvelut

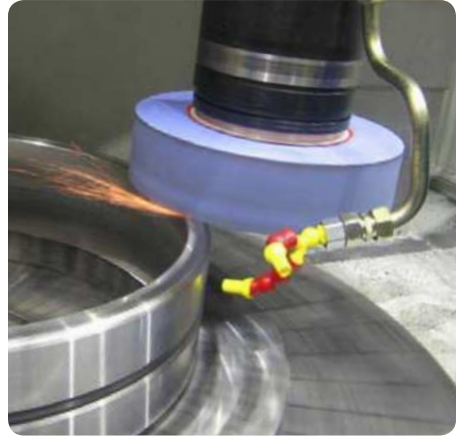
SKF on maailman suurin karojen kunnostuspalvelujen tarjoaja ja me tuotamme useita erikoistuneita asiantuntijapalveluja – tekniikkapäivityksistä karan analyysiin, kunnostukseen ja vaihtoon.

## SKF valtuutetut jälleenmyyjät

SKF panostaa jälleenmyyjäverkoston kehittämiseen ja tukemiseen, jotta jälleenmyyjät voivat tuottaa lisäarvoa asiakkailleen. Siksi SKF-tuotteiden käyttäjät voivat luottaa siihen, että he saavat SKF:n jälleenmyyjiltä nopeat toimitukset, ammattitaitoista neuvontaa ja kattavat palvelut.

Globaali jälleenmyyjäverkostomme varmistaa SKF-tuotteiden ja -palvelujen saatavuuden käytännöllisesti katsoen kaikkialla maailmassa. SKF:n globaalin tietämyksen ja paikallisen jälleenmyyjän kokemuksen yhdistelmä on merkittävä resurssi teollisuuskoneiden kunnossapidosta ja käyttövarmuudesta vastaaville.

Löydät SKF:n valtuutetun jälleenmyyjän maakohtaisesta [www-sivustosta](http://www.skf.com) tai osoitteesta [www.skf.com](http://www.skf.com).



### SKF Certified Maintenance Partners

SKF:n hyväksytyt kunnossapitokumppanit ovat SKF:n valtuuttamia jälleenmyyjä, jotka ovat saaneet koneiden käyttövarmuuteen liittyvää koulutusta. He voivat auttaa koneiden kunnonvalvonnassa, ennakoida konevialia ja löytää uusia kustannussäästö mahdollisuuksia.

### SKF:n virallisesti hyväksytyt sähkömoottorien kunnostajat

SKF:n virallisesti hyväksytyillä sähkömoottorien kunnostajilla on kokemusta, resursseja ja tarkat menetelmät moottorin käyttövarmuuden parantamiseen ja käyttöiän pidentämiseen sekä suorituskyvyn ja tuottavuuden tehostamiseen. Sähkömoottoripajojen on täytettävä tiukat vaatimukset ennen kuin niistä voi tulla SKF:n virallisesti hyväksytyjä sähkömoottorien kunnostajia.

# Liitteet

<b>Liite A: Suositellut sovitteet</b> . . . . .	<b>334</b>
A-1 Umpiteräsakselien sovitteet (lieriöreikäiset säteisvierintälaakerit) . . . . .	334
A-2 Umpiteräsakselien sovitteet (painelaakerit) . . . . .	336
A-3 Yksiosaisien valurauta- ja teräslaakeripesien sovitteet (säteisvierintälaakerit) . . . . .	336
A-4 Yksi- tai kaksiosaisien valurauta- ja teräslaakeripesien sovitteet (säteisvierintälaakerit) . . . . .	337
A-5 Yksiosaisien valurauta- ja teräslaakeripesien sovitteet (painelaakerit) . . . . .	337
<b>Liite B: Akseli- ja pesätoleranssit</b> . . . . .	<b>338</b>
B-1 Akseleiden toleranssit ja sovitteet (metrikoot) . . . . .	338
B-2 Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (metrikoot) . . . . .	350
B-3 Akseleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot) . . . . .	360
B-4 Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (tuumakoot) . . . . .	372
B-5 Muunnetut akselin halkaisijan eromitat (käytetään tuumakokoisille laakereille) . . . . .	382
B-6 Muunnetut laakeripesän reiän eromitat (käytetään tuumakokoisille laakereille) . . . . .	383
B-7 Akseleiden halkaisijat ja muototoleranssit (asennus holkille) . . . . .	384
<b>Liite C: ISO-toleranssiasteet</b> . . . . .	<b>385</b>
<b>Liite D: Laakerisijojen tarkkuus</b> . . . . .	<b>386</b>
D-1 Laakerisijojen mitta- ja muototarkkuudet . . . . .	386
D-2 Laakerisijojen pinnankarheus . . . . .	387
D-3 Kaarevien kulmapöörityksien mitat . . . . .	387
<b>Liite E: Laakerin sisäinen välys</b> . . . . .	<b>388</b>
E-1 Urakuulalaakereiden säteisvälys . . . . .	388
E-2 Pareittain asennettävien viistokuulalaakereiden aksiaalivälys . . . . .	389
E-3 Pareittain asennettävien viistokuulalaakereiden esijännitys . . . . .	389
E-4 Kaksirivisten viistokuulalaakereiden aksiaalivällykset . . . . .	390
E-5 Nelipisteviistokuulalaakereiden aksiaalivälys . . . . .	391
E-6 Pallomaisien kuulalaakereiden säteisvälys . . . . .	392
E-7 Lieriörulla- ja neulalaakereiden säteisvälys . . . . .	393
E-8 NUP-lieriörullalaakereiden aksiaalivälys . . . . .	394
E-9 NJ- ja HJ-lieriörullalaakereiden aksiaalivälys . . . . .	395
E-10 Pareittain asennettävien yksirivisten kartiorullalaakereiden aksiaalivälys . . . . .	396
E-11 Lieriöreikäisien pallomaisien rullalaakereiden säteisvälys . . . . .	397
E-12 Kartioreikäisien pallomaisien rullalaakereiden säteisvälys . . . . .	398
E-13 Lieriöreikäisien CARB-kaarirullalaakereiden säteisvälys . . . . .	399
E-14 Kartioreikäisien CARB-kaarirullalaakereiden säteisvälys . . . . .	400
E-15 Y-laakereiden säteisvälys . . . . .	401



<b>Liite F: Suositusarvot aksiaali siirtymälle, säteisvälyksen pienentymälle ja lukitusmutterin kiristyskulmalle</b> . . . . .	<b>402</b>
F-1 Kartioreikäisien pallomaisien kuulalaakereiden aksiaali siirtymäarvot . . . . .	402
F-2 Kartioreikäisien pallomaisien rullalaakereiden aksiaali siirtymäarvot . . . . .	403
F-3 Kartioreikäisien CARB-kaarirullalaakereiden aksiaali siirtymäarvot . . . . .	404
<b>Liite G: Suositusarvot paineöljymenetelmään liittyvien komponenttien valmisteluun</b> . . . . .	<b>405</b>
G-1 Öljykanavien ja paineöljyurien suositusmitat . . . . .	405
G-2 Öljyputkiliitoksen kierrereikien rakenne ja suositusmitat . . . . .	405
<b>Liite H: SKF Drive-up -menetelmän ohjearvot</b> . . . . .	<b>406</b>
H-1 Pallomaisten kuulalaakereiden asennuksessa tarvittavan öljynpaineen ja aksiaali siirtymän ohjearvot . . . . .	406
H-2 Pallomaisten rullalaakereiden asennuksessa tarvittavan öljynpaineen ja aksiaali siirtymän ohjearvot . . . . .	407
H-3 CARB-kaarirullalaakereiden asennuksessa tarvittavan öljynpaineen ja aksiaali siirtymän ohjearvot . . . . .	412
<b>Liite I: Öljyn viskositeettivastaavuudet ja ISO-viskositeetti luokat</b> . . . . .	<b>414</b>
I-1 Viskositeettivastaavuudet . . . . .	414
I-2 ISO-viskositeetti luokat . . . . .	415
<b>Liite J: SKF-asennustyökalujen ja -tuotteiden yleiskatsaus</b> . . . . .	<b>416</b>
<b>Liite K: SKF-linjauslaitteiden yleiskatsaus</b> . . . . .	<b>419</b>
<b>Liite L: SKF-voitelutyökalujen ja -tuotteiden yleiskatsaus</b> . . . . .	<b>420</b>
<b>Liite M: SKF-laakerirasvat ja rasvan valintataulukko</b> . . . . .	<b>423</b>
<b>Liite N: SKF-kunnonvalvontalaitteistojen yleiskatsaus</b> . . . . .	<b>432</b>
<b>Liite O: SKF-irrotustyökalujen ja -tuotteiden yleiskatsaus</b> . . . . .	<b>435</b>
<b>Liite P: Yksiköiden muuntotaulukko</b> . . . . .	<b>437</b>

**Umpieräksakselien sovitteet (lierioreikäiset säteisvierintälaakerit)**

Olosuhteet	Esimerkkejä	Akselin halkaisija, mm Kuulalaakerit <sup>1)</sup>	Lieriörulla- laakerit	Kartiorulla- laakerit	CARB- ja pallomaiset rullalaakerit	Toleranssi- luokka
<b>Sisärenkaan pyörivää kuormitusta tai kuormitusuuntaa ei voida määrittää</b>						
Kevyet ja vaihtelevat kuormat ( $P \leq 0,05 C$ )	Kuljettimet, kevyesti kuormitetut vaihdelaatikkojen laakerit	$\leq 17$ (17)–100 (100)–140 –	– $\leq 25$ (25)–60 (60)–140	– $\leq 25$ (25)–60 (60)–140	– – – –	js5 (h5) <sup>2)</sup> j6 (j5) <sup>2)</sup> k6 m6
Normaalit ja raskaat kuormat ( $P > 0,05 C$ )	Yleiset laakerisovellukset, sähkömoottorit, turbiinit, pumput, vaihteet, puuntyöstökoneet, tuulturbiinit	$\leq 10$ (10)–17 (17)–100 – (100)–140 (140)–200 – (200)–500 – > 500 –	– – – – (30)–50 – (50)–65 (65)–100 (100)–280 – (280)–500 > 500	– – – – – $\leq 30$ (30)–50 (40)–65 – (65)–200 (200)–360 – (360)–500 > 500	– – < 25 – 25–40 – (40)–60 – (60)–100 (100)–200 – (200)–500 > 500	js5 j5 (js5) <sup>2)</sup> k5 <sup>3)</sup> k6 m5 m6 n5 <sup>4)</sup> n6 <sup>4)</sup> p6 <sup>5)</sup> p7 <sup>4)</sup> r6 <sup>4)</sup> r7 <sup>4)</sup>
Raskaat ja erittäin raskaat kuormat ja iskukuormat vaikeissa käyttöolosuhteissa ( $P > 0,1 C$ )	Akselilaakerit raskaalle rautatiekalustolle, ajomoottoreille, valssaimille	– – – – – –	(50)–65 (65)–85 (85)–140 (140)–300 (300)–500 > 500	– (50)–110 (110)–200 (200)–500 – > 500	(50)–70 – (70)–140 (140)–280 (280)–400 > 400	n5 <sup>4)</sup> n6 <sup>4)</sup> p6 <sup>6)</sup> r6 <sup>7)</sup> s6 <sub>min</sub> ± IT6/2 <sup>6)</sup> <sup>8)</sup> s7 <sub>min</sub> ± IT7/2 <sup>6)</sup> <sup>8)</sup>
Korkeat pyörimistarkkuusvaatimukset, kevyet kuormat ( $P \leq 0,05 C$ ) <sup>10)</sup>	Työstökoneratkaisut	8–240 – – – –	– 25–40 (40)–140 (140)–200 (200)–500	– 25–40 (40)–140 (140)–200 (200)–500	– – – – –	js4 js4 (j5) <sup>9)</sup> k4 (k5) <sup>9)</sup> m5 n5
<b>Sisärenkaan paikoillaan oleva kuormitus</b>						
Sisärenkaan helppo aksiaalisiirtymä akselilla toivottava	Pyörät pyörimättömissä akselissa					g6 <sup>11)</sup>
Sisärenkaan helppo aksiaalisiirtymä akselilla tarpeeton	Kirstyrullat, köysipyörät					h6
<b>Pelkkä aksiaalikuormitus</b>						
	Kaikenalaiset laakeroinnit	$\leq 250$ > 250	– –	$\leq 250$ > 250	$\leq 250$ > 250	j6 js6

- 1) Normaalisissa tai raskaassa kuormituksessa ( $P > 0,05 \text{ C}$ ) kuulalaakerit tarvitsevat normaalia suuremman säteisvälyksen, kun käytetään yllä lueteltuja akselien toleranssiluokkia. Jos säteisvälys on normaalia suurempi, mutta käyttöolosuhteet edellyttävät tiukempia sovitteita estämään sisärenkaan pyörimisen, on käytettävä alla lueteltuja toleranssiluokkia:
- k4 akselin halkaisijoille 10–17 mm
  - k5 akselin halkaisijoille (17)–25 mm
  - m5 akselin halkaisijoille (25)–140 mm
  - n6 akselin halkaisijoille (140)–300 mm
  - p6 akselin halkaisijoille (300)–500 mm
- Lisätietoja saat SKF-edustajalta.
- 2) Suluissa mainittu toleranssiluokka koskee ruostumattomasta teräksestä valmistettuja laakereita.
- 3) Ruostumattomasta teräksestä valmistettuja laakereita, joiden halkaisija on 17–30 mm, koskee toleranssiluokka j5.
- 4) Voi olla tarpeen käyttää laakereita, joiden säteisvälys on normaalia suurempi.
- 5) Kun halkaisija  $d \leq 150 \text{ mm}$ , suosittelemme laakereita, joiden säteisvälys on normaalia suurempi. Kun  $d > 150 \text{ mm}$ , säteisvälykseltään normaalia suuremmat laakerit ovat tarpeen.
- 6) Suosittelemme laakereita, joiden säteisvälys on normaalia suurempi.
- 7) Voi olla tarpeen käyttää laakereita, joiden säteisvälys on normaalia suurempi. Lieriöruullalaakereille suositellaan normaalia suurempaa säteisvälystä.
- 8) Toleranssiluokka-arvot löytyvät osoitteesta [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings) tai ottamalla yhteyttä SKF:n sovellussuunnittelupalveluun.
- 9) Suluissa mainittu toleranssiluokka koskee kartiorullalaakereita. Sisärenkaan avulla säädettäville kevyesti kuormitettuille kartiorullalaakereille on käytettävä toleranssiluokkia js5 tai js6.
- 10) Hyvää pyörimistarkkuutta vaativiin sovelluksiin on käytettävä tarkkuudeltaan normaalia parempia laakereita. Näiden laakerien reiän ja ulkohalkaisijan toleranssivaatimukset ovat tiukemmat, mikä vaikuttaa todennäköisiin sovitteisiin. Lisätietoja asian kuuluvista arvoista saat SKF-edustajalta.
- 11) Suurille laakereille voidaan valita toleranssiluokka f6 helpottamaan aksiaalisirtymää.

## Umpiteräksakselioiden sovitteet (painerulla- ja akselilaakerit)

Olosuhteet	Akselin halkaisija, mm	Toleranssiluokka
------------	------------------------	------------------

## Pelkkä aksiaalikuormitus

Painekuulalaakerit	–	h6
Painelieriörullalaakerit	–	h6 (h8)
Lieriömäiset painerulla- ja pidinasennelmat	–	h8

## Yhdistetyt säteis- ja aksiaalikuormat vaikuttavat pallomaisiin painerullalaakereihin

Akselilaatan paikoillaan pysyvä kuormitus	≤ 250	j6
	> 250	js6
Akselilaatan pyörivä kuormitus tai suuntaa ei voida määrittää	≤ 200	k6
	(200)–400	m6
	> 400	n6

## Yksiosaisien valurauta- ja teräslaakeripesien sovitteet (säteisvierintälaakerit)

Olosuhteet	Esimerkkejä	Toleranssiluokka <sup>1)</sup>	Ulkorenkaan siirtymä
------------	-------------	--------------------------------	----------------------

## Ulkorenkaan pyörivä kuormitus

Raskaat kuormitukset ohutseinäisessä laakeripesissä, suuret iskukuormat (P > 0,1 C)	Rullalaakeroidut pyörän navat, kiertokangen laakerit	P7	Ei voida siirtää
---	--	----	------------------

Normaalit ja raskaat kuormat (P > 0,05 C)	Kuulalaakeroidut pyörän navat, kiertokangen laakerit, nosturin siirtopyörät	N7	Ei voida siirtää
---	---	----	------------------

Kevyet ja vaihtelevat kuormat (P ≤ 0,05 C)	Kuljetinrullat, köysipyörät, hihnankiristyspyörät	M7	Ei voida siirtää
--	---	----	------------------

## Kuormituksen suuntaa ei voida määrittää

Raskaat iskukuormat	Sähkökäyttöiset ajomoottorit	M7	Ei voida siirtää
---------------------	------------------------------	----	------------------

Normaalit ja raskaat kuormat (P > 0,05 C), ulkorenkaan aksiaalisiirtymä tarpeeton	Sähkömoottorit, pumput, kampaakselin laakerit	K7	Ei voi yleensä siirtää
---	---	----	------------------------

Tarkka tai hiljainen käynti<sup>2)</sup>

Kuulalaakerit	Pienet sähkömoottorit	J6 <sup>3)</sup>	Voidaan siirtää
Kartiorullalaakerit	Kun säädetty ulkorenkaalla	JS5	–
	Aksiaalisesti lukittu ulkorengas	K5	–
	Ulkorenkaan pyörivä kuormitus	M5	–

<sup>1)</sup> Kuulalaakerit: kun D ≤ 100 mm, muotoleranssiaste IT6 on useimmissa tapauksissa suositeltava. Sitä suositellaan ohutseinäisille renkaille (esimerkiksi halkaisijasarjoille 7, 8 ja 9). Näille sarjoille suositellaan myös muotoleranssiastetta (pyöreys) IT4.

<sup>2)</sup> Toleranssiluokan P5 tai korkeamman luokan tarkkuus- ja erikoistarkkuuslaakereita koskevat muut suositukset. Katso lisätietoja osoitteesta [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

<sup>3)</sup> Kun vaaditaan helppoa aksiaalisiirtymää, käytä toleranssiluokkaa H6.

## Yksi- tai kaksiosaisien valurauta- ja teräslaakeripesien sovitteet (säteisvierintälaakerit)

Olosuhteet	Esimerkkejä	Toleranssiluokka <sup>1)</sup>	Ulkorenkkaan siirtymä
<b>Kuormituksen suuntaa ei voida määrittää</b>			
Kevyet ja normaalit kuormat ( $P \leq 0,1 C$ ), ulkorenkkaan aksiaalisuirtymä toivottava	Keskikokoiset sähkömoottorit ja generaattorit, pumput, kampiakselin laakerit	J7	Voidaan yleisesti siirtää, mutta jotain aksiaalisia voimia voi esiintyä
<b>Ulkorenkkaan paikoillaan pysyvä kuormitus</b>			
Kaikenlaiset kuormitukset	Yleinen koneenrakennus, raideliikenteen akselilaakerit	H7 <sup>2)</sup>	Voidaan yleensä siirtää
Kevyt ja normaalit kuormat ( $P \leq 0,1 C$ ), helpot olosuhteet	Yleinen koneenrakennus	H8	Voidaan siirtää
Akselin lämpölaajeneminen	Kuivaussyllinterit, suuret sähkömoottorit, joissa pallomaiset rullalaakerit	G7 <sup>3)</sup>	Voidaan siirtää

<sup>1)</sup> Kuulalaakerit: kun  $D \leq 100$  mm, muototoleranssiaste IT6 on useimmissa tapauksissa suositeltava. Sitä suositellaan ohutseinämaisille renkaalle (esimerkiksi halkaisijasarjoille 7, 8 ja 9). Näille sarjoille suositellaan myös muototoleranssiastetta (pyöreys) IT4.

<sup>2)</sup> Suurille laakereille ( $D > 250$  mm) tai jos ulkorenkkaan ja laakeripesän väliset lämpötilaerot ovat  $> 10$  °C, on käytettävä toleranssiluokkaa G7 luokan H7 sijaan.

<sup>3)</sup> Suurille laakereille ( $D > 250$  mm) tai jos ulkorenkkaan ja laakeripesän väliset lämpötilaerot ovat  $> 10$  °C, on käytettävä toleranssiluokkaa F7 luokan G7 sijaan.

## Yksiosaisien valurauta- ja teräslaakeripesien sovitteet (painelaakerit)


Olosuhteet	Toleranssiluokka	Huomioita
<b>Pelkkä aksiaalikuormitus</b>		
Painekuulalaakerit	H8	Vähemmän tarkoissa laakerijärjestelmissä säteisvälitys voi olla jopa 0,001 D
Painelieriörullalaakerit	H7 (H9)	
Lieriömäiset painerulla- ja pidinasennelmat	H10	
Pallomaiset painerullalaakerit sovelluksissa, joissa erilliset laakerit kantavat säteittäisen kuormituksen	–	Pesälaatta on asennettava tarvittavalla säteen suuntaisella välyksellä, ettei minkäänlainen säteiskuorma pääse vaikuttamaan painelaakereihin
<b>Yhdistetyt säteis- ja aksiaalikuormat pallomaisissa painerullalaakereissa</b>		
Pesälaatan paikoillaan pysyvä kuormitus	H7	Katso lisätietoja osoitteesta <a href="http://www.skf.com/bearings">www.skf.com/bearings</a>
Pesälaatan pyörivä kuormitus	M7	

Akseleiden toleranssit ja sovitteet (metrikoot)



Akseli Nimellishal- kaisija d	Laakeri Laakerin sisähäl- kaisijan toleranssi $\Delta_{amp}$		Akselin halkaisijan eromitat ja sovitteet Toleranssiluokat																																		
	yli	ml.	pienin	suurin	f5	f6	g5	g6	h5																												
				Eromitat (akselin halkaisija)																																	
				Teoreettinen ahdistusovite (-) / välyys (+)																																	
				Todennäköinen ahdistusovite (-) / välyys (+)																																	
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$																																	
-	3	-8	0	-6	-10	-6	-12	-2	-6	-2	-8	0	-4	-2	+10	-2	+12	-6	+6	-6	+8	-8	+4	-1	+9	0	+10	-5	+5	-4	+6	-7	+3				
				3	6	-8	0	-10	-15	-10	-18	-4	-9	-4	-12	0	-5	+2	+15	+2	+18	-4	+9	-4	+12	-8	+5	+3	+14	+4	+16	-3	+8	-2	+10	-7	+4
				6	10	-8	0	-13	-19	-13	-22	-5	-11	-5	-14	0	-6	+5	+19	+5	+22	-3	+11	-3	+14	-8	+6	+7	+17	+7	+20	-1	+9	-1	+12	-6	+4
10	18	-8	0	-16	-24	-16	-27	-6	-14	-6	-17	0	-8	+8	+24	+8	+27	-2	+14	-2	+17	-8	+8	+10	+22	+10	+25	0	+12	0	+15	-6	+6				
				18	30	-10	0	-20	-29	-20	-33	-7	-16	-7	-20	0	-9	+10	+29	+10	+33	-3	+16	-3	+20	-10	+9	+12	+27	+13	+30	-1	+14	0	+17	-8	+7
				30	50	-12	0	-25	-36	-25	-41	-9	-20	-9	-25	0	-11	+13	+36	+13	+41	-3	+20	-3	+25	-12	+11	+16	+33	+17	+37	0	+17	+1	+21	-9	+8
50	80	-15	0	-30	-43	-30	-49	-10	-23	-10	-29	0	-13	+15	+43	+15	+49	-5	+23	-5	+29	-15	+13	+19	+39	+19	+45	-1	+19	-1	+25	-11	+9				
				80	120	-20	0	-36	-51	-36	-58	-12	-27	-12	-34	0	-15	+16	+51	+16	+58	-8	+27	-8	+34	-20	+15	+21	+46	+22	+52	-3	+22	-2	+28	-15	+10
				120	180	-25	0	-43	-61	-43	-68	-14	-32	-14	-39	0	-18	+18	+61	+18	+68	-11	+32	-11	+39	-25	+18	+24	+55	+25	+61	-5	+26	-4	+32	-19	+12
180	250	-30	0	-50	-70	-50	-79	-15	-35	-15	-44	0	-20	+20	+70	+20	+79	-15	+35	-15	+44	-30	+20	+26	+64	+28	+71	-9	+29	-7	+36	-24	+14				
				250	315	-35	0	-56	-79	-56	-88	-17	-40	-17	-49	0	-23	+21	+79	+21	+88	-18	+40	-18	+49	-35	+23	+29	+71	+30	+79	-10	+32	-9	+40	-27	+15
				315	400	-40	0	-62	-87	-62	-98	-18	-43	-18	-54	0	-25	+22	+87	+22	+98	-22	+43	-22	+54	-40	+25	+30	+79	+33	+87	-14	+35	-11	+43	-32	+17
400	500	-45	0	-68	-95	-68	-108	-20	-47	-20	-60	0	-27	+23	+95	+23	+108	-25	+47	-25	+60	-45	+27	+32	+86	+35	+96	-16	+38	-13	+48	-36	+18				

## Akselien toleranssit ja sovitteet (metrikoot)



Akseli Nimellishal- kaisija d	Laakeri Laakerin sisähäl- kaisijan toleranssi $\Delta_{dmp}$		Akselin halkaisijan eromitat ja sovitteet Toleranssiluokat											
	ml.	pienin	suurin	f5		f6		g5		g6		h5		
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Eromitat (akselin halkaisija) Teoreettinen ahdistussovitte (-) / välys (+) Todennäköinen ahdistussovitte (-) / välys (+)										
500	630	-50	0	-76	-104	-76	-120	-22	-50	-22	-66	0	-28	
				+26	+104	+26	+120	-28	+50	-28	+66	-50	+28	
				+36	+94	+39	+107	-18	+40	-15	+53	-40	+18	
630	800	-75	0	-80	-112	-80	-130	-24	-56	-24	-74	0	-32	
				+5	+112	+5	+130	-51	+56	-51	+74	-75	+32	
				+17	+100	+22	+113	-39	+44	-34	+57	-63	+20	
800	1 000	-100	0	-86	-122	-86	-142	-26	-62	-26	-82	0	-36	
				-14	+122	-14	+142	-74	+62	-74	+82	-100	+36	
				0	+108	+6	+122	-60	+48	-54	+62	-86	+22	
1 000	1 250	-125	0	-98	-140	-98	-164	-28	-70	-28	-94	0	-42	
				-27	+140	-27	+164	-97	+70	-97	+94	-125	+42	
				-10	+123	-3	+140	-80	+53	-73	+70	-108	+25	
1 250	1 600	-160	0	-110	-160	-110	-188	-30	-80	-30	-108	0	-50	
				-50	+160	-50	+188	-130	+80	-130	+108	-160	+50	
				-29	+139	-20	+158	-109	+59	-100	+78	-139	+29	
1 600	2 000	-200	0	-120	-180	-120	-212	-32	-92	-32	-124	0	-60	
				-80	+180	-80	+212	-168	+92	-168	+124	-200	+60	
				-55	+155	-45	+177	-143	+67	-133	+89	-175	+35	

Akseleiden toleranssit ja sovitteet (metrikoot)



Akseli Nimellishal- kaisija d	Laakeri Laakerin sisähäl- kaisijan toleranssi $\Delta_{dmp}$		Akselin halkaisijan eromitat ja sovitteet Toleranssiluokat																																		
	h6	h8	h9	j5	j6																																
yli mm	ml. µm	pienin µm	suurin	Eromitat (akselin halkaisija)																																	
				Teoreettinen ahdistussovitte (-) / välyys (+)					Todennäköinen ahdistussovitte (-) / välyys (+)																												
				µm																																	
-	3	-8	0	0	-6	0	-14	0	-25	+2	-2	+4	-2	-8	+6	-8	+14	-8	+25	-10	+2	-12	+2	-6	+4	-6	+12	-5	+22	-9	+1	-10	0				
				3	6	-8	0	0	-8	0	-18	0	-30	+3	-2	+6	-2	-8	+8	-8	+18	-8	+30	-11	+2	-14	+2	-6	+6	-5	+15	-5	+27	-10	+1	-12	0
				6	10	-8	0	0	-9	0	-22	0	-36	+4	-2	+7	-2	-8	+9	-8	+22	-8	+36	-12	+2	-15	+2	-6	+7	-5	+19	-5	+33	-10	0	-13	0
10	18	-8	0	0	-11	0	-27	0	-43	+5	-3	+8	-3	-8	+11	-8	+27	-8	+43	-13	+3	-16	+3	-6	+9	-5	+24	-5	+40	-11	+1	-14	+1				
				18	30	-10	0	0	-13	0	-33	0	-52	+5	-4	+9	-4	-10	+13	-10	+33	-10	+52	-15	+4	-19	+4	-7	+10	-6	+29	-6	+48	-13	+2	-16	+1
				30	50	-12	0	0	-16	0	-39	0	-62	+6	-5	+11	-5	-12	+16	-12	+39	-12	+62	-18	+5	-23	+5	-8	+12	-7	+34	-7	+57	-15	+2	-19	+1
50	80	-15	0	0	-19	0	-46	0	-74	+6	-7	+12	-7	-15	+19	-15	+46	-15	+74	-21	+7	-27	+7	-11	+15	-9	+40	-9	+68	-17	+3	-23	+3				
				80	120	-20	0	0	-22	0	-54	0	-87	+6	-9	+13	-9	-20	+22	-20	+54	-20	+87	-26	+9	-33	+9	-14	+16	-12	+46	-12	+79	-21	+4	-27	+3
				120	180	-25	0	0	-25	0	-63	0	-100	+7	-11	+14	-11	-25	+25	-25	+63	-25	+100	-32	+11	-39	+11	-18	+18	-15	+53	-15	+90	-26	+5	-32	+4
180	250	-30	0	0	-29	0	-72	0	-115	+7	-13	+16	-13	-30	+29	-30	+72	-30	+115	-37	+13	-46	+13	-22	+21	-18	+60	-17	+102	-31	+7	-38	+5				
				250	315	-35	0	0	-32	0	-81	0	-130	+7	-16	+16	-16	-35	+32	-35	+81	-35	+130	-42	+16	-51	+16	-26	+23	-22	+68	-20	+115	-34	+8	-42	+7
				315	400	-40	0	0	-36	0	-89	0	-140	+7	-18	+18	-18	-40	+36	-40	+89	-40	+140	-47	+18	-58	+18	-29	+25	-25	+74	-23	+123	-39	+10	-47	+7
400	500	-45	0	0	-40	0	-97	0	-155	+7	-20	+20	-20	-45	+40	-45	+97	-45	+155	-52	+20	-65	+20	-33	+28	-28	+80	-26	+136	-43	+11	-53	+8				

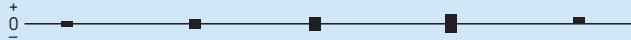


## Akselien toleranssit ja sovitteet (metrikoit)



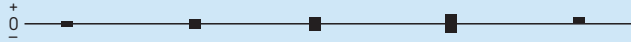
Akseli Nimellishal- kaisija d	Laakeri Laakerin sisähäl- kaisijan toleranssi $\Delta_{dmp}$		Akselin halkaisijan eromitat ja sovitteet Toleranssiluokat											
	yli	ml.	pienin	suurin	h6	h8	h9	j5	j6					
mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Eromitat (akselin halkaisija) Teoreettinen ehdistussovitte (-) / välyys (+) Todennäköinen ehdistussovitte (-) / välyys (+)									
500	630	-50	0	0	-44	0	-110	0	-175	-	-	+22	-22	
				-50	+44	-50	+110	-50	+175	-	-	-72	+22	
				-37	+31	-31	+91	-29	+154	-	-	-59	+9	
630	800	-75	0	0	-50	0	-125	0	-200	-	-	+25	-25	
				-75	+50	-75	+125	-75	+200	-	-	-100	+25	
				-58	+33	-48	+98	-45	+170	-	-	-83	+8	
800	1 000	-100	0	0	-56	0	-140	0	-230	-	-	+28	-28	
				-100	+56	-100	+140	-100	+230	-	-	-128	+28	
				-80	+36	-67	+107	-61	+191	-	-	-108	+8	
1 000	1 250	-125	0	0	-66	0	-165	0	-260	-	-	+33	-33	
				-125	+66	-125	+165	-125	+260	-	-	-158	+33	
				-101	+42	-84	+124	-77	+212	-	-	-134	+9	
1 250	1 600	-160	0	0	-78	0	-195	0	-310	-	-	+39	-39	
				-160	+78	-160	+195	-160	+310	-	-	-199	+39	
				-130	+48	-109	+144	-100	+250	-	-	-169	+9	
1 600	2 000	-200	0	0	-92	0	-230	0	-370	-	-	+46	-46	
				-200	+92	-200	+230	-200	+370	-	-	-246	+46	
				-165	+57	-138	+168	-126	+296	-	-	-211	+11	

Akseleiden toleranssit ja sovitteet (metrikoot)



Akseli Nimellishal- kaisija d	Laakeri Laakerin sisähäl- kaisijan toleranssi $\Delta_{dmp}$		Akselin halkaisijan eromitat ja sovitteet Toleranssiluokat													
	yli	ml.	pienin	suurin	js4	js5	js6	js7	k4							
mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Eromitat (akselin halkaisija) Teoreettinen ahdistusovite (-) / vällys (+) Todennäköinen ahdistusovite (-) / vällys (+)											
-	3	-8	0		+1,5	-1,5	+2	-2	+3	-3	+5	-5	+3	0		
					-9,5	+1,5	-10	+2	-11	+3	-13	+5	-11	0		
					-8,5	+0,5	-9	+1	-9	+1	-11	+3	-10	-1		
3	6	-8	0		+2	-2	+2,5	-2,5	+4	-4	+6	-6	+5	+1		
					-10	+2	-10,5	+2,5	-12	+4	-14	+6	-13	-1		
					-9	+1	-9	+1	-10	+2	-12	+4	-12	-2		
6	10	-8	0		+2	-2	+3	-3	+4,5	-4,5	+7,5	-7,5	+5	+1		
					-10	+2	-11	+3	-12,5	+4,5	-15,5	+7,5	-13	-1		
					-9	+1	-9	+1	-11	+3	-13	+5	-12	-2		
10	18	-8	0		+2,5	-2,5	+4	-4	+5,5	-5,5	+9	-9	+6	+1		
					-10,5	+2,5	-12	+4	-13,5	+5,5	-17	+9	-14	-1		
					-9,5	+1,5	-10	+2	-11	+3	-14	+6	-13	-2		
18	30	-10	0		+3	-3	+4,5	-4,5	+6,5	-6,5	+10,5	-10,5	+8	+2		
					-13	+3	-14,5	+4,5	-16,5	+6,5	-20,5	+10,5	-18	-2		
					-10,5	+1,5	-12	+2	-14	+4	-17	+7	-16	-4		
30	50	-12	0		+3,5	-3,5	+5,5	-5,5	+8	-8	+12,5	-12,5	+9	+2		
					-15,5	+3,5	-17,5	+5,5	-20	+8	-24,5	+12,5	-21	-2		
					-13,5	+1,5	-15	+3	-16	+4	-20	+8	-19	-4		
50	80	-15	0		+4	-4	+6,5	-6,5	+9,5	-9,5	+15	-15	+10	+2		
					-19	+4	-21,5	+6,5	-24,5	+9,5	-30	+15	-25	-2		
					-15,5	+1,5	-18	+3	-20	+5	-25	+10	-22	-5		
80	120	-20	0		+5	-5	+7,5	-7,5	+11	-11	+17,5	-17,5	+13	+3		
					-25	+5	-27,5	+7,5	-31	+11	-37,5	+17,5	-33	-3		
					-22	+2	-23	+3	-25	+5	-31	+11	-30	-6		
120	180	-25	0		+6	-6	+9	-9	+12,5	-12,5	+20	-20	+15	+3		
					-31	+6	-34	+9	-37,5	+12,5	-45	+20	-40	-3		
					-27	+2	-28	+3	-31	+6	-37	+12	-36	-7		
180	250	-30	0		+7	-7	+10	-10	+14,5	-14,5	+23	-23	+18	+4		
					-37	+7	-40	+10	-44,5	+14,5	-53	+23	-48	-4		
					-32	+2	-34	+4	-36	+6	-43	+13	-43	-9		
250	315	-35	0		+8	-8	+11,5	-11,5	+16	-16	+26	-26	+20	+4		
					-4	+8	-46,5	+11,5	-51	+16	-61	+26	-55	-4		
					-37	+2	-39	+4	-42	+7	-49	+14	-49	-10		
315	400	-40	0		+9	-9	+12,5	-12,5	+18	-18	+28,5	-28,5	+22	+4		
					-49	+9	-52,5	+12,5	-58	+18	-68,5	+28,5	-62	-4		
					-42	+2	-44	+4	-47	+7	-55	+15	-55	-11		
400	500	-45	0		+10	-10	+13,5	-13,5	+20	-20	+31,5	-31,5	+25	+5		
					-55	+10	-58,5	+13,5	-65	+20	-76,5	+31,5	-70	-5		
					-48	+3	-49	+4	-53	+8	-62	+17	-63	-12		

## Aksleiden toleranssit ja sovitteet (metrikoot)




Akseli Nimellishal- kaisija d	Laakeri Laakerin sisähäl- kaisijan toleranssi $\Delta_{dmp}$		Akselin halkaisijan eromitat ja sovitteet Toleranssiluokat											
	yli	ml.	pienin	suurin	js4	js5		js6		js7		k4		
mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Eromitat (akselin halkaisija) Teoreettinen ahdistussovite (-) / välys (-) Todennäköinen ahdistussovite (-) / välys (-)									
500	630	-50	0	-	-	+14	-14	+22	-22	+35	-35	-	-	
				-	-	-64	+14	-72	+22	-85	+35	-	-	
				-	-	-54	+4	-59	+9	-69	+19	-	-	
630	800	-75	0	-	-	+16	-16	+25	-25	+40	-40	-	-	
				-	-	-91	+16	-100	+25	-115	+40	-	-	
				-	-	-79	+4	-83	+8	-93	+18	-	-	
800	1 000	-100	0	-	-	+18	-18	+28	-28	+45	-45	-	-	
				-	-	-118	+18	-128	+28	-145	+45	-	-	
				-	-	-104	+4	-108	+8	-118	+18	-	-	
1 000	1 250	-125	0	-	-	+21	-21	+33	-33	+52	-52	-	-	
				-	-	-146	+21	-158	+33	-177	+52	-	-	
				-	-	-129	+4	-134	+9	-145	+20	-	-	
1 250	1 600	-160	0	-	-	+25	-25	+39	-39	+62	-62	-	-	
				-	-	-185	+25	-199	+39	-222	+62	-	-	
				-	-	-164	+4	-169	+9	-182	+22	-	-	
1 600	2 000	-200	0	-	-	+30	-30	+46	-46	+75	-75	-	-	
				-	-	-230	+30	-246	+46	-275	+75	-	-	
				-	-	-205	+5	-211	+11	-225	+25	-	-	

Akseleiden toleranssit ja sovitteet (metrikoot)



Akseli Nimellishal- kaisija d	Laakeri Laakerin sisähäl- kaisijan toleranssi $\Delta_{dmp}$		Akselin halkaisijan eromit ja sovitteet Toleranssiluokat																															
	yli	ml.	pienin	suurin	k5		k6		m5		m6		n5																					
mm	mm	$\mu\text{m}$			$\mu\text{m}$																													
													Eromitat (akselin halkaisija)																					
													Teoreettinen ahdistussovitte (-)																					
													Todennäköinen ahdistussovitte (-)																					
-	3	-8	0		+4	0	+6	0	+6	+2	+8	+2	+8	+4	-12	0	-14	0	-14	-2	-16	-2	-16	-4	-11	-1	-12	-2	-13	-3	-14	-4	-15	-5
3	6	-8	0		+6	+1	+9	+1	+9	+4	+12	+4	+13	+8	-14	-1	-17	-1	-17	-4	-20	-4	-21	-8	-13	-2	-15	-3	-16	-5	-18	-6	-20	-9
6	10	-8	0		+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+16	+10	-15	-1	-18	-1	-20	-6	-23	-6	-24	-10	-13	-3	-16	-3	-18	-8	-21	-8	-22	-12
10	18	-8	0		+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+20	+12	-17	-1	-20	-1	-23	-7	-26	-7	-28	-12	-15	-3	-18	-3	-21	-9	-24	-9	-26	-14
18	30	-10	0		+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+24	+15	-21	-2	-25	-2	-27	-8	-31	-8	-34	-15	-19	-4	-22	-5	-25	-10	-28	-11	-32	-17
30	50	-12	0		+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+28	+17	-25	-2	-30	-2	-32	-9	-37	-9	-40	-17	-22	-5	-26	-6	-29	-12	-33	-13	-37	-20
50	80	-15	0		+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+33	+20	-30	-2	-36	-2	-39	-11	-45	-11	-48	-20	-26	-6	-32	-6	-35	-15	-41	-15	-44	-24
80	120	-20	0		+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+38	+23	-38	-3	-45	-3	-48	-13	-55	-13	-58	-23	-33	-8	-39	-9	-43	-18	-49	-19	-53	-28
120	180	-25	0		+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+45	+27	-46	-3	-53	-3	-58	-15	-65	-15	-70	-27	-40	-9	-46	-10	-52	-21	-58	-22	-64	-33
180	250	-30	0		+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+51	+31	-54	-4	-63	-4	-67	-17	-76	-17	-81	-31	-48	-10	-55	-12	-61	-23	-68	-25	-75	-37
250	315	-35	0		+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+57	+34	-62	-4	-71	-4	-78	-20	-87	-20	-92	-34	-54	-12	-62	-13	-70	-28	-78	-29	-84	-42
315	400	-40	0		+29	+4	+40	+4	+46	+21	+57	+21	+62	+37	-69	-4	-80	-4	-86	-21	-97	-21	-102	-37	-61	-12	-69	-15	-78	-29	-86	-32	-94	-45
400	500	-45	0		+32	+5	+45	+5	+50	+23	+63	+23	+67	+40	-77	-5	-90	-5	-95	-23	-108	-23	-112	-40	-68	-14	-78	-17	-86	-32	-96	-35	-103	-49

## Akselien toleranssit ja sovitteet (metrikoot)




Akseli Nimellishal- kaisija d	Laakeri Laakerin sisähäl- kaisijan toleranssi $\Delta_{dmp}$		Akselin halkaisijan eromit ja sovitteet Toleranssiluokat											
	yli	ml.	pienin	suurin	k5	k6		m5		m6		n5		
mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Eromitat (akselin halkaisija)									
				Teoreettinen ahdistussovite (-)										
				Todennäköinen ahdistussovite (-)										
500	630	-50	0	+29	0	+44	0	+55	+26	+70	+26	+73	+44	
				-78	0	-94	0	-105	-26	-120	-26	-122	-44	
				-68	-10	-81	-13	-94	-36	-107	-39	-112	-54	
630	800	-75	0	+32	0	+50	0	+62	+30	+80	+30	+82	+50	
				-107	0	-125	0	-137	-30	-155	-30	-157	-50	
				-95	-12	-108	-17	-125	-42	-138	-47	-145	-62	
800	1 000	-100	0	+36	0	+56	0	+70	+34	+90	+34	+92	+56	
				-136	0	-156	0	-170	-34	-190	-34	-192	-56	
				-122	-14	-136	-20	-156	-48	-170	-54	-178	-70	
1 000	1 250	-125	0	+42	0	+66	0	+82	+40	+106	+40	+108	+66	
				-167	0	-191	0	-207	-40	-231	-40	-233	-66	
				-150	-17	-167	-24	-190	-57	-207	-64	-216	-83	
1 250	1 600	-160	0	+50	0	+78	0	+98	+48	+126	+48	+128	+78	
				-210	0	-238	0	-258	-48	-286	-48	-288	-78	
				-189	-21	-208	-30	-237	-69	-256	-78	-267	-99	
1 600	2 000	-200	0	+60	0	+92	0	+118	+58	+150	+58	+152	+92	
				-260	0	-292	0	-318	-58	-350	-58	-352	-92	
				-235	-25	-257	-35	-293	-83	-315	-93	-327	-117	

Akseleiden toleranssit ja sovitteet (metrikoot)

Akseli Nimellishal- kaisija d	Laakeri Laakerin sisähäl- kaisijan toleranssi $\Delta_{dmp}$	Akselin halkaisijan eromitat ja sovitteet Toleranssiluokat																																			
				n6		p6		p7		r6		r7																									
yli	ml.	pienin	suurin	Eromitat (akselin halkaisija)																																	
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Teoreettinen ahdistusovite (-)																																	
				Todennäköinen ahdistusovite (-)																																	
50	80	-15	0	+39	+20	+51	+32	+62	+32	-	-	-	-	-54	-20	-66	-32	-77	-32	-	-	-	-	-50	-24	-62	-36	-72	-38	-	-	-	-				
				80	100	-20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+73	+51	+86	+51	-65	-23	-79	-37	-92	-37	-93	-51	-106	-51	-59	-29	-73	-43	-85	-44	-87	-57	-99	-58
								100	120	-20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+76	+54	+89	+54	-65	-23	-79	-37	-92	-37	-96	-54	-109	-54	-59	-29	-73	-43	-85	-44
120	140	-25	0	+52	+27	+68	+43					+83	+43	+88	+63	+103	+63	-77	-27	-93	-43	-108	-43	-113	-63	-128	-63	-70	-34	-86	-50	-100	-51	-106	-70	-120	-71
				140	160	-25	0					+52	+27	+68	+43	+83	+43	+90	+65	+105	+65	-77	-27	-93	-43	-108	-43	-115	-65	-130	-65	-70	-34	-86	-50	-100	-51
160	180	-25	0					+52	+27	+68	+43	+83	+43	+93	+68	+108	+68	-77	-27	-93	-43	-108	-43	-118	-68	-133	-68	-70	-34	-86	-50	-100	-51	-111	-75	-125	-76
								180	200	-30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+106	+77	+123	+77	-90	-31	-109	-50	-126	-50	-136	-77	-153	-77	-82	-39	-101	-58	-116	-60
200	225	-30	0	+60	+31	+79	+50					+96	+50	+109	+80	+126	+80	-90	-31	-109	-50	-126	-50	-139	-80	-156	-80	-82	-39	-101	-58	-116	-60	-131	-88	-146	-90
				225	250	-30	0					+60	+31	+79	+50	+96	+50	+113	+84	+130	+84	-90	-31	-109	-50	-126	-50	-143	-84	-160	-84	-82	-39	-101	-58	-116	-60
250	280	-35	0					+66	+34	+88	+56	+108	+56	+126	+94	+146	+94	-101	-34	-123	-56	-143	-56	-161	-94	-181	-94	-92	-43	-114	-65	-131	-68	-152	-103	-169	-106
								280	315	-35	0	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+130	+98	+150	+98	-101	-34	-123	-56	-143	-56	-165	-98	-185	-98	-92	-43	-114	-65	-131	-68
315	355	-40	0	+73	+37	+98	+62					+119	+62	+144	+108	+165	+108	-113	-37	-138	-62	-159	-62	-184	-108	-205	-108	-102	-48	-127	-73	-146	-75	-173	-119	-192	-121
				355	400	-40	0					+73	+37	+98	+62	+119	+62	+150	+114	+171	+114	-113	-37	-138	-62	-159	-62	-190	-114	-211	-114	-102	-48	-127	-73	-146	-75
400	450	-45	0					+80	+40	+108	+68	+131	+68	+166	+126	+189	+126	-125	-40	-153	-68	-176	-68	-211	-126	-234	-126	-113	-52	-141	-80	-161	-83	-199	-138	-219	-141

## Akselien toleranssit ja sovitteet (metrikoit)



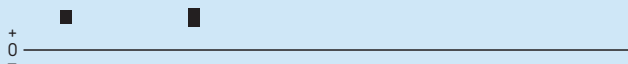
Akseli Nimellishal- kaisija d	Laakeri Laakerin sisähäl- kaisijan toleranssi $\Delta_{dmp}$		Akselin halkaisijan eromitat ja sovitteet Toleranssiluokat																																		
	yli	ml.	pienin	suurin	n6		p6		p7		r6		r7																								
mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Eromitat (akselin halkaisija)																																
					Teoreettinen ahdistussovitte (-)																																
					Todennäköinen ahdistussovitte (-)																																
450	500	-45	0	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+172	+132	+195	+132	-125	-40	-153	-68	-176	-68	-217	-132	-240	-132	-113	-52	-141	-80	-161	-83	-205	-144	-225	-147				
				500	560	-50	0	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+194	+150	+220	+150	-138	-44	-172	-78	-198	-78	-244	-150	-270	-150	-125	-57	-159	-91	-182	-94	-231	-163	-254	-166
								560	630	-50	0	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+199	+155	+225	+155	-138	-44	-172	-78	-198	-78	-249	-155	-275	-155	-125	-57	-159	-91	-182	-94
630	710	-75	0	+100	+50	+138	+88					+168	+88	+225	+175	+255	+175	-175	-50	-213	-88	-243	-88	-300	-175	-330	-175	-158	-67	-196	-105	-221	-110	-283	-192	-308	-197
				710	800	-75	0	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+235	+185	+265	+185	-175	-50	-213	-88	-243	-88	-310	-185	-340	-185	-158	-67	-196	-105	-221	-110	-293	-202	-318	-207
								800	900	-100	0	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+266	+210	+300	+210	-212	-56	-256	-100	-290	-100	-366	-210	-400	-210	-192	-76	-236	-120	-263	-127
900	1000	-100	0	+112	+56	+156	+100					+190	+100	+276	+220	+310	+220	-212	-56	-256	-100	-290	-100	-376	-220	-410	-220	-192	-76	-236	-120	-263	-127	-356	-240	-383	-247
				1000	1120	-125	0					+132	+66	+186	+120	+225	+120	+316	+250	+355	+250	-257	-66	-311	-120	-350	-120	-441	-250	-480	-250	-233	-90	-287	-144	-317	-153
1120	1250	-125	0					+132	+66	+186	+120	+225	+120	+326	+260	+365	+260	-257	-66	-311	-120	-350	-120	-451	-260	-490	-260	-233	-90	-287	-144	-317	-153	-427	-284	-457	-293
								1250	1400	-160	0	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+378	+300	+425	+300	-316	-78	-378	-140	-425	-140	-538	-300	-585	-300	-286	-108	-348	-170	-385	-180
1400	1600	-160	0	+156	+78	+218	+140					+265	+140	+408	+330	+455	+330	-316	-78	-378	-140	-425	-140	-568	-330	-615	-330	-286	-108	-348	-170	-385	-180	-538	-360	-575	-370
				1600	1800	-200	0					+184	+92	+262	+170	+320	+170	+462	+370	+520	+370	-384	-92	-462	-170	-520	-170	-662	-370	-720	-370	-349	-127	-427	-205	-470	-220
1800	2000	-200	0					+184	+92	+262	+170	+320	+170	+492	+400	+550	+400	-384	-92	-462	-170	-520	-170	-692	-400	-750	-400	-349	-127	-427	-205	-470	-220	-657	-435	-700	-450

## Akselien toleranssit ja sovitteet (metrikoit)

Akseli Nimellishal- kaisija d	Laakeri Laakerin sisähal- kaisijan toleranssi $\Delta_{dmp}$			Akselin halkaisijan eromitat ja sovitteet			
				Toleranssiluokat			
				$s_{6_{min}} \pm IT6/2$	$s_{7_{min}} \pm IT7/2$		
				Eromitat (akselin halkaisija)			
				Teoreettinen ahdistussovite (-)			
				Todennäköinen ahdistussovite (-)			
yli	ml.	pienin	suurin	$\mu\text{m}$			
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$			
200	225	-30	0	+144	+115	+153	+107
				-174	-115	-183	-107
				-166	-123	-173	-117
225	250	-30	0	+154	+125	+163	+117
				-184	-125	-193	-117
				-176	-133	-183	-127
250	280	-35	0	+174	+142	+184	+132
				-209	-142	-219	-132
				-200	-151	-207	-144
280	315	-35	0	+186	+154	+196	+144
				-221	-154	-231	-144
				-212	-163	-219	-156
315	355	-40	0	+208	+172	+218	+161
				-248	-172	-258	-161
				-237	-183	-245	-174
355	400	-40	0	+226	+190	+236	+179
				-266	-190	-276	-179
				-255	-201	-263	-192
400	450	-45	0	+252	+212	+263	+200
				-297	-212	-308	-200
				-285	-224	-293	-215
450	500	-45	0	+272	+232	+283	+220
				-317	-232	-328	-220
				-305	-244	-313	-235
500	560	-50	0	+302	+258	+315	+245
				-352	-258	-365	-245
				-339	-271	-349	-261
560	630	-50	0	+332	+288	+345	+275
				-382	-288	-395	-275
				-369	-301	-379	-291
630	710	-75	0	+365	+315	+380	+300
				-440	-315	-455	-300
				-423	-332	-433	-322
710	800	-75	0	+405	+355	+420	+340
				-480	-355	-495	-340
				-463	-372	-473	-362
800	900	-100	0	+458	+402	+475	+385
				-558	-402	-575	-385
				-538	-422	-548	-412
900	1 000	-100	0	+498	+442	+515	+425
				-598	-442	-615	-425
				-578	-462	-588	-452

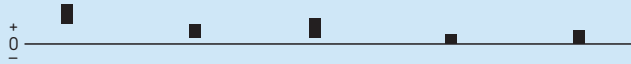


## Aksleiden toleranssit ja sovitteet (metrikoit)



Akseli		Laakeri		Akselin halkaisijan eromitat ja sovitteet			
Nimellishalkaisija		Laakerin sisähalkaisijan toleranssi		Toleranssiluokat			
$d$		$\Delta_{dmp}$		$s6_{min} \pm IT6/2$		$s7_{min} \pm IT7/2$	
				Eromitat (akselin halkaisija)			
				Teoreettinen ahdistussovite (-)			
				Todennäköinen ahdistussovite (-)			
yli	ml.	pienin	suurin	$\mu m$			
mm		$\mu m$		$\mu m$			
1 000	1 120	-125	0	+553	+487	+572	+467
				-678	-487	-697	-467
				-654	-511	-664	-500
1 120	1 250	-125	0	+613	+547	+632	+527
				-738	-547	-757	-527
				-714	-571	-724	-560
1 250	1 400	-160	0	+679	+601	+702	+577
				-839	-601	-862	-577
				-809	-631	-822	-617
1 400	1 600	-160	0	+759	+681	+782	+657
				-919	-681	-942	-657
				-889	-711	-902	-697
1 600	1 800	-200	0	+866	+774	+895	+745
				-1 066	-774	-1 095	-745
				-1 031	-809	-1 045	-795
1 800	2 000	-200	0	+966	+874	5 995	+845
				-1 166	-874	-1 195	-845
				-1 131	-909	-1 145	-895

Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (metrikoit)



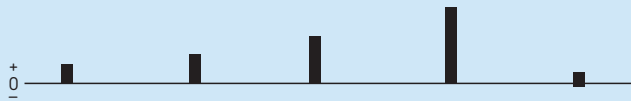
Pesä Reiän nimellis- halkaisija D	Laakeri Laakerin ulkohal- kaisijan toleranssi $\Delta_{Dmp}$	Laakeripesän reiän halkaisijan eromitat ja sovitteet Toleranssiluokat																															
				F7		G6		G7		H5		H6																					
yli	ml.	suurin	pienin	Eromitat (laakeripesän reiän halkaisija)																													
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Teoreettinen välys (+)																													
				Todennäköinen välys (+)																													
6	10	0	-8	+13	+28	+5	+14	+5	+20	0	+6	0	+9	+13	+36	+5	+22	+5	+28	0	+14	0	+17	+16	+33	+7	+20	+8	+25	+2	+12	+2	+15
				+16	+34	+6	+17	+6	+24	0	+8	0	+11	+16	+42	+6	+25	+6	+32	0	+16	0	+19	+19	+39	+8	+23	+9	+29	+2	+14	+2	+17
				+20	+41	+7	+20	+7	+28	0	+9	+0	+13	+20	+50	+7	+29	+7	+37	0	+18	0	+22	+23	+47	+10	+26	+10	+34	+2	+16	+3	+19
10	18	0	-8	+25	+50	+9	+25	+9	+34	0	+11	0	+16	+25	+61	+9	+36	+9	+45	0	+22	0	+27	+29	+57	+12	+33	+13	+41	+3	+19	+3	+24
				+30	+60	+10	+29	+10	+40	0	+13	0	+19	+30	+73	+10	+42	+10	+53	0	+26	0	+32	+35	+68	+14	+38	+15	+48	+3	+23	+4	+28
				+36	+71	+12	+34	+12	+47	0	+15	0	+22	+36	+86	+12	+49	+12	+62	0	+30	0	+37	+41	+81	+17	+44	+17	+57	+4	+26	+5	+32
30	50	0	-11	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25	+43	+101	+14	+57	+14	+72	0	+36	0	+43	+50	+94	+20	+51	+21	+65	+5	+31	+6	+37
				+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25	+43	+108	+14	+64	+14	+79	0	+43	0	+50	+51	+100	+21	+57	+22	+71	+6	+37	+7	+43
				+50	+96	+15	+44	+15	+61	0	+20	0	+29	+50	+126	+15	+74	+15	+91	0	+50	0	+59	+60	+116	+23	+66	+25	+81	+6	+44	+8	+51
250	315	0	-35	+56	+108	+17	+49	+17	+69	0	+23	0	+32	+56	+143	+17	+84	+17	+104	0	+58	0	+67	+68	+131	+26	+75	+29	+92	+8	+50	+9	+58
				+62	+119	+18	+54	+18	+75	0	+25	0	+36	+62	+159	+18	+94	+18	+115	0	+65	0	+76	+75	+146	+29	+83	+31	+102	+8	+57	+11	+65
				+68	+131	+20	+60	+20	+83	0	+27	0	+40	+68	+176	+20	+105	+20	+128	0	+72	0	+85	+83	+161	+32	+93	+35	+113	+9	+63	+12	+73
500	630	0	-50	+76	+146	+22	+66	+22	+92	0	+28	0	+44	+76	+196	+22	+116	+22	+142	0	+78	0	+94	+92	+180	+35	+103	+38	+126	+10	+68	+13	+81
				+80	+160	+24	+74	+24	+104	0	+32	0	+50	+80	+235	+24	+149	+24	+179	0	+107	0	+125	+102	+213	+41	+132	+46	+157	+12	+95	+17	+108
				+83	+161	+26	+75	+26	+105	0	+34	0	+53	+83	+241	+26	+155	+26	+185	0	+111	0	+139	+102	+213	+41	+132	+46	+157	+12	+95	+17	+108

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (metrikoot)



Pesä Reiän nimellis- halkaisija D	Laakeri Laakerin ulkohal- kaisijan toleranssi $\Delta_{Dmp}$	Laakeripesän reiän halkaisijan eromitat ja sovitteet Toleranssiluokat												
				F7		G6		G7		H5		H6		
yli	ml.	suurin	pienin	Eromitat (laakeripesän reiän halkaisija)										
				Teoreettinen välys (+)										
				Todennäköinen välys (+)										
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$										
800	1 000	0	-100	+86	+176	+26	+82	+26	+116	0	+36	0	+56	
				+86	+276	+26	+182	+26	+216	0	+136	0	+156	
				+113	+249	+46	+162	+53	+189	+14	+122	+20	+136	
1 000	1 250	0	-125	+98	+203	+28	+94	+28	+133	0	+42	0	+66	
				+98	+328	+28	+219	+28	+258	0	+167	0	+191	
				+131	+295	+52	+195	+61	+225	+17	+150	+24	+167	
1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+108	+30	+155	0	+50	0	+78	
				+110	+395	+30	+268	+30	+315	0	+210	0	+238	
				+150	+355	+60	+238	+70	+275	+21	+189	+30	+208	
1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+124	+32	+182	0	+60	0	+92	
				+120	+470	+32	+324	+32	+382	0	+260	0	+292	
				+170	+420	+67	+289	+82	+332	+25	+235	+35	+257	
2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+144	+34	+209	0	+70	0	+110	
				+130	+555	+34	+394	+34	+459	0	+320	0	+360	
				+189	+496	+77	+351	+93	+400	+30	+290	+43	+317	

Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (metrikoit)



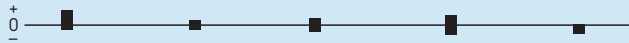
Pesä Reiän nimellis- halkaisija D	Laakeri Laakerin ulkohal- kaisijan toleranssi $\Delta_{Dmp}$		Laakeripesän reiän halkaisijan erotmit ja sovitteet Toleranssiluokat										
	suurin	pienin	H7	H8		H9		H10		J6			
yli	ml.		Eromitat (laakeripesän reiän halkaisija)										
mm	µm		Teoreettinen ahdistusovite (-) / välitys (+)										
			Todennäköinen ahdistusovite (-) / välitys (+)										
6	10	0	-8	0	+15	0	+22	0	+36	0	+58	-4	+5
				0	+23	0	+30	0	+44	0	+66	-4	+13
				+3	+20	+3	+27	+3	+41	+3	+63	-2	+11
10	18	0	-8	0	+18	0	+27	0	+43	0	+70	-5	+6
				0	+26	0	+35	0	+51	0	+78	-5	+14
				+3	+23	+3	+32	+3	+48	+3	+75	-3	+12
18	30	0	-9	0	+21	0	+33	0	+52	0	+84	-5	+8
				0	+30	0	+42	0	+61	0	+93	-5	+17
				+3	+27	+3	+39	+4	+57	+4	+89	-2	+14
30	50	0	-11	0	+25	0	+39	0	+62	0	+100	-6	+10
				0	+36	0	+50	0	+73	0	+111	-6	+21
				+4	+32	+4	+46	+5	+68	+5	+106	-3	+18
50	80	0	-13	0	+30	0	+46	0	+74	0	+120	-6	+13
				0	+43	0	+59	0	+87	0	+133	-6	+26
				+5	+38	+5	+54	+5	+82	+6	+127	-2	+22
80	120	0	-15	0	+35	0	+54	0	+87	0	+140	-6	+16
				0	+50	0	+69	0	+102	0	+155	-6	+31
				+5	+45	+6	+63	+6	+96	+7	+148	-1	+26
120	150	0	-18	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	-7	+18
				0	+58	0	+81	0	+118	0	+178	-7	+36
				+7	+51	+7	+74	+8	+110	+8	+170	-1	+30
150	180	0	-25	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	-7	+18
				0	+65	0	+88	0	+125	0	+185	-7	+43
				+8	+57	+10	+78	+10	+115	+11	+174	0	+36
180	250	0	-30	0	+46	0	+72	0	+115	0	+185	-7	+22
				0	+76	0	+102	0	+145	0	+215	-7	+52
				+10	+66	+12	+90	+13	+132	+13	+202	+1	+44
250	315	0	-35	0	+52	0	+81	0	+130	0	+210	-7	+25
				0	+87	0	+116	0	+165	0	+245	-7	+60
				+12	+75	+13	+103	+15	+150	+16	+229	+2	+51
315	400	0	-40	0	+57	0	+89	0	+140	0	+230	-7	+29
				0	+97	0	+129	0	+180	0	+270	-7	+69
				+13	+84	+15	+114	+17	+163	+18	+252	+4	+58
400	500	0	-45	0	+63	0	+97	0	+155	0	+250	-7	+33
				0	+108	0	+142	0	+200	0	+295	-7	+78
				+15	+93	+17	+125	+19	+181	+20	+275	+5	+66
500	630	0	-50	0	+70	0	+110	0	+175	0	+280	-	-
				0	+120	0	+160	0	+225	0	+330	-	-
				+16	+104	+19	+141	+21	+204	+22	+308	-	-
630	800	0	-75	0	+80	0	+125	0	+200	0	+320	-	-
				0	+155	0	+200	0	+275	0	+395	-	-
				+22	+133	+27	+173	+30	+245	+33	+362	-	-

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (metrikoot)



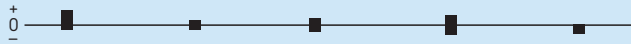
Pesä Reiän nimellis- halkaisija D	Laakeri Laakerin ulkohal- kaisijan toleranssi $\Delta_{Dmp}$	Laakeripesän reiän halkaisijan erotmit ja sovitteet											
		Toleranssiluokat		H7		H8		H9		H10		J6	
yli	ml.	suurin	pienin	Eromitat (laakeripesän reiän halkaisija)									
mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Teoreettinen ahdistusovite (-) / välys (+)									
mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Todennäköinen ahdistusovite (-) / välys (+)									
800	1 000	0	-100	0	+90	0	+140	0	+230	0	+360	-	-
				0	+190	0	+240	0	+330	0	+460	-	-
				+27	+163	+33	+207	+39	+291	+43	+417	-	-
1 000	1 250	0	-125	0	+105	0	+165	0	+260	0	+420	-	-
				0	+230	0	+290	0	+385	0	+545	-	-
				+33	+197	+41	+249	+48	+337	+53	+492	-	-
1 250	1 600	0	-160	0	+125	0	+195	0	+310	0	+500	-	-
				0	+285	0	+355	0	+470	0	+660	-	-
				+40	+245	+51	+304	+60	+410	+67	+593	-	-
1 600	2 000	0	-200	0	+150	0	+230	0	+370	0	+600	-	-
				0	+350	0	+430	0	+570	0	+800	-	-
				+50	+300	+62	+368	+74	+496	+83	+717	-	-
2 000	2 500	0	-250	0	+175	0	+280	0	+440	0	+700	-	-
				0	+425	0	+530	0	+690	0	+950	-	-
				+59	+366	+77	+453	+91	+599	+103	+847	-	-

Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (metrikoot)




Pesä Reiän nimellis- halkaisija D	Laakeri Laakerin ulkohal- kaisijan toleranssi $\Delta_{Dmp}$	Laakeripesän reiän halkaisijan erotmit ja sovitteet Toleranssiluokat											
				J7	JS5		JS6	JS7		K5			
yli	ml.	suurin	pienin	Eromitat (laakeripesän reiän halkaisija)									
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Teoreettinen ahdistusovite (-) / välyys (+) Todennäköinen ahdistusovite (-) / välyys (+)									
6	10	0	-8	-7	+8	-3	+3	-4,5	+4,5	-7,5	+7,5	-5	+1
				-7	+16	-3	+11	-4,5	+12,5	-7,5	+15,5	-5	+9
				-4	+13	-1	+9	-3	+11	-5	+13	-3	+7
10	18	0	-8	-8	+10	-4	+4	-5,5	+5,5	-9	+9	-6	+2
				-8	+18	-4	+12	-5,5	+13,5	-9	+17	-6	+10
				-5	+15	-2	+10	-3	+11	-6	+14	-4	+8
18	30	0	-9	-9	+12	-4,5	+4,5	-6,5	+6,5	-10,5	+10,5	-8	+1
				-9	+21	-4,5	+13,5	-6,5	+15,5	-10,5	+19,5	-8	+10
				-6	+18	-2	+11	-4	+13	-7	+16	-6	+8
30	50	0	-11	-11	+14	-5,5	+5,5	-8	+8	-12,5	+12,5	-9	+2
				-11	+25	-5,5	+16,5	-8	+19	-12,5	+23,5	-9	+13
				-7	+21	-3	+14	-5	+16	-9	+20	-6	+10
50	80	0	-13	-12	+18	-6,5	+6,5	-9,5	+9,5	-15	+15	-10	+3
				-12	+31	-6,5	+19,5	-9,5	+22,5	-15	+28	-10	+16
				-7	+26	-3	+16	-6	+19	-10	+23	-7	+13
80	120	0	-15	-13	+22	-7,5	+7,5	-11	+11	-17,5	+17,5	-13	+2
				-13	+37	-7,5	+22,5	-11	+26	-17,5	+32,5	-13	+17
				-8	+32	-4	+19	-6	+21	-12	+27	-9	+13
120	150	0	-18	-14	+26	-9	+9	-12,5	+12,5	-20	+20	-15	+3
				-14	+44	-9	+27	-12,5	+30,5	-20	+38	-15	+21
				-7	+37	-4	+22	-7	+25	-13	+31	-10	+16
150	180	0	-25	-14	+26	-9	+9	-12,5	+12,5	-20	+20	-15	+3
				-14	+51	-9	+34	-12,5	+37,5	-20	+45	-15	+28
				-6	+43	-3	+28	-6	+31	-12	+37	-9	+22
180	250	0	-30	-16	+30	-10	+10	-14,5	+14,5	-23	+23	-18	+2
				-16	+60	-10	+40	-14,5	+44,5	-23	+53	-18	+32
				-6	+50	-4	+34	-6	+36	-13	+43	-12	+26
250	315	0	-35	-16	+36	-11,5	+11,5	-16	+16	-26	+26	-20	+3
				-16	+71	-11,5	+46,5	-16	+51	-26	+61	-20	+38
				-4	+59	-4	+39	-7	+42	-14	+49	-12	+30
315	400	0	-40	-18	+39	-12,5	+12,5	-18	+18	-28,5	+28,5	-22	+3
				-18	+79	-12,5	+52,5	-18	+58	-28,5	+68,5	-22	+43
				-5	+66	-4	+44	-7	+47	-15	+55	-14	+35
400	500	0	-45	-20	+43	-13,5	+13,5	-20	+20	-31,5	+31,5	-25	+2
				-20	+88	-13,5	+58,5	-20	+65	-31,5	+76,5	-25	+47
				-5	+73	-4	+49	-8	+53	-17	+62	-16	+38
500	630	0	-50	-	-	-14	+14	-22	+22	-35	+35	-	-
				-	-	-14	+64	-22	+72	-35	+85	-	-
				-	-	-4	+54	-9	+59	-19	+69	-	-
630	800	0	-75	-	-	-16	+16	-25	+25	-40	+40	-	-
				-	-	-16	+91	-25	+100	-40	+115	-	-
				-	-	-4	+79	-8	+83	-18	+93	-	-

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (metrikoot)



Pesä Reiän nimellis- halkaisija D	Laakeri Laakerin ulkohal- kaisijan toleranssi $\Delta_{Dmp}$	Laakeripesän reiän halkaisijan eromitat ja sovitteet											
		Toleranssiluokat											
		J7	J5	J5	J5	J5	J5	J5	J5	J5	J5	J5	K5
		Eromitat (laakeripesän reiän halkaisija)											
		Teoreettinen ahdistusovite (-) / välys (-)											
		Todennäköinen ahdistusovite (-) / välys (-)											
yli	ml.	suurin	pienin										
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$									
800	1 000	0	-100	-	-	-18	+18	-28	+28	-45	+45	-	-
				-	-	-18	+118	-28	+128	-45	+145	-	-
				-	-	-4	+104	-8	+108	-18	+118	-	-
1 000	1 250	0	-125	-	-	-21	+21	-33	+33	-52	+52	-	-
				-	-	-21	+146	-33	+158	-52	+177	-	-
				-	-	-4	+129	-9	+134	-20	+145	-	-
1 250	1 600	0	-160	-	-	-25	+25	-39	+39	-62	+62	-	-
				-	-	-25	+185	-39	+199	-62	+222	-	-
				-	-	-4	+164	-9	+169	-22	+182	-	-
1 600	2 000	0	-200	-	-	-30	+30	-46	+46	-75	+75	-	-
				-	-	-30	+230	-46	+246	-75	+275	-	-
				-	-	-5	+205	-11	+211	-25	+225	-	-
2 000	2 500	0	-250	-	-	-35	+35	-55	+55	-87	+87	-	-
				-	-	-35	+285	-55	+305	-87	+337	-	-
				-	-	-5	+255	-12	+262	-28	+278	-	-

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (metrikoot)



Pesä Reiän nimellis- halkaisija D	Laakeri Laakerin ulkohal- kaisijan toleranssi $\Delta_{Dmp}$	Laakeripesän reiän halkaisijan erotmit ja sovitteet Toleranssiluokat																																			
		K6		K7		M5		M6		M7																											
yli	ml.	suurin	pienin	Eromitat (laakeripesän reiän halkaisija)																																	
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Teoreettinen ahdistusovite (-) / välitys (+)																																	
				Todennäköinen ahdistusovite (-) / välitys (+)																																	
6	10	0	-8	-7	+2	-10	+5	-10	-4	-12	-3	-15	0	-7	+10	-10	+13	-10	+4	-12	+5	-15	+8	-5	+8	-7	+10	-8	+2	-10	+3	-12	+5				
				10	18	0	-8	-9	+2	-12	+6	-12	-4	-15	-4	-18	0	-9	+10	-12	+14	-12	+4	-15	+4	-18	+8	-7	+8	-9	+11	-10	+2	-13	+2	-15	+5
								18	30	0	-9	-11	+2	-15	+6	-14	-4	-17	-4	-21	0	-11	+11	-15	+15	-14	+4	-17	+5	-21	+9	-8	+8	-12	+12	-12	+2
30	50	0	-11									-13	+3	-18	+7	-16	-5	-20	-4	-25	0	-13	+14	-18	+18	-16	+6	-20	+7	-25	+11	-10	+11	-14	+14	-13	+3
				50	80	0	-13					-15	+4	-21	+9	-19	-6	-24	-5	-30	0	-15	+17	-21	+22	-19	+7	-24	+8	-30	+13	-11	+13	-16	+17	-16	+4
								80	120	0	-15	-18	+4	-25	+10	-23	-8	-28	-6	-35	0	-18	+19	-25	+25	-23	+7	-28	+9	-35	+15	-13	+14	-20	+20	-19	+3
120	150	0	-18									-21	+4	-28	+12	-27	-9	-33	-8	-40	0	-21	+22	-28	+30	-27	+9	-33	+10	-40	+18	-15	+16	-21	+23	-22	+4
				150	180	0	-25					-21	+4	-28	+12	-27	-9	-33	-8	-40	0	-21	+29	-28	+37	-27	+16	-33	+17	-40	+25	-14	+22	-20	+29	-21	+10
								180	250	0	-30	-24	+5	-33	+13	-31	-11	-37	-8	-46	0	-24	+35	-33	+43	-31	+19	-37	+22	-46	+30	-16	+27	-23	+33	-25	+13
250	315	0	-35									-27	+5	-36	+16	-36	-13	-41	-9	-52	0	-27	+40	-36	+51	-36	+22	-41	+26	-52	+35	-18	+31	-24	+39	-28	+14
				315	400	0	-40					-29	+7	-40	+17	-39	-14	-46	-10	-57	0	-29	+47	-40	+57	-39	+26	-46	+30	-57	+40	-18	+36	-27	+44	-31	+18
								400	500	0	-45	-32	+8	-45	+18	-43	-16	-50	-10	-63	0	-32	+53	-45	+63	-43	+29	-50	+35	-63	+45	-20	+41	-30	+48	-34	+20
500	630	0	-50									-44	0	-70	0	-	-	-70	-26	-96	-26	-44	+50	-70	+50	-	-	-70	+24	-96	+24	-31	+37	-54	+34	-	-
				630	800	0	-75					-50	0	-80	0	-	-	-80	-30	-110	-30	-50	+75	-80	+75	-	-	-80	+45	-110	+45	-33	+58	-58	+53	-	-



## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (metrikoit)



Pesä Reiän nimellis- halkaisija D	Laakeri Laakerin ulkohal- kaisijan toleranssi $\Delta_{Dmp}$	Laakeripesän reiän halkaisijan eromitat ja sovitteet Toleranssiluokat																															
				K6		K7		M5		M6		M7																					
yli	ml.	suurin	pienin	Eromitat (laakeripesän reiän halkaisija)																													
mm	µm	µm	µm	Teoreettinen ahdistusovite (-) / välys (+)																													
				Todennäköinen ahdistusovite (-) / välys (+)																													
800	1 000	0	-100	-56	0	-90	0	-	-	-90	-34	-124	-34	-56	+100	-90	+100	-	-	-90	+66	-124	+66	-36	+80	-63	+73	-	-	-70	+46	-97	+39
				-66	0	-105	0	-	-	-106	-40	-145	-40	-66	+125	-105	+125	-	-	-106	+85	-145	+85	-42	+101	-72	+92	-	-	-82	+61	-112	+52
				-78	0	-125	0	-	-	-126	-48	-173	-48	-78	+160	-125	+160	-	-	-126	+112	-173	+112	-48	+130	-85	+120	-	-	-96	+82	-133	+72
1 000	1 250	0	-125	-66	0	-105	0	-	-	-106	-40	-145	-40	-66	+125	-105	+125	-	-	-106	+85	-145	+85	-42	+101	-72	+92	-	-	-82	+61	-112	+52
				-78	0	-125	0	-	-	-126	-48	-173	-48	-78	+160	-125	+160	-	-	-126	+112	-173	+112	-48	+130	-85	+120	-	-	-96	+82	-133	+72
				-92	0	-150	0	-	-	-158	-58	-208	-58	-92	+200	-150	+200	-	-	-150	+142	-208	+142	-57	+165	-100	+150	-	-	-115	+107	-158	+92
1 250	1 600	0	-160	-92	0	-150	0	-	-	-158	-58	-208	-58	-92	+200	-150	+200	-	-	-150	+142	-208	+142	-57	+165	-100	+150	-	-	-115	+107	-158	+92
				-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68	-110	+250	-175	+250	-	-	-178	+182	-243	+182	-67	+207	-116	+191	-	-	-135	+139	-184	+123
				-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68	-110	+250	-175	+250	-	-	-178	+182	-243	+182	-67	+207	-116	+191	-	-	-135	+139	-184	+123
1 600	2 000	0	-200	-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68	-110	+250	-175	+250	-	-	-178	+182	-243	+182	-67	+207	-116	+191	-	-	-135	+139	-184	+123
				-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68	-110	+250	-175	+250	-	-	-178	+182	-243	+182	-67	+207	-116	+191	-	-	-135	+139	-184	+123
				-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68	-110	+250	-175	+250	-	-	-178	+182	-243	+182	-67	+207	-116	+191	-	-	-135	+139	-184	+123
2 000	2 500	0	-250	-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68	-110	+250	-175	+250	-	-	-178	+182	-243	+182	-67	+207	-116	+191	-	-	-135	+139	-184	+123
				-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68	-110	+250	-175	+250	-	-	-178	+182	-243	+182	-67	+207	-116	+191	-	-	-135	+139	-184	+123
				-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68	-110	+250	-175	+250	-	-	-178	+182	-243	+182	-67	+207	-116	+191	-	-	-135	+139	-184	+123

Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (metrikoot)



Pesä Reiän nimellis- halkaisija D	Laakeri Laakerin ulkohal- kaisijan toleranssi $\Delta_{Dmp}$		Laakeripesän reiän halkaisijan eromitat ja sovitteet												
			Toleranssiluokat												
				N6		N7		P6		P7					
				Eromitat (laakeripesän reiän halkaisija)											
				Teoreettinen ahdistusovite (-) / välys (+)											
				Todennäköinen ahdistusovite (-) / välys (+)											
yli	ml.	suurin	pienin												
mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$											
6	10	0	-8	-16	-7	-19	-4	-21	-12	-24	-9				
				-16	+1	-19	+4	-21	-4	-24	-1				
				-14	-1	-16	+1	-19	-6	-21	-4				
10	18	0	-8	-20	-9	-23	-5	-26	-15	-29	-11				
				-20	-1	-23	+3	-26	-7	-29	-3				
				-18	-3	-20	0	-24	-9	-26	-6				
18	30	0	-9	-24	-11	-28	-7	-31	-18	-35	-14				
				-24	-2	-28	+2	-31	-9	-35	-5				
				-21	-5	-25	-1	-28	-12	-32	-8				
30	50	0	-11	-28	-12	-33	-8	-37	-21	-42	-17				
				-28	-1	-33	+3	-37	-10	-42	-6				
				-25	-4	-29	-1	-34	-13	-38	-10				
50	80	0	-13	-33	-14	-39	-9	-45	-26	-51	-21				
				-33	-1	-39	+4	-45	-13	-51	-8				
				-29	-5	-34	-1	-41	-17	-46	-13				
80	120	0	-15	-38	-16	-45	-10	-52	-30	-59	-24				
				-38	-1	-45	+5	-52	-15	-59	-9				
				-33	-6	-40	0	-47	-20	-54	-14				
120	150	0	-18	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28				
				-45	-2	-52	+6	-61	-18	-68	-10				
				-39	-8	-45	-1	-55	-24	-61	-17				
150	180	0	-25	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28				
				-45	+5	-52	+13	-61	-11	-68	-3				
				-38	-2	-44	+5	-54	-18	-60	-11				
180	250	0	-30	-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33				
				-51	+8	-60	+16	-70	-11	-79	-3				
				-43	0	-50	+6	-62	-19	-69	-13				
250	315	0	-35	-57	-25	-66	-14	-79	-47	-88	-36				
				-57	+10	-66	+21	-79	-12	-88	-1				
				-48	+1	-54	+9	-70	-21	-76	-13				
315	400	0	-40	-62	-26	-73	-16	-87	-51	-98	-41				
				-62	+14	-73	+24	-87	-11	-98	-1				
				-51	+3	-60	+11	-76	-22	-85	-14				
400	500	0	-45	-67	-27	-80	-17	-95	-55	-108	-45				
				-67	+18	-80	+28	-95	-10	-108	0				
				-55	+6	-65	+13	-83	-22	-93	-15				
500	630	0	-50	-88	-44	-114	-44	-122	-78	-148	-78				
				-88	+6	-114	+6	-122	-28	-148	-28				
				-75	-7	-98	-10	-109	-41	-132	-44				
630	800	0	-75	-100	-50	-130	-50	-138	-88	-168	-88				
				-100	+25	-130	+25	-138	-13	-168	-13				
				-83	+8	-108	+3	-121	-30	-146	-35				

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (metrikoot)

Pesä		Laakeri		Laakeripesän reiän halkaisijan erotmitat ja sovitteet											
Reiän nimellis-halkaisija		Laakerin ulkohalkaisijan toleranssi		Toleranssiluokat											
D		$\Delta_{Dmp}$		N6		N7		P6		P7					
yli	ml.	suurin	pienin	Eromitat (laakeripesän reiän halkaisija)											
mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Teoreettinen ahdistussovitte (-) / välys (+)											
mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Todennäköinen ahdistussovitte (-) / välys (+)											
800	1 000	0	-100	-112	-56	-146	-56	-156	-100	-190	-100				
				-112	+44	-146	+44	-156	0	-190	0				
				-92	+24	-119	+17	-136	-20	-163	-27				
1 000	1 250	0	-125	-132	-66	-171	-66	-186	-120	-225	-120				
				-132	+59	-171	+59	-186	+5	-225	+5				
				-108	+35	-138	+26	-162	-19	-192	-28				
1 250	1 600	0	-160	-156	-78	-203	-78	-218	-140	-265	-140				
				-156	+82	-203	+82	-218	+20	-265	+20				
				-126	+52	-163	+42	-188	-10	-225	-20				
1 600	2 000	0	-200	-184	-92	-242	-92	-262	-170	-320	-170				
				-184	+108	-242	+108	-262	+30	-320	+30				
				-149	+73	-192	+58	-227	-5	-270	-20				
2 000	2 500	0	-250	-220	-110	-285	-110	-305	-195	-370	-195				
				-220	+140	-285	+140	-305	+55	-370	+55				
				-177	+97	-226	+81	-262	+12	-311	-4				

## Aksleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakerin reiän halkaisija d	Sovitteet		Toleranssiluokat f5		Sovite <sup>1)</sup>	f6		Sovite <sup>1)</sup>	g5		g6		Sovite <sup>1)</sup>
	max	min	Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min		Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min		Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min	Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min	
mm	in.		in.		–	in.		–	in.		in.		–
4	0.1575	0.1572	0.1571	0.1569	1 L	0.1571	0.1568	1 L	0.1573	0.1571	4 L	0.1573	0.1570
5	0.1969	0.1966	0.1965	0.1963	6 L	0.1965	0.1962	7 L	0.1967	0.1965	1 T	0.1967	0.1964
6	0.2362	0.2359	0.2358	0.2356		0.2358	0.2355		0.2360	0.2358		0.2360	0.2357
7	0.2756	0.2753	0.2751	0.2749		0.2751	0.2747		0.2754	0.2752		0.2754	0.2750
8	0.3150	0.3147	0.3145	0.3143	2 L	0.3145	0.3141	2 L	0.3148	0.3146	4 L	0.3148	0.3144
9	0.3543	0.3540	0.3538	0.3536	7 L	0.3538	0.3534	9 L	0.3541	0.3539	1 T	0.3541	0.3537
10	0.3937	0.3934	0.3932	0.3930		0.3932	0.3928		0.3935	0.3933		0.3935	0.3931
12	0.4724	0.4721	0.4718	0.4714	3 L	0.4718	0.4713	3 L	0.4722	0.4720	4 L	0.4722	0.4717
15	0.5906	0.5903	0.5900	0.5896	10 L	0.5900	0.5895	11 L	0.5904	0.5902	1 T	0.5904	0.5899
17	0.6693	0.6690	0.6687	0.6683		0.6687	0.6682		0.6691	0.6689		0.6691	0.6686
20	0.7874	0.7870	0.7866	0.7863	4 L	0.7866	0.7861	4 L	0.7871	0.7868	6 L	0.7871	0.7866
25	0.9843	0.9839	0.9835	0.9832	11 L	0.9835	0.9830	13 L	0.9840	0.9837	1 T	0.9840	0.9835
30	1.1811	1.1807	1.1803	1.1800		1.1803	1.1798		1.1808	1.1805		1.1808	1.1803
35	1.3780	1.3775	1.3770	1.3766		1.3770	1.3763		1.3776	1.3772		1.3776	1.3770
40	1.5748	1.5743	1.5738	1.5734	5 L	1.5738	1.5731	5 L	1.5744	1.5740	8 L	1.5744	1.5738
45	1.7717	1.7712	1.7707	1.7703	14 L	1.7707	1.7700	17 L	1.7713	1.7709	1 T	1.7713	1.7707
50	1.9685	1.9680	1.9675	1.9671		1.9675	1.9668		1.9681	1.9677		1.9681	1.9675
55	2.1654	2.1648	2.1642	2.1637		2.1642	2.1634		2.1650	2.1645		2.1650	2.1643
60	2.3622	2.3616	2.3610	2.3605		2.3610	2.3602		2.3618	2.3613		2.3618	2.3611
65	2.5591	2.5585	2.5579	2.5574	6 L	2.5579	2.5571	6 L	2.5587	2.5582	9 L	2.5587	2.5580
70	2.7559	2.7553	2.7547	2.7542	17 L	2.7547	2.7539	20 L	2.7555	2.7550	2 T	2.7555	2.7548
75	2.9528	2.9522	2.9516	2.9511		2.9516	2.9508		2.9524	2.9519		2.9524	2.9517
80	3.1496	3.1490	3.1484	3.1479		3.1484	3.1476		3.1492	3.1487		3.1492	3.1485
85	3.3465	3.3457	3.3451	3.3445		3.3450	3.3442		3.3460	3.3454		3.3460	3.3452
90	3.5433	3.5425	3.5419	3.5413		3.5418	3.5410		3.5428	3.5422		3.5428	3.5420
95	3.7402	3.7394	3.7388	3.7382		3.7387	3.7379		3.7397	3.7391		3.7397	3.7389
100	3.9370	3.9362	3.9356	3.9350	6 L	3.9355	3.9347	7 L	3.9365	3.9359	11 L	3.9365	3.9357
105	4.1339	4.1331	4.1325	4.1319	20 L	4.1324	4.1316	23 L	4.1334	4.1328	3 T	4.1334	4.1326
110	4.3307	4.3299	4.3293	4.3287		4.3292	4.3284		4.3302	4.3296		4.3302	4.3294
120	4.7244	4.7236	4.7230	4.7224		4.7229	4.7221		4.7239	4.7233		4.7239	4.7231
130	5.1181	5.1171	5.1164	5.1157		5.1164	5.1154		5.1176	5.1169		5.1175	5.1166
140	5.5118	5.5108	5.5101	5.5094		5.5101	5.5091		5.5113	5.5106		5.5112	5.5103
150	5.9055	5.9045	5.9038	5.9031	7 L	5.9038	5.9028	7 L	5.9050	5.9043	12 L	5.9049	5.9040
160	6.2992	6.2982	6.2975	6.2968	24 L	6.2975	6.2965	27 L	6.2987	6.2980	5 T	6.2986	6.2977
170	6.6929	6.6919	6.6912	6.6905		6.6912	6.6902		6.6924	6.6917		6.6923	6.6914
180	7.0866	7.0856	7.0849	7.0842		7.0849	7.0839		7.0861	7.0854		7.0860	7.0851
190	7.4803	7.4791	7.4783	7.4776		7.4783	7.4772		7.4797	7.4789		7.4797	7.4786
200	7.8740	7.8728	7.8720	7.8713	8 L	7.8720	7.8709	8 L	7.8734	7.8726	14 L	7.8734	7.8723
220	8.6614	8.6602	8.6594	8.6587	27 L	8.6594	8.6583	31 L	8.6608	8.6600	6 T	8.6608	8.6597
240	9.4488	9.4476	9.4468	9.4461		9.4468	9.4457		9.4482	9.4474		9.4482	9.4471

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdustusovitetta (tiukka).

## Akseleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakerin reiän halkaisija d	Sovitteet		Toleranssiluokat		f6 Akselin halkaisija max	So- vite <sup>1)</sup>	f5 Akselin halkaisija min	So- vite <sup>1)</sup>	g5 Akselin halkaisija max	So- vite <sup>1)</sup>	g6 Akselin halkaisija max	So- vite <sup>1)</sup>
	max	min	Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min								
mm	in.		in.		in.		in.		in.		in.	
<b>260</b>	10.2362	10.2348	10.2340	10.2331	8 L		10.2340	10.2328	8 L		10.2356	10.2343
<b>280</b>	11.0236	11.0222	11.0214	11.0205	31 L		11.0214	11.0202	34 L		11.0230	11.0220
<b>300</b>	11.8110	11.8096	11.8088	11.8079			11.8088	11.8076			11.8104	11.8094
<b>320</b>	12.5984	12.5968	12.5960	12.5950			12.5960	12.5946			12.5977	12.5967
<b>340</b>	13.3858	13.3842	13.3834	13.3824	8 L		13.3834	13.3820	8 L		13.3851	13.3841
<b>360</b>	14.1732	14.1716	14.1708	14.1698	34 L		14.1708	14.1694	38 L		14.1725	14.1715
<b>380</b>	14.9606	14.9590	14.9582	14.9572			14.9582	14.9568			14.9599	14.9589
<b>400</b>	15.7480	15.7464	15.7456	15.7446			15.7456	15.7442			15.7473	15.7463
<b>420</b>	16.5354	16.5336	16.5328	16.5317			16.5328	16.5312			16.5346	16.5336
<b>440</b>	17.3228	17.3210	17.3202	17.3191	8 L		17.3202	17.3186	8 L		17.3220	17.3210
<b>460</b>	18.1102	18.1084	18.1076	18.1065	37 L		18.1076	18.1060	42 L		18.1094	18.1084
<b>480</b>	18.8976	18.8958	18.8950	18.8939			18.8950	18.8934			18.8968	18.8958
<b>500</b>	19.6850	19.6832	19.6824	19.6813			19.6824	19.6808			19.6842	19.6832
<b>530</b>	20.8661	20.8641	20.8632	20.8621			20.8632	20.8614			20.8653	20.8642
<b>560</b>	22.0472	22.0452	22.0443	22.0432	9 L		22.0443	22.0425	9 L		22.0464	22.0453
<b>600</b>	23.6220	23.6200	23.6191	23.6180	40 L		23.6191	23.6173	47 L		23.6212	23.6201
<b>630</b>	24.8031	24.8011	24.8002	24.7991			24.8002	24.7984			24.8023	24.8012
<b>670</b>	26.3780	26.3750	26.3748	26.3735			26.3748	26.3728			26.3770	26.3758
<b>710</b>	27.9528	27.9498	27.9496	27.9483	2 L		27.9496	27.9476	2 L		27.9518	27.9506
<b>750</b>	29.5276	29.5246	29.5244	29.5231	45 L		29.5244	29.5224	52 L		29.5266	29.5254
<b>800</b>	31.4961	31.4931	31.4929	31.4916			31.4929	31.4909			31.4951	31.4939
<b>850</b>	33.4646	33.4607	33.4612	33.4598			33.4612	33.4590			33.4635	33.4621
<b>900</b>	35.4331	35.4292	35.4297	35.4283	48 L		35.4297	35.4275	56 L		35.4320	35.4306
<b>950</b>	37.4016	37.3977	37.3982	37.3968	5 T		37.3982	37.3960	5 T		37.4005	37.3991
<b>1 000</b>	39.3701	39.3662	39.3667	39.3653			39.3667	39.3645			39.3690	39.3676
<b>1 060</b>	41.7323	41.7274	41.7284	41.7268			41.7284	41.7258			41.7312	41.7295
<b>1 120</b>	44.0945	44.0896	44.0906	44.0890	55 L		44.0906	44.0880	65 L		44.0934	44.0917
<b>1 180</b>	46.4567	46.4518	46.4528	46.4512	10 T		46.4528	46.4502	10 T		46.4556	46.4539
<b>1 250</b>	49.2126	49.2077	49.2087	49.2071			49.2087	49.2061			49.2115	49.2098

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Aksleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakerin reiän halkaisija d		Sovitteet Toleranssiluokat											
		h5 Akselin halkaisija		So- vite <sup>1)</sup>	h6 Akselin halkaisija		So- vite <sup>1)</sup>	h8 Akselin halkaisija		So- vite <sup>1)</sup>	h9 Akselin halkaisija		So- vite <sup>1)</sup>
max	min	max	min		max	min		max	min		max	min	
mm	in.	in.		-	in.		-	in.		-	in.		-
4	0.1575	0.1572	0.1575	0.1573	2 L	0.1575	0.1572	3 L	0.1575	0.1568	7 L	0.1575	0.1563
5	0.1969	0.1966	0.1969	0.1967	3 T	0.1969	0.1966	3 T	0.1969	0.1962	3 T	0.1969	0.1957
6	0.2362	0.2359	0.2362	0.2360		0.2362	0.2359		0.2362	0.2355		0.2362	0.2350
7	0.2756	0.2753	0.2756	0.2754		0.2756	0.2752		0.2756	0.2747		0.2756	0.2742
8	0.3150	0.3147	0.3150	0.3148	2 L	0.3150	0.3146	4 L	0.3150	0.3141	9 L	0.3150	0.3136
9	0.3543	0.3540	0.3543	0.3541	3 T	0.3543	0.3539	3 T	0.3543	0.3534	3 T	0.3543	0.3529
10	0.3937	0.3934	0.3937	0.3935		0.3937	0.3933		0.3937	0.3928		0.3937	0.3923
12	0.4724	0.4721	0.4724	0.4721		0.4724	0.4720	4 L	0.4724	0.4713	11 L	0.4724	0.4707
15	0.5906	0.5903	0.5906	0.5903	3 L	0.5906	0.5902	3 T	0.5906	0.5895	3 T	0.5906	0.5889
17	0.6693	0.6690	0.6693	0.6690		0.6693	0.6689		0.6693	0.6682		0.6693	0.6676
20	0.7874	0.7870	0.7874	0.7870	4 L	0.7874	0.7869	5 L	0.7874	0.7861	13 L	0.7874	0.7854
25	0.9843	0.9839	0.9843	0.9839	4 T	0.9843	0.9838	4 T	0.9843	0.9830	4 T	0.9843	0.9823
30	1.1811	1.1807	1.1811	1.1807		1.1811	1.1806		1.1811	1.1798		1.1811	1.1791
35	1.3780	1.3775	1.3780	1.3776		1.3780	1.3774		1.3780	1.3765		1.3780	1.3756
40	1.5748	1.5743	1.5748	1.5744	4 L	1.5748	1.5742	6 L	1.5748	1.5733	15 L	1.5748	1.5724
45	1.7717	1.7712	1.7717	1.7713	5 T	1.7717	1.7711	5 T	1.7717	1.7702	5 T	1.7717	1.7693
50	1.9685	1.9680	1.9685	1.9681		1.9685	1.9679		1.9685	1.9670		1.9685	1.9661
55	2.1654	2.1648	2.1654	2.1649		2.1654	2.1647		2.1654	2.1636		2.1654	2.1624
60	2.3622	2.3616	2.3622	2.3617		2.3622	2.3615		2.3622	2.3604		2.3622	2.3592
65	2.5591	2.5585	2.5591	2.5586	5 L	2.5591	2.5584	7 L	2.5591	2.5573	18 L	2.5591	2.5561
70	2.7559	2.7553	2.7559	2.7554	6 T	2.7559	2.7552	6 T	2.7559	2.7541	6 T	2.7559	2.7529
75	2.9528	2.9522	2.9528	2.9523		2.9528	2.9521		2.9528	2.9510		2.9528	2.9498
80	3.1496	3.1490	3.1496	3.1491		3.1496	3.1489		3.1496	3.1478		3.1496	3.1466
85	3.3465	3.3457	3.3465	3.3459		3.3465	3.3456		3.3465	3.3444		3.3465	3.3431
90	3.5433	3.5425	3.5433	3.5427		3.5433	3.5424		3.5433	3.5412		3.5433	3.5399
95	3.7402	3.7394	3.7402	3.7396		3.7402	3.7393		3.7402	3.7381		3.7402	3.7368
100	3.9370	3.9362	3.9370	3.9364	6 L	3.9370	3.9361	9 L	3.9370	3.9349	21 L	3.9370	3.9336
105	4.1339	4.1331	4.1339	4.1333	8 T	4.1339	4.1330	8 T	4.1339	4.1318	8 T	4.1339	4.1305
110	4.3307	4.3299	4.3307	4.3301		4.3307	4.3298		4.3307	4.3286		4.3307	4.3273
120	4.7244	4.7236	4.7244	4.7238		4.7244	4.7235		4.7244	4.7223		4.7244	4.7210
130	5.1181	5.1171	5.1181	5.1174		5.1181	5.1171		5.1181	5.1156		5.1181	5.1142
140	5.5118	5.5108	5.5118	5.5111		5.5118	5.5108		5.5118	5.5093		5.5118	5.5079
150	5.9055	5.9045	5.9055	5.9048	7 L	5.9055	5.9045	10 L	5.9055	5.9030	25 L	5.9055	5.9016
160	6.2992	6.2982	6.2992	6.2985	10 T	6.2992	6.2982	10 T	6.2992	6.2967	10 T	6.2992	6.2953
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6922		6.6929	6.6919		6.6929	6.6904		6.6929	6.6890
180	7.0866	7.0856	7.0866	7.0859		7.0866	7.0856		7.0866	7.0841		7.0866	7.0827
190	7.4803	7.4791	7.4803	7.4795		7.4803	7.4792		7.4803	7.4775		7.4803	7.4758
200	7.8740	7.8728	7.8740	7.8732	8 L	7.8740	7.8729	11 L	7.8740	7.8712	28 L	7.8740	7.8695
220	8.6614	8.6602	8.6614	8.6606	12 T	8.6614	8.6603	12 T	8.6614	8.6586	12 T	8.6614	8.6569
240	9.4488	9.4476	9.4488	9.4480		9.4488	9.4477		9.4488	9.4460		9.4488	9.4443

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Akseleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakerin reiän halkaisija d	Sovitteet		Toleranssiluokat		h5		h6		h8		h9		So-				
	max	min	Akselin halkaisija max	min	So-vite <sup>1)</sup>	Akselin halkaisija max	min	So-vite <sup>1)</sup>	Akselin halkaisija max	min	So-vite <sup>1)</sup>	Akselin halkaisija max	min	So-vite <sup>1)</sup>			
mm	in.		in.		–	in.		–	in.		–	in.		–			
<b>260</b>	10.2362	10.2348	10.2362	10.2353	9 L 14 T	10.2362	10.2349	13 L 14 T	10.2362	10.2330	32 L 14 T	10.2362	10.2311	51 L 14 T			
<b>280</b>	11.0236	11.0222	11.0236	11.0227		11.0236	11.0223		11.0236	11.0204							
<b>300</b>	11.8110	11.8096	11.8110	11.8101		11.8110	11.8097		11.8110	11.8078							
<b>320</b>	12.5984	12.5968	12.5984	12.5974	10 L 16 T	12.5984	12.5970	14 L 16 T	12.5984	12.5949	35 L 16 T	12.5984	12.5929	55 L 16 T			
<b>340</b>	13.3858	13.3842	13.3858	13.3848		13.3858	13.3844		13.3858	13.3823							
<b>360</b>	14.1732	14.1716	14.1732	14.1722		14.1732	14.1718		14.1732	14.1697							
<b>380</b>	14.9606	14.9590	14.9606	14.9596		14.9606	14.9592		14.9606	14.9571							
<b>400</b>	15.7480	15.7464	15.7480	15.7470		15.7480	15.7466		15.7480	15.7445		15.7480	15.7425				
<b>420</b>	16.5354	16.5336	16.5354	16.5343	11 L 18 T	16.5354	16.5338	16 L 18 T	16.5354	16.5316	38 L 18 T	16.5354	16.5293	61 L 18 T			
<b>440</b>	17.3228	17.3210	17.3228	17.3217		17.3228	17.3212		17.3228	17.3190							
<b>460</b>	18.1102	18.1084	18.1102	18.1091		18.1102	18.1086		18.1102	18.1064							
<b>480</b>	18.8976	18.8958	18.8976	18.8965		18.8976	18.8960		18.8976	18.8938							
<b>500</b>	19.6850	19.6832	19.6850	19.6839		19.6850	19.6834		19.6850	19.6812							
<b>530</b>	20.8661	20.8641	–	–	–	20.8661	20.8644	17 L	20.8661	20.8618	43 L	20.8661	20.8593	68 L			
<b>560</b>	22.0472	22.0452	–	–		22.0472	22.0455		22.0472	22.0429							
<b>600</b>	23.6220	23.6200	–	–		23.6220	23.6203		20 T	23.6220		23.6177	20 T		23.6220	23.6152	20 T
<b>630</b>	24.8031	24.8011	–	–		24.8031	24.8014			24.8031		24.7988			24.8031	24.7963	
<b>670</b>	26.3780	26.3750	–	–	–	26.3780	26.3760	20 L	26.3780	26.3731	49 L	26.3780	26.3701	79 L			
<b>710</b>	27.9528	27.9498	–	–		27.9528	27.9508		30 T	27.9528		27.9479	30 T		27.9528	27.9449	30 T
<b>750</b>	29.5276	29.5246	–	–		29.5276	29.5256			29.5276		29.5227			29.5276	29.5197	
<b>800</b>	31.4961	31.4931	–	–		31.4961	31.4941			31.4961		31.4912			31.4961	31.4882	
<b>850</b>	33.4646	33.4607	–	–	–	33.4646	33.4624	22 L	33.4646	33.4591	55 L	33.4646	33.4555	91 L			
<b>900</b>	35.4331	35.4292	–	–		35.4331	35.4309		39 T	35.4331		35.4276	39 T		35.4331	35.4240	39 T
<b>950</b>	37.4016	37.3977	–	–		37.4016	37.3994			37.4016		37.3961			37.4016	37.3925	
<b>1 000</b>	39.3701	39.3662	–	–		39.3701	39.3679			39.3701		39.3646			39.3701	39.3610	
<b>1 060</b>	41.7323	41.7274	–	–	–	41.7323	41.7297	26 L	41.7323	41.7258	65 L	41.7323	41.7221	102 L			
<b>1 120</b>	44.0945	44.0896	–	–		44.0945	44.0919		49 T	44.0945		44.0880	49 T		44.0945	44.0843	49 T
<b>1 180</b>	46.4567	46.4518	–	–		46.4567	46.4541			46.4567		46.4502			46.4567	46.4465	
<b>1 250</b>	49.2126	49.2077	–	–		49.2126	49.2100			49.2126		49.2061			49.2126	49.2024	

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Akseleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakerin reiän halkaisija d	Sovitteet		Toleranssiluokat		j6		js4		js5		Sovite <sup>1)</sup>			
	max	min	Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min	So-vite <sup>1)</sup>	Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min	So-vite <sup>1)</sup>	Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min				
mm	in.		in.		–	in.		–	in.		–			
4	0.1575	0.1572	0.1576	0.1574	1 L	0.1577	0.1574	1 L	–	–	–	0.1576	0.1574	1 L
5	0.1969	0.1966	0.1970	0.1968	4 T	0.1971	0.1968	5 T	–	–	–	0.1970	0.1968	4 T
6	0.2362	0.2359	0.2363	0.2361		0.2364	0.2361		–	–	–	0.2363	0.2361	
7	0.2756	0.2753	0.2758	0.2755		0.2759	0.2755		0.2757	0.2755		0.2757	0.2755	
8	0.3150	0.3147	0.3152	0.3149	1 L	0.3153	0.3149	1 L	0.3151	0.3149	1 L	0.3151	0.3149	1 L
9	0.3543	0.3540	0.3545	0.3542	5 T	0.3546	0.3542	6 T	0.3544	0.3542	4 T	0.3544	0.3542	4 T
10	0.3937	0.3934	0.3939	0.3936		0.3940	0.3936		0.3938	0.3936		0.3938	0.3936	
12	0.4724	0.4721	0.4726	0.4723	1 L	0.4727	0.4723	1 L	0.4725	0.4723	1 L	0.4726	0.4722	2 L
15	0.5906	0.5903	0.5908	0.5905	5 T	0.5909	0.5905	6 T	0.5907	0.5905	4 T	0.5908	0.5904	5 T
17	0.6693	0.6690	0.6695	0.6692		0.6696	0.6692		0.6694	0.6692		0.6695	0.6691	
20	0.7874	0.7870	0.7876	0.7872	2 L	0.7878	0.7872	2 L	0.7875	0.7872	2 L	0.7876	0.7872	2 L
25	0.9843	0.9839	0.9845	0.9841	6 T	0.9847	0.9841	8 T	0.9844	0.9841	5 T	0.9845	0.9841	6 T
30	1.1811	1.1807	1.1813	1.1809		1.1815	1.1809		1.1812	1.1809		1.1813	1.1809	
35	1.3780	1.3775	1.3782	1.3778		1.3784	1.3778		1.3781	1.3778		1.3782	1.3778	
40	1.5748	1.5743	1.5750	1.5746	2 L	1.5752	1.5746	2 L	1.5749	1.5746	2 L	1.5750	1.5746	2 L
45	1.7717	1.7712	1.7719	1.7715	7 T	1.7721	1.7715	9 T	1.7718	1.7715	6 T	1.7719	1.7715	7 T
50	1.9685	1.9680	1.9687	1.9683		1.9689	1.9683		1.9686	1.9683		1.9687	1.9683	
55	2.1654	2.1648	2.1656	2.1651		2.1659	2.1651		2.1655	2.1652		2.1656	2.1651	
60	2.3622	2.3616	2.3624	2.3619		2.3627	2.3619		2.3623	2.3620		2.3624	2.3619	
65	2.5591	2.5585	2.5593	2.5588	3 L	2.5596	2.5588	3 L	2.5592	2.5589	2 L	2.5593	2.5588	3 L
70	2.7559	2.7553	2.7561	2.7556	8 T	2.7564	2.7556	11 T	2.7560	2.7557	7 T	2.7561	2.7556	8 T
75	2.9528	2.9522	2.9530	2.9525		2.9533	2.9525		2.9529	2.9526		2.9530	2.9525	
80	3.1496	3.1490	3.1498	3.1493		3.1501	3.1493		3.1497	3.1494		3.1498	3.1493	
85	3.3465	3.3457	3.3467	3.3461		3.3470	3.3461		3.3467	3.3463		3.3468	3.3462	
90	3.5433	3.5425	3.5435	3.5429		3.5438	3.5429		3.5435	3.5431		3.5436	3.5430	
95	3.7402	3.7394	3.7404	3.7398		3.7407	3.7398		3.7404	3.7400		3.7405	3.7399	
100	3.9370	3.9362	3.9372	3.9366	4 L	3.9375	3.9366	4 L	3.9372	3.9368	2 L	3.9373	3.9367	3 L
105	4.1339	4.1331	4.1341	4.1335	10 T	4.1344	4.1335	13 T	4.1341	4.1337	10 T	4.1342	4.1336	11 T
110	4.3307	4.3299	4.3309	4.3303		4.3312	4.3303		4.3309	4.3305		4.3310	4.3304	
120	4.7244	4.7236	4.7246	4.7240		4.7249	4.7240		4.7246	4.7242		4.7247	4.7241	
130	5.1181	5.1171	5.1184	5.1177		5.1187	5.1177		5.1183	5.1178		5.1184	5.1177	
140	5.5118	5.5108	5.5121	5.5114		5.5124	5.5114		5.5120	5.5115		5.5121	5.5114	
150	5.9055	5.9045	5.9058	5.9051	4 L	5.9061	5.9051	4 L	5.9057	5.9052	3 L	5.9058	5.9051	4 L
160	6.2992	6.2982	6.2995	6.2988	13 T	6.2998	6.2988	16 T	6.2994	6.2989	12 T	6.2995	6.2988	13 T
170	6.6929	6.6919	6.6932	6.6925		6.6935	6.6925		6.6931	6.6926		6.6932	6.6925	
180	7.0866	7.0856	7.0869	7.0862		7.0872	7.0862		7.0868	7.0863		7.0869	7.0862	
190	7.4803	7.4791	7.4806	7.4798		7.4809	7.4798		7.4806	7.4800		7.4807	7.4799	
200	7.8740	7.8728	7.8743	7.8735	5 L	7.8746	7.8735	5 L	7.8743	7.8737	3 L	7.8744	7.8736	4 L
220	8.6614	8.6602	8.6617	8.6609	15 T	8.6620	8.6609	18 T	8.6617	8.6611	15 T	8.6618	8.6610	16 T
240	9.4488	9.4476	9.4491	9.4483		9.4494	9.4483		9.4491	9.4485		9.4492	9.4484	

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdustusovitetta (tiukka).



## Akseleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakerin reian halkaisija d	Sovitteet		Toleranssiluokat		j6		js4		js5		Sovite <sup>1)</sup>					
	max	min	Akselin halkaisija max	min	So-vite <sup>1)</sup>	Akselin halkaisija max	min	So-vite <sup>1)</sup>	Akselin halkaisija max	min	Akselin halkaisija max	min				
mm	in.		in.		–	in.		–	in.		–	in.				
<b>260</b>	10.2362	10.2348	10.2365	10.2356	6 L 17 T	10.2368	10.2356	6 L 20 T	10.2365	10.2359	3 L 17 T	10.2366	10.2357			
<b>280</b>	11.0236	11.0222	11.0239	11.0230		11.0242	11.0230		11.0239	11.0233		11.0240	11.0231	11.0240	11.0231	
<b>300</b>	11.8110	11.8096	11.8113	11.8104		11.8116	11.8104		11.8113	11.8107		11.8114	11.8105	11.8114	11.8105	
<b>320</b>	12.5984	12.5968	12.5987	12.5977	7 L 19 T	12.5991	12.5977	7 L 23 T	–	–	–	12.5989	12.5979			
<b>340</b>	13.3858	13.3842	13.3861	13.3851		13.3865	13.3851		–	–		13.3863	13.3853	5 L 21 T	13.3863	13.3853
<b>360</b>	14.1732	14.1716	14.1735	14.1725		14.1739	14.1725		–	–		14.1737	14.1727		14.1737	14.1727
<b>380</b>	14.9606	14.9590	14.9609	14.9599		14.9613	14.9599		–	–		14.9611	14.9601		14.9611	14.9601
<b>400</b>	15.7480	15.7464	15.7483	15.7473		15.7487	15.7473		–	–		15.7485	15.7475		15.7485	15.7475
<b>420</b>	16.5354	16.5336	16.5357	16.5346	8 L 21 T	16.5362	16.5346	8 L 26 T	–	–	–	16.5359	16.5349			
<b>440</b>	17.3228	17.3210	17.3231	17.3220		17.3236	17.3220		–	–		17.3233	17.3223	5 L 23 T	17.3233	17.3223
<b>460</b>	18.1102	18.1084	18.1105	18.1094		18.1110	18.1094		–	–		18.1107	18.1097		18.1107	18.1097
<b>480</b>	18.8976	18.8958	18.8979	18.8968		18.8984	18.8968		–	–		18.8981	18.8971		18.8981	18.8971
<b>500</b>	19.6850	19.6832	19.6853	19.6842		19.6858	19.6842		–	–		19.6855	19.6845		19.6855	19.6845
<b>530</b>	20.8661	20.8641	–	–	–	20.8670	20.8652	9 L 29 T	–	–	–	20.8666	20.8655			
<b>560</b>	22.0472	22.0452	–	–		22.0481	22.0463		–	–		22.0477	22.0466	6 L 25 T	22.0477	22.0466
<b>600</b>	23.6220	23.6200	–	–		23.6229	23.6211		–	–		23.6225	23.6214		23.6225	23.6214
<b>630</b>	24.8031	24.8011	–	–		24.8040	24.8022		–	–		24.8036	24.8025		24.8036	24.8025
<b>670</b>	26.3780	26.3750	–	–	–	26.3790	26.3770	10 L 40 T	–	–	–	26.3786	26.3774			
<b>710</b>	27.9528	27.9498	–	–		27.9538	27.9518		–	–		27.9534	27.9522	6 L 36 T	27.9534	27.9522
<b>750</b>	29.5276	29.5246	–	–		29.5286	29.5266		–	–		29.5282	29.5270		29.5282	29.5270
<b>800</b>	31.4961	31.4931	–	–		31.4971	31.4951		–	–		31.4967	31.4955		31.4967	31.4955
<b>850</b>	33.4646	33.4607	–	–		–	33.4657		33.4635	11 L 50 T		–	–		–	33.4653
<b>900</b>	35.4331	35.4292	–	–	35.4342		35.4320	–	–		35.4338	35.4324	7 L 46 T			35.4338
<b>950</b>	37.4016	37.3977	–	–	37.4027		37.4005	–	–		37.4023	37.4009		37.4023		37.4009
<b>1 000</b>	39.3701	39.3662	–	–	39.3712		39.3690	–	–		39.3708	39.3694		39.3708		39.3694
<b>1 060</b>	41.7323	41.7274	–	–	–		41.7336	41.7310	13 L 62 T		–	–		–		41.7331
<b>1 120</b>	44.0945	44.0896	–	–		44.0958	44.0932	–		–	44.0953	44.0937			8 L 57 T	44.0953
<b>1 180</b>	46.4567	46.4518	–	–		46.4580	46.4554	–		–	46.4575	46.4559	46.4575			46.4559
<b>1 250</b>	49.2126	49.2077	–	–		49.2139	49.2113	–		–	49.2134	49.2118	49.2134			49.2118

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdustusovitetta (tiukka).

## Akseleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

	Laakerin reiän halkaisija d		Sovitteet Toleranssitluokat		js6	js7		k4	k5				
	max	min	Akselin halkaisija max	min		So-vite <sup>1)</sup>	Akselin halkaisija max		min	So-vite <sup>1)</sup>		Akselin halkaisija max	min
	mm	in.	in.		-	in.		-	in.	-	in.	-	
4	0.1575	0.1572	0.1577	0.1573	2 L	0.1577	0.1572	3 T	0.1577	0.1575	0 T	0.1577	0.1575
5	0.1969	0.1966	0.1971	0.1967	5 T	0.1971	0.1966	5 T	0.1971	0.1969	5 T	0.1971	0.1969
6	0.2362	0.2359	0.2364	0.2360		0.2364	0.2359		0.2364	0.2362		0.2364	0.2362
7	0.2756	0.2753	0.2758	0.2754		0.2759	0.2753		0.2758	0.2756		0.2759	0.2756
8	0.3150	0.3147	0.3152	0.3148	2 L	0.3153	0.3147	3 T	0.3152	0.3150	0 T	0.3153	0.3150
9	0.3543	0.3540	0.3545	0.3541	5 T	0.3546	0.3540	6 T	0.3545	0.3543	5 T	0.3546	0.3543
10	0.3937	0.3934	0.3939	0.3935		0.3940	0.3934		0.3939	0.3937		0.3940	0.3937
12	0.4724	0.4721	0.4726	0.4722	2 L	0.4727	0.4720	4 T	0.4727	0.4724	0 T	0.4728	0.4724
15	0.5906	0.5903	0.5908	0.5904	5 T	0.5909	0.5902	6 T	0.5909	0.5906	6 T	0.5910	0.5906
17	0.6693	0.6690	0.6695	0.6691		0.6696	0.6689		0.6696	0.6693		0.6697	0.6693
20	0.7874	0.7870	0.7876	0.7871	3 L	0.7878	0.7870	4 T	0.7877	0.7874	0 T	0.7878	0.7875
25	0.9843	0.9839	0.9845	0.9840	6 T	0.9847	0.9839	8 T	0.9846	0.9843	7 T	0.9847	0.9844
30	1.1811	1.1807	1.1813	1.1808		1.1815	1.1807		1.1814	1.1811		1.1815	1.1812
35	1.3780	1.3775	1.3783	1.3777		1.3784	1.3775		1.3783	1.3781		1.3785	1.3781
40	1.5748	1.5743	1.5751	1.5745	3 L	1.5752	1.5743	5 T	1.5751	1.5749	1 T	1.5753	1.5749
45	1.7717	1.7712	1.7720	1.7714	8 T	1.7721	1.7712	9 T	1.7720	1.7718	8 T	1.7722	1.7718
50	1.9685	1.9680	1.9688	1.9682		1.9689	1.9680		1.9688	1.9686		1.9690	1.9686
55	2.1654	2.1648	2.1658	2.1650		2.1659	2.1648		2.1658	2.1655		2.1660	2.1655
60	2.3622	2.3616	2.3626	2.3618		2.3627	2.3616		2.3626	2.3623		2.3628	2.3623
65	2.5591	2.5585	2.5595	2.5587	4 L	2.5596	2.5585	6 T	2.5595	2.5592	1 T	2.5597	2.5592
70	2.7559	2.7553	2.7563	2.7555	10 T	2.7564	2.7553	11 T	2.7563	2.7560	10 T	2.7565	2.7560
75	2.9528	2.9522	2.9532	2.9524		2.9533	2.9522		2.9532	2.9529		2.9534	2.9529
80	3.1496	3.1490	3.1500	3.1492		3.1501	3.1490		3.1500	3.1497		3.1502	3.1497
85	3.3465	3.3457	3.3469	3.3461		3.3472	3.3458		3.3470	3.3466		3.3472	3.3466
90	3.5433	3.5425	3.5437	3.5429		3.5440	3.5426		3.5438	3.5434		3.5440	3.5434
95	3.7402	3.7394	3.7406	3.7398		3.7409	3.7395		3.7407	3.7403		3.7409	3.7403
100	3.9370	3.9362	3.9374	3.9366	4 L	3.9377	3.9363	7 T	3.9375	3.9371	1 T	3.9377	3.9371
105	4.1339	4.1331	4.1343	4.1335	12 T	4.1346	4.1332	15 T	4.1344	4.1340	13 T	4.1346	4.1340
110	4.3307	4.3299	4.3311	4.3303		4.3314	4.3300		4.3312	4.3308		4.3314	4.3308
120	4.7244	4.7236	4.7248	4.7240		4.7251	4.7237		4.7249	4.7245		4.7251	4.7245
130	5.1181	5.1171	5.1186	5.1176		5.1189	5.1173		5.1187	5.1182		5.1189	5.1182
140	5.5118	5.5108	5.5123	5.5113		5.5126	5.5110		5.5124	5.5119		5.5126	5.5119
150	5.9055	5.9045	5.9060	5.9050	5 L	5.9063	5.9047	8 T	5.9061	5.9056	1 T	5.9063	5.9056
160	6.2992	6.2982	6.2997	6.2987	15 T	6.3000	6.2984	18 T	6.2998	6.2993	16 T	6.3000	6.2993
170	6.6929	6.6919	6.6934	6.6924		6.6937	6.6921		6.6935	6.6930		6.6937	6.6930
180	7.0866	7.0856	7.0871	7.0861		7.0874	7.0858		7.0872	7.0867		7.0874	7.0867
190	7.4803	7.4791	7.4809	7.4797		7.4812	7.4794		7.4810	7.4805		7.4812	7.4805
200	7.8740	7.8728	7.8746	7.8734	6 L	7.8749	7.8731	9 T	7.8747	7.8742	2 T	7.8749	7.8742
220	8.6614	8.6602	8.6620	8.6608	18 T	8.6623	8.6605	21 T	8.6621	8.6616	19 T	8.6623	8.6616
240	9.4488	9.4476	9.4494	9.4482		9.4497	9.4479		9.4495	9.4490		9.4497	9.4490

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Akseleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakerin reiän halkaisija d	Sovitteet		Toleranssiluokat		js7		k4		k5		So-			
	max	min	Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min	max	min	max	min	max	min	vite <sup>1)</sup>	vite <sup>1)</sup>		
mm	in.		in.		–	in.		–	in.	–	in.	–		
<b>260</b>	10.2362	10.2348	10.2368	10.2356	6 L 20 T	10.2372	10.2352	10 T 24 T	10.2370	10.2364	2 T 22 T	10.2373	10.2364	2 T 25 T
<b>280</b>	11.0236	11.0222	11.0242	11.0230		11.0246	11.0226		11.0244	11.0238		11.0247	11.0238	
<b>300</b>	11.8110	11.8096	11.8116	11.8104		11.8120	11.8100		11.8118	11.8112		11.8121	11.8112	
<b>320</b>	12.5984	12.5968	12.5991	12.5977	7 L 23 T	12.5996	12.5973	11 T 28 T	12.5992	12.5986	2 T 24 T	12.5995	12.5986	2 T 27 T
<b>340</b>	13.3858	13.3842	13.3865	13.3851		13.3870	13.3847		13.3866	13.3860		13.3869	13.3860	
<b>360</b>	14.1732	14.1716	14.1739	14.1725		14.1744	14.1721		14.1740	14.1734		14.1743	14.1734	
<b>380</b>	14.9606	14.9590	14.9613	14.9599		14.9618	14.9595		14.9614	14.9608		14.9617	14.9608	
<b>400</b>	15.7480	15.7464	15.7487	15.7473		15.7492	15.7469		15.7488	15.7482		15.7491	15.7482	
<b>420</b>	16.5354	16.5336	16.5362	16.5346	8 L 26 T	16.5367	16.5342	12 T 31 T	16.5364	16.5356	2 T 28 T	16.5367	16.5356	2 T 31 T
<b>440</b>	17.3228	17.3210	17.3236	17.3220		17.3241	17.3216		17.3238	17.3230		17.3241	17.3230	
<b>460</b>	18.1102	18.1084	18.1110	18.1094		18.1115	18.1090		18.1112	18.1104		18.1115	18.1104	
<b>480</b>	18.8976	18.8958	18.8984	18.8968		18.8989	18.8964		18.8986	18.8978		18.8989	18.8978	
<b>500</b>	19.6850	19.6832	19.6858	19.6842		19.6863	19.6838		19.6860	19.6852		19.6863	19.6852	
<b>530</b>	20.8661	20.8641	20.8669	20.8652	9 L 28 T	20.8675	20.8648	13 T 34 T	–	–	–	20.8673	20.8661	0 T 32 T
<b>560</b>	22.0472	22.0452	22.0480	22.0463		22.0486	22.0459		–	–		22.0484	22.0472	
<b>600</b>	23.6220	23.6200	23.6228	23.6211		23.6234	23.6207		–	–		23.6232	23.6220	
<b>630</b>	24.8031	24.8011	24.8039	24.8022	24.8045	24.8018	–	–	24.8043	24.8031				
<b>670</b>	26.3780	26.3750	26.3789	26.3770	10 L 39 T	26.3795	26.3764	16 T 45 T	–	–	–	26.3794	26.3780	0 T 44 T
<b>710</b>	27.9528	27.9498	27.9537	27.9518		27.9543	27.9512		–	–		27.9542	27.9528	
<b>750</b>	29.5276	29.5246	29.5285	29.5266		29.5291	29.5260		–	–		29.5290	29.5276	
<b>800</b>	31.4961	31.4931	31.4970	31.4951		31.4976	31.4945		–	–		31.4975	31.4961	
<b>850</b>	33.4646	33.4607	33.4657	33.4635	11 L 50 T	33.4663	33.4628	18 T 56 T	–	–	–	33.4662	33.4646	0 T 55 T
<b>900</b>	35.4331	35.4292	35.4342	35.4320		35.4348	35.4313		–	–		35.4347	35.4331	
<b>950</b>	37.4016	37.3977	37.4027	37.4005		37.4033	37.3998		–	–		37.4032	37.4016	
<b>1 000</b>	39.3701	39.3662	39.3712	39.3690		39.3718	39.3683		–	–		39.3717	39.3701	
<b>1 060</b>	41.7323	41.7274	41.7336	41.7310	13 L 62 T	41.7343	41.7302	21 T 69 T	–	–	–	41.7341	41.7323	0 T 67 T
<b>1 120</b>	44.0945	44.0896	44.0958	44.0932		44.0965	44.0924		–	–		44.0963	44.0945	
<b>1 180</b>	46.4567	46.4518	46.4580	46.4554		46.4587	46.4546		–	–		46.4585	46.4567	
<b>1 250</b>	49.2126	49.2077	49.2139	49.2113		49.2146	49.2105		–	–		49.2144	49.2126	

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Akseleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakerin reiän halkaisija d	Sovitteet															
	max		min		k6 Akselin halkaisija		So-vite <sup>1)</sup>	m5 Akselin halkaisija		So-vite <sup>1)</sup>	m6 Akselin halkaisija		So-vite <sup>1)</sup>	n5 Akselin halkaisija		So-vite <sup>1)</sup>
	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.
4	0.1575	0.1572	0.1579	0.1575	0T	0.1579	0.1577	2T	0.1580	0.1577	2T	0.1580	0.1578	3T		
5	0.1969	0.1966	0.1973	0.1969	7T	0.1973	0.1971	7T	0.1974	0.1971	8T	0.1974	0.1972	8T		
6	0.2362	0.2359	0.2366	0.2362		0.2366	0.2364		0.2367	0.2364		0.2367	0.2365			
7	0.2756	0.2753	0.2760	0.2756		0.2761	0.2758		0.2762	0.2758		0.2762	0.2760			
8	0.3150	0.3147	0.3154	0.3150	0T	0.3155	0.3152	2T	0.3156	0.3152	2T	0.3156	0.3154	4T		
9	0.3543	0.3540	0.3547	0.3543	7T	0.3548	0.3545	8T	0.3549	0.3545	9T	0.3549	0.3547	9T		
10	0.3937	0.3934	0.3941	0.3937		0.3942	0.3939		0.3943	0.3939		0.3943	0.3941			
12	0.4724	0.4721	0.4729	0.4724	0T	0.4730	0.4727	3T	0.4731	0.4727	3T	0.4732	0.4729	5T		
15	0.5906	0.5903	0.5911	0.5906	8T	0.5912	0.5909	9T	0.5913	0.5909	10T	0.5914	0.5911	11T		
17	0.6693	0.6690	0.6698	0.6693		0.6699	0.6696		0.6700	0.6696		0.6701	0.6698			
20	0.7874	0.7870	0.7880	0.7875	1T	0.7881	0.7877	3T	0.7882	0.7877	3T	0.7883	0.7880	6T		
25	0.9843	0.9839	0.9849	0.9844	10T	0.9850	0.9846	11T	0.9851	0.9846	12T	0.9852	0.9849	13T		
30	1.1811	1.1807	1.1817	1.1812		1.1818	1.1814		1.1819	1.1814		1.1820	1.1817			
35	1.3780	1.3775	1.3787	1.3781		1.3788	1.3784		1.3790	1.3784		1.3791	1.3787			
40	1.5748	1.5743	1.5755	1.5749	1T	1.5756	1.5752	4T	1.5758	1.5752	4T	1.5759	1.5755	7T		
45	1.7717	1.7712	1.7724	1.7718	12T	1.7725	1.7721	13T	1.7727	1.7721	15T	1.7728	1.7724	16T		
50	1.9685	1.9680	1.9692	1.9686		1.9693	1.9689		1.9695	1.9689		1.9696	1.9692			
55	2.1654	2.1648	2.1662	2.1655		2.1663	2.1658		2.1666	2.1658		2.1667	2.1662			
60	2.3622	2.3616	2.3630	2.3623		2.3631	2.3626		2.3634	2.3626		2.3635	2.3630			
65	2.5591	2.5585	2.5599	2.5592	1T	2.5600	2.5595	4T	2.5603	2.5595	4T	2.5604	2.5599	8T		
70	2.7559	2.7553	2.7567	2.7560	14T	2.7568	2.7563	15T	2.7571	2.7563	18T	2.7572	2.7567	19T		
75	2.9528	2.9522	2.9536	2.9529		2.9537	2.9532		2.9540	2.9532		2.9541	2.9536			
80	3.1496	3.1490	3.1504	3.1497		3.1505	3.1500		3.1508	3.1500		3.1509	3.1504			
85	3.3465	3.3457	3.3475	3.3466		3.3476	3.3470		3.3479	3.3470		3.3480	3.3474			
90	3.5433	3.5425	3.5443	3.5434		3.5444	3.5438		3.5447	3.5438		3.5448	3.5442			
95	3.7402	3.7394	3.7412	3.7403		3.7413	3.7407		3.7416	3.7407		3.7417	3.7411			
100	3.9370	3.9362	3.9380	3.9371	1T	3.9381	3.9375	5T	3.9384	3.9375	5T	3.9385	3.9379	9T		
105	4.1339	4.1331	4.1349	4.1340	18T	4.1350	4.1344	19T	4.1353	4.1344	22T	4.1354	4.1348	23T		
110	4.3307	4.3299	4.3317	4.3308		4.3318	4.3312		4.3321	4.3312		4.3322	4.3316			
120	4.7244	4.7236	4.7254	4.7245		4.7255	4.7249		4.7258	4.7249		4.7259	4.7253			
130	5.1181	5.1171	5.1192	5.1182		5.1194	5.1187		5.1197	5.1187		5.1199	5.1192			
140	5.5118	5.5108	5.5129	5.5119		5.5131	5.5124		5.5134	5.5124		5.5136	5.5129			
150	5.9055	5.9045	5.9066	5.9056	1T	5.9068	5.9061	6T	5.9071	5.9061	6T	5.9073	5.9066	11T		
160	6.2992	6.2982	6.3003	6.2993	21T	6.3005	6.2998	23T	6.3008	6.2998	26T	6.3010	6.3003	28T		
170	6.6929	6.6919	6.6940	6.6930		6.6942	6.6935		6.6945	6.6935		6.6947	6.6940			
180	7.0866	7.0856	7.0877	7.0867		7.0879	7.0872		7.0882	7.0872		7.0884	7.0877			
190	7.4803	7.4791	7.4815	7.4805		7.4818	7.4810		7.4821	7.4810		7.4823	7.4815			
200	7.8740	7.8728	7.8753	7.8742	2T	7.8755	7.8747	7T	7.8758	7.8747	7T	7.8760	7.8752	12T		
220	8.6614	8.6602	8.6627	8.6616	25T	8.6629	8.6621	27T	8.6632	8.6621	30T	8.6634	8.6626	32T		
240	9.4488	9.4476	9.4501	9.4490		9.4503	9.4495		9.4506	9.4495		9.4508	9.4500			

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Akseleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakerin reiän halkaisija d	max		min		Sovitteet Toleranssiluokat k6		m5		m6		n5					
	max	min	max	min	So-vite <sup>1)</sup>	Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min	So-vite <sup>1)</sup>	Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min	So-vite <sup>1)</sup>	Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min	So-vite <sup>1)</sup>		
mm	in.		in.		–	in.		–	in.		–	in.		–		
<b>260</b>	10.2362	10.2348	10.2376	10.2364	2T 28T	10.2379	10.2370	8T 31T	10.2382	10.2370	8T 34T	10.2384	10.2375	13T 36T		
<b>280</b>	11.0236	11.0222	11.0250	11.0238		11.0253	11.0244		11.0256	11.0244		11.0258	11.0249		11.0258	11.0249
<b>300</b>	11.8110	11.8096	11.8124	11.8112		11.8127	11.8118		11.8130	11.8118		11.8132	11.8123			
<b>320</b>	12.5984	12.5968	12.6000	12.5986	2T 32T	12.6002	12.5992	8T 34T	12.6006	12.5992	8T 38T	12.6008	12.5999	15T 40T		
<b>340</b>	13.3858	13.3842	13.3874	13.3860		13.3876	13.3866		13.3880	13.3866		13.3882	13.3873			
<b>360</b>	14.1732	14.1716	14.1748	14.1734		14.1750	14.1740		14.1754	14.1740		14.1756	14.1747			
<b>380</b>	14.9606	14.9590	14.9622	14.9608		14.9624	14.9614		14.9628	14.9614		14.9630	14.9621			
<b>400</b>	15.7480	15.7464	15.7496	15.7482		15.7498	15.7488		15.7502	15.7488		15.7504	15.7495			
<b>420</b>	16.5354	16.5336	16.5372	16.5356	2T 36T	16.5374	16.5363	9T 38T	16.5379	16.5363	9T 43T	16.5380	16.5370	16T 44T		
<b>440</b>	17.3228	17.3210	17.3246	17.3230		17.3248	17.3237		17.3253	17.3237		17.3254	17.3244			
<b>460</b>	18.1102	18.1084	18.1120	18.1104		18.1122	18.1111		18.1127	18.1111		18.1128	18.1118			
<b>480</b>	18.8976	18.8958	18.8994	18.8978		18.8996	18.8985		18.9001	18.8985		18.9002	18.8992			
<b>500</b>	19.6850	19.6832	19.6868	19.6852		19.6870	19.6859		19.6875	19.6859		19.6876	19.6866			
<b>530</b>	20.8661	20.8641	20.8678	20.8661		0T 37T	20.8683		20.8671	–		–	–		–	20.8689
<b>560</b>	22.0472	22.0452	22.0489	22.0472	22.0494		22.0482	10T	–	–	–	22.0500	22.0489			
<b>600</b>	23.6220	23.6200	23.6237	23.6220	23.6242		23.6230	42T	–	–	–	23.6248	23.6237			
<b>630</b>	24.8031	24.8011	24.8048	24.8031	24.8053		24.8041	–	–	–	–	24.8059	24.8048			
<b>670</b>	26.3780	26.3750	26.3799	26.3780	0T 49T	26.3806	26.3792	–	–	–	–	26.3812	26.3800	20T 62T		
<b>710</b>	27.9528	27.9498	27.9547	27.9528		27.9554	27.9540	12T	–	–	–	27.9560	27.9548			
<b>750</b>	29.5276	29.5246	29.5295	29.5276		29.5302	29.5288	56T	–	–	–	29.5308	29.5296			
<b>800</b>	31.4961	31.4931	31.4980	31.4961		31.4987	31.4973	–	–	–	–	31.4993	31.4981			
<b>850</b>	33.4646	33.4607	33.4668	33.4646		33.4675	33.4659	–	–	–	–	33.4683	33.4668			
<b>900</b>	35.4331	35.4292	35.4353	35.4331	0T 61T	35.4360	35.4344	13T	–	–	–	35.4368	35.4353	22T 76T		
<b>950</b>	37.4016	37.3977	37.4038	37.4016		37.4045	37.4029	68T	–	–	–	37.4053	37.4038			
<b>1 000</b>	39.3701	39.3662	39.3723	39.3701		39.3730	39.3714	–	–	–	–	39.3738	39.3723			
<b>1 060</b>	41.7323	41.7274	41.7349	41.7323		41.7357	41.7339	–	–	–	–	41.7366	41.7349			
<b>1 120</b>	44.0945	44.0896	44.0971	44.0945	0T 75T	44.0979	44.0961	16T	–	–	–	44.0988	44.0971	26T 92T		
<b>1 180</b>	46.4567	46.4518	46.4593	46.4567		46.4601	46.4583	83T	–	–	–	46.4610	46.4593			
<b>1 250</b>	49.2126	49.2077	49.2152	49.2126		49.2160	49.2142	–	–	–	–	49.2169	49.2152			

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Akseleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakerin reiän halkaisija d	max		min		Sovitteet Toleranssiluokat n6		p6		p7		r6		Sovite <sup>1)</sup>	
	max	min	max	min	Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min	So-vite <sup>1)</sup>	max	min	Akselin halkaisija max	Akselin halkaisija min	So-vite <sup>1)</sup>		
mm	in.		in.			in.			in.		in.			
85	3.3465	3.3457	3.3483	3.3474				3.3488	3.3480					
90	3.5433	3.5425	3.5451	3.5442				3.5456	3.5448					
95	3.7402	3.7394	3.7420	3.7411				3.7425	3.7417					
100	3.9370	3.9362	3.9388	3.9379				3.9393	3.9385					
105	4.1339	4.1331	4.1357	4.1348				4.1362	4.1354					
110	4.3307	4.3299	4.3325	4.3316				4.3330	4.3322					
120	4.7244	4.7236	4.7262	4.7253				4.7267	4.7259					
130	5.1181	5.1171	5.1201	5.1192				5.1208	5.1198					
140	5.5118	5.5108	5.5138	5.5129				5.5145	5.5135					
150	5.9055	5.9045	5.9075	5.9066				5.9082	5.9072					
160	6.2992	6.2982	6.3012	6.3003				6.3019	6.3009					
170	6.6929	6.6919	6.6949	6.6940				6.6956	6.6946					
180	7.0866	7.0856	7.0886	7.0877				7.0893	7.0883					
190	7.4803	7.4791	7.4827	7.4815				7.4834	7.4823					
200	7.8740	7.8728	7.8764	7.8752				7.8771	7.8760					
220	8.6614	8.6602	8.6638	8.6626				8.6645	8.6634					
240	9.4488	9.4476	9.4512	9.4500				9.4519	9.4508					
260	10.2362	10.2348	10.2388	10.2375				10.2397	10.2384					
280	11.0236	11.0222	11.0262	11.0249				11.0271	11.0258					
300	11.8110	11.8096	11.8136	11.8123				11.8145	11.8132					
320	12.5984	12.5968	12.6013	12.5999				12.6023	12.6008					
340	13.3858	13.3842	13.3887	13.3873				13.3897	13.3882					
360	14.1732	14.1716	14.1761	14.1747				14.1771	14.1756					
380	14.9606	14.9590	14.9635	14.9621				14.9645	14.9630					
400	15.7480	15.7464	15.7509	15.7495				15.7519	15.7504					
420	16.5354	16.5336	16.5385	16.5370				16.5397	16.5381					
440	17.3228	17.3210	17.3259	17.3244				17.3271	17.3255					
460	18.1102	18.1084	18.1133	18.1118				18.1145	18.1129					
480	18.8976	18.8958	18.9007	18.8992				18.9019	18.9003					
500	19.6850	19.6832	19.6881	19.6866				19.6893	19.6877					
530	20.8661	20.8641	20.8696	20.8678				20.8709	20.8692					
560	22.0472	22.0452	22.0507	22.0489				22.0520	22.0503					
600	23.6220	23.6200	23.6255	23.6237				23.6268	23.6251					
630	24.8031	24.8011	24.8066	24.8048				24.8079	24.8062					
670	26.3780	26.3750	26.3819	26.3800				26.3834	26.3815					
710	27.9528	27.9498	27.9567	27.9548				27.9582	27.9563					
750	29.5276	29.5246	29.5315	29.5296				29.5330	29.5311					
800	31.4961	31.4931	31.5000	31.4981				31.5015	31.4996					
850	33.4646	33.4607	33.4690	33.4668				33.4707	33.4685					
900	35.4331	35.4292	35.4375	35.4353				35.4392	35.4370					
950	37.4016	37.3977	37.4060	37.4038				37.4077	37.4055					
1 000	39.3701	39.3662	39.3745	39.3723				39.3762	39.3740					
1 060	41.7323	41.7274	41.7375	41.7349				41.7396	41.7370					
1 120	44.0945	44.0896	44.0997	44.0971				44.1018	44.0992					
1 180	46.4567	46.4518	46.4619	46.4593				46.4640	46.4614					
1 250	49.2126	49.2077	49.2178	49.2152				49.2199	49.2173					

1) Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Akseleiden toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakerin reiän halkaisija d	max		min		Sovitteet Toleranssiluokat r7 Akselin halkaisija max min	Sovite <sup>1)</sup>	s <sub>6</sub> min ± IT6/2 Akselin halkaisija max min		Sovite <sup>1)</sup>	s <sub>7</sub> min ± IT7/2 Akselin halkaisija max min		Sovite <sup>1)</sup>
	mm	in.	mm	in.			–	in.		–	in.	
<b>200</b>	7.8740	7.8728	–	–	–	–	7.8797	7.8785	45 T	7.8800	7.8782	42 T
<b>220</b>	8.6614	8.6602	8.6664	8.6645	31 T / 62 T	8.6671	8.6659	69 T	8.6674	8.6656	72 T	
<b>240</b>	9.4488	9.4476	9.4539	9.4521	33 T	9.4549	9.4537	49 T / 73 T	9.4552	9.4534	46 T / 76 T	
<b>260</b>	10.2362	10.2348	10.2419	10.2399	37 T	10.2431	10.2418	56 T	10.2435	10.2414	52 T	
<b>280</b>	11.0236	11.0222	11.0293	11.0273	71 T	11.0305	11.0292	83 T	11.0309	11.0288	87 T	
<b>300</b>	11.8110	11.8096	11.8169	11.8149	39 T / 73 T	11.8183	11.8171	61 T / 87 T	11.8187	11.8167	57 T / 91 T	
<b>320</b>	12.5984	12.5968	12.6049	12.6027	43 T	12.6066	12.6052	68 T	12.6070	12.6048	64 T	
<b>340</b>	13.3858	13.3842	13.3923	13.3901	81 T	13.3940	13.3926	98 T	13.3944	13.3922	102 T	
<b>360</b>	14.1732	14.1716	14.1799	14.1777	–	14.1821	14.1807	–	14.1825	14.1803	–	
<b>380</b>	14.9606	14.9590	14.9673	14.9651	45 T	14.9695	14.9681	75 T	14.9699	14.9677	71 T	
<b>400</b>	15.7480	15.7464	15.7547	15.7525	83 T	15.7569	15.7555	105 T	15.7573	15.7551	109 T	
<b>420</b>	16.5354	16.5336	16.5428	16.5404	50 T	16.5454	16.5438	84 T	16.5458	16.5433	79 T	
<b>440</b>	17.3228	17.3210	17.3302	17.3278	92 T	17.3328	17.3312	118 T	17.3332	17.3307	122 T	
<b>460</b>	18.1102	18.1084	18.1179	18.1154	–	18.1209	18.1194	–	18.1214	18.1189	–	
<b>480</b>	18.8976	18.8958	18.9053	18.9028	52 T	18.9083	18.9068	92 T	18.9088	18.9063	87 T	
<b>500</b>	19.6850	19.6832	19.6927	19.6902	95 T	19.6957	19.6942	125 T	19.6962	19.6937	130 T	
<b>530</b>	20.8661	20.8641	20.8748	20.8720	59 T	20.8780	20.8763	102 T	20.8785	20.8758	97 T	
<b>560</b>	22.0472	22.0452	22.0559	22.0531	107 T	22.0591	22.0574	139 T	22.0596	22.0569	144 T	
<b>600</b>	23.6220	23.6200	23.6309	23.6281	61 T	23.6351	23.6334	114 T	23.6356	23.6329	109 T	
<b>630</b>	24.8031	24.8011	24.8120	24.8092	109 T	24.8162	24.8145	151 T	24.8167	24.8140	156 T	
<b>670</b>	26.3780	26.3750	26.3880	26.3848	68 T	26.3923	26.3904	124 T	26.3929	26.3898	118 T	
<b>710</b>	27.9528	27.9498	27.9628	27.9596	130 T	27.9671	27.9652	173 T	27.9677	27.9646	179 T	
<b>750</b>	29.5276	29.5246	29.5380	29.5349	73 T	29.5435	29.5415	139 T	29.5441	29.5409	133 T	
<b>800</b>	31.4961	31.4931	31.5065	31.5034	134 T	31.5120	31.5100	189 T	31.5126	31.5094	195 T	
<b>850</b>	33.4646	33.4607	33.4764	33.4729	83 T	33.4826	33.4804	158 T	33.4833	33.4797	151 T	
<b>900</b>	35.4331	35.4292	35.4449	35.4414	157 T	35.4511	35.4489	219 T	35.4518	35.4482	226 T	
<b>950</b>	37.4016	37.3977	37.4138	37.4103	87 T	37.4212	37.4190	174 T	37.4219	37.4183	167 T	
<b>1000</b>	39.3701	39.3662	39.3823	39.3788	161 T	39.3897	39.3875	235 T	39.3904	39.3868	242 T	
<b>1060</b>	41.7323	41.7274	41.7463	41.7421	98 T	41.7541	41.7515	192 T	41.7548	41.7507	184 T	
<b>1120</b>	44.0945	44.0896	44.1085	44.1043	189 T	44.1163	44.1137	267 T	44.1170	44.1129	274 T	
<b>1180</b>	46.4567	46.4518	46.4711	46.4669	102 T	46.4808	46.4782	215 T	46.4816	46.4774	207 T	
<b>1250</b>	49.2126	49.2077	49.2270	49.2228	193 T	49.2367	49.2341	290 T	49.2375	49.2333	298 T	

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välysovitetta (löysä), T ahdistusovitteet (tiukka).

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakeripesän reiän halkaisija D	Sovitteet		Toleranssiluokat		G7		So-		H6		H7						
	max	min	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup>	Laakeripesän reikä min	So-vite <sup>1)</sup>	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup>	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup>	Laakeripesän reikä min	So-vite <sup>1)</sup>					
mm	in.		in.	-	in.	-	in.	-	in.	-	in.	-					
16	0.6299	0.6296	0.6305	0.6312	16 L 6 L		0.6301	0.6308	12 L 2 L		0.6299	0.6303	7 L 0 L		0.6299	0.6306	10 L 0 L
19	0.7480	0.7476	0.7488	0.7496			0.7483	0.7491			0.7480	0.7485			0.7480	0.7488	
22	0.8661	0.8657	0.8669	0.8677			0.8664	0.8672			0.8661	0.8666			0.8661	0.8669	
24	0.9449	0.9445	0.9457	0.9465	20 L		0.9452	0.9460	15 L		0.9449	0.9454	9 L		0.9449	0.9457	12 L
26	1.0236	1.0232	1.0244	1.0252	8 L		1.0239	1.0247	3 L		1.0236	1.0241	0 L		1.0236	1.0244	0 L
28	1.1024	1.1020	1.1032	1.1040			1.1027	1.1035			1.1024	1.1029			1.1024	1.1032	
30	1.1811	1.1807	1.1819	1.1827			1.1814	1.1822			1.1811	1.1816			1.1811	1.1819	
32	1.2598	1.2594	1.2608	1.2618			1.2602	1.2611			1.2598	1.2604			1.2598	1.2608	
35	1.3780	1.3776	1.3790	1.4000			1.3784	1.3793			1.3780	1.3786			1.3780	1.3790	
37	1.4567	1.4563	1.4577	1.4587	24 L		1.4571	1.4580	17 L		1.4567	1.4573	10 L		1.4567	1.4577	14 L
40	1.5748	1.5744	1.5758	1.5768	10 L		1.5752	1.5761	4 L		1.5748	1.5754	0 L		1.5748	1.5758	0 L
42	1.6535	1.6531	1.6545	1.6555			1.6539	1.6548			1.6535	1.6541			1.6535	1.6545	
47	1.8504	1.8500	1.8514	1.8524			1.8508	1.8517			1.8504	1.8510			1.8504	1.8514	
52	2.0472	2.0467	2.0484	2.0496			2.0476	2.0488			2.0472	2.0479			2.0472	2.0484	
55	2.1654	2.1649	2.1666	2.1678			2.1658	2.1670			2.1654	2.1661			2.1654	2.1666	
62	2.4409	2.4404	2.4421	2.4433	29 L		2.4413	2.4425	21 L		2.4409	2.4416	12 L		2.4409	2.4421	17 L
68	2.6772	2.6767	2.6784	2.6796	12 L		2.6776	2.6788	4 L		2.6772	2.6779	0 L		2.6772	2.6784	0 L
72	2.8346	2.8341	2.8358	2.8370			2.8350	2.8362			2.8346	2.8353			2.8346	2.8358	
75	2.9527	2.9522	2.9539	2.9551			2.9532	2.9543			2.9527	2.9534			2.9527	2.9539	
80	3.1496	3.1491	3.1508	3.1520			3.1500	3.1512			3.1496	3.1503			3.1496	3.1508	
85	3.3465	3.3459	3.3479	3.3493			3.3470	3.3484			3.3465	3.3474			3.3465	3.3479	
90	3.5433	3.5427	3.5447	3.5461			3.5438	3.5452			3.5433	3.5442			3.5433	3.5447	
95	3.7402	3.7396	3.7416	3.7430	34 L		3.7407	3.7421	25 L		3.7402	3.7411	15 L		3.7402	3.7416	20 L
100	3.9370	3.9364	3.9384	3.9398	14 L		3.9375	3.9389	5 L		3.9370	3.9379	0 L		3.9370	3.9384	0 L
110	4.3307	4.3301	4.3321	4.3335			4.3312	4.3326			4.3307	4.3316			4.3307	4.3321	
115	4.5276	4.5270	4.5290	4.5304			4.5281	4.5295			4.5276	4.5285			4.5276	4.5290	
120	4.7244	4.7238	4.7258	4.7272			4.7249	4.7263			4.7244	4.7253			4.7244	4.7258	
125	4.9213	4.9206	4.9230	4.9246			4.9219	4.9234			4.9213	4.9223			4.9213	4.9229	
130	5.1181	5.1174	5.1198	5.1214	40 L		5.1187	5.1202	28 L		5.1181	5.1191	17 L		5.1181	5.1197	23 L
140	5.5118	5.5111	5.5135	5.5151	17 L		5.5124	5.5139	6 L		5.5118	5.5128	0 L		5.5118	5.5134	0 L
145	5.7087	5.7080	5.7104	5.7120			5.7093	5.7108			5.7087	5.7097			5.7087	5.7103	
150	5.9055	5.9048	5.9072	5.9088			5.9061	5.9076			5.9055	5.9065			5.9055	5.9071	
160	6.2992	6.2982	6.3009	6.3025			6.2998	6.3013			6.2992	6.3002			6.2992	6.3008	
165	6.4961	6.4951	6.4978	6.4994	43 L		6.4967	6.4982	31 L		6.4961	6.4971	20 L		6.4961	6.4977	26 L
170	6.6929	6.6919	6.6946	6.6962	17 L		6.6935	6.6950	6 L		6.6929	6.6939	0 L		6.6929	6.6945	0 L
180	7.0866	7.0856	7.0883	7.0899			7.0872	7.0887			7.0866	7.0876			7.0866	7.0882	
190	7.4803	7.4791	7.4823	7.4841			7.4809	7.4827			7.4803	7.4814			7.4803	7.4821	
200	7.8740	7.8728	7.8760	7.8778			7.8746	7.8764			7.8740	7.8751			7.8740	7.8758	
210	8.2677	8.2665	8.2697	8.2715			8.2683	8.2701			8.2677	8.2688			8.2677	8.2695	
215	8.4646	8.4634	8.4666	8.4684			8.4652	8.4670			8.4646	8.4657			8.4646	8.4664	
220	8.6614	8.6602	8.6634	8.6652	50 L		8.6620	8.6638	36 L		8.6614	8.6625	23 L		8.6614	8.6632	30 L
225	8.8583	8.8571	8.8603	8.8621	20 L		8.8589	8.8607	6 L		8.8583	8.8594	0 L		8.8583	8.8601	0 L
230	9.0551	9.0539	9.0571	9.0589			9.0557	9.0575			9.0551	9.0562			9.0551	9.0569	
240	9.4488	9.4476	9.4508	9.4526			9.4494	9.4512			9.4488	9.4499			9.4488	9.4506	
250	9.8425	9.8413	9.8445	9.8463			9.8431	9.8449			9.8425	9.8436			9.8425	9.8443	

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).



## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakeripesän reian halkaisija D	Sovitteet Toleranssiluokat		F7 Laakeripesän reikä So-vite <sup>1)</sup>		G7 Laakeripesän reikä So-vite <sup>1)</sup>		H6 Laakeripesän reikä So-vite <sup>1)</sup>		H7 Laakeripesän reikä So-vite <sup>1)</sup>					
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min				
mm	in.	in.	–	in.	–	in.	–	in.	–	in.				
260	10.2362	10.2348	10.2384	10.2405		10.2369	10.2389	10.2362	10.2375	10.2362	10.2382			
270	10.6299	10.6285	10.6321	10.6342		10.6306	10.6326	10.6299	10.6312	10.6299	10.6319			
280	11.0236	11.0222	11.0258	11.0279	57 L	11.0243	11.0263	41 L	11.0236	11.0249	11.0236	11.0256	34 L	
290	11.4173	11.4159	11.4195	11.4216	22 L	11.4180	11.4200	7 L	11.4173	11.4186	0 L	11.4173	11.4193	0 L
300	11.8110	11.8096	11.8132	11.8153		11.8117	11.8137		11.8110	11.8123		11.8110	11.8130	
310	12.2047	12.2033	12.2069	12.2090		12.2054	12.2074		12.2047	12.2060		12.2047	12.2067	
320	12.5984	12.5968	12.6008	12.6031		12.5991	12.6014		12.5984	12.5998		12.5984	12.6006	
340	13.3858	13.3842	13.3882	13.3905		13.3865	13.3888		13.3858	13.3872		13.3858	13.3880	
360	14.1732	14.1716	14.1756	14.1779	63 L	14.1739	14.1762	46 L	14.1732	14.1746	30 L	14.1732	14.1754	38 L
370	14.5669	14.5654	14.5694	14.5717	24 L	14.5677	14.5700	7 L	14.5669	14.5684	0 L	14.5670	14.5692	0 L
380	14.9606	14.9590	14.9630	14.9653		14.9613	14.9636		14.9606	14.9620		14.9606	14.9628	
400	15.7480	15.7464	15.7504	15.7527		15.7487	15.7510		15.7480	15.7494		15.7480	15.7502	
420	16.5354	16.5336	16.5381	16.5406		16.5362	16.5387		16.5354	16.5370		16.5354	16.5379	
440	17.3228	17.3210	17.3255	17.3280	70 L	17.3236	17.3261	51 L	17.3228	17.3244	34 L	17.3228	17.3253	43 L
460	18.1102	18.1084	18.1129	18.1154	27 L	18.1110	18.1135	8 L	18.1102	18.1118	0 L	18.1102	18.1127	0 L
480	18.8976	18.8958	18.9003	18.9028		18.8984	18.9009		18.8976	18.8992		18.8976	18.9001	
500	19.6850	19.6832	19.6877	19.6902		19.6858	19.6883		19.6850	19.6866		19.6850	19.6875	
520	20.4724	20.4704	20.4754	20.4781		20.4733	20.4760		20.4724	20.4741		20.4724	20.4752	
540	21.2598	21.2578	21.2628	21.2655		21.2607	21.2634		21.2598	21.2615		21.2598	21.2626	
560	22.0472	22.0452	22.0502	22.0529	77 L	22.0481	22.0508	56 L	22.0472	22.0489	37 L	22.0472	22.0500	48 L
580	22.8346	22.8326	22.8376	22.8403	30 L	22.8355	22.8382	9 L	22.8346	22.8363	0 L	22.8346	22.8374	0 L
600	23.6220	23.6200	23.6250	23.6277		23.6229	23.6256		23.6220	23.6237		23.6220	23.6248	
620	24.4094	24.4074	24.4124	24.4151		24.4103	24.4130		24.4094	24.4111		24.4094	24.4122	
650	25.5906	25.5876	25.5937	25.5969		25.5915	25.5947		25.5906	25.5926		25.5906	25.5937	
670	26.3780	26.3750	26.3811	26.3843		26.3789	26.3821		26.3780	26.3800		26.3780	26.3811	
680	26.7717	26.7687	26.7748	26.7780		26.7726	26.7758		26.7717	26.7737		26.7717	26.7748	
700	27.5591	27.5561	27.5622	27.5654		27.5600	27.5632		27.5591	27.5611		27.5591	27.5622	
720	28.3465	28.3435	28.3496	28.3528	93 L	28.3474	28.3506	71 L	28.3465	28.3485	50 L	28.3465	28.3496	61 L
750	29.5276	29.5246	29.5307	29.5339	31 L	29.5285	29.5317	9 L	29.5276	29.5296	0 L	29.5276	29.5307	0 L
760	29.9213	29.9183	29.9244	29.9276		29.9222	29.9254		29.9213	29.9233		29.9213	29.9244	
780	30.7087	30.7057	30.7118	30.7150		30.7096	30.7128		30.7087	30.7107		30.7087	30.7118	
790	31.1024	31.0994	31.1055	31.1087		31.1033	31.1065		31.1024	31.1044		31.1024	31.1055	
800	31.4961	31.4931	31.4992	31.5024		31.4970	31.5002		31.4961	31.4981		31.4961	31.4992	
820	32.2835	32.2796	32.2869	32.2904		32.2845	32.2881		32.2835	32.2857		32.2835	32.2870	
830	32.6772	32.6733	32.6806	32.6841		32.6782	32.6818		32.6772	32.6794		32.6772	32.6807	
850	33.4646	33.4607	33.4680	33.4715		33.4656	33.4692		33.4646	33.4668		33.4646	33.4681	
870	34.2520	34.2481	34.2554	34.2589	108 L	34.2530	34.2566	85 L	34.2520	34.2542	61 L	34.2520	34.2555	74 L
920	36.2205	36.2166	36.2239	36.2274	34 L	36.2215	36.2251	10 L	36.2205	36.2227	0 L	36.2205	36.2240	0 L
950	37.4016	37.3977	37.4050	37.4085		37.4026	37.4062		37.4016	37.4038		37.4016	37.4051	
980	38.5827	38.5788	38.5861	38.5896		38.5837	38.5873		38.5827	38.5849		38.5827	38.5862	
1 000	39.3701	39.3662	39.3735	39.3770		39.3711	39.3747		39.3701	39.3723		39.3701	39.3736	
1 150	45.2756	45.2707	45.2795	45.2836	129 L	45.2767	45.2808	101 L	45.2756	45.2782	75 L	45.2756	45.2797	90 L
1 250	49.2126	49.2077	49.2165	49.2206	39 L	49.2137	49.2178	11 L	49.2126	49.2152	0 L	49.2126	49.2167	0 L
1 400	55.1181	55.1118	55.1224	55.1274	156 L	55.1193	55.1242	124 L	55.1181	55.1212	94 L	55.1181	55.1230	112 L
1 600	62.9921	62.9858	62.9964	63.0014	43 L	62.9933	62.9982	12 L	62.9921	62.9952	0 L	62.9921	62.9970	0 L

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakeripesän reiän halkaisija D	Sovitteet		Toleranssiluokat		H8		H9		H10		J6			
	max	min	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup> min	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup> min	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup> min	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup> min	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup> min		
mm	in.		in.	-	in.	-	in.	-	in.	-	in.	-		
16	0.6299	0.6296	0.6299	0.6310	14 L OL	0.6299	0.6316	20 L OL	0.6299	0.6327	31 L OL	0.6297	0.6301	5 L 2T
19	0.7480	0.7476	0.7480	0.7493		0.7480	0.7500		0.7480	0.7513		0.7478	0.7483	
22	0.8661	0.8657	0.8661	0.8674		0.8661	0.8681		0.8661	0.8694		0.8659	0.8664	
24	0.9449	0.9445	0.9449	0.9462	17 L OL	0.9449	0.9469	24 L OL	0.9449	0.9482	37 L OL	0.9447	0.9452	7 L 2T
26	1.0236	1.0232	1.0236	1.0249		1.0236	1.0256		1.0236	1.0269		1.0234	1.0239	
28	1.1024	1.1020	1.1024	1.1037		1.1024	1.1044		1.1024	1.1057		1.1022	1.1027	
30	1.1811	1.1807	1.1811	1.1824		1.1811	1.1831		1.1811	1.1844		1.1809	1.1814	
32	1.2598	1.2594	1.2598	1.2613		1.2598	1.2622		1.2598	1.2637		1.2596	1.2602	
35	1.3780	1.3776	1.3780	1.3795		1.3780	1.3804		1.3780	1.3819		1.3778	1.3784	
37	1.4567	1.4563	1.4567	1.4582	19 L OL	1.4567	1.4591	28 L OL	1.4567	1.4606	43 L OL	1.4565	1.4571	8 L 2T
40	1.5748	1.5744	1.5748	1.5763		1.5748	1.5772		1.5748	1.5787		1.5746	1.5752	
42	1.6535	1.6531	1.6535	1.6550		1.6535	1.6559		1.6535	1.6574		1.6533	1.6539	
47	1.8504	1.8500	1.8504	1.8519		1.8504	1.8528		1.8504	1.8543		1.8502	1.8508	
52	2.0472	2.0467	2.0472	2.0490		2.0472	2.0501		2.0472	2.0519		2.0470	2.0477	
55	2.1654	2.1649	2.1654	2.1672		2.1654	2.1683		2.1654	2.1701		2.1652	2.1659	
62	2.4409	2.4404	2.4409	2.4427		2.4409	2.4438		2.4409	2.4456		2.4407	2.4414	
68	2.6772	2.6767	2.6772	2.6790	23 L OL	2.6772	2.6801	34 L OL	2.6772	2.6819	52 L OL	2.6770	2.6777	10 L 2T
72	2.8346	2.8341	2.8346	2.8364		2.8346	2.8375		2.8346	2.8393		2.8344	2.8351	
75	2.9527	2.9522	2.9527	2.9545		2.9527	2.9556		2.9527	2.9574		2.9525	2.9532	
80	3.1496	3.1491	3.1496	3.1514		3.1496	3.1525		3.1496	3.1543		3.1494	3.1501	
85	3.3465	3.3459	3.3465	3.3486		3.3465	3.3499		3.3465	3.3520		3.3463	3.3471	
90	3.5433	3.5427	3.5433	3.5454		3.5433	3.5467		3.5433	3.5488		3.5431	3.5439	
95	3.7402	3.7396	3.7402	3.7423	27 L OL	3.7402	3.7436	40 L OL	3.7402	3.7457	61 L OL	3.7400	3.7408	12 L 2T
100	3.9370	3.9364	3.9370	3.9391		3.9370	3.9404		3.9370	3.9425		3.9368	3.9376	
110	4.3307	4.3301	4.3307	4.3328		4.3307	4.3341		4.3307	4.3362		4.3305	4.3313	
115	4.5276	4.5270	4.5276	4.5297		4.5276	4.5310		4.5276	4.5331		4.5274	4.5282	
120	4.7244	4.7238	4.7244	4.7265		4.7244	4.7278		4.7244	4.7299		4.7242	4.7250	
125	4.9213	4.9206	4.9213	4.9238		4.9213	4.9252		4.9213	4.9276		4.9210	4.9220	
130	5.1181	5.1174	5.1181	5.1206		5.1181	5.1220		5.1181	5.1244		5.1178	5.1188	
140	5.5118	5.5111	5.5118	5.5143	32 L OL	5.5118	5.5157	46 L OL	5.5118	5.5181	70 L OL	5.5115	5.5125	14 L 3T
145	5.7087	5.7080	5.7087	5.7112		5.7087	5.7126		5.7087	5.7150		5.7084	5.7094	
150	5.9055	5.9048	5.9055	5.9080		5.9055	5.9094		5.9055	5.9118		5.9052	5.9062	
160	6.2992	6.2982	6.2992	6.3017		6.2992	6.3031		6.2992	6.3055		6.2989	6.2999	
165	6.4961	6.4951	6.4961	6.4986	35 L OL	6.4961	6.5000	49 L OL	6.4961	6.5024	73 L OL	6.4958	6.4968	17 L 3T
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6954		6.6929	6.6968		6.6929	6.6992		6.6926	6.6936	
180	7.0866	7.0856	7.0866	7.0891		7.0866	7.0905		7.0866	7.0929		7.0863	7.0873	
190	7.4803	7.4791	7.4803	7.4831		7.4803	7.4848		7.4803	7.4876		7.4800	7.4812	
200	7.8740	7.8728	7.8740	7.8768		7.8740	7.8785		7.8740	7.8813		7.8737	7.8749	
210	8.2677	8.2665	8.2677	8.2705		8.2677	8.2722		8.2677	8.2750		8.2674	8.2686	
215	8.4646	8.4634	8.4646	8.4674		8.4646	8.4691		8.4646	8.4719		8.4643	8.4655	
220	8.6614	8.6602	8.6614	8.6642	40 L OL	8.6614	8.6659	57 L OL	8.6614	8.6687	85 L OL	8.6611	8.6623	21 L 3T
225	8.8583	8.8571	8.8583	8.8611		8.8583	8.8628		8.8583	8.8656		8.8580	8.8592	
230	9.0551	9.0539	9.0551	9.0579		9.0551	9.0596		9.0551	9.0624		9.0548	9.0560	
240	9.4488	9.4476	9.4488	9.4516		9.4488	9.4533		9.4488	9.4561		9.4485	9.4497	
250	9.8425	9.8413	9.8425	9.8453		9.8425	9.8470		9.8425	9.8498		9.8422	9.8434	

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistussoviteita (tiukka).

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakeripesän reian halkaisija D	Sovitteet Toleranssiluokat		H8 Laakeripesän reikä So- vite <sup>1)</sup>		H9 Laakeripesän reikä So- vite <sup>1)</sup>		H10 Laakeripesän reikä So- vite <sup>1)</sup>		J6 Laakeripesän reikä So- vite <sup>1)</sup>					
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min				
mm	in.	in.	–	in.	–	in.	–	in.	–	in.				
260	10.2362	10.2348	10.2362	10.2394		10.2362	10.2413	10.2362	10.2445	10.2359	10.2372			
270	10.6299	10.6285	10.6299	10.6331		10.6299	10.6350	10.6299	10.6382	10.6296	10.6309			
280	11.0236	11.0222	11.0236	11.0268	46 L	11.0236	11.0287	65 L	11.0236	11.0319	97 L	11.0233	11.0246	24 L
290	11.4173	11.4159	11.4173	11.4205	0 L	11.4173	11.4224	0 L	11.4173	11.4256	0 L	11.4170	11.4183	3 T
300	11.8110	11.8096	11.8110	11.8142		11.8110	11.8161		11.8110	11.8193		11.8107	11.8120	
310	12.2047	12.2033	12.2047	12.2079		12.2047	12.2098		12.2047	12.2130		12.2044	12.2057	
320	12.5984	12.5968	12.5984	12.6019		12.5984	12.6039		12.5984	12.6075		12.5981	12.5995	
340	13.3858	13.3842	13.3858	13.3893		13.3858	13.3913		13.3858	13.3949		13.3855	13.3869	
360	14.1732	14.1716	14.1732	14.1767	51 L	14.1732	14.1787	71 L	14.1732	14.1823	107 L	14.1729	14.1743	27 L
370	14.5669	14.5654	14.5670	14.5705	0 L	14.5669	14.5724	0 L	14.5670	14.5761	0 L	14.5666	14.5681	3 T
380	14.9606	14.9590	14.9606	14.9641		14.9606	14.9661		14.9606	14.9697		14.9603	14.9617	
400	15.7480	15.7464	15.7480	15.7515		15.7480	15.7535		15.7480	15.7571		15.7477	15.7491	
420	16.5354	16.5336	16.5354	16.5392		16.5354	16.5415		16.5354	16.5452		16.5351	16.5367	
440	17.3228	17.3210	17.3228	17.3266		17.3228	17.3289		17.3228	17.3326		17.3225	17.3241	
460	18.1102	18.1084	18.1102	18.1140	56 L	18.1102	18.1163	79 L	18.1102	18.1200	116 L	18.1099	18.1115	31 L
480	18.8976	18.8958	18.8976	18.9014	0 L	18.8976	18.9037	0 L	18.8976	18.9074	0 L	18.8973	18.8989	3 T
500	19.6850	19.6832	19.6850	19.6888		19.6850	19.6911		19.6850	19.6948		19.6847	19.6863	
520	20.4724	20.4704	20.4724	20.4767		20.4724	20.4793		20.4724	20.4834		20.4721	20.4739	
540	21.2598	21.2578	21.2598	21.2641		21.2598	21.2667		21.2598	21.2708		21.2595	21.2613	
560	22.0472	22.0452	22.0472	22.0515	63 L	22.0472	22.0541	89 L	22.0472	22.0582	130 L	22.0469	22.0487	35 L
580	22.8346	22.8326	22.8346	22.8389	0 L	22.8346	22.8415	0 L	22.8346	22.8456	0 L	22.8343	22.8361	3 T
600	23.6220	23.6200	23.6220	23.6263		23.6220	23.6289		23.6220	23.6330		23.6217	23.6235	
620	24.4094	24.4074	24.4094	24.4137		24.4094	24.4163		24.4094	24.4204		24.4091	24.4109	
650	25.5906	25.5876	25.5906	25.5955		25.5906	25.5985		25.5906	25.6032		25.5902	25.5922	
670	26.3780	26.3750	26.3780	26.3829		26.3780	26.3859		26.3780	26.3906		26.3776	26.3796	
680	26.7717	26.7687	26.7717	26.7766		26.7717	26.7796		26.7717	26.7843		26.7713	26.7733	
700	27.5591	27.5561	27.5591	27.5640		27.5591	27.5670		27.5591	27.5717		27.5587	27.5607	
720	28.3465	28.3435	28.3465	28.3514	79 L	28.3465	28.3544	109 L	28.3465	28.3591	156 L	28.3461	28.3481	46 L
750	29.5276	29.5246	29.5276	29.5325	0 L	29.5276	29.5355	0 L	29.5276	29.5402	0 L	29.5272	29.5292	4 T
760	29.9213	29.9183	29.9213	29.9262		29.9213	29.9292		29.9213	29.9339		29.9209	29.9229	
780	30.7087	30.7057	30.7087	30.7136		30.7087	30.7166		30.7087	30.7213		30.7083	30.7103	
790	31.1024	31.0994	31.1024	31.1073		31.1024	31.1103		31.1024	31.1150		31.1020	31.1040	
800	31.4961	31.4931	31.4961	31.5010		31.4961	31.5040		31.4961	31.5087		31.4957	31.4968	
820	32.2835	32.2796	32.2835	32.2890		32.2835	32.2926		32.2835	32.2977		32.2831	32.2853	
830	32.6772	32.6733	32.6772	32.6827		32.6772	32.6863		32.6772	32.6914		32.6768	32.6790	
850	33.4646	33.4607	33.4646	33.4701		33.4646	33.4737		33.4646	33.4788		33.4642	33.4664	
870	34.2520	34.2481	34.2520	34.2575	94 L	34.2520	34.2611	130 L	34.2520	34.2662	181 L	34.2516	34.2538	57 L
920	36.2205	36.2166	36.2205	36.2260	0 L	36.2205	36.2296	0 L	36.2205	36.2347	0 L	36.2201	36.2223	4 T
950	37.4016	37.3977	37.4016	37.4071		37.4016	37.4107		37.4016	37.4158		37.4012	37.4034	
980	38.5827	38.5788	38.5827	38.5882		38.5827	38.5918		38.5827	38.5969		38.5823	38.5845	
1 000	39.3701	39.3662	39.3701	39.3756		39.3701	39.3792		39.3701	39.3843		–	–	
1 150	45.2756	45.2707	45.2756	45.2821	114 L	45.2756	45.2858	151 L	45.2756	45.2921	214 L	–	–	–
1 250	49.2126	49.2077	49.2126	49.2191	0 L	49.2126	49.2228	0 L	49.2126	49.2291	0 L	–	–	–
1 400	55.1181	55.1118	55.1181	55.1258	140 L	55.1181	55.1303	185 L	55.1181	55.1378	260 L	–	–	–
1 600	62.9921	62.9858	62.9921	62.9998	0 L	62.9921	63.0043	0 L	62.9921	63.0118	0 L	–	–	–

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdustusovitetta (tiukka).

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakeripesän reiän halkaisija D	Sovitteet		Toleranssiluokat		J55		K5		K6					
	max	min	Laakeripesän reikä max	So- vite <sup>1)</sup>	Laakeripesän reikä min	So- vite <sup>1)</sup>	Laakeripesän reikä max	So- vite <sup>1)</sup>	Laakeripesän reikä max	So- vite <sup>1)</sup>				
mm	in.		in.	-	in.	-	in.	-	in.	-				
16	0.6299	0.6296	0.6296	0.6303	7 L 3 T	0.6297	0.6301	2 T 5 L	0.6297	0.6300	4 L 2 T	0.6295	0.6300	4 L 4 T
19	0.7480	0.7476	0.7476	0.7485		0.7478	0.7481		0.7477	0.7480		0.7476	0.7481	
22	0.8661	0.8657	0.8657	0.8666		0.8659	0.8662		0.8658	0.8661		0.8657	0.8662	
24	0.9449	0.9445	0.9445	0.9454	9 L	0.9447	0.9450	2 T	0.9446	0.9449	4 L	0.9445	0.9450	5 L
26	1.0236	1.0232	1.0232	1.0241	4 T	1.0234	1.0237	5 L	1.0233	1.0236	3 T	1.0232	1.0237	4 T
28	1.1024	1.1020	1.1020	1.1029		1.1022	1.1025		1.1021	1.1024		1.1020	1.1025	
30	1.1811	1.1807	1.1807	1.1816		1.1809	1.1812		1.1808	1.1811		1.1807	1.1812	
32	1.2598	1.2594	1.2594	1.2604		1.2596	1.2600		1.2594	1.2599		1.2593	1.2599	
35	1.3780	1.3776	1.3776	1.3786		1.3778	1.3782		1.3776	1.3781		1.3775	1.3781	
37	1.4567	1.4563	1.4563	1.4573	10 L	1.4565	1.4569	2 T	1.4563	1.4568	5 L	1.4562	1.4568	5 L
40	1.5748	1.5744	1.5744	1.5754	4 T	1.5746	1.5750	6 L	1.5744	1.5749	4 T	1.5743	1.5749	5 T
42	1.6535	1.6531	1.6531	1.6541		1.6533	1.6537		1.6531	1.6536		1.6530	1.6536	
47	1.8504	1.8500	1.8500	1.8510		1.8502	1.8506		1.8500	1.8505		1.8499	1.8505	
52	2.0472	2.0467	2.0467	2.0479		2.0469	2.0475		2.0468	2.0473		2.0466	2.0474	
55	2.1654	2.1649	2.1649	2.1661		2.1651	2.1657		2.1650	2.1655		2.1648	2.1656	
62	2.4409	2.4404	2.4404	2.4416		2.4406	2.4412		2.4405	2.4410		2.4403	2.4411	
68	2.6772	2.6767	2.6767	2.6779	12 L 5 T	2.6769	2.6775	3 T 8 L	2.6768	2.6773	6 L 4 T	2.6766	2.6774	7 L 6 T
72	2.8346	2.8341	2.8341	2.8353		2.8343	2.8349		2.8342	2.8347		2.8340	2.8348	
75	2.9527	2.9522	2.9522	2.9534		2.9524	2.9530		2.9523	2.9528		2.9521	2.9529	
80	3.1496	3.1491	3.1491	3.1503		3.1493	3.1499		3.1492	3.1497		3.1490	3.1498	
85	3.3465	3.3459	3.3460	3.3474		3.3462	3.3468		3.3460	3.3466		3.3458	3.3467	
90	3.5433	3.5427	3.5428	3.5442		3.5430	3.5436		3.5428	3.5434		3.5426	3.5435	
95	3.7402	3.7396	3.7397	3.7411	15 L 5 T	3.7399	3.7405	3 T	3.7397	3.7403	7 L 5 T	3.7395	3.7404	8 L 7 T
100	3.9370	3.9364	3.9365	3.9379		3.9367	3.9373	9 L	3.9365	3.9371		3.9363	3.9372	
110	4.3307	4.3301	4.3302	4.3316		4.3304	4.3310		4.3302	4.3308		4.3300	4.3309	
115	4.5276	4.5270	4.5271	4.5285		4.5273	4.5279		4.5271	4.5277		4.5269	4.5278	
120	4.7244	4.7238	4.7239	4.7253		4.7241	4.7247		4.7239	4.7245		4.7237	4.7246	
125	4.9213	4.9206	4.9207	4.9223		4.9209	4.9217		4.9207	4.9214		4.9205	4.9215	
130	5.1181	5.1174	5.1175	5.1191		5.1177	5.1185		5.1175	5.1182		5.1173	5.1183	
140	5.5118	5.5111	5.5112	5.5128	17 L 6 T	5.5114	5.5122	4 T	5.5112	5.5119	8 L 6 T	5.5110	5.5120	9 L 8 T
145	5.7087	5.7080	5.7081	5.7097		5.7083	5.7091	11 L	5.7081	5.7088		5.7079	5.7089	
150	5.9055	5.9048	5.9049	5.9065		5.9051	5.9059		5.9049	5.9056		5.9047	5.9057	
160	6.2992	6.2982	6.2986	6.3002		6.2988	6.2995		6.2986	6.2993		6.2984	6.2994	
165	6.4961	6.4951	6.4955	6.4971	20 L	6.4957	6.4964	4 T	6.4955	6.4962	11 L	6.4953	6.4963	12 L
170	6.6929	6.6919	6.6923	6.6939	6 T	6.6925	6.6932	13 L	6.6923	6.6930	6 T	6.6921	6.6931	8 T
180	7.0866	7.0856	7.0860	7.0876		7.0862	7.0869		7.0860	7.0867		7.0858	7.0868	
190	7.4803	7.4791	7.4797	7.4815		7.4799	7.4807		7.4796	7.4804		7.4794	7.4805	
200	7.8740	7.8728	7.8734	7.8752		7.8736	7.8744		7.8733	7.8741		7.8731	7.8742	
210	8.2677	8.2665	8.2671	8.2689		8.2673	8.2681		8.2670	8.2678		8.2668	8.2679	
215	8.4646	8.4634	8.4640	8.4658		8.4642	8.4650		8.4639	8.4647		8.4637	8.4648	
220	8.6614	8.6602	8.6608	8.6626	24 L 6 T	8.6610	8.6618	4 T	8.6607	8.6615	13 L 7 T	8.6605	8.6616	14 L 9 T
225	8.8583	8.8571	8.8577	8.8595		8.8579	8.8587	16 L	8.8576	8.8584		8.8574	8.8585	
230	9.0551	9.0539	9.0545	9.0563		9.0547	9.0555		9.0544	9.0552		9.0542	9.0553	
240	9.4488	9.4476	9.4482	9.4500		9.4484	9.4492		9.4481	9.4489		9.4479	9.4490	
250	9.8425	9.8413	9.8419	9.8437		9.8421	9.8429		9.8418	9.8426		9.8416	9.8427	

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakeripesän reian halkaisija D	Sovitteet Toleranssiluokat J7		J55 Laakeripesän reikä		K5 Laakeripesän reikä		K6 Laakeripesän reikä		
	max	min	max	min	max	min	max	min	
260	10.2362	10.2348	10.2356	10.2376			10.2354	10.2363	
270	10.6299	10.6285	10.6293	10.6313			10.6288	10.6301	
280	11.0236	11.0222	11.0230	11.0250	28 L	11.0231	11.0240	11.0225	11.0238
290	11.4173	11.4159	11.4167	11.4187	6 T	11.4168	11.4177	11.4162	11.4175
300	11.8110	11.8096	11.8104	11.8124		11.8105	11.8114	11.8099	11.8112
310	12.2047	12.2033	12.2041	12.2061		12.2042	12.2051	12.2036	12.2049
320	12.5984	12.5968	12.5977	12.5999		12.5979	12.5989	12.5973	12.5986
340	13.3858	13.3842	13.3851	13.3873		13.3853	13.3863	13.3847	13.3860
360	14.1732	14.1716	14.1725	14.1747	31 L	14.1727	14.1737	14.1721	14.1734
370	14.5669	14.5654	14.5662	14.5685	7 T	14.5664	14.5675	14.5658	14.5672
380	14.9606	14.9590	14.9599	14.9621		14.9601	14.9611	14.9595	14.9608
400	15.7480	15.7464	15.7473	15.7495		15.7475	15.7485	15.7469	15.7482
420	16.5354	16.5336	16.5346	16.5371		16.5349	16.5359	16.5341	16.5356
440	17.3228	17.3210	17.3220	17.3245	35 L	17.3223	17.3233	17.3215	17.3230
460	18.1102	18.1084	18.1094	18.1119	8 T	18.1097	18.1107	18.1089	18.1104
480	18.8976	18.8958	18.8968	18.8993		18.8971	18.8981	18.8963	18.8978
500	19.6850	19.6832	19.6842	19.6867		19.6845	19.6855	19.6837	19.6852
520	20.4724	20.4704	20.4715	20.4743		-	-	20.4707	20.4724
540	21.2598	21.2578	21.2589	21.2617		-	-	21.2581	21.2598
560	22.0472	22.0452	22.0463	22.0491	39 L	-	-	22.0455	22.0472
580	22.8346	22.8326	22.8337	22.8365	9 T	-	-	22.8329	22.8346
600	23.6220	23.6200	23.6211	23.6239		-	-	23.6203	23.6220
620	24.4094	24.4074	24.4085	24.4113		-	-	24.4077	24.4094
650	25.5906	25.5876	25.5897	25.5928		-	-	25.5886	25.5906
670	26.3780	26.3750	26.3771	26.3802		-	-	26.3760	26.3780
680	26.7717	26.7687	26.7708	26.7739		-	-	26.7697	26.7717
700	27.5591	27.5561	27.5582	27.5613		-	-	27.5571	27.5591
720	28.3465	28.3435	28.3456	28.3487	52 L	-	-	28.3445	28.3465
750	29.5276	29.5246	29.5267	29.5298	9 T	-	-	29.5256	29.5276
760	29.9213	29.9183	29.9204	29.9235		-	-	29.9193	29.9213
780	30.7087	30.7057	30.7078	30.7109		-	-	30.7067	30.7087
790	31.1024	31.0994	31.1015	31.1046		-	-	31.1004	31.1024
800	31.4961	31.4931	31.4952	31.4974		-	-	31.4941	31.4952
820	32.2835	32.2796	32.2825	32.2860		-	-	32.2813	32.2835
830	32.6772	32.6733	32.6762	32.6797		-	-	32.6750	32.6772
850	33.4646	33.4607	33.4636	33.4671		-	-	33.4624	33.4646
870	34.2520	34.2481	34.2510	34.2545	64 L	-	-	34.2498	34.2520
920	36.2205	36.2166	36.2195	36.2230	10 T	-	-	36.2183	36.2205
950	37.4016	37.3977	37.4006	37.4041		-	-	37.3994	37.4016
980	38.5827	38.5788	38.5817	38.5852		-	-	38.5805	38.5827
1 000	39.3701	39.3662	-	-		-	-	-	-
1 150	45.2756	45.2707	-	-		-	-	-	-
1 250	49.2126	49.2077	-	-		-	-	-	-
1 400	55.1181	55.1118	-	-		-	-	-	-
1 600	62.9921	62.9858	-	-		-	-	-	-

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakeripesän reiän halkaisija D	Sovitteet		Toleranssiluokat		M5		M6		M7					
	max	min	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup> min	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup> min	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup> min	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup> min				
mm	in.		in.	-	in.	-	in.	-	in.	-				
16	0.6299	0.6296	0.6294	0.6301	5 L 5 T	0.6294	0.6298	2 L 5 T	0.6293	0.6297	1 L 6 T	0.6292	0.6299	3 L 7 T
19	0.7480	0.7476	0.7474	0.7482		0.7474	0.7478		0.7473	0.7478		0.7472	0.7480	
22	0.8661	0.8657	0.8655	0.8663		0.8655	0.8659		0.8654	0.8659		0.8653	0.8661	
24	0.9449	0.9445	0.9443	0.9451	6 L	0.9443	0.9447	2 L	0.9442	0.9447	2 L	0.9441	0.9449	4 L
26	1.0236	1.0232	1.0230	1.0238	6 T	1.0230	1.0234	6 T	1.0229	1.0234	7 T	1.0228	1.0236	8 T
28	1.1024	1.1020	1.1018	1.1026		1.1018	1.1022		1.1017	1.1022		1.1016	1.1024	
30	1.1811	1.1807	1.1805	1.1813		1.1805	1.1809		1.1804	1.1809		1.1803	1.1811	
32	1.2598	1.2594	1.2591	1.2601		1.2592	1.2596		1.2590	1.2596		1.2588	1.2598	
35	1.3780	1.3776	1.3773	1.3783		1.3774	1.3778		1.3772	1.3778		1.3770	1.3780	
37	1.4567	1.4563	1.4560	1.4570	7 L	1.4561	1.4565	2 L	1.4559	1.4565	2 L	1.4557	1.4567	4 L
40	1.5748	1.5744	1.5741	1.5751	7 T	1.5742	1.5746	6 T	1.5740	1.5746	8 T	1.5738	1.5748	10 T
42	1.6535	1.6531	1.6528	1.6538		1.6529	1.6533		1.6527	1.6533		1.6525	1.6535	
47	1.8504	1.8500	1.8497	1.8507		1.8498	1.8502		1.8496	1.8502		1.8494	1.8504	
52	2.0472	2.0467	2.0464	2.0476		2.0465	2.0470		2.0463	2.0470		2.0460	2.0472	
55	2.1654	2.1649	2.1646	2.1658		2.1647	2.1652		2.1645	2.1652		2.1642	2.1654	
62	2.4409	2.4404	2.4401	2.4413		2.4402	2.4407		2.4400	2.4407		2.4397	2.4409	
68	2.6772	2.6767	2.6764	2.6776	9 L	2.6765	2.6770	3 L	2.6763	2.6770	3 L	2.6760	2.6772	5 L
72	2.8346	2.8341	2.8338	2.8350	8 T	2.8339	2.8344	7 T	2.8337	2.8344	3 T	2.8334	2.8346	12 T
75	2.9527	2.9522	2.9519	2.9531		2.9520	2.9525		2.9518	2.9525		2.9516	2.9528	
80	3.1496	3.1491	3.1488	3.1500		3.1489	3.1494		3.1487	3.1494		3.1484	3.1496	
85	3.3465	3.3459	3.3455	3.3469		3.3456	3.3462		3.3454	3.3463		3.3451	3.3465	
90	3.5433	3.5427	3.5423	3.5437		3.5424	3.5430		3.5422	3.5431		3.5419	3.5433	
95	3.7402	3.7396	3.7392	3.7406	10 L	3.7393	3.7399	3 L	3.7391	3.7400	4 L	3.7388	3.7402	6 L
100	3.9370	3.9364	3.9360	3.9374	10 T	3.9361	3.9367	9 T	3.9359	3.9368	11 T	3.9356	3.9370	14 T
110	4.3307	4.3301	4.3297	4.3311		4.3298	4.3304		4.3296	4.3305		4.3293	4.3307	
115	4.5276	4.5270	4.5266	4.5280		4.5267	4.5273		4.5265	4.5274		4.5262	4.5276	
120	4.7244	4.7238	4.7234	4.7248		4.7235	4.7241		4.7233	4.7242		4.7230	4.7244	
125	4.9213	4.9206	4.9202	4.9218		4.9202	4.9210		4.9200	4.9210		4.9197	4.9213	
130	5.1181	5.1174	5.1170	5.1186	12 L	5.1170	5.1178	4 L	5.1168	5.1178	4 L	5.1165	5.1181	7 L
140	5.5118	5.5111	5.5107	5.5123	11 T	5.5107	5.5115	11 T	5.5105	5.5115	13 T	5.5102	5.5118	16 T
145	5.7087	5.7080	5.7076	5.7092		5.7076	5.7084		5.7074	5.7084		5.7071	5.7087	
150	5.9055	5.9048	5.9044	5.9060		5.9044	5.9052		5.9042	5.9052		5.9039	5.9055	
160	6.2992	6.2982	6.2981	6.2997	15 L	6.2981	6.2988	6 L	6.2979	6.2989	7 L	6.2976	6.2992	10 L
165	6.4961	6.4951	6.4950	6.4966	11 T	6.4950	6.4957	11 T	6.4948	6.4958	13 T	6.4945	6.4961	16 T
170	6.6929	6.6919	6.6918	6.6934		6.6918	6.6925		6.6916	6.6926		6.6913	6.6929	
180	7.0866	7.0856	7.0855	7.0871		7.0855	7.0862		7.0853	7.0863		7.0850	7.0866	
190	7.4803	7.4791	7.4790	7.4808		7.4791	7.4798		7.4788	7.4800		7.4785	7.4803	
200	7.8740	7.8728	7.8727	7.8745		7.8728	7.8735		7.8725	7.8737		7.8722	7.8740	
210	8.2677	8.2665	8.2664	8.2682		8.2665	8.2672		8.2662	8.2674		8.2659	8.2677	
215	8.4646	8.4634	8.4633	8.4651		8.4634	8.4641		8.4631	8.4643		8.4628	8.4646	
220	8.6614	8.6602	8.6601	8.6619	17 L	8.6602	8.6609	7 L	8.6599	8.6611	9 L	8.6596	8.6614	12 L
225	8.8583	8.8571	8.8570	8.8588	13 T	8.8571	8.8578	12 T	8.8568	8.8580	15 T	8.8565	8.8583	18 T
230	9.0551	9.0539	9.0538	9.0556		9.0539	9.0546		9.0536	9.0548		9.0533	9.0551	
240	9.4488	9.4476	9.4475	9.4493		9.4476	9.4483		9.4473	9.4485		9.4470	9.4488	
250	9.8425	9.8413	9.8412	9.8430		9.8413	9.8420		9.8410	9.8422		9.8407	9.8425	

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakeripesän reian halkaisija D	Sovitteet		Toleranssiluokat		M5		M6		M7				
	max	min	Laakeripesän reikä max	So-vite <sup>1)</sup>	Laakeripesän reikä min	So-vite <sup>1)</sup>	Laakeripesän reikä max	min	So-vite <sup>1)</sup>	Laakeripesän reikä min	So-vite <sup>1)</sup>		
mm	in.		in.	–	in.	–	in.		–	in.	–		
260	10.2362	10.2348	10.2348	10.2368		10.2348	10.2357		10.2346	10.2364	10.2342	10.2362	
270	10.6299	10.6285	10.6285	10.6305		10.6285	10.6294		10.6283	10.6301	10.6279	10.6299	
280	11.0236	11.0222	11.0222	11.0242	20 L	11.0222	11.0231	9 L	11.0220	11.0238	10 L	11.0216	11.0236
290	11.4173	11.4159	11.4159	11.4179	14 T	11.4159	11.4168	14 T	11.4157	11.4175	16 T	11.4153	11.4173
300	11.8110	11.8096	11.8096	11.8116		11.8096	11.8105		11.8094	11.8112		11.8090	11.8110
310	12.2047	12.2033	12.2033	12.2053		12.2033	12.2042		12.2031	12.2049		12.2027	12.2047
320	12.5984	12.5968	12.5968	12.5991		12.5969	12.5978		12.5966	12.5986		12.5962	12.5984
340	13.3858	13.3842	13.3842	13.3865		13.3843	13.3852		13.3840	13.3860		13.3836	13.3858
360	14.1732	14.1716	14.1716	14.1739	23 L	14.1717	14.1726	10 L	14.1714	14.1734	12 L	14.1710	14.1732
370	14.5669	14.5654	14.5653	14.5677	16 T	14.5654	14.5664	15 T	14.5651	14.5672	18 T	14.5647	14.5669
380	14.9606	14.9590	14.9590	14.9613		14.9591	14.9600		14.9588	14.9608		14.9584	14.9606
400	15.7480	15.7464	15.7464	15.7487		15.7465	15.7474		15.7462	15.7482		15.7458	15.7480
420	16.5354	16.5336	16.5336	16.5361		16.5337	16.5347		16.5334	16.5356		16.5329	16.5354
440	17.3228	17.3210	17.3210	17.3235	25 L	17.3211	17.3221	11 L	17.3208	17.3230	14 L	17.3203	17.3228
460	18.1102	18.1084	18.1084	18.1109	18 T	18.1085	18.1095	17 T	18.1082	18.1104	20 T	18.1077	18.1102
480	18.8976	18.8958	18.8958	18.8983		18.8959	18.8969		18.8956	18.8978		18.8951	18.8976
500	19.6850	19.6832	19.6832	19.6857		19.6833	19.6843		19.6830	19.6852		19.6825	19.6850
520	20.4724	20.4704	20.4696	20.4724		–	–		20.4696	20.4714		20.4686	20.4714
540	21.2598	21.2578	21.2570	21.2598		–	–		21.2570	21.2588		21.2560	21.2588
560	22.0472	22.0452	22.0444	22.0472	20 L	–	–	–	22.0444	22.0462	10 L	22.0435	22.0462
580	22.8346	22.8326	22.8318	22.8346	28 T	–	–	–	22.8318	22.8336	28 T	22.8308	22.8336
600	23.6220	23.6200	23.6192	23.6220		–	–		23.6192	23.6210		23.6182	23.6210
620	24.4094	24.4074	24.4066	24.4094		–	–		24.4066	24.4084		24.4056	24.4084
650	25.5906	25.5876	25.5875	25.5906		–	–		25.5875	25.5894		25.5863	25.5894
670	26.3780	26.3750	26.3749	26.3780		–	–		26.3749	26.3768		26.3737	26.3768
680	26.7717	26.7687	26.7686	26.7717		–	–		26.7686	26.7705		26.7674	26.7705
700	27.5591	27.5561	27.5560	27.5591		–	–		27.5560	27.5579		27.5548	27.5579
720	28.3465	28.3435	28.3434	28.3465	30 L	–	–	–	28.3434	28.3453	18 L	28.3422	28.3453
750	29.5276	29.5246	29.5245	29.5276	31 T	–	–	–	29.5245	29.5264	31 T	29.5233	29.5264
760	29.9213	29.9183	29.9182	29.9213		–	–		29.9182	29.9201		29.9169	29.9201
780	30.7087	30.7057	30.7056	30.7087		–	–		30.7056	30.7075		30.7044	30.7075
790	31.1024	31.0994	31.0993	31.1024		–	–		31.0993	31.1012		31.0981	31.1012
800	31.4961	31.4931	31.4930	31.4952		–	–		31.4930	31.4940		31.4917	31.4949
820	32.2835	32.2796	32.2800	32.2835		–	–		32.2800	32.2822		32.2786	32.2822
830	32.6772	32.6733	32.6737	32.6772		–	–		32.6737	32.6759		32.6723	32.6758
850	33.4646	33.4607	33.4611	33.4646		–	–		33.4611	33.4633		33.4597	33.4633
870	34.2520	34.2481	34.2485	34.2520	39 L	–	–	–	34.2485	34.2507	26 L	34.2471	34.2507
920	36.2205	36.2166	36.2170	36.2205	35 T	–	–	–	36.2170	36.2192	35 T	36.2156	36.2192
950	37.4016	37.3977	37.3981	37.4016		–	–		37.3981	37.4003		37.3967	37.4003
980	38.5827	38.5788	38.5792	38.5827		–	–		38.5792	38.5814		38.5778	38.5814
1 000	39.3701	39.3662	–	–		–	–		–	–		39.3652	39.3688
1 150	45.2756	45.2707	–	–		–	–		–	–		45.2699	45.2740
1 250	49.2126	49.2077	–	–		–	–		–	–		49.2069	49.2110
1 400	55.1181	55.1118	–	–		–	–		–	–		55.1113	55.1162
1 600	62.9921	62.9858	–	–		–	–		–	–		62.9853	62.9902

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakeripesän reiän halkaisija D	Laakeripesän reiän halkaisija		Sovitteet Toleranssiluokat N6		So-vite <sup>1)</sup>	N7 Laakeripesän reiäkä		So-vite <sup>1)</sup>	P6 Laakeripesän reiäkä		So-vite <sup>1)</sup>	P7 Laakeripesän reiäkä		So-vite <sup>1)</sup>
	max	min	max	min		max	min		max	min		max	min	
mm	in.		in.		–	in.		–	in.		–	in.		–
16	0.6299	0.6296	0.6291	0.6295	1T 8T	0.6290	0.6297	1L 9T	0.6289	0.6293	3T 10T	0.6288	0.6295	1T 11T
19	0.7480	0.7476	0.7471	0.7476		0.7469	0.7477		0.7468	0.7473		0.7466	0.7474	
22	0.8661	0.8657	0.8652	0.8657		0.8650	0.8658		0.8649	0.8654		0.8647	0.8655	
24	0.9449	0.9445	0.9440	0.9445	0T	0.9438	0.9446	1L	0.9437	0.9442	3T	0.9435	0.9443	2T
26	1.0236	1.0232	1.0227	1.0232	9T	1.0225	1.0233	11T	1.0224	1.0229	12T	1.0222	1.0230	14T
28	1.1024	1.1020	1.1015	1.1020		1.1013	1.1021		1.1012	1.1017		1.1010	1.1018	
30	1.1811	1.1807	1.1802	1.1807		1.1800	1.1808		1.1799	1.1804		1.1797	1.1805	
32	1.2598	1.2594	1.2587	1.2593		1.2585	1.2595		1.2583	1.2590		1.2581	1.2591	
35	1.3780	1.3776	1.3769	1.3775		1.3767	1.3777		1.3765	1.3772		1.3763	1.3773	
37	1.4567	1.4563	1.4556	1.4562	1T	1.4554	1.4564	1L	1.4552	1.4559	4T	1.4550	1.4560	3T
40	1.5748	1.5744	1.5737	1.5743	11T	1.5735	1.5745	13T	1.5733	1.5740	15T	1.5731	1.5741	17T
42	1.6535	1.6531	1.6524	1.6530		1.6522	1.6532		1.6520	1.6527		1.6518	1.6528	
47	1.8504	1.8500	1.8493	1.8499		1.8491	1.8501		1.8489	1.8496		1.8487	1.8497	
52	2.0472	2.0467	2.0459	2.0466		2.0457	2.0468		2.0454	2.0462		2.0452	2.0464	
55	2.1654	2.1649	2.1641	2.1648		2.1639	2.1650		2.1636	2.1644		2.1634	2.1646	
62	2.4409	2.4404	2.4396	2.4403		2.4394	2.4405		2.4391	2.4399		2.4389	2.4401	
68	2.6772	2.6767	2.6759	2.6766	1T 13T	2.6760	2.6770	1L 15T	2.6750	2.6760	5T 18T	2.6752	2.6763	3T 20T
72	2.8346	2.8341	2.8333	2.8340		2.8331	2.8342		2.8328	2.8336		2.8326	2.8338	
75	2.9527	2.9522	2.9515	2.9522		2.9510	2.9520		2.9510	2.9520		2.9507	2.9519	
80	3.1496	3.1491	3.1483	3.1490		3.1481	3.1492		3.1478	3.1486		3.1476	3.1488	
85	3.3465	3.3459	3.3450	3.3459		3.3447	3.3461		3.3445	3.3453		3.3442	3.3456	
90	3.5433	3.5427	3.5418	3.5427		3.5415	3.5429		3.5413	3.5421		3.5410	3.5424	
95	3.7402	3.7396	3.7387	3.7396	0T	3.7380	3.7400	2L	3.7380	3.7390	6T	3.7378	3.7392	3T
100	3.9370	3.9364	3.9355	3.9364	15T	3.9352	3.9366	18T	3.9350	3.9358	20T	3.9347	3.9361	23T
110	4.3307	4.3301	4.3292	4.3301		4.3289	4.3303		4.3287	4.3295		4.3284	4.3298	
115	4.5276	4.5270	4.5261	4.5270		4.5258	4.5272		4.5256	4.5264		4.5253	4.5267	
120	4.7244	4.7238	4.7229	4.7238		4.7226	4.7240		4.7224	4.7232		4.7221	4.7235	
125	4.9213	4.9206	4.9195	4.9205		4.9193	4.9208		4.9189	4.9199		4.9186	4.9202	
130	5.1181	5.1174	5.1163	5.1173	1T	5.1161	5.1176	2L	5.1157	5.1167	7T	5.1154	5.1170	4T
140	5.5118	5.5111	5.5100	5.5110	18T	5.5098	5.5113	20T	5.5094	5.5104	24T	5.5091	5.5107	27T
145	5.7087	5.7080	5.7069	5.7079		5.7067	5.7082		5.7063	5.7073		5.7060	5.7076	
150	5.9055	5.9048	5.9037	5.9047		5.9035	5.9050		5.9031	5.9041		5.9028	5.9044	
160	6.2992	6.2982	6.2974	6.2984		6.2972	6.2987		6.2968	6.2978		6.2965	6.2981	
165	6.4961	6.4951	6.4943	6.4953	2L	6.4940	6.4960	5L	6.4940	6.4950	4T	6.4934	6.4950	1T
170	6.6929	6.6919	6.6911	6.6921	18T	6.6909	6.6924	20T	6.6905	6.6915	24T	6.6902	6.6918	27T
180	7.0866	7.0856	7.0848	7.0858		7.0846	7.0861		7.0842	7.0852		7.0839	7.0855	
190	7.4803	7.4791	7.4783	7.4794		7.4779	7.4797		7.4775	7.4787		7.4772	7.4790	
200	7.8740	7.8728	7.8720	7.8731		7.8716	7.8734		7.8712	7.8724		7.8709	7.8727	
210	8.2677	8.2665	8.2657	8.2668		8.2653	8.2671		8.2649	8.2661		8.2646	8.2664	
215	8.4646	8.4634	8.4626	8.4637		8.4622	8.4640		8.4618	8.4630		8.4615	8.4633	
220	8.6614	8.6602	8.6594	8.6606		8.6590	8.6610		8.6590	8.6600		8.6583	8.6601	
225	8.8583	8.8571	8.8563	8.8574	3L 20T	8.8559	8.8577	6L 24T	8.8555	8.8567	4T 28T	8.8552	8.8570	1T 31T
230	9.0551	9.0539	9.0531	9.0543		9.0530	9.0550		9.0520	9.0540		9.0520	9.0538	
240	9.4488	9.4476	9.4468	9.4479		9.4464	9.4482		9.4460	9.4472		9.4457	9.4475	
250	9.8425	9.8413	9.8405	9.8416		9.8401	9.8419		9.8397	9.8409		9.8394	9.8412	

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).



## Laakeripesien toleranssit ja sovitteet (tuumakoot)

Laakeripesän reian halkaisija D	Sovitteet Toleranssiluokat		N6 Laakeripesän reikä		N7 Laakeripesän reikä		P6 Laakeripesän reikä		P7 Laakeripesän reikä					
	max	min	max	So-vite <sup>1)</sup>	max	min	max	min	max	min				
mm	in.		in.	–	in.		in.		in.					
260	10.2362	10.2348	10.2340	10.2352		10.2336	10.2356	10.2331	10.2343	10.2327	10.2348			
270	10.6299	10.6285	10.6277	10.6289		10.6270	10.6290	10.6270	10.6280	10.6265	10.6285			
280	11.0236	11.0222	11.0214	11.0226	4 L	11.0210	11.0230	8 L	11.0205	11.0217	5 T	11.0201	11.0222	0 T
290	11.4173	11.4159	11.4151	11.4163	22 T	11.4150	11.4170	26 T	11.4140	11.4150	31 T	11.4139	11.4159	35 T
300	11.8110	11.8096	11.8088	11.8100		11.8084	11.8104		11.8079	11.8091		11.8075	11.8096	
310	12.2047	12.2033	12.2025	12.2037		12.2021	12.2041		12.2016	12.2028		12.2012	12.2033	
320	12.5984	12.5968	12.5960	12.5974		12.5955	12.5978		12.5950	12.5964		12.5945	12.5968	
340	13.3858	13.3842	13.3834	13.3848		13.3829	13.3852		13.3824	13.3838		13.3819	13.3842	
360	14.1732	14.1716	14.1708	14.1722	6 L	14.1703	14.1726	10 L	14.1698	14.1712	4 T	14.1693	14.1716	0 T
370	14.5669	14.5654	14.5645	14.5659	24 T	14.5640	14.5660	29 T	14.5640	14.5650	34 T	14.5631	14.5653	39 T
380	14.9606	14.9590	14.9582	14.9596		14.9577	14.9600		14.9572	14.9586		14.9567	14.9590	
400	15.7480	15.7464	15.7456	15.7470		15.7451	15.7474		15.7446	15.7460		15.7441	15.7464	
420	16.5354	16.5336	16.5328	16.5343		16.5323	16.5347		16.5317	16.5332		16.5311	16.5336	
440	17.3228	17.3210	17.3202	17.3217	7 L	17.3197	17.3221	11 L	17.3191	17.3206	4 T	17.3185	17.3210	0 T
460	18.1102	18.1084	18.1076	18.1091	26 T	18.1071	18.1095	31 T	18.1065	18.1080	37 T	18.1059	18.1084	43 T
480	18.8976	18.8958	18.8950	18.8965		18.8945	18.8969		18.8939	18.8954		18.8933	18.8958	
500	19.6850	19.6832	19.6824	19.6839		19.6819	19.6843		19.6813	19.6828		19.6807	19.6832	
520	20.4724	20.4704	20.4689	20.4707		20.4679	20.4707		20.4676	20.4693		20.4666	20.4693	
540	21.2598	21.2578	21.2563	21.2581		21.2553	21.2581		21.2550	21.2567		21.2545	21.2567	
560	22.0472	22.0452	22.0438	22.0455	3 L	22.0430	22.0460	3 L	22.0420	22.0440	11 T	22.0414	22.0442	11 T
580	22.8346	22.8326	22.8311	22.8329	35 T	22.8301	22.8329	45 T	22.8298	22.8315	48 T	22.8288	22.8315	58 T
600	23.6220	23.6200	23.6185	23.6203		23.6175	23.6203		23.6172	23.6189		23.6162	23.6189	
620	24.4094	24.4074	24.4059	24.4077		24.4049	24.4077		24.4046	24.4063		24.4036	24.4063	
650	25.5906	25.5876	25.5867	25.5886		25.5855	25.5886		25.5852	25.5871		25.5840	25.5871	
670	26.3780	26.3750	26.3741	26.3760		26.3729	26.3760		26.3726	26.3745		26.3714	26.3745	
680	26.7717	26.7687	26.7678	26.7697		26.7666	26.7697		26.7663	26.7682		26.7651	26.7682	
700	27.5591	27.5561	27.5552	27.5571		27.5540	27.5571		27.5537	27.5556		27.5525	27.5556	
720	28.3465	28.3435	28.3426	28.3445	10 L	28.3414	28.3445	10 L	28.3411	28.3430	5 T	28.3399	28.3430	5 T
750	29.5276	29.5246	29.5237	29.5256	39 T	29.5225	29.5256	51 T	29.5222	29.5241	54 T	29.5210	29.5241	66 T
760	29.9213	29.9183	29.9173	29.9193		29.9160	29.9190		29.9160	29.9180		29.9146	29.9178	
780	30.7087	30.7057	30.7048	30.7067		30.7036	30.7077		30.7033	30.7052		30.7021	30.7052	
790	31.1024	31.0994	31.0985	31.1004		31.0973	31.1004		31.0970	31.0989		31.0958	31.0989	
800	31.4961	31.4931	31.4921	31.4941		31.4910	31.4940		31.4910	31.4930		31.4894	31.4926	
820	32.2835	32.2796	32.2791	32.2813		32.2778	32.2813		32.2774	32.2796		32.2760	32.2796	
830	32.6772	32.6733	32.6728	32.6750		32.6710	32.6750		32.6710	32.6730		32.6697	32.6732	
850	33.4646	33.4607	33.4602	33.4624		33.4589	33.4624		33.4585	33.4607		33.4571	33.4607	
870	34.2520	34.2481	34.2476	34.2498	17 L	34.2463	34.2498	17 L	34.2459	34.2481	0 T	34.2445	34.2481	0 T
920	36.2205	36.2166	36.2161	36.2183	44 T	36.2148	36.2183	57 T	36.2144	36.2166	61 T	36.2130	36.2166	75 T
950	37.4016	37.3977	37.3972	37.3994		37.3959	37.3994		37.3955	37.3977		37.3941	37.3977	
980	38.5827	38.5788	38.5783	38.5805		38.5770	38.5805		38.5766	38.5788		38.5752	38.5788	
1 000	39.3701	39.3662	39.3657	39.3679		39.3644	39.3679		39.3640	39.3662		39.3626	39.3662	
1 150	45.2756	45.2707	45.2704	45.2730	23 L	45.2689	45.2730	23 L	45.2683	45.2709	2 L	45.2667	45.2709	2 L
1 250	49.2126	49.2077	49.2074	49.2100	52 T	49.2059	49.2100	67 T	49.2053	49.2079	73 T	49.2037	49.2079	89 T
1 400	55.1181	55.1118	55.1120	55.1150	32 L	55.1101	55.1150	32 L	55.1095	55.1126	8 L	55.1077	55.1126	8 L
1 600	62.9921	62.9858	62.9860	62.9890	61 T	62.9841	62.9890	80 T	62.9835	62.9866	86 T	62.9817	62.9866	104 T

<sup>1)</sup> Sovite 0.0001 tuumaa. L tarkoittaa välisovitetta (löysä), T ahdistusovitetta (tiukka).

## Muunnetut akselin halkaisijan eromitat (käytetään tuumakokoisille laakereille)

Nimellishalkaisija		Muunnetut poikkeamat välis-/ahdistusoviteille toleranssiluokittain:											
Akselisovite Laakerin reikä yli	ml.	g6		h6		j5		j6		js6		k5	
		suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin
mm		µm											
10	18	+2	-4	+8	+2	+13	+10	+16	+10	+14	+7	+17	+14
18	30	+3	-7	+10	0	+15	+9	+19	+9	+17	+6	+21	+15
30	50	+3	-12	+12	-3	+18	+8	+23	+8	+20	+5	+25	+15
50	76,2	+5	-16	+15	-6	+21	+6	+27	+6	+25	+3	+30	+15
76,2	80	+5	-4	+15	+6	+21	+18	+27	+18	+25	+15	+30	+27
80	120	+8	-9	+20	+3	+26	+16	+33	+16	+31	+14	+38	+28
120	180	+11	-14	+25	0	+32	+14	+39	+14	+38	+12	+46	+28
180	250	+15	-19	+30	-4	+37	+12	+46	+12	+45	+10	+54	+29
250	304,8	+18	-24	+35	-7	+42	+9	+51	+9	+51	+9	+62	+29
304,8	315	+18	+2	+35	+19	+42	+35	+51	+35	+51	+35	+62	+55
315	400	+22	-3	+40	+15	+47	+33	+58	+33	+58	+33	+69	+55
400	500	+25	-9	+45	+11	+52	+31	+65	+31	+65	+31	+77	+56
500	609,6	+28	-15	+50	+7	-	-	+72	+29	+72	+29	+78	+51
609,6	630	+28	+10	+50	+32	-	-	+72	+54	+72	+54	+78	+76
630	800	+51	+2	+75	+26	-	-	+100	+51	+100	+51	+107	+76
800	914,4	+74	-6	+100	+20	-	-	+128	+48	+128	+48	+136	+76
914,4	1 000	+74	+20	+100	+46	-	-	+128	+74	+128	+74	+136	+102
1 000	1 219,2	+97	+8	+125	+36	-	-	+158	+69	+158	+69	+167	+102

Nimellishalkaisija		Muunnetut poikkeamat välis-/ahdistusoviteille toleranssiluokittain:											
Akselisovite Laakerin reikä yli	ml.	k6		m5		m6		n6		p6			
		suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin
mm		µm											
10	18	+20	+14	+23	+20	+26	+20	+31	+25	+37	+31	+31	+31
18	30	+25	+15	+27	+21	+31	+21	+38	+28	+45	+35	+35	+35
30	50	+30	+15	+32	+22	+37	+22	+45	+30	+54	+39	+39	+39
50	76,2	+36	+15	+39	+24	+45	+24	+54	+33	+66	+45	+45	+45
76,2	80	+36	+27	+39	+36	+45	+36	+54	+45	+66	+57	+57	+57
80	120	+45	+28	+48	+38	+55	+38	+65	+48	+79	+62	+62	+62
120	180	+53	+28	+58	+40	+65	+40	+77	+52	+93	+68	+68	+68
180	250	+63	+29	+67	+42	+76	+42	+90	+56	+109	+75	+75	+75
250	304,8	+71	+29	+78	+45	+87	+45	+101	+59	+123	+81	+81	+81
304,8	315	+71	+55	+78	+71	+87	+71	+101	+85	+123	+107	+107	+107
315	400	+80	+55	+86	+72	+97	+72	+113	+88	+138	+113	+113	+113
400	500	+90	+56	+95	+74	+108	+74	+125	+91	+153	+119	+119	+119
500	609,6	+94	+51	+104	+77	+120	+77	+138	+95	+172	+129	+129	+129
609,6	630	+94	+76	+104	+102	+120	+102	+138	+120	+172	+154	+154	+154
630	800	+125	+76	+137	+106	+155	+106	+175	+126	+212	+164	+164	+164
800	914,4	+156	+76	+170	+110	+190	+110	+212	+132	+256	+176	+176	+176
914,4	1 000	+156	+102	+170	+136	+190	+136	+212	+158	+256	+202	+202	+202
1 000	1 219,2	+191	+102	+207	+142	+231	+142	+257	+168	+311	+222	+222	+222

## Muunnetut laakeripesän reiän eromitat (käytetään tuumakokoisille laakereille)

Nimellishalkaisija		Muunnetut poikkeamat vällys-/ahdistusovitteille toleranssiluokittain:									
Laakeripesän reiän sovite Laakeripesän reiän halkaisija yli ml.		H7		J7		J6		K6		K7	
mm	mm	suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin
		µm									
30	50	+3	+25	+25	+14	+21	+19	+14	+12	+18	+7
50	80	+43	+25	+31	+13	+26	+19	+17	+10	+22	+4
80	120	+50	+25	+37	+12	+31	+19	+19	+7	+25	0
120	150	+58	+25	+44	+11	+36	+18	+22	+4	+30	-3
150	180	+65	+25	+51	+11	+43	+18	+29	+4	+37	-3
180	250	+76	+25	+60	+9	+52	+18	+35	+1	+43	-8
250	304,8	+87	+25	+71	+9	+60	+18	+40	-2	+51	-11
304,8	315	+87	+51	+71	+35	+60	+44	+40	+24	+51	+15
315	400	+97	+51	+79	+33	+69	+44	+47	+22	+57	+11
400	500	+108	+51	+88	+31	+78	+44	+53	+19	+63	+6
500	609,6	+120	+51	-	-	-	-	+50	+7	+50	-19
609,6	630	+120	+76	-	-	-	-	+50	+32	+50	+6
630	800	+155	+76	-	-	-	-	+75	+26	+75	-4
800	914,4	+190	+76	-	-	-	-	+100	+20	+100	-14
914,4	1 000	+190	+102	-	-	-	-	+100	+46	+100	+12
1 000	1 219,2	+230	+102	-	-	-	-	+125	+36	+125	-3
1 219,2	1 250	+230	+127	-	-	-	-	+125	+61	+125	+22
1 250	1 600	+285	+127	-	-	-	-	+160	+49	+160	+2

Nimellishalkaisija		Muunnetut poikkeamat vällys-/ahdistusovitteille toleranssiluokittain:									
Laakeripesän reiän sovite Laakeripesän reiän halkaisija yli ml.		M6		M7		N7		P7			
mm	mm	suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin	suurin	pienin
		µm									
30	50	+7	+5	+11	0	+3	-8	-6	-17		
50	80	+8	+1	+13	-5	+4	-14	-8	-26		
80	120	+9	-3	+15	-10	+5	-20	-9	-34		
120	150	+10	-8	+18	-15	+6	-27	-10	-43		
150	180	+17	-8	+25	-15	+13	-27	-3	-43		
180	250	+22	-12	+30	-21	+16	-35	-3	-54		
250	304,8	+26	-16	+35	-27	+21	-41	-1	-63		
304,8	315	+26	+10	+35	-1	+21	-15	-1	-37		
315	400	+30	+5	+40	-6	+24	-22	-1	-47		
400	500	+35	+1	+45	-12	+28	-29	0	-57		
500	609,6	+24	-19	+24	-45	+6	-63	-28	-97		
609,6	630	+24	+6	+24	-20	+6	-38	-28	-72		
630	800	+45	-4	+45	-34	+25	-54	-13	-92		
800	914,4	+66	-14	+66	-48	+44	-70	0	-114		
914,4	1 000	+66	+12	+66	-22	+44	-44	0	-88		
1 000	1 219,2	+85	-4	+85	-43	+59	-69	+5	-123		
1 219,2	1 250	+85	+21	+85	-18	+59	-44	+5	-98		
1 250	1 600	+112	+1	+112	-46	+82	-76	+20	-138		

## Akseleiden halkaisijat ja muototoleranssit (asennus holkille)

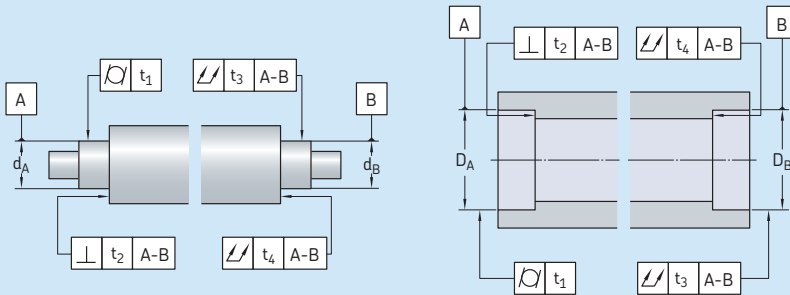
Akselin halkaisija		Halkaisija ja muototoleranssit		
d Nimellinen yli	ml.	Toleranssiluokka h9 Poikkeamat suurin		Toleranssiaste IT5 <sup>1)</sup> max
		pienin		
mm		µm		
10	18	0	-43	8
18	30	0	-52	9
30	50	0	-62	11
50	80	0	-74	13
80	120	0	-87	15
120	180	0	-100	18
180	250	0	-115	20
250	315	0	-130	23
315	400	0	-140	25
400	500	0	-155	27
500	630	0	-175	32
630	800	0	-200	36
800	1 000	0	-230	40
1 000	1 250	0	-260	47

<sup>1)</sup> Suositus koskee toleranssiluokkaa IT5/2, sillä toleranssialue t on säde. Yllä olevan taulukon arvot viittaavat kuitenkin akselin nimellishalkaisijaan eikä niitä ole tästä syystä puolitettu.

## ISO-toleranssiasteet

Nimellismita		Toleranssiasteet			IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
yli	ml.	IT1 max	IT2	IT3									
mm		µm											
<b>1</b>	<b>3</b>	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
<b>3</b>	<b>6</b>	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
<b>6</b>	<b>10</b>	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
<b>10</b>	<b>18</b>	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
<b>18</b>	<b>30</b>	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210
<b>30</b>	<b>50</b>	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250
<b>50</b>	<b>80</b>	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300
<b>80</b>	<b>120</b>	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350
<b>120</b>	<b>180</b>	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400
<b>180</b>	<b>250</b>	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460
<b>250</b>	<b>315</b>	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520
<b>315</b>	<b>400</b>	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570
<b>400</b>	<b>500</b>	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630
<b>500</b>	<b>630</b>	–	–	–	–	32	44	70	110	175	280	440	700
<b>630</b>	<b>800</b>	–	–	–	–	36	50	80	125	200	320	500	800
<b>800</b>	<b>1 000</b>	–	–	–	–	40	56	90	140	230	360	560	900
<b>1 000</b>	<b>1 250</b>	–	–	–	–	47	66	105	165	260	420	660	1050
<b>1 250</b>	<b>1 600</b>	–	–	–	–	55	78	125	195	310	500	780	1250
<b>1 600</b>	<b>2 000</b>	–	–	–	–	65	92	150	230	370	600	920	1 500
<b>2 000</b>	<b>2 500</b>	–	–	–	–	78	110	175	280	440	700	1 100	1 750

Laakerisijojen mitta- ja muototarkkuudet



**Pinta**

Ominaisuudet

Ominaisuuden symboli  
ominaisuudet Toleranssialue

**Sallitut poikkeamat**

Laakerien toleranssiluokka<sup>1)</sup>  
Normaali, CLN P6

P5



**Lieriösovite**

Lieriömäisyys



$t_1$

IT5/2

IT4/2

IT3/2

IT2/2

Kok.säteisheitto



$t_3$

IT5/2

IT4/2

IT3/2

IT2/2

**Matala olake**

Kohtisuoruus



$t_2$

IT5

IT4

IT3

IT2

Kok.aksiaalihatto



$t_4$

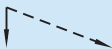
IT5

IT4

IT3

IT2

Selitys



Normaaleille  
vaatimuksille

Erikoisvaatimuksille  
pyörimistarkkuuden tai  
tasaisen tuennan suhteen

<sup>1)</sup> Lisätietoja tarkkuuslaakereista (toleranssiluokka P4 jne.) on osoitteessa [www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings).

Liite D-2

## Laakerisijojen pinnankarheus

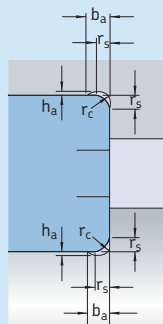
Pesä- ja akselihalkaisijat d (D) <sup>1)</sup> yli		Suositeltu R <sub>a</sub> -arvo hioutuille sovitteille Halkaisijan toleranssiaste		
ml.		IT7	IT6	IT5
mm		µm		
-	80	1,6	0,8	0,4
80	500	1,6	1,6	0,8
500	1 250	3,2 <sup>2)</sup>	1,6	1,6

<sup>1)</sup> Jos halkaisija > 1 250 mm, ota yhteys SKF-edustajaan.

<sup>2)</sup> Jos asennuksessa käytetään paineöljymenetelmää, R<sub>a</sub> ei saa olla suurempi kuin 1,6 mm.

Liite D-3

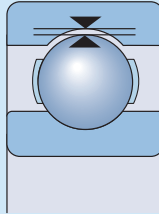
## Kaarevien kulmapyöristyksien mitat



## Laakerin viisteiden mitat

Laakerin viisteiden mitat	Kulmapyöristyksien mitat		
r <sub>s</sub>	b <sub>a</sub>	h <sub>a</sub>	r <sub>c</sub>
mm	mm		
1	2	0,2	1,3
1,1	2,4	0,3	1,5
1,5	3,2	0,4	2
2	4	0,5	2,5
2,1	4	0,5	2,5
3	4,7	0,5	3
4	5,9	0,5	4
5	7,4	0,6	5
6	8,6	0,6	6
7,5	10	0,6	7
9,5	12	0,6	9

## Urakuulalaakereiden säteisvällys



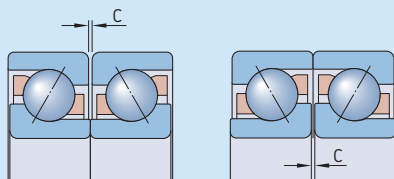
Akselin halkaisija		Sisäinen säteisvällys									
d	yli	C2		Normaali		C3		C4		C5	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
mm	ml.	μm									
2,5	6 <sup>1)</sup>	0	7	2	13	8	23	–	–	–	–
6	10 <sup>1)</sup>	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	225	2	35	25	85	75	140	125	195	175	265
225	250	2	40	30	95	85	160	145	225	205	300
250	280	2	45	35	105	90	170	155	245	225	340
280	315	2	55	40	115	100	190	175	270	245	370
315	355	3	60	45	125	110	210	195	300	275	410
355	400	3	70	55	145	130	240	225	340	315	460
400	450	3	80	60	170	150	270	250	380	350	520
450	500	3	90	70	190	170	300	280	420	390	570
500	560	10	100	80	210	190	330	310	470	440	630
560	630	10	110	90	230	210	360	340	520	490	700
630	710	20	130	110	260	240	400	380	570	540	780
710	800	20	140	120	290	270	450	430	630	600	860
800	900	20	160	140	320	300	500	480	700	670	960
900	1 000	20	170	150	350	330	550	530	770	740	1 040
1 000	1 120	20	180	160	380	360	600	580	850	820	1 150
1 120	1 250	20	190	170	410	390	650	630	920	890	1 260
1 250	1 400	30	200	190	440	420	700	680	1 000	–	–
1 400	1 600	30	210	210	470	450	750	730	1 060	–	–

<sup>1)</sup> Välysarvot eivät koske ruostumattomasta teräksestä valmistettuja urakuulalaakereita, joiden reiän halkaisija on d < 10 mm.



## Liite E-2

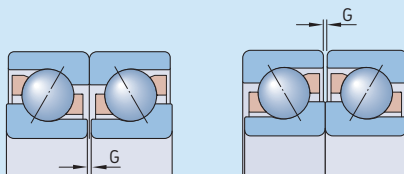
Pareittain asennettävien yksirivisten viistokuulalaakereiden aksiaalivälitys asetettuna kuormituslinjat toisistaan pois päin tai ristikkäin (0- tai X-järjestelmä)



Akselin halkaisija d		Sisäinen aksiaalivälitys Luokka					
yli	ml.	CA		CB		CC	
mm	mm	min	max	min	max	min	max
		μm					
10	18	5	13	15	23	24	32
18	30	7	15	18	26	32	40
30	50	9	17	22	30	40	48
50	80	11	23	26	38	48	60
80	120	14	26	32	44	55	67
120	180	17	29	35	47	62	74
180	250	21	37	45	61	74	90

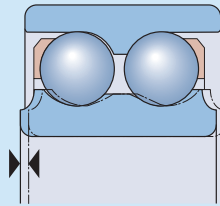
## Liite E-3

Pareittain asennettävien yksirivisten viistokuulalaakereiden esijännitys asetettuna kuormituslinjat toisistaan pois päin tai ristikkäin (0- tai X-järjestelmä)



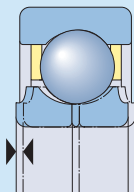
Akselin halkaisija d		Esijännitys Luokka				GC							
yli	ml.	GA		GB		min		max		min		max	
mm	mm	min	max	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
		μm		N		μm		N		μm		N	
10	18	+4	-4	80	-2	-10	30	330	-8	-16	230	660	
18	30	+4	-4	120	-2	-10	40	480	-8	-16	340	970	
30	50	+4	-4	160	-2	-10	60	630	-8	-16	450	1 280	
50	80	+6	-6	380	-3	-15	140	1 500	-12	-24	1 080	3 050	
80	120	+6	-6	410	-3	-15	150	1 600	-12	-24	1 150	3 250	
120	180	+6	-6	540	-3	-15	200	2 150	-12	-24	1 500	4 300	
180	250	+8	-8	940	-4	-20	330	3 700	-16	-32	2 650	7 500	

Kaksirivisten viistokuulalaakerien aksiaalivälkykset



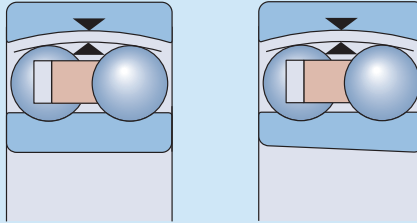
Akselin halkaisija		Laakerien aksiaalivälky, sarjoittain						33 D		33 DNRCBM	
d	ml.	32 A ja 33 A		Normaali		C3		min	max	min	max
yli		min	max	min	max	min	max				
mm		μm						μm		μm	
-	10	1	11	5	21	12	28	-	-	-	-
10	18	1	12	6	23	13	31	-	-	-	-
18	24	2	14	7	25	16	34	-	-	-	-
24	30	2	15	8	27	18	37	-	-	-	-
30	40	2	16	9	29	21	40	33	54	10	30
40	50	2	18	11	33	23	44	36	58	10	30
50	65	3	22	13	36	26	48	40	63	18	38
65	80	3	24	15	40	30	54	46	71	18	38
80	100	3	26	18	46	35	63	55	83	-	-
100	110	4	30	22	53	42	73	65	96	-	-

## Nelipisteviistokuulalaakerien aksiaalivälys



Akselin halkaisija d		Sisäinen aksiaalivälys C2		Normaali		C3		C4	
		min	max	min	max	min	max	min	max
yli	ml.								
mm		μm							
<b>10</b>	<b>17</b>	15	55	45	85	75	125	115	165
<b>17</b>	<b>40</b>	26	66	56	106	96	146	136	186
<b>40</b>	<b>60</b>	36	86	76	126	116	166	156	206
<b>60</b>	<b>80</b>	46	96	86	136	126	176	166	226
<b>80</b>	<b>100</b>	56	106	96	156	136	196	186	246
<b>100</b>	<b>140</b>	66	126	116	176	156	216	206	266
<b>140</b>	<b>180</b>	76	156	136	196	176	246	226	296
<b>180</b>	<b>220</b>	96	176	156	226	206	276	256	326

Pallomaisten kuulalaakerien säteisvällys



Akselin halkaisija d		Sisäisen säteisvällys C2							
yli	ml.	Normaali				C3		C4	
		min	max	min	max	min	max	min	max
mm		µm							

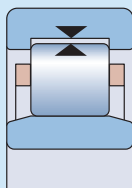
Lieriöreikäiset laakerit

2,5	6	1	8	5	15	10	20	15	25
6	10	2	9	6	17	12	25	19	33
10	14	2	10	6	19	13	26	21	35
14	18	3	12	8	21	15	28	23	37
18	24	4	14	10	23	17	30	25	39
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83
80	100	9	27	22	48	42	70	64	96
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114
120	140	10	38	30	68	60	100	90	135
140	160	15	44	35	80	70	120	110	161
160	180	15	50	40	92	82	138	126	185
180	200	17	57	47	105	93	157	144	212
200	225	18	62	50	115	100	170	155	230
225	250	20	70	57	130	115	195	175	255

Kartioreikäiset laakerit

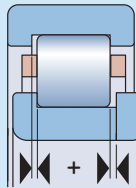
18	24	7	17	13	26	20	33	28	42
24	30	9	20	15	28	23	39	33	50
30	40	12	24	19	35	29	46	40	59
40	50	14	27	22	39	33	52	45	65
50	65	18	32	27	47	41	61	56	80
65	80	23	39	35	57	50	75	69	98
80	100	29	47	42	68	62	90	84	116
100	120	35	56	50	81	75	108	100	139

## Lieriörolla- ja neulalaakerien säteisvälys



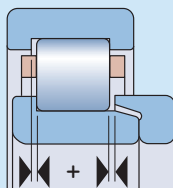
Akselin halkaisija d		Sisäinen säteisvälys C2									
yli	ml.	Normaali		C3		C4		C5		min	max
		min	max	min	max	min	max	min	max		
mm		μm									
–	10	0	25	20	45	35	60	50	75	–	–
10	24	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100	95	125
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110	110	140
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125	130	165
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140	155	190
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165	180	220
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190	200	245
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215	225	275
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220	250	300
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250	275	330
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280	305	365
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300	330	395
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330	370	440
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350	410	485
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385	455	535
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460	510	600
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510	565	665
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550	625	735
500	560	120	240	240	360	360	480	480	600	690	810
560	630	140	260	260	380	380	500	500	620	780	900
630	710	145	285	285	425	425	565	565	705	865	1 005
710	800	150	310	310	470	470	630	630	790	975	1 135
800	900	180	350	350	520	520	690	690	860	1 095	1 265
900	1 000	200	390	390	580	580	770	770	960	–	–
1 000	1 120	220	430	430	640	640	850	850	1 060	–	–
1 120	1 250	230	470	470	710	710	950	950	1 190	–	–
1 250	1 400	270	530	530	790	790	1 050	1 050	1 310	–	–
1 400	1 600	330	610	610	890	890	1 170	1 170	1 450	–	–
1 600	1 800	380	700	700	1 020	1 020	1 340	1 340	1 660	–	–
1 800	2 000	400	760	760	1 120	1 120	1 480	1 480	1 840	–	–

NUP lieriörullalaakerien aksiaalivälys



Laakeri Akselin halkaisija	Akselin kokoluokka	Laakerien aksiaalivälys, sarjoittain				NUP 22		NUP 23	
		NUP 2		NUP 3		min	max	min	max
mm	-	µm							
17	03	37	140	37	140	37	140	47	155
20	04	37	140	37	140	47	155	47	155
25	05	37	140	47	155	47	155	47	155
30	06	37	140	47	155	47	155	47	155
35	07	47	155	47	155	47	155	62	180
40	08	47	155	47	155	47	155	62	180
45	09	47	155	47	155	47	155	62	180
50	10	47	155	47	155	47	155	62	180
55	11	47	155	62	180	47	155	62	180
60	12	47	155	62	180	62	180	87	230
65	13	47	155	62	180	62	180	87	230
70	14	47	155	62	180	62	180	87	230
75	15	47	155	62	180	62	180	87	230
80	16	47	155	62	180	62	180	87	230
85	17	62	180	62	180	62	180	87	230
90	18	62	180	62	180	62	180	87	230
95	19	62	180	62	180	62	180	87	230
100	20	62	180	87	230	87	230	120	315
105	21	62	180	-	-	-	-	-	-
110	22	62	180	87	230	87	230	120	315
120	24	62	180	87	230	87	230	120	315
130	26	62	180	87	230	87	230	120	315
140	28	62	180	87	230	87	230	120	315
150	30	62	180	-	-	87	230	120	315
160	32	87	230	-	-	-	-	-	-
170	34	87	230	-	-	-	-	-	-
180	36	87	230	-	-	-	-	-	-
190	38	87	230	-	-	-	-	-	-
200	40	87	230	-	-	-	-	-	-
220	44	95	230	-	-	-	-	-	-
240	48	95	250	-	-	-	-	-	-
260	52	95	250	-	-	-	-	-	-

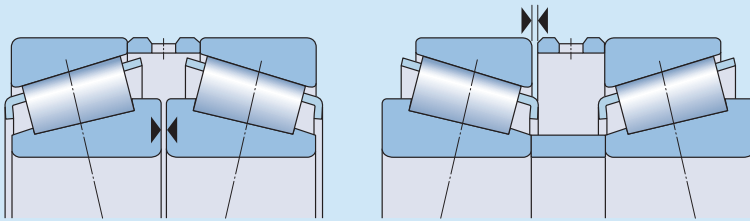
## NJ- ja HJ-lieriörullalaakerien aksiaalivälitys



Laakeri		Laakerien aksiaalivälitys, sarjoittain									
Akselin halkaisija	Akselin kokoluokka	NJ 2+HJ 2		NJ 3+HJ 3		NJ 4+HJ 4		NJ 22+HJ 22		NJ 23+HJ 23	
mm	-	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
		μm									
20	04	42	165	42	165	-	-	52	185	52	183
25	05	42	165	52	185	-	-	52	185	52	183
30	06	42	165	52	185	60	200	52	185	52	183
35	07	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
40	08	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
45	09	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
50	10	52	185	52	185	80	235	52	185	72	215
55	11	52	185	72	215	80	235	52	185	72	215
60	12	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
65	13	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
70	14	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
75	15	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
80	16	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
85	17	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
90	18	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
95	19	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
100	20	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
105	21	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
110	22	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
120	24	72	215	102	275	110	310	102	275	140	375
130	26	72	215	102	275	110	310	102	275	140	375
140	28	72	215	102	275	140	385	102	275	140	375
150	30	72	215	102	275	140	385	102	275	140	375
160	32	102	275	102	275	-	-	140	375	140	375
170	34	102	275	-	-	-	-	140	375	-	-
180	36	102	275	-	-	-	-	140	375	-	-
190	38	102	275	-	-	-	-	-	-	-	-
200	40	102	275	-	-	-	-	-	-	-	-
220	44	110	290	-	-	-	-	-	-	-	-
240	48	110	310	-	-	-	-	-	-	-	-
260	52	110	310	-	-	-	-	-	-	-	-
280	56	110	310	-	-	-	-	-	-	-	-

Tietoja luetteloon kuulumattomista laakereista antaa SKF:n sovellussuunnittelupalvelu.

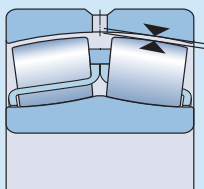
## Pareittain asennettävien yksirivisten kartiorullalaakerien aksiaalivälys



Akselin halkaisija d yli		Laakerien aksiaalivälys, sarjoittain						331, 302, 322, 332		303, 323		313	
		329		320		330		min	max	min	max	min	max
ml.		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
mm		µm											
–	30	–	–	80	120	–	–	100	140	130	170	60	100
30	40	–	–	100	140	–	–	120	160	140	180	70	110
40	50	–	–	120	160	180	220	140	180	160	200	80	120
50	65	–	–	140	180	200	240	160	200	180	220	100	140
65	80	–	–	160	200	250	290	180	220	200	260	110	170
80	100	270	310	190	230	350	390	210	270	240	300	110	170
100	120	270	330	220	280	340	400	220	280	280	340	130	190
120	140	310	370	240	300	340	400	240	300	330	390	160	220
140	160	370	430	270	330	340	400	270	330	370	430	180	240
160	180	370	430	310	370	–	–	310	370	390	450	–	–
180	190	370	430	340	400	–	–	340	400	440	500	–	–
190	200	390	450	340	400	–	–	340	400	440	500	–	–
200	225	440	500	390	450	–	–	390	450	490	550	–	–
225	250	440	500	440	500	–	–	440	500	540	600	–	–
250	280	540	600	490	550	–	–	490	550	–	–	–	–
280	300	640	700	540	600	–	–	540	600	–	–	–	–
300	340	640	700	590	650	–	–	590	650	–	–	–	–

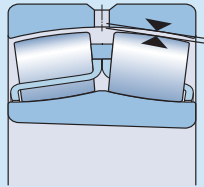


## Lieriöreikäisten pallomaisten rullalaakerien säteisvälys



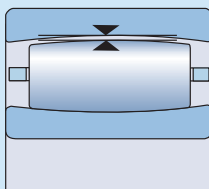
Akselin halkaisija d yli		Sisäinen säteisvälys C2									
		Normaali		C3		C4		C5			
ml.		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
mm		µm									
<b>14</b>	<b>18</b>	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
<b>18</b>	<b>24</b>	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
<b>24</b>	<b>30</b>	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
<b>30</b>	<b>40</b>	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
<b>40</b>	<b>50</b>	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
<b>50</b>	<b>65</b>	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
<b>65</b>	<b>80</b>	30	50	50	80	80	110	110	145	145	185
<b>80</b>	<b>100</b>	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
<b>100</b>	<b>120</b>	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
<b>120</b>	<b>140</b>	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
<b>140</b>	<b>160</b>	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
<b>160</b>	<b>180</b>	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
<b>180</b>	<b>200</b>	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
<b>200</b>	<b>225</b>	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
<b>225</b>	<b>250</b>	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
<b>250</b>	<b>280</b>	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
<b>280</b>	<b>315</b>	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
<b>315</b>	<b>355</b>	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
<b>355</b>	<b>400</b>	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
<b>400</b>	<b>450</b>	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
<b>450</b>	<b>500</b>	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
<b>500</b>	<b>560</b>	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1 000
<b>560</b>	<b>630</b>	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1 100
<b>630</b>	<b>710</b>	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1 190
<b>710</b>	<b>800</b>	210	390	390	580	580	770	770	1 010	1 010	1 300
<b>800</b>	<b>900</b>	230	430	430	650	650	860	860	1 120	1 120	1 440
<b>900</b>	<b>1 000</b>	260	480	480	710	710	930	930	1 220	1 220	1 570
<b>1 000</b>	<b>1 120</b>	290	530	530	780	780	1 020	1 020	1 330	1 330	1 720
<b>1 120</b>	<b>1 250</b>	320	580	580	860	860	1 120	1 120	1 460	1 460	1 870
<b>1 250</b>	<b>1 400</b>	350	640	640	950	950	1 240	1 240	1 620	1 620	2 060
<b>1 400</b>	<b>1 600</b>	400	720	720	1 060	1 060	1 380	1 380	1 800	1 800	2 300
<b>1 600</b>	<b>1 800</b>	450	810	810	1 180	1 180	1 550	1 550	2 000	2 000	2 550

## Kartioreikäisten pallomaisten rullalaakerien säteisvälys



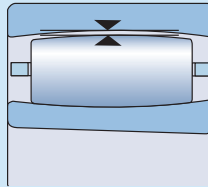
Akselin halkaisija d yli		Sisäinen säteisvälys C2									
		Normaali		C3		C4		C5			
ml.		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
mm		μm									
18	24	15	25	25	35	35	45	45	60	60	75
24	30	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
30	40	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	50	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	65	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
65	80	50	70	70	95	95	120	120	150	150	200
80	100	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
100	120	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
120	140	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
140	160	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
160	180	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430
180	200	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
200	225	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
225	250	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570
250	280	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
280	315	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
315	355	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
355	400	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
400	450	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
450	500	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1 000
500	560	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1 100
560	630	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1 230
630	710	350	510	510	670	670	850	850	1 090	1 090	1 360
710	800	390	570	570	750	750	960	960	1 220	1 220	1 500
800	900	440	640	640	840	840	1 070	1 070	1 370	1 370	1 690
900	1 000	490	710	710	930	930	1 190	1 190	1 520	1 520	1 860
1 000	1 120	530	770	770	1 030	1 030	1 300	1 300	1 670	1 670	2 050
1 120	1 250	570	830	830	1 120	1 120	1 420	1 420	1 830	1 830	2 250
1 250	1 400	620	910	910	1 230	1 230	1 560	1 560	2 000	2 000	2 450
1 400	1 600	680	1 000	1 000	1 350	1 350	1 720	1 720	2 200	2 200	2 700
1 600	1 800	750	1 110	1 110	1 500	1 500	1 920	1 920	2 400	2 400	2 950

## Lieriöreikäisten CARB-laakerien säteisvälys



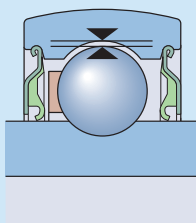
Akselin halkaisija d yli		Sisäinen säteisvälys C2									
		Normaali		C3		C4		C5			
ml.	mm	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
		μm									
18	24	15	30	25	40	35	55	50	65	65	85
24	30	15	35	30	50	45	60	60	80	75	95
30	40	20	40	35	55	55	75	70	95	90	120
40	50	25	45	45	65	65	85	85	110	105	140
50	65	30	55	50	80	75	105	100	140	135	175
65	80	40	70	65	100	95	125	120	165	160	210
80	100	50	85	80	120	120	160	155	210	205	260
100	120	60	100	100	145	140	190	185	245	240	310
120	140	75	120	115	170	165	215	215	280	280	350
140	160	85	140	135	195	195	250	250	325	320	400
160	180	95	155	150	220	215	280	280	365	360	450
180	200	105	175	170	240	235	310	305	395	390	495
200	225	115	190	185	265	260	340	335	435	430	545
225	250	125	205	200	285	280	370	365	480	475	605
250	280	135	225	220	310	305	410	405	520	515	655
280	315	150	240	235	330	330	435	430	570	570	715
315	355	160	260	255	360	360	485	480	620	620	790
355	400	175	280	280	395	395	530	525	675	675	850
400	450	190	310	305	435	435	580	575	745	745	930
450	500	205	335	335	475	475	635	630	815	815	1 015
500	560	220	360	360	520	510	690	680	890	890	1 110
560	630	240	400	390	570	560	760	750	980	970	1 220
630	710	260	440	430	620	610	840	830	1 080	1 070	1 340
710	800	300	500	490	680	680	920	920	1 200	1 200	1 480
800	900	320	540	530	760	750	1 020	1 010	1 330	1 320	1 660
900	1 000	370	600	590	830	830	1 120	1 120	1 460	1 460	1 830
1 000	1 120	410	660	660	930	930	1 260	1 260	1 640	1 640	2 040
1 120	1 250	450	720	720	1 020	1 020	1 380	1 380	1 800	1 800	2 240
1 250	1 400	490	800	800	1 130	1 130	1 510	1 510	1 970	1 970	2 460
1 400	1 600	570	890	890	1 250	1 250	1 680	1 680	2 200	2 200	2 740
1 600	1 800	650	1 010	1 010	1 390	1 390	1 870	1 870	2 430	2 430	3 000

## Kartioreikäisten CARB-laakerien säteisvälys



Akselin halkaisija d		Sisäisen säteisvälyksen C2											
yli	ml.	Normaali				C3		C4		C5			
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		
mm		µm											
18	24	15	35	30	45	40	55	55	70	65	85	85	100
24	30	20	40	35	55	50	65	65	85	80	100	100	125
30	40	25	50	45	65	60	80	80	100	100	125	125	150
40	50	30	55	50	75	70	95	90	120	115	145	145	185
50	65	40	65	60	90	85	115	110	150	145	185	185	220
65	80	50	80	75	110	105	140	135	180	175	220	220	275
80	100	60	100	95	135	130	175	170	220	215	275	275	325
100	120	75	115	115	155	155	205	200	255	255	325	325	365
120	140	90	135	135	180	180	235	230	295	290	365	365	415
140	160	100	155	155	215	210	270	265	340	335	415	415	470
160	180	115	175	170	240	235	305	300	385	380	470	470	520
180	200	130	195	190	260	260	330	325	420	415	520	520	575
200	225	140	215	210	290	285	365	360	460	460	575	575	635
225	250	160	235	235	315	315	405	400	515	510	635	635	695
250	280	170	260	255	345	340	445	440	560	555	695	695	765
280	315	195	285	280	380	375	485	480	620	615	765	765	850
315	355	220	320	315	420	415	545	540	680	675	850	850	920
355	400	250	350	350	475	470	600	595	755	755	920	920	1005
400	450	280	385	380	525	525	655	650	835	835	1005	1005	1115
450	500	305	435	435	575	575	735	730	915	910	1115	1115	1230
500	560	330	480	470	640	630	810	800	1010	1000	1230	1230	1350
560	630	380	530	530	710	700	890	880	1110	1110	1350	1350	1490
630	710	420	590	590	780	770	990	980	1230	1230	1490	1490	1660
710	800	480	680	670	860	860	1100	1100	1380	1380	1660	1660	1860
800	900	520	740	730	960	950	1220	1210	1530	1520	1860	1860	2050
900	1000	580	820	810	1040	1040	1340	1340	1670	1670	2050	2050	2280
1000	1120	640	900	890	1170	1160	1500	1490	1880	1870	2280	2280	2500
1120	1250	700	980	970	1280	1270	1640	1630	2060	2050	2500	2500	2740
1250	1400	770	1080	1080	1410	1410	1790	1780	2250	2250	2740	2740	3050
1400	1600	870	1200	1200	1550	1550	1990	1990	2500	2500	3050	3050	3310
1600	1800	950	1320	1320	1690	1690	2180	2180	2730	2730	3310	3310	

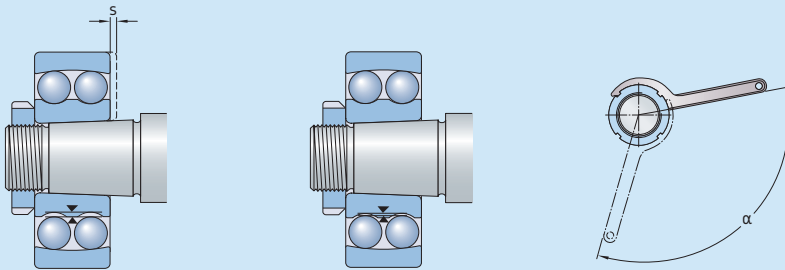
## Y-laakereiden säteisvälys



Laakerin koko <sup>1)</sup>		Y-laakereiden säteisvälys sarjoittain				17262(00) 17263(00)	
min	maks	min	max	min	max	min	max
–		µm					
<b>03</b>	<b>03</b>	10	25	–	–	3	18
<b>04</b>	<b>04</b>	12	28	–	–	5	20
<b>05</b>	<b>06</b>	12	28	23	41	5	20
<b>07</b>	<b>08</b>	13	33	28	46	6	20
<b>09</b>	<b>10</b>	14	36	30	51	6	23
<b>11</b>	<b>13</b>	18	43	38	61	8	28
<b>14</b>	<b>16</b>	20	51	–	–	–	–
<b>17</b>	<b>20</b>	24	58	–	–	–	–

<sup>1)</sup> Esim.: Laakerikoko 06 sisältää kaikki laakerit, jotka perustuvat Y 206 -laakeriin, kuten YAR 206-101-2F, YAR 206-102-2F, YAR 206-2F, YAR 206-103-2F, YAR 206-104-2F.

Kartioreikäisten pallomaisten kuulalaakerien aksiaalisirtymäarvot



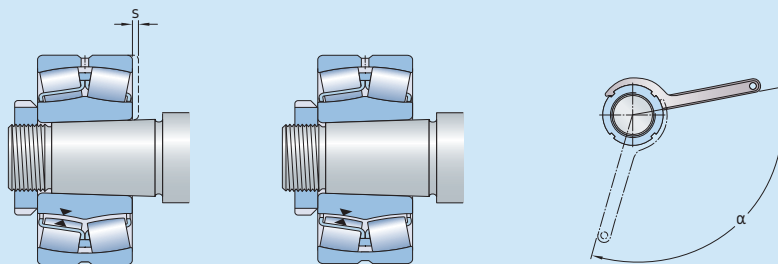
Reiän halkaisija d	Aksiaalisirtymä s <sup>1)</sup>	Lukitusmutterin kiristyskulma α
-----------------------	------------------------------------	---------------------------------------

mm	mm	astetta
20	0,22	80
25	0,22	55
30	0,22	55
35	0,30	70
40	0,30	70
45	0,35	80
50	0,35	80
55	0,40	75
60	0,40	75
65	0,40	80
70	0,40	80
75	0,45	85
80	0,45	85
85	0,60	110
90	0,60	110
95	0,60	110
100	0,60	110
110	0,70	125
120	0,70	125

Koskee umpiteräsakseleita normaaleissa käyttökohteissa. Luettelon arvot ovat ohjeellisia, koska tarkan lähtöaseman määrittäminen on vaikeaa. Lisäksi aksiaalisirtymä s vaihtelee hieman laakerisarjojen välillä.

<sup>1)</sup> Ei koske SKF Drive-up -menetelmää.

## Kartioreikäisten pallomaisten rullalaakerien aksiaalisiiirtymäarvot



Laakerin reiän halkaisija d		Säteisvällyksen pienentymä		Aksiaalisiiirtymä s <sup>1), 2)</sup>				Lukitusmutterin kiristyskulma <sup>2)</sup>
yli	ml.	min	max	Kartio 1:12		Kartio 1:30		Kartio 1:12
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	α
24	30	0 010	0 015	0,25	0,29	–	–	100
30	40	0 015	0 020	0,30	0,35	–	–	115
40	50	0 020	0 025	0,37	0,44	–	–	130
50	65	0 025	0 035	0,45	0,54	1,15	1,35	115
65	80	0 035	0 040	0,55	0,65	1,40	1,65	130
80	100	0 040	0 050	0,66	0,79	1,65	2,00	150
100	120	0 050	0 060	0,79	0,95	2,00	2,35	
120	140	0 060	0 075	0,93	1,10	2,30	2,80	
140	160	0 070	0 085	1,05	1,30	2,65	3,20	
160	180	0 080	0 095	1,20	1,45	3,00	3,60	
180	200	0 090	0 105	1,30	1,60	3,30	4,00	
200	225	0 100	0 120	1,45	1,80	3,70	4,45	
225	250	0 110	0 130	1,60	1,95	4,00	4,85	
250	280	0 120	0 150	1,80	2,15	4,50	5,40	
280	315	0 135	0 165	2,00	2,40	4,95	6,00	
315	355	0 150	0 180	2,15	2,65	5,40	6,60	
355	400	0 170	0 210	2,50	3,00	6,20	7,60	
400	450	0 195	0 235	2,80	3,40	7,00	8,50	
450	500	0 215	0 265	3,10	3,80	7,80	9,50	
500	560	0 245	0 300	3,40	4,10	8,40	10,30	
560	630	0 275	0 340	3,80	4,65	9,50	11,60	
630	710	0 310	0 380	4,25	5,20	10,60	13,00	
710	800	0 350	0 425	4,75	5,80	11,90	14,50	
800	900	0 395	0 480	5,40	6,60	13,50	16,40	
900	1 000	0 440	0 535	6,00	7,30	15,00	18,30	
1 000	1 120	0 490	0 600	6,40	7,80	16,00	19,50	
1 120	1 250	0 550	0 670	7,10	8,70	17,80	21,70	
1 250	1 400	0 610	0 750	8,00	9,70	19,90	24,30	
1 400	1 600	0 700	0 850	9,10	11,10	22,70	27,70	
1 600	1 800	0 790	0 960	10,20	12,50	25,60	31,20	

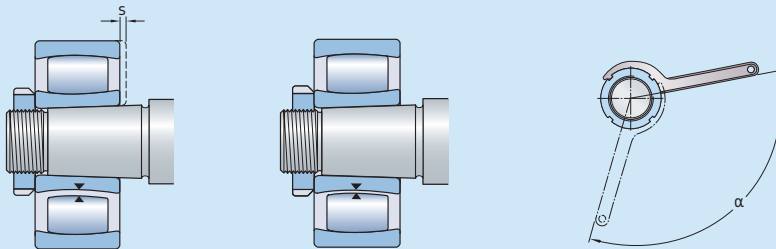
**HUOM.:** Suositusarvojen noudattaminen ehkäisee sisärenkaan pyörimisen, mutta ei varmista oikeaa sisäistä säteisvällystä käytön aikana. Muut laakeripesän sovitteista ja sisärenkaan ja ulkorenkaan välisistä lämpötilaeroista johtuvat vaikutukset on otettava tarkasti huomioon valittaessa laakerin sisäistä säteisvällysluokkaa. Lisätietoja on saatavana SKF:n teknisestä neuvonnasta.

Koskee umpiteräksileitä normaaleissa käyttökohteissa.

<sup>1)</sup> Ei koske SKF Drive-up -menetelmää.

<sup>2)</sup> Luettelon arvot ovat ohjeellisia, koska tarkan lähtöaseman määrittäminen on vaikeaa. Lisäksi aksiaalisiiirtymä s vaihtelee hieman laakerisarjojen välillä.

## Kartioreikäisten CARB-laakerien aksiaalisiiirtymäarvot



Akselin halkaisija d		Säteisvällyksen pienentymä		Aksiaalisiiirtymä $s^{1,2)}$				Lukitusmutterin kivistyskulma <sup>2)</sup>
yli	ml.	min	max	Kartio 1:12		Kartio 1:30		Kartio 1:12 $\alpha$
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	astetta
24	30	0 010	0 015	0,25	0,29	–	–	100
30	40	0 015	0 020	0,30	0,35	0,75	0,90	115
40	50	0 020	0 025	0,37	0,44	0,95	1,10	130
50	65	0 025	0 035	0,45	0,54	1,15	1,35	115
65	80	0 035	0 040	0,55	0,65	1,40	1,65	130
80	100	0 040	0 050	0,66	0,79	1,65	2,00	150
100	120	0 050	0 060	0,79	0,95	2,00	2,35	
120	140	0 060	0 075	0,93	1,10	2,30	2,80	
140	160	0 070	0 085	1,05	1,30	2,65	3,20	
160	180	0 080	0 095	1,20	1,45	3,00	3,60	
180	200	0 090	0 105	1,30	1,60	3,30	4,00	
200	225	0 100	0 120	1,45	1,80	3,70	4,45	
225	250	0 110	0 130	1,60	1,95	4,00	4,85	
250	280	0 120	0 150	1,80	2,15	4,50	5,40	
280	315	0 135	0 165	2,00	2,40	4,95	6,00	
315	355	0 150	0 180	2,15	2,65	5,40	6,60	
355	400	0 170	0 210	2,50	3,00	6,20	7,60	
400	450	0 195	0 235	2,80	3,40	7,00	8,50	
450	500	0 215	0 265	3,10	3,80	7,80	9,50	
500	560	0 245	0 300	3,40	4,10	8,40	10,30	
560	630	0 275	0 340	3,80	4,65	9,50	11,60	
630	710	0 310	0 380	4,25	5,20	10,60	13,00	
710	800	0 350	0 425	4,75	5,80	11,90	14,50	
800	900	0 395	0 480	5,40	6,60	13,50	16,40	
900	1 000	0 440	0 535	6,00	7,30	15,00	18,30	
1 000	1 120	0 490	0 600	6,40	7,80	16,00	19,50	
1 120	1 250	0 550	0 670	7,10	8,70	17,80	21,70	
1 250	1 400	0 610	0 750	8,00	9,70	19,90	24,30	
1 400	1 600	0 700	0 850	9,10	11,10	22,70	27,70	
1 600	1 800	0 790	0 960	10,20	12,50	25,60	31,20	

**HUOM.:** Suositussarvojen noudattaminen ehkäisee sisärenkaan pyörimisen, mutta ei varmista oikeaa sisäistä säteisvällystä käytön aikana. Muut laakeripesän sovitteista ja sisärenkaan ja ulkorenkaan välisistä lämpötilaeroista johtuvat vaikutukset on otettava tarkasti huomioon valittaessa laakerin sisäistä säteisvällysluokkaa. Lisätietoja on saatavana SKF:n teknisestä tuesta.

Koskee umpiteräkselleita normaaleissa käyttökohteissa.

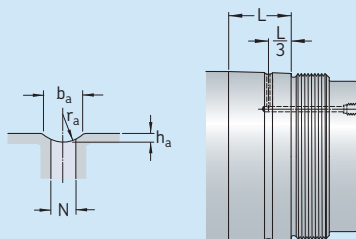
1) Ei koske SKF Drive-up -menetelmää.

2) Luettelon arvot ovat ohjeellisia, koska tarkan lähtöaseman määrittäminen on vaikeaa. Lisäksi aksiaalisiiirtymä s vaihtelee hieman laakerisarjojen välillä.



Liite G-1

## Öljykanavien ja paineöljyurien suositusmitat

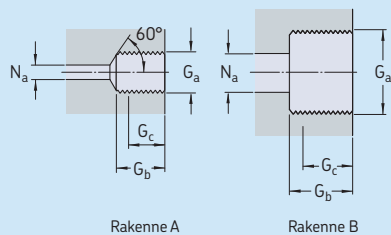


Akselin halkaisija		Mitat			
yli	ml.	$b_a$	$h_a$	$r_a$	N
mm		mm			
–	100	3	0,5	2,5	2,5
100	150	4	0,8	3	3
150	200	4	0,8	3	3
200	250	5	1	4	4
250	300	5	1	4	4
300	400	6	1,25	4,5	5
400	500	7	1,5	5	5
500	650	8	1,5	6	6
650	800	10	2	7	7
800	1 000	12	2,5	8	8

L = laakerisijan leveys

Liite G-2

## Öljyputkiliihtoksen kierrereikien rakenne ja suositusmitat



Kierre	Rakenne	Mitat		
$G_a$		$G_b$	$G_c^{1)}$	$N_a$ max
–		mm		
M 6	A	10	8	3
G 1/8	A	12	10	3
G 1/4	A	15	12	5
G 3/8	B	15	12	8
G 1/2	B	18	14	8
G 3/4	B	20	16	8

<sup>1)</sup> Toiminnallinen kierteen pituus

## SKF Drive-up -menetelmä – pallomaisten kuulalaakerien asennuksessa tarvittavan öljynpaineen ja aksiaalisiirtymän ohjeavrot

Laakerimerkinnät	Lähtöasema Tarvittava öljynpaine $P_{ref}^{(1)}$ yksi liukupinta		Loppuasema Aksiaalisiirtymä lähtöasemasta $s_s$ yksi liukupinta		Säteisvälkyksen pienentymä lähtöasemasta $\Delta_r$	Hydraulimutteri Nimitys	Männän pinta-ala $A_{ref}$
–	MPa		mm		mm	–	mm <sup>2</sup>
<b>Sarja 12</b>							
1210 EKTN9	0,57	0,97	0,25	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
1211 EKTN9	0,76	1,30	0,26	0,31	0,019	HMV 11E	3 150
1212 EKTN9	0,92	1,55	0,29	0,34	0,021	HMV 12E	3 300
1213 EKTN9	0,99	1,70	0,31	0,36	0,023	HMV 13E	3 600
1215 K	0,88	1,50	0,33	0,38	0,026	HMV 15E	4 000
1216 K	1,10	1,85	0,36	0,41	0,028	HMV 16E	4 200
1217 K	1,10	1,90	0,38	0,43	0,030	HMV 17E	4 400
1218 K	1,15	1,90	0,40	0,46	0,032	HMV 18E	4 700
1219 K	1,35	2,30	0,41	0,47	0,033	HMV 19E	4 900
1220 K	1,45	2,50	0,44	0,49	0,035	HMV 20E	5 100
1222 K	1,70	2,90	0,49	0,54	0,039	HMV 22E	5 600
1224 KM	1,55	2,70	0,50	0,56	0,042	HMV 24E	6 000
1226 KM	1,75	3,00	0,55	0,60	0,046	HMV 26E	6 400
<b>Sarja 13</b>							
1310 EKTN9	1,45	2,50	0,27	0,32	0,018	HMV 10 E	2 900
1311 EKTN9	1,65	2,80	0,28	0,33	0,019	HMV 11 E	3 150
1312 EKTN9	2,45	4,20	0,33	0,38	0,021	HMV 12 E	3 300
1313 EKTN9	2,60	4,40	0,35	0,40	0,023	HMV 13 E	3 600
1315 K	2,20	3,70	0,36	0,41	0,026	HMV 15E	4 000
1316 K	2,30	4,00	0,39	0,44	0,028	HMV 16E	4 200
1317 K	2,50	4,30	0,41	0,46	0,030	HMV 17E	4 400
1318 K	2,40	4,10	0,43	0,49	0,032	HMV 18E	4 700
1319 K	2,50	4,20	0,44	0,49	0,033	HMV 19E	4 900
1320 K	2,80	4,70	0,47	0,52	0,035	HMV 20E	5 100
1322 KM	3,40	5,70	0,53	0,58	0,039	HMV 22E	5 600
<b>Sarja 22</b>							
2210 EKTN9	0,61	1,05	0,24	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
2211 EKTN9	0,68	1,15	0,25	0,30	0,019	HMV 11E	3 150
2212 EKTN9	0,84	1,45	0,27	0,33	0,021	HMV 12E	3 300
2213 EKTN9	0,91	1,55	0,30	0,35	0,023	HMV 13E	3 600
2215 EKTN9	0,88	1,50	0,32	0,37	0,026	HMV 15E	4 000
2216 EKTN9	1,05	1,80	0,35	0,40	0,028	HMV 16E	4 200
2217 K	1,25	2,10	0,37	0,43	0,030	HMV 17E	4 400
2218 K	1,40	2,30	0,40	0,45	0,032	HMV 18E	4 700
2219 KM	1,50	2,60	0,40	0,46	0,033	HMV 19E	4 900
2220 K	1,60	2,70	0,43	0,48	0,035	HMV 20E	5 100
2222 KM	1,85	3,10	0,47	0,52	0,039	HMV 22E	5 600
<b>Sarja 23</b>							
2310 K	1,30	2,20	0,25	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
2311 K	1,55	2,60	0,26	0,31	0,019	HMV 11E	3 150
2312 K	1,65	2,80	0,28	0,33	0,021	HMV 12E	3 300
2313 K	2,00	3,40	0,31	0,36	0,023	HMV 13E	3 600
2315 K	2,30	3,90	0,34	0,39	0,026	HMV15 E	4 000
2316 K	2,40	4,10	0,36	0,41	0,028	HMV 16E	4 200
2317 K	2,60	4,50	0,39	0,44	0,030	HMV 17E	4 400
2318 K	2,80	4,70	0,41	0,46	0,032	HMV 18E	4 700
2319 KM	2,90	4,90	0,42	0,47	0,033	HMV 19E	4 900
2320 K	3,30	5,60	0,44	0,49	0,035	HMV 20E	5 100

<sup>1)</sup> Luettelon arvot koskevat ilmoitettua hydraulimutteria. Jos käytetään toista hydraulimutteria, öljynpainetta on säädettävä (→ SKF Drive-up -menetelmä, sivu 57).

## SKF Drive-up -menetelmä – pallomaisten rullalaakerien asennuksessa tarvittavan öljynpaineen ja aksiaalisieritymän ohjeavot

Laakerimerkinnät <sup>1)</sup>	Lähtöasema		Loppuasema		Säteisvälkyksen pienentymä lähtöasemasta $\Delta_r$	Hydraulimutteri	
	Tarvittava öljynpaine yksi liukupinta	$P_{ref}^{(2)}$ kaksi liukupintaa	Aksiaalisieritymä lähtöasemasta $s_s$ yksi liukupinta	kaksi liukupintaa		Nimitys	Männän pinta-ala $A_{ref}$
–	MPa		mm		mm	–	mm <sup>2</sup>
<b>Sarja 213</b>							
21310 EK	1,90	3,20	0,40	0,47	0,023	HMV 10E	2 900
21311 EK	1,40	2,40	0,40	0,46	0,025	HMV 11E	3 150
21312 EK	2,40	4,10	0,45	0,52	0,027	HMV 12E	3 300
21313 EK	2,50	4,30	0,47	0,55	0,029	HMV 13E	3 600
<b>21314 EK</b>							
21315 EK	2,70	4,50	0,52	0,59	0,032	HMV 14E	3 800
21316 EK	2,20	3,70	0,51	0,58	0,034	HMV 15E	4 000
21317 EK	2,20	3,80	0,53	0,60	0,036	HMV 16E	4 200
21317 EK	1,75	3,00	0,53	0,60	0,038	HMV 17E	4 400
<b>21318 EK</b>							
21319 EK	1,85	3,20	0,57	0,64	0,041	HMV 18E	4 700
21319 EK	1,90	3,30	0,59	0,66	0,043	HMV 19E	4 900
21320 EK	1,50	2,50	0,58	0,65	0,045	HMV 20E	5 100
<b>Sarja 222</b>							
22210 EK	0,75	1,25	0,34	0,42	0,023	HMV 10E	2 900
22211 EK	0,70	1,25	0,36	0,43	0,025	HMV 11E	3 150
22212 EK	0,85	1,50	0,40	0,45	0,027	HMV 12E	3 300
22213 EK	0,95	1,65	0,43	0,47	0,029	HMV 13E	3 600
<b>22214 EK</b>							
22215 EK	0,95	1,60	0,44	0,51	0,032	HMV 14E	3 800
22215 EK	0,90	1,50	0,46	0,53	0,034	HMV 15E	4 000
22216 EK	1,00	1,70	0,48	0,55	0,036	HMV 16E	4 200
22217 EK	1,15	2,00	0,50	0,58	0,038	HMV 17E	4 400
<b>22218 EK</b>							
22219 EK	1,20	2,10	0,54	0,61	0,041	HMV 18E	4 700
22219 EK	1,35	2,30	0,57	0,64	0,043	HMV 19E	4 900
22220 EK	1,45	2,50	0,59	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
22222 EK	1,75	3,00	0,65	0,72	0,050	HMV 22E	5 600
<b>22224 EK</b>							
22226 EK	1,85	3,10	0,68	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
22226 EK	1,95	3,40	0,74	0,81	0,059	HMV 26E	6 400
22228 CCK/W33	2,30	4,00	0,80	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
22230 CCK/W33	2,50	4,30	0,85	0,92	0,068	HMV 30E	7 500
<b>22232 CCK/W33</b>							
22234 CCK/W33	2,60	4,40	0,91	0,97	0,072	HMV 32E	8 600
22234 CCK/W33	2,80	4,70	0,97	1,02	0,077	HMV 34E	9 400
22236 CCK/W33	2,50	4,30	1,01	1,07	0,081	HMV 36E	10 300
22238 CCK/W33	2,60	4,40	1,06	1,13	0,086	HMV 38E	11 500
<b>22240 CCK/W33</b>							
22244 CCK/W33	2,70	4,60	1,12	1,17	0,090	HMV 40E	12 500
22244 CCK/W33	2,90	5,00	1,22	1,28	0,099	HMV 44E	14 400
22248 CCK/W33	3,30	5,60	1,34	1,40	0,108	HMV 48E	16 500
22252 CACK/W33	3,20	5,50	1,43	1,49	0,117	HMV 52E	18 800
<b>22256 CACK/W33</b>							
22260 CACK/W33	3,00	5,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
22260 CACK/W33	2,90	4,90	1,62	1,68	0,135	HMV 60E	23 600
22264 CACK/W33	3,10	5,20	1,73	1,79	0,144	HMV 64E	26 300
22272 CACK/W33	3,60	6,10	1,96	2,02	0,162	HMV 72E	31 300

<sup>1)</sup> Luettelosta pois jätettyjä suuria pallomaisia rullalaakereita koskevia lisätietoja on saatavana SKF-edustajalta.

<sup>2)</sup> Luettelon arvot koskevat ilmoitettua hydraulimutteria. Jos käytetään toista hydraulimutteria, öljynpainetta on säädettävä (→ SKF Drive-up -menetelmä, sivu 57).

## SKF Drive-up -menetelmä – pallomaisten rullalaakerien asennuksessa tarvittavan öljynpaineen ja aksiaali siirtymän ohjearvot

Laakerimerkinnät <sup>1)</sup>	Lähtöasema		Loppuasema		Säteisvälkyksen pienentymä lähtöasemasta $\Delta_r$	Hydraulimutteri	
	Tarvittava öljynpaine yksi liukupinta	öljynpaine $P_{ref}^{(2)}$ kaksi liukupintaa	Aksiaali siirtymä lähtöasemasta $s_s$ yksi liukupinta	kaksi liukupintaa		Nimitys	Männän pinta-ala $A_{ref}$
–	MPa		mm		–	mm <sup>2</sup>	
<b>Sarja 223</b>							
22310 EK	1,60	2,80	0,35	0,43	0,023	HMV 10E	2 900
22311 EK	2,00	3,40	0,38	0,46	0,025	HMV 11E	3 150
22312 EK	2,40	4,10	0,41	0,48	0,027	HMV 12E	3 300
22313 EK	2,10	3,60	0,42	0,49	0,029	HMV 13E	3 600
22314 EK	2,60	4,40	0,47	0,55	0,032	HMV 14E	3 800
22315 EK	2,30	4,00	0,48	0,55	0,034	HMV 15E	4 000
22316 EK	2,40	4,10	0,50	0,57	0,036	HMV 16E	4 200
22317 EK	3,00	5,00	0,54	0,61	0,038	HMV 17E	4 400
22318 EK	3,00	5,10	0,57	0,65	0,041	HMV 18E	4 700
22319 EK	3,00	5,20	0,59	0,65	0,043	HMV 19E	4 900
22320 EK	4,10	7,00	0,64	0,71	0,045	HMV 20E	5 100
22322 EK	4,50	7,70	0,70	0,78	0,050	HMV 22E	5 600
22324 CCK/W33	4,40	7,50	0,74	0,81	0,054	HMV 24E	6 000
22326 CCK/W33	4,70	8,10	0,80	0,87	0,059	HMV 26E	6 400
22328 CCK/W33	5,00	8,60	0,84	0,91	0,063	HMV 28E	6 800
22330 CCK/W33	5,30	9,00	0,90	0,98	0,068	HMV 30E	7 500
22332 CCK/W33	5,20	8,80	0,95	1,02	0,072	HMV 32E	8 600
22334 CCK/W33	5,20	8,90	0,99	1,06	0,077	HMV 34E	9 400
22336 CCK/W33	5,10	8,80	1,05	1,12	0,081	HMV 36E	10 300
22338 CCK/W33	5,10	8,70	1,11	1,18	0,086	HMV 38E	11 500
22340 CCK/W33	5,10	8,80	1,16	1,23	0,090	HMV 40E	12 500
22344 CCK/W33	5,60	9,50	1,29	1,36	0,099	HMV 44E	14 400
22348 CCK/W33	5,60	9,50	1,39	1,46	0,108	HMV 48E	16 500
22352 CCK/W33	5,60	9,60	1,50	1,57	0,117	HMV 52E	18 800
22356 CCK/W33	5,70	9,70	1,61	1,68	0,126	HMV 56E	21 100
<b>Sarja 230</b>							
23022 CCK/W33	1,10	1,85	0,62	0,69	0,050	HMV 22E	5 600
23024 CCK/W33	1,05	1,75	0,66	0,73	0,054	HMV 24E	6 000
23026 CCK/W33	1,25	2,20	0,72	0,83	0,059	HMV 26E	6 400
23028 CCK/W33	1,20	2,10	0,76	0,89	0,063	HMV 28E	6 800
23030 CCK/W33	1,25	2,10	0,81	0,88	0,068	HMV 30E	7 500
23032 CCK/W33	1,25	2,10	0,85	0,92	0,072	HMV 32E	8 600
23034 CCK/W33	1,35	2,30	0,89	0,96	0,077	HMV 34E	9 400
23036 CCK/W33	1,50	2,60	0,95	1,03	0,081	HMV 36E	10 300
23038 CCK/W33	1,50	2,50	1,01	1,09	0,086	HMV 38E	11 500
23040 CCK/W33	1,65	2,80	1,06	1,13	0,090	HMV 40E	12 500
23044 CCK/W33	1,65	2,90	1,15	1,23	0,099	HMV 44E	14 400
23048 CCK/W33	1,50	2,50	1,24	1,31	0,108	HMV 48E	16 500
23052 CCK/W33	1,70	2,90	1,35	1,42	0,117	HMV 52E	18 800
23056 CCK/W33	1,55	2,70	1,44	1,51	0,126	HMV 56E	21 100
23060 CCK/W33	1,75	3,00	1,54	1,61	0,135	HMV 60E	23 600
23064 CCK/W33	1,60	2,70	1,63	1,70	0,144	HMV 64E	26 300
23068 CCK/W33	1,85	3,10	1,74	1,81	0,153	HMV 68E	28 400
23072 CCK/W33	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300
23076 CCK/W33	1,60	2,70	1,91	1,98	0,171	HMV 76E	33 500
23080 CCK/W33	1,75	3,00	2,02	2,09	0,180	HMV 80E	36 700

<sup>1)</sup> Luettelosta pois jätettyjä suuria pallomaisia rullalaakereita koskevia lisätietoja on saatavana SKF-edustajalta.

<sup>2)</sup> Luettelon arvot koskevat ilmoitettua hydraulimutteria. Jos käytetään toista hydraulimutteria, öljynpainetta on säädettävä (→ SKF Drive-up -menetelmä, sivu 57).

## SKF Drive-up -menetelmä – pallomaisten rullalaakerien asennuksessa tarvittavan öljynpaineen ja aksiaalisuorituksen ohjeavot

Laakerimerkinnät <sup>1)</sup>	Lähtöasema		Loppuasema		Säteisvälkyksen pienentymä lähtöasemasta $\Delta_r$	Hydraulimutteri	
	Tarvittava öljynpaine yksi liukupinta	$P_{ref}^{(2)}$ kaksi liukupintaa	Aksiaalisuoritus lähtöasemasta yksi liukupinta	$s_s$ kaksi liukupintaa		Nimitys	Männän pinta-ala $A_{ref}$
–	MPa		mm		–	mm <sup>2</sup>	
<b>Sarja 231</b>							
23120 CCK/W33	1,40	2,40	0,57	0,64	0,045	HMV 20E	5 100
23122 CCK/W33	1,45	2,50	0,63	0,70	0,050	HMV 22E	5 600
23124 CCK/W33	1,75	3,00	0,67	0,75	0,054	HMV 24E	6 000
23126 CCK/W33	1,65	2,80	0,72	0,80	0,059	HMV 26E	6 400
23128 CCK/W33	1,70	2,90	0,76	0,83	0,063	HMV 28E	6 800
23130 CCK/W33	2,20	3,80	0,83	0,90	0,068	HMV 30E	7 500
23132 CCK/W33	2,30	3,90	0,87	0,95	0,072	HMV 32E	8 600
23134 CCK/W33	2,10	3,70	0,91	0,98	0,077	HMV 34E	9 400
23136 CCK/W33	2,30	4,00	0,97	1,04	0,081	HMV 36E	10 300
23138 CCK/W33	2,50	4,30	1,04	1,11	0,086	HMV 38E	11 500
23140 CCK/W33	2,60	4,50	1,08	1,15	0,090	HMV 40E	12 500
23144 CCK/W33	2,70	4,60	1,18	1,25	0,099	HMV 44E	14 400
23148 CCK/W33	2,60	4,50	1,27	1,35	0,108	HMV 48E	16 500
23152 CCK/W33	2,90	4,90	1,38	1,45	0,117	HMV 52E	18 800
23156 CCK/W33	2,60	4,40	1,47	1,54	0,126	HMV 56E	21 100
23160 CCK/W33	2,80	4,80	1,57	1,64	0,135	HMV 60E	23 600
23164 CCK/W33	3,10	5,30	1,68	1,75	0,144	HMV 64E	26 300
23168 CCK/W33	3,40	5,80	1,79	1,86	0,153	HMV 68E	28 400
23172 CCK/W33	3,30	5,60	1,90	1,96	0,162	HMV 72E	31 300
23176 CAK/W33	2,90	4,90	1,96	2,03	0,171	HMV 76E	33 500
23180 CAK/W33	2,80	4,70	2,05	2,12	0,180	HMV 80E	36 700
<b>Sarja 232</b>							
23218 CCK/W33	1,70	2,90	0,54	0,62	0,041	HMV 18E	4 700
23220 CCK/W33	1,90	3,30	0,58	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
23222 CCK/W33	2,40	4,00	0,65	0,72	0,050	HMV 22E	5 600
23224 CCK/W33	2,50	4,30	0,69	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
23226 CCK/W33	2,60	4,40	0,74	0,81	0,059	HMV 26E	6 400
23228 CCK/W33	3,00	5,20	0,79	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
23230 CCK/W33	3,1	5,30	0,85	0,92	0,068	HMV 30E	7 500
23232 CCK/W33	3,30	5,60	0,90	0,97	0,072	HMV 32E	8 600
23234 CCK/W33	3,40	5,90	0,94	1,01	0,077	HMV 34E	9 400
23236 CCK/W33	3,20	5,40	0,99	1,06	0,081	HMV 36E	10 300
23238 CCK/W33	3,30	5,60	1,05	1,12	0,086	HMV 38E	11 500
23240 CCK/W33	3,50	5,90	1,10	1,17	0,090	HMV 40E	12 500
23244 CCK/W33	3,80	6,50	1,21	1,28	0,099	HMV 44E	14 400
23248 CCK/W33	4,30	7,40	1,32	1,40	0,108	HMV 48E	16 500
23252 CACK/W33	4,60	7,80	1,43	1,51	0,117	HMV 52E	18 800
23256 CACK/W33	4,10	7,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
23260 CACK/W33	4,30	7,40	1,63	1,70	0,135	HMV 60E	23 600
23264 CACK/W33	4,70	8,00	1,74	1,81	0,144	HMV 64E	26 300
23268 CAK/W33	5,00	8,50	1,85	1,92	0,153	HMV 68E	28 400
23272 CAK/W33	4,70	8,00	1,93	2,00	0,162	HMV 72E	31 300
23276 CAK/W33	4,70	8,10	2,03	2,11	0,171	HMV 76E	33 500
23280 CAK/W33	5,00	8,50	2,15	2,22	0,180	HMV 80E	36 700

<sup>1)</sup> Luettelosta pois jätettyjä suuria pallomaisia rullalaakereita koskevia lisätietoja on saatavana SKF-edustajalta.

<sup>2)</sup> Luettelon arvot koskevat ilmoitettua hydraulimutteria. Jos käytetään toista hydraulimutteria, öljynpainetta on säädettävä (→ SKF Drive-up -menetelmä, sivu 57).

## SKF Drive-up -menetelmä – palomaisten rullalaakerien asennuksessa tarvittavan öljynpaineen ja aksiaalisirtymän ohjeavot

Laakerimerkinnät <sup>1)</sup>	Lähtöasema		Loppuasema		Säteisvälkyksen pienentymä lähtöasemasta $\Delta_r$	Hydraulimutteri Nimitys	Männän pinta-ala $A_{ref}$
	Tarvittava öljynpaine $P_{ref}^{2)}$ yksi liukupinta	kaksi liukupintaa	Aksiaalisirtymä lähtöasemasta $s_s$ yksi liukupinta	kaksi liukupintaa			
–	MPa		mm		–	mm <sup>2</sup>	
<b>Sarja 239</b>							
23936 CCK/W33	0,84	1,45	0,93	1,00	0,081	HMV 36E	10 300
23938 CCK/W33	0,72	1,20	0,98	1,05	0,086	HMV 38E	11 500
23940 CCK/W33	0,89	1,55	1,03	1,10	0,090	HMV 40E	12 500
23944 CCK/W33	0,75	1,30	1,11	1,19	0,099	HMV 44E	14 400
23948 CCK/W33	0,64	1,10	1,20	1,27	0,108	HMV 48E	16 500
23952 CCK/W33	0,91	1,55	1,31	1,38	0,117	HMV 52E	18 800
23956 CCK/W33	0,82	1,40	1,41	1,47	0,126	HMV 56E	21 100
23960 CCK/W33	1,05	1,80	1,51	1,58	0,135	HMV 60E	23 600
23964 CCK/W33	0,96	1,65	1,60	1,67	0,144	HMV 64E	26 300
23968 CCK/W33	0,89	1,50	1,68	1,75	0,153	HMV 68E	28 400
23972 CCK/W33	0,81	1,40	1,77	1,84	0,162	HMV 72E	31 300
23976 CCK/W33	1,05	1,80	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
23980 CCK/W33	0,93	1,60	1,96	2,03	0,180	HMV 80E	36 700
<b>Sarja 240</b>							
24024 CCK30/W33	1,10	2,00	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
24026 CCK30/W33	1,40	2,60	1,80	1,98	0,059	HMV 26E	6 400
24028 CCK30/W33	1,30	2,40	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
24030 CCK30/W33	1,35	2,50	2,02	2,20	0,068	HMV 30E	7 500
24032 CCK30/W33	1,30	2,50	2,12	2,30	0,072	HMV 32E	8 600
24034 CCK30/W33	1,50	2,80	2,23	2,41	0,077	HMV 34E	9 400
24036 CCK30/W33	1,80	3,30	2,40	2,58	0,081	HMV 36E	10 300
24038 CCK30/W33	1,55	2,90	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500
24040 CCK30/W33	1,75	3,20	2,64	2,82	0,090	HMV 40E	12 500
24044 CCK30/W33	1,75	3,20	2,88	3,06	0,099	HMV 44E	14 400
24048 CCK30/W33	1,50	2,80	3,09	3,27	0,108	HMV 48E	16 500
24052 CCK30/W33	1,90	3,50	3,37	3,55	0,117	HMV 52E	18 800
24056 CCK30/W33	1,65	3,10	3,58	3,76	0,126	HMV 56E	21 100
24060 CCK30/W33	1,90	3,50	3,84	4,02	0,135	HMV 60E	23 600
24064 CCK30/W33	1,80	3,30	4,08	4,26	0,144	HMV 64E	26 300
24068 CCK30/W33	2,00	3,80	4,34	4,52	0,153	HMV 68E	28 400
24072 CCK30/W33	1,90	3,40	4,55	4,73	0,162	HMV 72E	31 300
24076 CCK30/W33	1,80	3,30	4,78	4,96	0,171	HMV 76E	33 500
24080 CCK30/W33	1,95	3,70	5,04	5,22	0,180	HMV 80E	36 700

<sup>1)</sup> Luettelosta pois jätettyjä suuria pallomaisia rullalaakereita koskevia lisätietoja on saatavana SKF-edustajalta.

<sup>2)</sup> Luettelon arvot koskevat ilmoitettua hydraulimutteria. Jos käytetään toista hydraulimutteria, öljynpainetta on säädettävä (→ SKF Drive-up -menetelmä, sivu 57).

## SKF Drive-up –menetelmä – pallolaakerien asennuksessa tarvittavan öljynpaineen ja aksiaalisuorituksen ohjeavot

Laakerimerkinnät <sup>1)</sup>	Lähtöasema		Loppuasema		Säteisvälkyksen pienentyminen lähtöasemasta $\Delta_r$	Hydraulimutteri	
	Tarvittava öljynpaine yksi liukupinta	$P_{ref}^{2)}$ kaksi liukupintaa	Aksiaalisuoritus lähtöasemasta yksi liukupinta	$s_s$ kaksi liukupintaa		Nimitys	Männän pinta-ala $A_{ref}$
–	MPa		mm		–	mm <sup>2</sup>	
<b>Sarja 241</b>							
24122 CCK30/W33	1,55	2,90	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
24124 CCK30/W33	1,95	3,60	1,69	1,87	0,054	HMV 24E	6 000
24126 CCK30/W33	1,85	3,50	1,83	2,01	0,059	HMV 26E	6 400
24128 CCK30/W33	1,90	3,50	1,92	2,10	0,063	HMV 28E	6 800
24130 CCK30/W33	2,40	4,40	2,08	2,26	0,068	HMV 30E	7 500
24132 CCK30/W33	2,60	4,70	2,21	2,39	0,072	HMV 32E	8 600
24134 CCK30/W33	2,20	4,00	2,28	2,46	0,077	HMV 34E	9 400
24136 CCK30/W33	2,50	4,60	2,44	2,62	0,081	HMV 36E	10 300
24138 CCK30/W33	2,70	4,90	2,60	2,79	0,086	HMV 38E	11 500
24140 CCK30/W33	2,80	5,20	2,71	2,89	0,090	HMV 40E	12 500
24144 CCK30/W33	2,80	5,20	2,96	3,14	0,099	HMV 44E	14 400
24148 CCK30/W33	2,80	5,30	3,21	3,39	0,108	HMV 48E	16 500
24152 CCK30/W33	3,10	5,70	3,47	3,65	0,117	HMV 52E	18 800
24156 CCK30/W33	2,80	5,10	3,69	3,87	0,126	HMV 56E	21 100
24160 CCK30/W33	3,10	5,70	3,96	4,14	0,135	HMV 60E	23 600
24164 CCK30/W33	3,40	6,30	4,24	4,42	0,144	HMV 64E	26 300
24168 ECAK30/W33	3,60	6,70	4,48	4,66	0,153	HMV 68E	28 400
24172 ECAK30/W33	3,30	6,10	4,70	4,88	0,162	HMV 72E	31 300
24176 ECAK30/W33	3,00	5,60	4,91	5,09	0,171	HMV 76E	33 500
24180 ECAK30/W33	2,90	5,40	5,14	5,32	0,180	HMV 80E	36 700
<b>Sarja BS2-</b>							
BS2-2210-2CSK/VT143	0,83	1,40	0,34	0,41	(0,023)	HMV 10E	2 900
BS2-2211-2CSK/VT143	0,87	1,50	0,36	0,43	(0,025)	HMV 11E	3 150
BS2-2212-2CSK/VT143	1,15	1,95	0,38	0,46	(0,027)	HMV 12E	3 300
BS2-2213-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,41	0,48	(0,029)	HMV 13E	3 600
BS2-2214-2CSK/VT143	1,10	1,90	0,44	0,51	(0,032)	HMV 14E	3 800
BS2-2215-2CSK/VT143	1,05	1,75	0,45	0,53	(0,034)	HMV 15E	4 000
BS2-2216-2CSK/VT143	1,20	2,00	0,48	0,55	(0,036)	HMV 1 E	4 200
BS2-2217-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,50	0,57	(0,038)	HMV 17E	4 400
BS2-2218-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,54	0,61	(0,041)	HMV 18E	4 700
BS2-2219-2CS5K/VT143	1,60	2,70	0,56	0,63	(0,043)	HMV 19E	4 900
BS2-2220-2CS5K/VT143	1,70	2,90	0,58	0,65	(0,045)	HMV 20E	5 100
BS2-2222-2CS5K/VT143	2,00	2,60	0,64	0,65	(0,050)	HMV 22E	5 600
BS2-2224-2CS5K/VT143	2,10	3,60	0,68	0,75	(0,054)	HMV 24E	6 000
BS2-2226-2CS5K/VT143	2,20	3,80	0,74	0,81	(0,059)	HMV 26E	6 400

<sup>1)</sup> Luettelosta pois jätettyjä suuria pallomaisia rullalaakereita koskevia lisätietoja on saatavana SKF-edustajalta.

<sup>2)</sup> Luettelon arvot koskevat ilmoitettua hydraulimutteria. Jos käytetään toista hydraulimutteria, öljynpainetta on säädettävä (→ SKF Drive-up –menetelmä, sivu 57).

## SKF Drive-up -menetelmä – CARB-kaarirullalaakerien asennuksessa tarvittavan öljynpaineen ja aksiaalisuorituksen ohjearvot

Laakerimerkinnät <sup>1)</sup>	Lähtöasema		Loppuasema		Säteisväläksen pienentymä lähtöasemasta $\Delta_r$	Hydraulimutteri	
	Tarvittava öljynpaine $P_{ref}^{2)}$ yksi liukupinta	kaksi liukupintaa	Aksiaalisuoritus lähtöasemasta $S_s$ yksi liukupinta	kaksi liukupintaa		Nimitys	Männän pinta-ala $A_{ref}$
–	MPa		mm		–	mm <sup>2</sup>	
<b>Sarja C 22</b>							
C 2210 KTN9	0,67	1,15	0,34	0,41	0,023	HMV 10E	2 900
C 2211 KTN9	0,57	0,98	0,35	0,42	0,025	HMV 11E	3 150
C 2212 KTN9	1,10	1,85	0,39	0,47	0,027	HMV 12E	3 300
C 2213 KTN9	0,82	1,40	0,40	0,47	0,029	HMV 13E	3 600
C 2214 KTN9	0,76	1,30	0,43	0,50	0,032	HMV 14E	3 800
C 2215 K	0,70	1,20	0,45	0,52	0,034	HMV 15E	4 000
C 2216 K	1,05	1,75	0,48	0,55	0,036	HMV 16E	4 200
C 2217 K	1,10	1,90	0,50	0,57	0,038	HMV 17E	4 400
C 2218 K	1,35	2,30	0,55	0,62	0,041	HMV 18E	4 700
C 2219 K	1,00	1,70	0,54	0,62	0,043	HMV 19E	4 900
C 2220 K	1,10	1,90	0,57	0,64	0,045	HMV 20E	5 100
C 2222 K	1,50	2,50	0,63	0,71	0,050	HMV 22E	5 600
C 2224 K	1,60	2,70	0,67	0,74	0,054	HMV 24E	6 000
C 2226 K	1,45	2,50	0,71	0,79	0,059	HMV 26E	6 400
C 2228 K	2,40	4,00	0,79	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
C 2230 K	1,80	3,10	0,82	0,89	0,068	HMV 30E	7 500
C 2234 K	2,60	4,40	0,94	1,01	0,076	HMV 34E	9 400
C 2238 K	1,80	3,00	1,01	1,08	0,086	HMV 38E	11 500
C 2244 K	1,95	3,30	1,15	1,22	0,099	HMV 44E	14 400
<b>Sarja C 23</b>							
C 2314 K	2,00	3,40	0,46	0,53	0,032	HMV 14E	3 800
C 2315 K	2,30	3,80	0,48	0,55	0,034	HMV 15E	4 000
C 2316 K	2,10	3,60	0,49	0,56	0,036	HMV 16E	4 200
C 2317 K	2,40	4,10	0,52	0,59	0,038	HMV 17E	4 400
C 2318 K	2,90	4,90	0,57	0,64	0,041	HMV 18E	4 700
C 2319 K	2,20	3,80	0,57	0,64	0,043	HMV 19E	4 900
C 2320 K	2,60	4,40	0,59	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
<b>Sarja C 30</b>							
C 3022 K	0,97	1,65	0,62	0,69	0,050	HMV 22E	5 600
C 3024 K	0,92	1,60	0,65	0,72	0,054	HMV 24E	6 000
C 3026 K	1,25	2,10	0,72	0,79	0,059	HMV 26E	6 400
C 3028 K	1,25	2,10	0,76	0,83	0,063	HMV 28E	6 800
C 3030 KMB	1,00	1,75	0,80	0,87	0,068	HMV 30E	7 500
C 3032 K	1,35	2,30	0,86	0,93	0,072	HMV 32E	8 600
C 3034 K	1,50	2,60	0,90	0,98	0,076	HMV 34E	9 400
C 3036 K	1,45	2,40	0,95	1,02	0,081	HMV 36E	10 300
C 3038 K	1,60	2,70	1,02	1,09	0,086	HMV 38E	11 500
C 3040 K	1,60	2,80	1,06	1,13	0,090	HMV 40E	12 500
C 3044 K	1,60	2,70	1,15	1,22	0,099	HMV 44E	14 400
C 3048 K	1,35	2,30	1,23	1,30	0,108	HMV 48E	16 500
C 3052 K	1,80	3,00	1,35	1,43	0,117	HMV 52E	18 800
C 3056 K	1,70	2,90	1,45	1,52	0,126	HMV 56E	21 100
C 3060 KM	1,85	3,20	1,55	1,62	0,135	HMV 60E	23 600
C 3064 KM	1,80	3,10	1,65	1,72	0,144	HMV 64E	26 300
C 3068 KM	2,00	3,50	1,76	1,83	0,153	HMV 68E	28 400
C 3072 KM	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300
C 3076 KM	1,35	2,30	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
C 3080 KM	1,55	2,60	2,00	2,06	0,180	HMV 80E	36 700

<sup>1)</sup> Luettelosta pois jätettyjä CARB-kaarirullalaakereita koskevia lisätietoja on saatavana SKF:n edustajalta.

<sup>2)</sup> Luettelon arvot koskevat ilmoitettua hydraulimutteria. Jos käytetään toista hydraulimutteria, öljynpainetta on säädettävä (→ SKF Drive-up -menetelmä, sivu 57).



## SKF Drive-up -menetelmä – CARB-kaarirullalaakerien asennuksessa tarvittavan öljynpaineen ja aksiaalisuorituksen ohjearvot

Laakerimerkintä <sup>1)</sup>	Lähtöasema		Loppuasema		Säteisvälkyksen pienentymä lähtöasemasta $\Delta_r$	Hydraulimutteri	
	Tarvittava öljynpaine $P_{ref}$ <sup>2)</sup> yksi liukupinta	kaksi liukupintaa	Aksiaalisuoritus lähtöasemasta $s_s$ yksi liukupinta	kaksi liukupintaa		Nimitys	Männän pinta-ala $A_{ref}$
–	MPa		mm		–	mm <sup>2</sup>	
<b>Sarja C 31</b>							
C 3130 K	2,40	4,10	0,84	0,91	0,068	HMV 30E	7 500
C 3132 K	2,10	3,50	0,87	0,94	0,072	HMV 32E	8 600
C 3134 K	1,85	3,10	0,90	0,97	0,076	HMV 34E	9 400
C 3136 K	1,70	2,90	0,94	1,01	0,081	HMV 36E	10 300
<b>C 3138 K</b>							
C 3140 K	2,30	3,90	1,02	1,10	0,086	HMV 38E	11 500
C 3142 K	2,70	4,60	1,08	1,16	0,090	HMV 40E	12 500
C 3144 K	2,80	4,70	1,18	1,26	0,099	HMV 44E	14 400
C 3148 K	2,00	3,40	1,24	1,31	0,108	HMV 48E	16 500
<b>C 3152 K</b>							
C 3156 K	2,80	4,70	1,37	1,44	0,117	HMV 52E	18 800
C 3156 K	2,60	4,50	1,47	1,54	0,126	HMV 56E	21 100
C 3160 K	2,80	4,80	1,57	1,64	0,135	HMV 60E	23 600
C 3164 KM	2,10	3,60	1,61	1,68	0,144	HMV 64E	26 300
<b>C 3168 KM</b>							
C 3172 KM	2,80	4,80	1,75	1,82	0,153	HMV 68E	28 400
C 3176 KM	2,50	4,20	1,83	1,90	0,162	HMV 72E	31 300
C 3176 KM	2,60	4,40	1,93	2,01	0,171	HMV 76E	33 500
C 3180 KM	3,30	5,70	2,10	2,17	0,180	HMV 80E	36 700
<b>Sarja C 32</b>							
C 3224 K	2,50	4,20	0,69	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
C 3232 K	2,70	4,60	0,87	0,94	0,072	HMV 32E	8 600
C 3236 K	3,70	6,30	1,01	1,09	0,081	HMV 36E	10 300
<b>Sarja C 40</b>							
C 4010 K30TN9	0,41	0,77	0,80	0,99	0,023	HMV 10E	2 900
C 4013 K30V	0,48	0,89	0,95	1,12	0,029	HMV 13E	3 600
C 4015 K30V	0,69	1,30	1,10	1,29	0,034	HMV 15E	4 000
C 4020 K30V	0,71	1,30	1,37	1,55	0,045	HMV 20E	5 100
C 4022 K30MB	0,87	1,60	1,51	1,69	0,050	HMV 22E	5 600
<b>C 4024 K30V</b>							
C 4026 K30	1,15	2,20	1,65	1,84	0,054	HMV 24E	6 000
C 4028 K30V	1,20	2,20	1,77	1,95	0,059	HMV 26E	6 400
C 4030 K30V	1,20	2,30	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
C 4030 K30V	1,35	2,50	2,02	2,2	0,068	HMV 30E	7 500
C 4032 K30	1,05	1,95	2,08	2,26	0,072	HMV 32E	8 600
<b>C 4034 K30V</b>							
C 4036 K30V	1,35	2,50	2,21	2,39	0,076	HMV 34E	9 400
C 4038 K30V	1,20	2,20	2,31	2,49	0,081	HMV 36E	10 300
C 4040 K30V	1,50	2,80	2,51	2,69	0,086	HMV 38E	11 500
C 4040 K30V	1,35	2,50	2,58	2,76	0,090	HMV 40E	12 500
C 4044 K30V	1,40	2,60	2,82	3,00	0,099	HMV 44E	14 400
C 4060 K30M	1,35	2,50	3,72	3,90	0,135	HMV 60E	23 600
<b>Sarja C 41</b>							
C 4120 K30V/VE240	1,40	2,60	1,43	1,61	0,045	HMV 20E	5 100
C 4122 K30V	1,60	3,00	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
C 4124 K30V	1,45	2,70	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
C 4126 K30V/VE240	1,70	3,10	1,81	1,99	0,059	HMV 26E	6 400
<b>C 4128 K30V/VE240</b>							
C 4130 K30V	2,00	3,70	1,93	2,11	0,063	HMV 28E	6 800
C 4132 K30V	2,20	4,00	2,06	2,24	0,068	HMV 30E	7 500
C 4132 K30V	2,10	3,90	2,16	2,34	0,072	HMV 32E	8 600
C 4134 K30V	1,90	3,50	2,24	2,42	0,076	HMV 34E	9 400
<b>C 4136 K30V</b>							
C 4138 K30V	1,95	3,60	2,38	2,56	0,081	HMV 36E	10 300
C 4138 K30V	2,00	3,70	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500

<sup>1)</sup> Luettelosta pois jätettyjä CARB-kaarirullalaakereita koskevia lisätietoja on saatavana SKF:n edustajalta.

<sup>2)</sup> Luettelon arvot koskevat ilmoitettua hydraulimutteria. Jos käytetään toista hydraulimutteria, öljynpainetta on säädettävä (→ SKF Drive-up -menetelmä, sivu 57).

**Viskositeettivastaavuudet**

Viskositeetin luokitusmenetelmien vertailu

**Kinemaattiset viskositeetit**

mm<sup>2</sup>/s, kun  
40 °C  
(105 °F)

mm<sup>2</sup>/s, kun  
100 °C  
(210 °F)

ISO VG

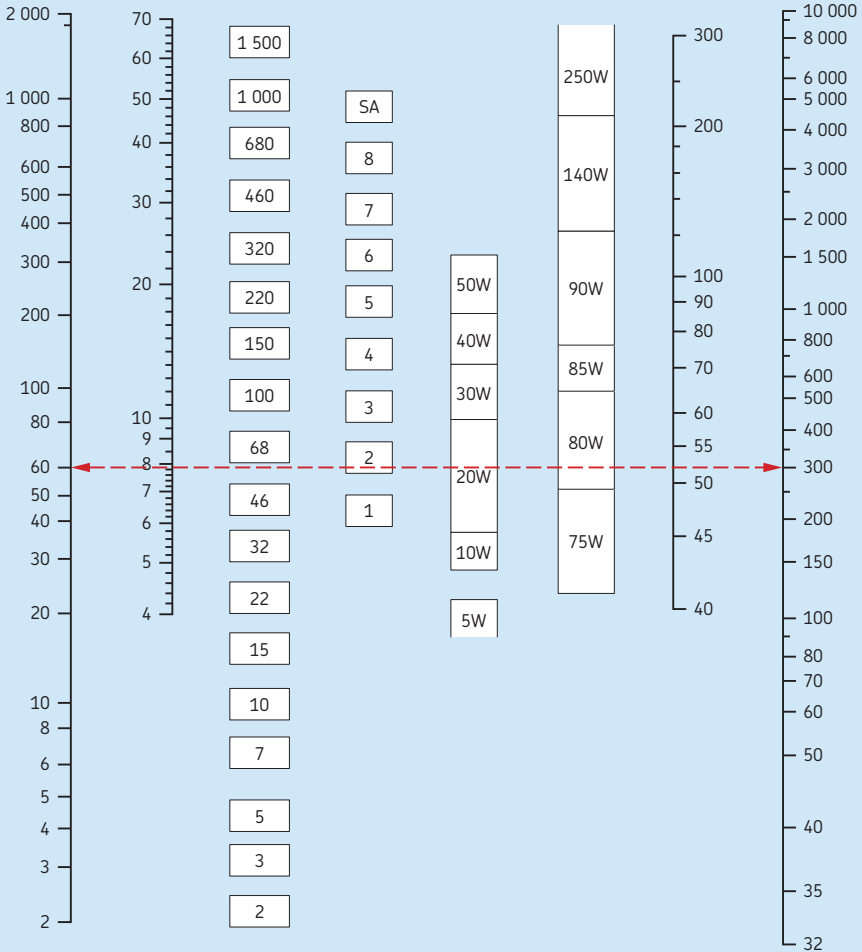
AGMA-  
luokat

SAE-luokat,  
kampikam-  
mioöljyt

SAE-luokat,  
vaihteöljyt

SUS/210 °F  
(100 °C)

SUS/100 °F  
(38 °C)



Viskositeetit perustuvat 95 VI -yksiasteöljyihin. ISO-luokat on määritetty 40 °C:ssa (105 °F). AGMA-luokat on määritetty 100 °F:ssa (38 °C). SAE 75W, 80W, 85W sekä 5 ja 10W on määritetty alhaisessa lämpötilassa (alle -17 °F (-25 °C)). Viskositeettivastaavuudet lämpötiloille 38 °C (100 °F) ja 100 °C (210 °F) näytetään. SAE 90–250 ja 20–50 on määritetty lämpötilassa 210 °F (100 °C).

## Liite I-2

## ISO-viskositeettiluokat

ISO-viskositeetti- luokka	Kinemaattinen viskositeetti 40 °C:ssa (105 °F)		
	keskimääräinen	min	max
–	mm <sup>2</sup> /s		
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1 000	1 000	900	1 100
ISO VG 1 500	1 500	1 350	1 650

## SKF-asennustyökalujen ja -tuotteiden yleiskatsaus

SKF tarjoaa laajan valikoiman asennustyökaluja ja -tuotteita. Lisätietoja on osoitteessa [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Laakerin iskuholkkisarja



Lukitusmuttereiden hylsyavaimet



Haka-avaimet



Kuumuutta ja öljyä kestävät suojakäsineet



Induktiolämmittimet



Kannettavat induktiolämmittimet



Sähköiset lämpölevyt



Asennusöljyt



Hydraulipumput



Hydraulimutterit



## Liitteet

Hydraulipumput



Painelmakyttöiset hydraulipumput



Rakotulkit



Sensormount-asennusmittari



Soviteruosteen estoaine



## SKF-linjauslaitteiden yleiskatsaus

SKF tarjoaa laajan valikoiman linjauslaitteita. Lisätietoja osoitteissa: [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com) ja [www.skf.com/services](http://www.skf.com/services).

Akselin linjauslaitteet



Lämpöpaperitulostimet



Hihnalinjauslaitteet



Linjauslevyt



SKF Vibracon SM -elementit



## SKF-voitelutyökalujen ja -tuotteiden yleiskatsaus

SKF tarjoaa laajan valikoiman voitelutuotteita. Lisätietoja on osoitteessa [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

SKF tarjoaa myös valikoiman keskusvoitelujärjestelmiä. Katso lisätietoja osoitteesta [www.skf.com/lubrication](http://www.skf.com/lubrication).

Laakerirasvat ja ketjuöljyt



Rasvapistoolit ja rasvapuristimet



Rasvapumput



Laakerin rasvantäyttöpumput



Öljynkäsitteleyastiat





Rasvamittarit



Automaattiset voitelulaitteet



Automaattiset monipistevoitelulaitteet



Rasvankestävät käsineet



Rasvanipat



Annostelevat öljyvahdit



SKF Lubrication Planner -ohjelma, voitelunippojen korkit ja merkinnät



Rasvojen analysointipakkaukset



Compact Greaser -rasvapumput



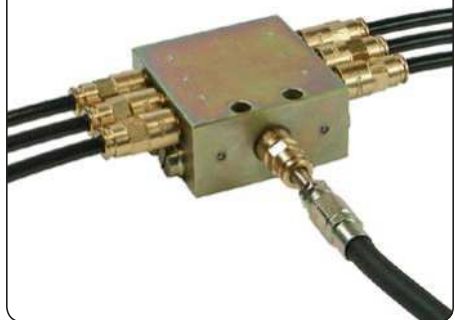
Akkukäyttöiset rasvapumput KFAS



Mäntäpumppu ja voitelulaite PF-VPBM



Voitelun apuvälineet ja jakajat



## LGMT 2

### SKF:n yleiskäyttöinen teollisuus- ja autolaakerirasva

LGMT 2 on mineraaliöljypohjainen litiumsaippualla saennettu rasva. Sillä on erinomainen lämpöstabiilisuus suositelluissa käyttölämpötiloissa. Tämä huippulaadukas yleisrasva sopii useisiin erilaisiin teollisuuden ja ajoneuvotekniikan käyttökohteisiin.

#### Ominaisuudet

- Erinomainen hapettumisen kestävyys
- Hyvä mekaaninen stabiilisuus
- Erinomainen vedenkestävyys ja hyvät ruosteesto-ominaisuudet

#### Suosittelut käyttökohteet

- Maatalouskoneet
- Ajoneuvojen pyöränlaakerit
- Kuljettimet
- Pienet sähkömoottorit
- Teollisuuspuhaltimek

## LGMT 3

### SKF:n yleiskäyttöinen teollisuus- ja autolaakerirasva

LGMT 3 on mineraaliöljypohjainen litiumsaippualla saennettu rasva. Tämä huippulaadukas yleisrasva sopii useisiin erilaisiin teollisuuden ja ajoneuvotekniikan käyttökohteisiin.

#### Ominaisuudet

- Erinomaiset ruosteesto-ominaisuudet
- Hyvä hapettumisen kestävyys suositelluissa lämpötiloissa

#### Suosittelut käyttökohteet

- Laakerit, joiden reiän halkaisija > 100 mm
- Laakerin ulkorengas pyörii
- Pystysakselikäytöt
- Jatkuvasti korkeat ympäristön lämpötilat > 35 °C (95 °F)
- Potkuriakselit
- Maatalouskoneet
- Autojen, kuorma-autojen ja perävaunujen pyöränlaakerit
- Suuret sähkömoottorit

## LGEP 2

### SKF:n kovaan kuormitukseen ja korkeaan paineeseen soveltuva laakerirasva

LGEP 2 on mineraaliöljyohjainen litiumsaippualla saennettu rasva, joka sisältää EP-lisäaineita. Rasva mahdollistaa hyvän voitelun käyttölämpötiloissa  $-20$ – $+110$  °C ( $-5$ – $+230$  °F)

#### Ominaisuudet

- Erinomainen mekaaninen stabiilisuus
- Erittäin hyvät ruosteenesto-ominaisuudet
- Erinomaiset paineenkesto-ominaisuudet

#### Suosittelut käyttökohteet

- Sellu- ja paperikoneet
- Leukamurskaimet
- Patoluukut
- Terästeollisuuden työvalssien laakerit
- Raskaat koneistot, täryseulat
- Nosturien pyörät, väkipyörät

## LGFP 2

### SKF:n elintarviketeollisuuden laakerirasva

LGFP 2 on puhdas, myrkytön laakerirasva, jonka pohjana on lääketieteellinen parafiiniöljy ja saentimena alumiinikompleksisaippua. Tässä rasvassa on käytetty ainoastaan FDA:n<sup>1)</sup> hyväksymiä ainesosia, ja se soveltuu NSF<sup>2)</sup>:n mukaan H1<sup>3)</sup>-käyttötarkoituksiin.

#### Ominaisuudet

- Täyttää elintarvikkeiden turvallisuuteen liittyvät määräykset
- Hyvä vedenkestokyky, minkä ansiosta soveltuu usein pesua vaativiin käyttökohteisiin
- Erinomainen rasvan käyttöikä
- Erittäin hyvät ruosteenesto-ominaisuudet
- Neutraali pH-arvo

#### Suosittelut käyttökohteet

- Leipomokoneet
- Elintarviketeollisuuden koneet ja laitteet
- Pakkauskoneet
- Käärimiskoneet
- Kuljettimet
- Pullotuskoneet

<sup>1)</sup> Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevirasto (Food and Drug Administration; FDA)

<sup>2)</sup> Yhdysvaltain tuotteiden puhtautta ja terveyttä edistävä säätiö (National Sanitation Foundation; NSF)

<sup>3)</sup> Satunnainen kosketus elintarvikkeeseen

## LGEM 2

### SKF:n korkeaviskositeettinen laakerirasva, joka sisältää kiinteitä ainesosia

LGEM 2 on laadukas korkeaviskositeettinen mineraaliöljypohjainen rasva. Sen saentimena on käytetty molybdeenidisulfidia ja grafiittia sisältävää litiumsaippuaa.

#### Ominaisuudet

- Takaa hyvän voitelun kovilla kuormituksilla ja pienillä pyörimisnopeuksilla
- Luotettava voitelu molybdeenidisulfidin ja grafiitin ansiosta

#### Suosittelut käyttökohteet

- Vierintälaakerit, jotka pyörivät pienellä nopeudella ja ovat raskaasti kuormitettuja
- Leukamurskaimet
- Telaketjutraktorit
- Nostomaston pyörät
- Rakennuskoneet, kuten mekaaniset painimet, nosturin varret ja nosturin koukut

## LGEV 2

### SKF:n erittäin korkeaviskositeettinen kiinteä laakerirasva

LGEV 2 on laadukas korkeaviskositeettinen mineraaliöljypohjainen rasva, jossa on käytetty saentimena molybdeenidisulfidia ja grafiittia sisältävää litium-kalsiumpohjaista saippuaa.

#### Ominaisuudet

- Erinomainen voitelu molybdeenidisulfidin ja kiinteän grafiitin ansiosta
- Sopii erinomaisesti suurten, raskaasti kuormitettujen pallomaisten rullalaakereiden voiteluun ja hitaisiin pyörimisnopeuksiin, joissa esiintyy helposti vierintäpintojen liukumista
- Erittäin hyvä mekaaninen stabiilisuus, hyvät vedenkesto- ja ruosteesto-ominaisuudet

#### Suosittelut käyttökohteet

- Pyörivien rumpujen tukiakseleiden laakerit
- Pyörivien uunien ja kuivausrumpujen kannatus- ja tukilaakerit
- Kaivosjyrsinkoneet
- Kääntökehät
- Valssaimet
- Murskaimet

## LGLT 2

### SKF:n alhaisen lämpötilan erittäin suuriin nopeuksiin soveltua laakerirasva

LGLT 2 on korkealuokkainen, täyssynteettinen öljypohjainen rasva, jossa on käytetty saentime-  
na litiumsaippuaa. Sen ainutlaatuinen saennus-  
teknologia ja matalaviskositeettinen öljy (PAO)  
muodostavat erinomaiset voiteluominaisuudet  
alhaisissa lämpötiloissa ( $-50\text{ °C}$  ( $-60\text{ °F}$ )) ja erit-  
tään suurissa kierrosnopeuksissa,  $n_{d_m}$  -arvot  
 $1,6 \times 10^6$  voidaan saavuttaa.

#### Ominaisuudet

- Alhainen kitkamomentti
- Pieni tehonhäviö
- hiljainen käynti
- Erittäin hyvä hapettumisen- ja vedenkestokyky

#### Suosittelut käyttökohteet

- Tekstiilikoneiden laakeroinnit
- Työstökoneiden karojen laakeroinnit
- Instrumentit ja säätölaitteet
- Lääketieteessä ja hammaslääketieteessä käytettävien välineiden pienet sähkömoottorit
- Rullaluistimet
- Painotelat
- Robotit

## LGGB 2

### SKF:n biologisesti hajoava laakerirasva

LGGB 2 on biologisesti hajoava, toksisuudeltaan alhainen, synteettinen esterioiljypohjainen rasva, jossa on käytetty saentimena litiumkalsiumia. Sen voiteluominaisuudet ovat erinomaiset, ja se sopii moniin käyttökohteisiin ja erilaisiin olosuhteisiin.

#### Ominaisuudet

- Täyttää myrkyllisyyttä ja biologista hajoa-  
vuutta koskevat säännökset
- Hyvä voitelukyky teräs vasten terästä -sovel-  
luksissa nivellaakereissa, kuula- ja  
rullalaakereissa
- Hyvä suorituskyky käynnistettäessä myös  
kylmänä
- Hyvät ruosteenesto-ominaisuudet
- Sopii keskiraskaille ja erittäin raskaille  
kuormille

#### Suosittelut käyttökohteet

- Maatalous- ja metsäkoneet
- Rakennus- ja maansiirtokoneet
- Kaivos- ja kuljetuslaitteet
- Vesi- ja kastelujärjestelmät
- Sulut, padot, sillat
- Nivelet, nivelvarret
- Muut käyttökohteet, joissa on vaarana  
ympäristön saastuminen

## LGWM 1

### SKF:n alhaisten lämpötilojen suurpainerasva (EP)

LGWM 1 on EP-lisäaineistettu mineraaliöljypohjainen rasva, jossa on käytetty saentimena liitiänsäippuaa. Soveltuu erittäin hyvin laakereihin, joihin vaikuttaa samanaikaisesti aksiaali- ja radiaalivoimat, kuten esim. ruuvipurkaimissa.

#### Ominaisuudet

- Hyvä öljykalvon muodostuminen alhaisissa lämpötiloissa  $-30\text{ °C}$ :seen asti ( $-20\text{ °F}$ )
- Hyvä pumpattavuus alhaisissa lämpötiloissa
- Hyvät ruosteenesto-ominaisuudet
- Hyvä vedenkestokyky

#### Suosittelut käyttökohteet

- Tuulivoimalat
- Ruuvipurkaimet
- Keskusvoitelujärjestelmät
- Pallomaisten rullapainelaakerien sovellukset

## LGWM 2

### SKF:n kovaan kuormitukseen ja laajalle lämpötila-alueelle soveltuva laakerirasva

LGWM 2 on kehitetty erityisesti voitelemaan laajalla lämpötila-alueella, suurilla kuormituksilla ja märissä olosuhteissa. LGWM 2 -rasva perustuu synteettiseen mineraaliöljyyn, jossa on kalsiumsulfonaattikompleksipohjaista saenninta. LGWM 2 soveltuu jopa alle  $-40\text{ °C}$ :n ( $-40\text{ °F}$ ) lämpötiloihin.

#### Ominaisuudet

- Erinomaiset ruosteenesto-ominaisuudet
- Erinomainen mekaaninen stabiilisuus
- Erinomainen voitelu suurilla kuormituksilla
- Hyvät kitkakorroosion esto-ominaisuudet
- Hyvä pumpattavuus alhaisissa lämpötiloissa

#### Suosittelut käyttökohteet

- Tuuliturbiinit
- Raskaat off road -sovellukset
- Käyttökohteet lumisissa olosuhteissa
- Merenkulun sovellukset
- Pallomaisten rullapainelaakerien sovellukset

## LGWA 2

### SKF:n suurelle kuormitukselle ja kovalle paineelle (EP) soveltuva laajan lämpötila-alueen laakerirasva

LGWA 2 on ensiluokkainen mineraaliöljypohjainen laakerirasva, jonka saentimena on käytetty litiumkompleksirasvaa. Sen paineenkesto-ominaisuudet ovat erinomaiset. LGWA 2 sopii monenlaisiin teollisuuden ja ajoneuvotekniikan käyttökohteisiin.

#### Ominaisuudet

- Erinomainen voitelukyky hetkellisissä huippulämpötiloissa, jopa 220 °C (430 °F)
- Suojaa pyöränlaakereita vaativissa olosuhteissa
- Tehokas voitelu märissä olosuhteissa
- Hyvä vedenkesto ja ruostesuoja
- Erinomainen voitelu raskailla kuormituksilla ja alhaisissa nopeuksissa

#### Suosittelut käyttökohteet

- Henkilö- ja kuorma-autojen sekä perävaunujen pyöränlaakerit
- Pesukoneet
- Sähkömoottorit

## LGHB 2

### SKF:n kovaan kuormitukseen ja korkeisiin lämpötiloihin soveltuva korkeaviskositeettinen laakerirasva

LGHB 2 on korkealaatuinen korkeaviskositeettinen mineraaliöljypohjainen rasva, jossa on käytetty saentimena kalsiumsulfonaattikompleksi-saippuaa. Rasva ei sisällä lisäaineita ja sen erinomaiset paineenkesto-ominaisuudet on saatu aikaan saenninrakenteen avulla.

#### Ominaisuudet

- Erinomainen hapettumisenkestokyky ja hyvät ruosteenesto-ominaisuudet
- Hyvät EP-ominaisuudet raskaasti kuormituissa käyttökohteissa

#### Suosittelut käyttökohteet

- Teräs vasten terästä -nivellaakerit
- Sellu- ja paperikoneet
- Asfalttiteollisuuden täryseulat
- Jatkuvalukoneet
- Tiivistetyt pallomaiset rullalaakerit 150 °C:n (300 °F) lämpötilaan asti
- Kestää hetkellisesti jopa 200 °C:n (390 °F) huippulämpötilan
- Terästeollisuuden työvälsien laakerit
- Haarukkatrukkien nostolaitteet



## LGHP 2

### SKF:n suorituskyvyltään huippuluokkainen, laajan lämpötila-alueen laakerirasva

LGHP 2 on korkealaatuinen mineraaliöljypohjainen rasva, jonka saentimena on nykyaikainen polyurea (di-urea). Rasva soveltuu kuula- ja rullalaakereille, joiden edellytyksenä on hiljainen käynti ja joita käytetään laajalla lämpötila-alueella,  $-40 - 150\text{ °C}$  ( $-40 - +300\text{ °F}$ ) keskiuurilla ja suurilla nopeuksilla.

#### Ominaisuudet

- Erittäin pitkä käyttöikä korkeissa lämpötiloissa
- Laaja lämpötila-alue
- Erinomaiset ruosteenesto-ominaisuudet
- Hyvä lämpöstabiilisuus
- Hyvä suorituskyky käynnistettäessä myös kylmänä
- Yhteensopiva tavallisimpien polyureapohjaisien rasvojen kanssa
- Yhteensopiva litiumkompleksilla saennettujen rasvojen kanssa
- Matala melutaso
- Erittäin hyvä mekaaninen stabiilisuus

#### Suosittelut käyttökohteet

- Sähkömoottorit: pienet, keskikokoiset ja suuret
- Teollisuuspuhaltimet, myös suurnopeuspuhaltimet
- Vesipumput
- Tekstiili- ja paperiteollisuuden käyttökohteet, kuivainten rullalaakerit
- Kohteet, joissa kuulalaakerin pyörimisnopeus on suuri ja käyttölämpötilat keskitasoisia tai korkeita
- Kytkimen irrotuslaakerit
- Uunivaunujen rullat
- Pystysakselikäytöt

## LGET 2

### SKF:n korkeiden lämpötilojen ja äärimmäisten olosuhteiden laakerirasva

LGET 2 on korkealuokkainen synteettinen fluoriöljypohjainen rasva, jossa on käytetty PTFE-saenninta. Sen voiteluominaisuudet ovat erinomaiset äärimmäisen kovissa yli  $200\text{ °C}$ :n lämpötiloissa aina  $260\text{ °C}$ :seen asti ( $300-500\text{ °F}$ ).

#### Ominaisuudet

- Rasvan pitkä ikä aggressiivisissa olosuhteissa, kuten kemiallisesti reaktiivisissa ympäristöissä tai alueilla, joilla esiintyy kaasuja, kuten puhdasta happea tai heksaania
- Erinomainen hapettumisenkestokyky
- Hyvät ruosteenesto-ominaisuudet
- Erinomainen veden- ja höyrynkesto

#### Suosittelut käyttökohteet

- Leipomokoneet (uunit)
- Uunivaunujen tukirullat
- Kopiokoneiden telalaakeroinnit
- Vohvelitaikinaa tekevät koneet
- Tekstiilien kuivaimet
- Kalvokoneet
- Sähkömoottorit, joita käytetään äärimmäisen korkeissa lämpötiloissa
- Savukaasupuhaltimet
- Alipainepumput

## Liitteet

### SKF-laakerirasvojen valintataulukko

Nimitys	Lämpö-tila	Nopeus	Kuorma	Kuvaus	Lämpötila-alue <sup>1)</sup>		Saennin/perusöljy	Perusöljyn viskositeetti <sup>2)</sup>
					LTL	HTPL		
-	-	-	-	-	°C (°F)		-	mm <sup>2</sup> /s
<b>LGMT 2</b>	M	M	L-M	Yleiskäyttö (teollisuus ja ajoneuvot)	-30 (-20)	+120 (+250)	Litiумаsaippua / mineraaliöljy	110
<b>LGMT 3</b>	M	M	L-M	Yleiskäyttö (teollisuus ja ajoneuvot)	-30 (-20)	+120 (+250)	Litiумаsaippua / mineraaliöljy	120
<b>LGEP 2</b>	M	L-M	H	Paineenkesto (EP)	-20 (-5)	+110 (+230)	Litiумаsaippua / mineraaliöljy	200
<b>LGFP 2</b>	M	M	L-M	Elintarvikkeelpoinen	-20 (-5)	+110 (+230)	Alumiinikompleksi / lääketieteellinen parafiini	130
<b>LGEM 2</b>	M	VL	H-VH	Korkeaviskositeettinen, sisältää kiinteitä lisäaineita	-20 (-5)	+120 (+250)	Litiумаsaippua / mineraaliöljy	500
<b>LGVE 2</b>	M	VL	H-VH	Erittäin korkeaviskositeettinen rasva, sisältää kiinteitä lisäaineita	-10 (+15)	+120 (+250)	Litium-kalsiumsaippua / mineraaliöljy	1 020
<b>LGLT 2</b>	L-M	M-EH	L	Alhainen lämpötila, erittäin suuri nopeus	-50 (-60)	+110 (+230)	Litiумаsaippua / PAO-öljy	18
<b>LGGB 2</b>	L-M	L-M	M-H	Biohajoava, alhainen toksisuus <sup>3)</sup>	-40 (-40)	+90 (+195)	Litium-kalsiumsaippua / synteettinen esteröily	110
<b>LGWM 1</b>	L-M	L-M	H	Paineenkesto (EP), matala lämpötila	-30 (-20)	+110 (+230)	Litiумаsaippua / mineraaliöljy	200
<b>LGWM 2</b>	L-M	L-M	M-H	Raskas kuormitus, laaja lämpötila-alue	-40 (-40)	+110 (+230)	Kalsiumsulfaatti-kompleksi- / synteettinen (PAO)/mineraaliöljy	80
<b>LGWA 2</b>	M-H	L-M	L-H	Laaja lämpötila-alue <sup>4)</sup> , suurpaine	-30 (-20)	+140 (+285)	Litiumkompleksisaippua / mineraaliöljy	185
<b>LGHB 2</b>	M-H	VL-M	H-VH	EP, korkea viskositeetti, korkea lämpötila <sup>5)</sup>	-20 (-5)	+150 (+300)	Kalsiumsulfaatti-kompleksi / mineraaliöljy	400
<b>LGHP 2</b>	M-H	M-H	L-M	Korkean suorituskyvyn polyurearasva	-40 (-40)	+150 (+300)	Di-urea / mineraaliöljy	96
<b>LGET 2</b>	VH	L-M	H-VH	Erittäin korkea lämpötila	-40 (-40)	+260 (+500)	PTFE / synteettinen (fluoropolyeetteri)	400

VL = erittäin matala, L = matala, M = keski-suuri, H = korkea, VH = hyvin korkea, EH = erittäin korkea

<sup>1)</sup> LTL = lämpötila-alueen alaraja, HTPL = suositeltavan käyttölämpötila-alueen yläraja

<sup>2)</sup> mm<sup>2</sup>/s 40 °C:ssa (105 °F) = cSt

<sup>3)</sup> LGGB 2 kestää 120 °C:n (250 °F) hetkellisiä lämpötiloja

<sup>4)</sup> LGWA 2 kestää 220 °C:n (430 °F) hetkellisiä lämpötiloja

<sup>5)</sup> LGHB 2 kestää 200 °C:n (400 °F) hetkellisiä lämpötiloja

Pystyakseli	Nopea ulkorenkaan pyöriminen	Oskilloivat liikkeet	Voimakas värähtely	Iskukuormat tai tiheät käynnistyks	Matala melutaso	Pieni kitka	Ruosteenesto-ominaisuudet
-	-	-	-	-	-	-	-
0	-	-	+	-	-	0	+
+	0	-	+	-	-	0	0
0	-	0	+	+	-	-	+
0	-	-	-	-	-	0	+
0	-	+	+	+	-	-	+
0	-	+	+	+	-	-	+
0	-	-	-	0	+	+	0
0	-	+	+	+	-	0	0
-	-	+	-	+	-	-	+
0	0	+	+	+	-	-	+
0	0	0	0	+	-	0	+
0	+	+	+	+	-	-	+
+	-	-	0	0	+	0	+
0	+	+	0	0	-	-	0

Symbolit: + Suositus  
 0 Soveltuu  
 - Ei sovellu

## SKF- kunnonvalvontalaitteistojen yleiskatsaus

SKF tarjoaa laajan valikoiman tavanomaisia kunnonvalvontalaitteita. Lisätietoja on osoitteissa [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com) tai [www.skf.com/cm](http://www.skf.com/cm).

Lisätietoja edistyksellisistä kunnonvalvontalaitteista ja online-valvontajärjestelmistä on osoitteessa [www.skf.com/cm](http://www.skf.com/cm).

Lämpömittarit



Elektroniset stetoskoopit



Endoskoopit



Lämpökamerat



Stroboskoopit



Takometrit



Öljyn kunnon tarkistusmittarit



Viskometrit



Äänenpainemittarit



Ultraäänimittarit



SKF Machine Condition Advisor -laite



## Liitteet

Ultraäänianturisarjat



Kunnonvalvontalaitteet (perusmallit)



Kunnonvalvonnan erikoislaitteet



SKF MicroVibe P



Koneen kunnonvalvonta-anturit



## SKF-irrotustyökalujen ja -tuotteiden yleiskatsaus

SKF tarjoaa laajan valikoiman irrotustyökaluja. Lisätietoja on osoitteessa [www.mapro.skf.com](http://www.mapro.skf.com).

Mekaaniset ulosvetäjät



Hydrauliset ulosvetäjät



Voimakkaat itsekeskittävät ulosvetäjät



Kolmisakaraiset vetoleuat



Laakerin sisäkehältä vetävät ulosvetäjät

## Liitteet

Sokean pesän ulosvetäjät



Alumiiniset lämmitysrenkaat



Säädettävät ja kiinteäkokoiset induktiolämmittimet



Hydraulimutterit



Irrutusöljy





## Yksiköiden muuntotaulukko

Määrä	Yksikkö	Muunnos			
<b>Pituus</b>	tuuma	1 mm	0,03937 in	1 in	25,40 mm
	jalka (ft)	1 m	3,281 ft	1 ft	0,3048 m
	jaardi (yd)	1 m	1,094 yd	1 yd	0,9144 m
	maili	1 km	0,6214 mile	1 mile	1 609 km
<b>Pinta-ala</b>	neliötuuma (sq.in)	1 mm <sup>2</sup>	0,00155 sq.in	1 sq.in	645,16 mm <sup>2</sup>
	neliöjalka (sq.ft)	1 m <sup>2</sup>	10,76 sq.ft	1 sq.ft	0,0929 m <sup>2</sup>
<b>Tilavuus</b>	kuutiotuuma (cub.in)	1 cm <sup>3</sup>	0,061 cub.in	1 cub.in	16 387 cm <sup>3</sup>
	kuutiojalka (cub.ft)	1 m <sup>3</sup>	35 cub.ft	1 cub.ft	0,02832 m <sup>3</sup>
	Gallona (Britannia)	1 l	0,22 gallonaa (Britannia)	1 gallonaa (Britannia)	4,5461 l
	Gallona (USA)	1 l	0,2642 gallonaa (USA)	1 gallonaa (USA)	3,7854 l
<b>Nopeus</b>	jalkaa sekunnissa (ft/s)	1 m/s	3,28 ft/s	1 ft/s	0,30480 m/s
	mailia tunnissa (mph)	1 km/h	0,6214 mph	1 mph	1 609 km/h
<b>Massa</b>	unssi (oz)	1 g	0,03527 oz	1 oz	28 350 g
	pauna (lb)	1 kg	2,205 lb	1 lb	0,45359 kg
	Short ton (US)	1 tonni	1,1023 lyhyttä tonnia	1 lyhyttä tonnia	0,90719 tonni
	Long ton (UK)	1 tonni	0,9842 pitkää tonnia	1 pitkää tonnia	1,0161 tonni
<b>Tiheys</b>	paunaa kuutiotuomassa (lb/cub. in)	1 g/cm <sup>3</sup>	0,0361 lb/cub.in	1 lb/cub.in	27 680 g/cm <sup>3</sup>
<b>Voima</b>	naulanvoima (lbf)	1 N	0,225 lbf	1 lbf	4,4482 N
<b>Paine</b>	paunaa neliötuumalla (psi)	1 MPa	145 psi	1 psi	6,8948 × 10 <sup>3</sup> Pa
<b>Momentti</b>	tuumaa naulanvoima (in.lbf)	1 Nm	8,85 in.lbf	1 in.lbf	0 113 Nm
<b>Teho</b>	jalkanaulaa sekunnissa (ft lbf/s)	1 W	0,7376 ft lbf/s	1 ft lbf/s	1,3558 W
	hevosvoima (HP)	1 kW	1,36 HP	1 HP	0 736 kW
<b>Lämpötila</b>	astetta	Celsius	t <sub>c</sub> = 0,555 (t <sub>f</sub> - 32)	Fahrenheit	t <sub>f</sub> = 1,8 t <sub>c</sub> + 32

# Sisällysluettelo

@  
@ptitude Exchange Katso SKF @ptitude Exchange

**A**  
Abrasiivinen kuluminen (hiova) 298–299  
aiheuttajana puutteellinen voitelu 313  
aiheuttajana riittämätön tiivistys 314–315  
aiheuttajana virheellinen sovite 300–301  
adhesiivinen kuluminen (hankauskuluminen) 298–299  
aiheuttajana puutteellinen voitelu 312  
aiheuttajana virheellinen laakerisovite 301  
akryylikumi 201  
akryylinitriilibutadieenikumi  
laakerien jälkimerkinnyt 24–25  
tiivisteiden jälkimerkinnyt 145  
akselin korjaus 152–154  
akselin liike 234  
akselin linjaus 167–174  
menetelmät 170–173  
mittaustavat 167–168  
toleranssit 169  
akselin lukitustavat 94–96  
akksiaalikuormitus  
lisääntynyt kuormitus 241, 243–244, 301, 320  
vierintäjäljet 294–295  
akksiaalinen asemointi 37–38  
pystylaakeripesät 132  
akksiaalisiiirtymä  
akksiaalisiiirtymän mittaaminen 56  
arvot CARB-kaairirullalaakereille 404  
arvot pallomaisille kuulalaakereille 402  
arvot pallomaisille rullalaakereille 403  
säteisvlyksen pienentymän mittaaminen 55  
vianetsintä 240  
akksiaalisiiirtymä 30–31  
akksiaalisiiirtymän mittaaminen 56–57  
arvot SKF Drive-up -menetelmälle 406–413  
CARB-kaairirullalaakerit 91  
pystylaakeripesät 132  
sovitteen valinnassa huomioitavaa 34  
akksiaalivly 29, 51  
arvot kartiorullalaakereille 396  
arvot lieriörullalaakereille 394–395  
arvot viistokuulalaakereille 389–391  
vikatilanteet 248  
alkuvly 29  
alumiiniset lämmitysrenkaat  
laakereiden asentaminen 69, 81  
laakereiden irrottaminen 255, 258–259  
asennus kylmänä 53–67  
asennus lämmittämällä 68–71  
asennushokit  
lieriörullalaakereiden asentaminen 81–84  
tiivisteiden asentaminen 150  
asetusruuvi Katso pidätinruuvi  
automaattinen hiukkaslaskentamenetelmä 212  
automaattinen voitelu 197  
automaattiset voitelulaitteet Katso SKF System 24 -järjestelmä

**C**  
CARB-kaairirullalaakerit  
akksiaalinen asemointi 37  
akksiaalisiiirtymäarvot 404  
arvot SKF Drive-up -menetelmälle 412–413  
asentaminen 90–91  
asentaminen (paineöljymenetelmä) 62–66  
asentaminen (SKF Drive-up -menetelmä) 57–61  
lukitusmutterin kiertymiskulmat 404  
olakkeiden mitat 38  
pystylaakeripesät 132  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 191  
säteisvlyksen pienentymäarvot 404  
säteisvlysarvot 399–400  
tyypit ja rakenteet 17  
vikatilanteet 240  
CircOil Katso SKF CircOil  
Client Needs Analysis Katso SKF Client Needs Analysis  
ConCentra Katso SKF ConCentra

**D**  
drive-up-menetelmä Katso SKF Drive-up -menetelmä  
Duoflex Katso SKF Duoflex  
Duralife Katso SKF Duralife  
Duralip Katso SKF Duralip  
DURATEMP 145

**E**  
ehkäisevä kunnossapito 218–219  
ei-purettavat laakerit 190  
ei-saippuat 183  
elastomeeritiivistet  
asentaminen 140–157  
varastointi 42  
elektroniset stetoskoopit 221  
elintarvikelpoiset voiteluaineet 209, 424  
EMCOR-luokitus Katso SKF:n EMCOR -luokitus  
endoskoopit 225–226  
energia tehokkuus 329  
ennenaikainen laakerivaurio Katso laakerivaurio  
EP-lisäaineet Katso paineenkestolisäaineet  
Epocast 36 165  
epoksihartsi  
akselin korjaukseen 152  
koneenlimien linjaukseen 165  
epäpuhtaudet  
epäpuhtaudet 211–212  
ISO-luokitus 212  
jälkivoiteluvälän muuttaminen 195  
laakerivaurion eteneminen 231  
seurauksena hiontakuluminen 314–315  
seurauksena painaumata 316  
vianetsintä 245–246, 249–250  
epäsymmetrisyys 243, 246  
epätasainen puristus Katso soikeus  
epätasainen puristus Katso soikeus  
epätasapaino 223  
epätasapaino Katso epäsymmetrisyys  
erittäin kuumat käyttökohteet 182  
esijännitys

arvot viistokuulalaakereille 389  
käytön aikana 29, 51  
vianetsintä 240–245

## F

FKM Katso fluoroelastomeeri  
fluorattu rasva 189, 200, 202  
fluoroelastomeeri  
korkeissa lämpötiloissa 142  
tiivisteiden jälkimerkinät 145  
FRB-renkaat Katso ohjausrenkaat

## G

grafiitti 182, 184  
Grease Test Kit (rasvojen analysointipakkaus) Katso SKF Grease  
Test Kit

## H

haka-avaimet 102–103  
halkaisijaltaan suuret kulutusholkit 225  
asentaminen 152–153  
halkaisijasarjat 22–23  
halkaistut tiivisteet 133, 154–155  
hankaamattomat tiivisteet  
irrottaminen 284  
laakereiden kiinteät tiivisteet 40  
ulkopuoliset tiivisteet 39  
hankaavat tiivisteet  
irrottaminen 284–286  
laakereiden kiinteät tiivisteet 40  
ulkopuoliset tiivisteet 39  
vikatilanteet 238  
hankaus 233  
hapettuminen  
ehkäiseminen 81, 185, 203  
rasva 187  
seurauksena korrosio 299  
hapettumista estävä lisäaine  
rasvassa 184  
öljyssä 203  
hapettunut voiteluaine 226, 254  
heitto 36  
toleranssit laakerisijoille 386  
heittorengas Katso öljyn heittorengas  
hinnanlinjaus 176–177  
hihnapyörän linjaus Katso hinnanlinjaus  
hiomapaperi 226  
hitsaaminen 172  
hiukkaskaskenta 212  
HMV-mutterit Katso hydraulimutterit  
HNBR Katso akryliinitriliibutadienikumit  
huopatiivisteet 238  
hydraulimutterit  
laakereiden irrottaminen 262, 266  
sarjat ja rakenteet 73  
SKF Drive-up -menetelmä 56, 406–413  
hydraulpumput  
SKF Drive-up -menetelmä 56  
valintaopas 72  
hydrauliset ulosvetäjät 257, 260  
HYDROCAM 166

## I

induktiolämmittimet  
kulutusholkkien asennus 152  
laakereiden asentaminen 69, 82  
laakereiden irrottaminen 255, 259  
infrapunalämmittimet 70  
integroidut kunnossapitorakaisut 329  
integroidut tiivisteet  
laakerit 40  
laakeriryksiköt 96  
vikatilanteet 237–238, 251  
irrottimet Katso ulosvetäjät  
irrotus lämmittämällä Katso laakereiden irrottaminen  
lämmittämällä  
irrotusöljy 254  
iskuholkit 146

iskukuormitus  
jälkivoiteluvälin muuttaminen 195  
laakerivauriot 248, 308  
lisäainetarpeet 207  
iskun aiheuttama vaurio  
virheellisen asennuksen aiheuttama 248, 305  
virheellisen kuljetuksen tai varastoinnin aiheuttama 308  
ISO  
epäpuhtauksien luokittelu 212  
laakerivaurioiden luokittelu 298  
mittasarjat 22–23  
toleranssiasteet 385  
toleranssiluokat 35  
viskositeettiluokat 203, 415

## J

jaetut pystylaakeripesät Katso pystylaakeripesät  
jatkuva jälkivoitelu 195, 197  
jousikuormitukset  
tiivistetyypit ja -rakenteet 143–145  
vikatilanteet 237  
juoksurullat 19–20  
jälkimerkintäluettelo  
laakeripesät 127–128  
laakerit 24–25  
laakeriryksiköt 96  
tiivisteet 145  
jälkivoitelu 192–198  
tiivistetyt laakerit 90, 192  
vaikutus lämpötilaan 221  
jälkivoiteluvälit 192–195  
vianetsintä 236, 245–246  
jännite 307

## K

kaksiriviset kartiorullalaakerit  
asentaminen 89  
rakenteet 17  
kaksiriviset viistokuulalaakerit  
aksiaalivälisarvot 390  
asentaminen 78  
rakenteet 12  
kaksoishuultitiivisteet  
rasvan lisääminen 196  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 149, 190  
kalibroidut kartiot  
akselin linjaus 170  
hinnanlinjaus 176  
kalsiumsappua 185  
kansipulit 131  
karan kunnostuspalvelut 331  
kardaantin linjaus Katso nivelakselien linjaus  
kartioakselisovitteet  
laakereiden asentaminen 54–56  
laakereiden irrottaminen 259–264  
mittauspöytäkirjapohja 48  
kartiorullalaakerit  
aksiaalivälisarvot 396  
asentaminen 84–89  
0-laakerijärjestelmien säätäminen 86–88  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 191  
tyypit ja rakenteet 16–17  
vikatilanteet 245  
X-laakerijärjestelmien säätäminen 84–85  
kartiotulkki 47–48  
keskitys-laipat 84–85  
keskusvoitelujärjestelmät 213–215  
Keskusvoitelujärjestelmä, joissa voiteluaine ei palaudu  
kiertoon 214  
kestoikä 27  
kestoikä Katso laakereiden käyttöikä  
kestävä kehitys 329–330  
ketjuöljyt 209  
SKF SYSTEM 24 -voitelulaitteet 199  
kiertoöljyvoitelu 208  
keskusvoitelujärjestelmät 213–215  
SONL-pystylaakeripesien asentaminen 137–139  
öljynvaihtoväli 209

## Sisällysluettelo

öljynäytteiden ottaminen 210  
kiilat 150, 152  
kiilat 164  
kiillaurat 150, 152  
kiillotuskulminen  
aiheuttajana riittämätön tiivistys 315  
aiheuttajana virheellinen sovite 300–301  
kiilojen käyttö Katso linjauslevyjen käyttäminen  
kiinnitys epäkeskisellä lukkorenkaalla 94–95  
kirstystymomenttiarvot 102  
laakeripesäyksiköiden asentaminen 106–108  
laakeriysiköiden irrottaminen 273  
kiinnityspultit/-mutterit  
laakeripesät 131  
laakeriysiköt 101, 105  
pehmeän jalan korjaus 162  
kiinteä sisärengas 293  
kiinteä öljy 182–183  
kiinteät epäpuhtaudet 211–212  
vianetsintä 245, 249  
kiinteät lisäaineet  
keskusvoitelujärjestelmissä 213  
rasvassa 184  
öljyssä 203  
kiinteät tiivisteet  
asentaminen 133, 149  
tyypit ja rakenteet 144–145  
kinemaattinen viskositeetti Katso viskositeetti  
kirstysholkit  
laakereiden asentaminen (paineöljymenetelmä) 62–66  
laakereiden asentaminen (SKF Drive-up -menetelmä) 57–61  
laakereiden irrottaminen 260–264  
laippalaakeripesien irrottaminen 282  
kirstysholkkiinnitys 94–95  
kirstystymomenttiarvot 103  
laakeripesäyksiköiden asentaminen 109–110  
laakeriysiköiden irrottaminen 274  
kirstystymomentti 166  
arvot kansipulteille 131  
arvot kiinnityspulteille/-muttereille 105, 131  
arvot laakeriysiköille 102–103  
kirnuuntuminen  
liiallisen rasvan aiheuttama 190, 199  
seurauksena voiteluainevuoto 222  
vianetsintä 236  
värähtelyn aiheuttama 194  
kitkakorroosio 298–299  
sovitekorrosio 298–299, 302–303  
tärinävaurio 308, 319  
kitkamomentti 235  
kohtisuus 36, 386  
kokokoodi 22  
kokonaiskustannukset (TCO) 329  
kompleksisäippuat 183  
komposiittimateriaali Katso polyamidi  
koneen asennus 161–166  
koneen runko  
pehmeä jalka 162  
valettava epoksihartsit 165  
koneen viat 222  
koneenelimen linjaus 161–166  
Korjaava kunnossapito Katso reagoiva kunnossapito  
korrosio 298–299  
kitkakorroosio 302–303, 308, 319  
kosteuden aiheuttama korrosio 308, 317–318  
korrosiosuojatusti 188  
korrosiota estävä lisäaine  
rasvassa 184  
öljyssä 203  
kosteuden aiheuttama korrosio 298–299  
aiheuttajana riittämätön tiivistys 317–318  
vianetsintä 250  
virheellisen kuljetuksen tai varastoinnin aiheuttama 308  
kosteus  
elastomeeritiivisteiden varastoinnin aikana 42  
laakereiden ja yksiköiden varastoinnin aikana 41  
voiteluaineiden varastoinnin aikana 43  
koulutus 326–327

kovuus 185  
rasvojen suorituskykytestit 188  
Kovuusluokka Katso NLGI-kovuusluokka  
kraatit 321–322  
kruunumutterit 88  
kuivavoiteluaine 182–183  
kuljetusvaurio 308  
kulmapyöristykset  
mitat 38  
mitat, kaarevat kulmapyöristykset 387  
vikatilanteet 247  
kulmapyöristykset 38  
mitat 387  
kulminen 298–299  
hankaava 301, 312  
hiova 300–301, 313, 314–315  
kulumista estävä lisäaine  
rasvassa 184  
öljyssä 203, 207  
kulutusholkit 152–153  
kunnonvalvonta 216–224  
lämpötila 221  
melu 221  
SKF-laitteet 432–434  
voitelu 222  
kunnossapidon tukipalvelut 324–331  
kunnossapitomenetelmät 218–219  
kunnossapitostrategian arviointi 328–330  
kunnustus 331  
kuoriutumaa 231  
pinnanalainen 303–304, 309  
pintalähtöinen 301, 304, 310–311  
vianetsintä 244, 249–250  
kuormituksen jakautuminen  
sovitteen valinnassa huomioitavaa 32  
vierintäjäljet 292–297  
kuormituksen suunta määrittämätön 32  
kuormitusalueet 292–297  
kuormitusuhteet 187  
kuparikorroosiot 188  
kuulalaakeriysiköiden asentaminen 121  
kuulalaakeriysiköt  
akselin lukitustavat 94–96  
asentaminen 104–114  
irrottaminen 272–275  
kokoaminen 121  
merkinnät 96, 100  
tyypit ja rakenteet 96–100  
kuusiokoloavimet 102  
käsiäily  
laakerit 49–50  
laakerivaurio 305–306, 308  
voiteluaineet 181  
käynnin aikana välys 29  
käynnistyminen  
rasvavoideilla laakerit 186–187, 190–191  
öljyvoideilla laakerit 207  
käyntiolosuhteet 32  
käyttäjävetoinen käyttövarmuus 219, 330  
käyttöä 28–29  
vaikuttavat tekijät 230–231  
käyttölämpötila  
jälkivoiteluvälän muuttaminen 195  
kunnonvalvonta 221  
laakerit 187, 204  
rasva 186–187  
vianetsintä 190, 202, 233  
käyttöturvallisuustiedotteet 180  
tulkitseminen 184–188  
käännteisten mittakellojen menetelmä 170–171

## L

laakereiden aseointi 31–38  
laakereiden asentaminen 44–91  
esivalmistelut 46–49  
laakerityyppikohtaiset ohjeet 74–91  
mekaanisten menetelmien käyttö 53–56

paineöljymenetelmän käyttö 62–66  
 SensorMountin käyttö 67  
 SKF Drive-up -menetelmän käyttö 57–61  
 työkalut 72–73, 416–418  
 vikatilanteet 240, 243, 245, 247  
 virheelliset asennustavat 248–249, 305–306  
 laakereiden irrottaminen 254–269  
 akselin kartiopinnoilta 259–260  
 esivalmistelut 254  
 kiinteästä laakeripesästä 267–269  
 kiristysholkilla 260–264  
 laakerivaurion yhteydessä 291  
 lieriömäisestä akselisovitteesta 256–259  
 lämmittämällä 258–259, 269  
 menetelmät 255  
 työkalut 255, 435–436  
 vetoholkilla 264–267  
 laakereiden käyttöä  
 käyttöä 28–29  
 luokiteltu kestoikä 27–28  
 laakereiden säätäminen  
 kartiorullalaakerit 84–88  
 vianetsintä 245  
 viistokuulalaakerit 74–77  
 laakerikunnostus 331  
 laakeripesien asentaminen 122–139  
 esivalmistelut 130  
 pystyalaakeripesät 134–136  
 pystyalaakeripesät (SONL) 137–139  
 varaosat 124–129  
 laakeripesien irrottaminen 278–283  
 esivalmistelut 278  
 jaetut pystyalaakeripesät 280–281  
 laippalaakeripesät 282–283  
 laakeripesät  
 asentaminen 122–139  
 irrottaminen 278–283  
 rasvavoitelu ensiasennuksessa 190  
 termistö 11  
 tunnistaminen 27  
 tyytit ja rakenteet 125–127  
 laakeripesäyksiköiden asentaminen 92–121  
 epäkeskisellä lukkorengaskiinnityksellä 106–108  
 esivalmistelut 101  
 kiristysholkilla 109–110  
 kiristysmomenttiarvot 102–103  
 lieriömäisellä lukkorengaskaalla 119–120  
 pidätinruuviliukitusella 104–106  
 SKF ConCentra -lukitusella 111–118  
 työkalut 102–103  
 varaosat 94–100  
 laakerirenkaan pyöriminen Katso pyöriminen  
 laakerisijat  
 kaarevien kulmapyörityksien mitat 387  
 laakerivauriot 302–303  
 pinnankarheus 36, 387  
 tarkkuuden tarkistaminen 47–49  
 tarkkuusvaatimukset 35–36, 386  
 laakerisijat Katso laakerisijat  
 laakerit  
 asentaminen 44–91  
 irrottaminen 254–269  
 jälkivoitelu 194–198  
 kokoluokat 46  
 käsittely 49–50  
 merkintäjärjestelmä 22–25  
 rasvavoitelu ensiasennuksessa 189–191  
 termistö 10  
 tunnistaminen 26–27  
 tutkiminen 225–226  
 tyytit ja rakenteet 12–21  
 varastointi 41, 230  
 vikataajuudet 224  
 laakerivauriot 288–323  
 ennen käyttöä 300–308  
 ISO-luokitus 298  
 käytön aikana 309–322  
 oireet 232–235  
 syyt 230–231, 298  
 laakerivika Katso laakerivaurio  
 laakeriyräkköiden irrottaminen 270–277  
 epäkeskisellä lukkorengaskaalla 273  
 esivalmistelut 271  
 kiristysholkilla 274  
 pidätinruuviliukitusella 272  
 SKF ConCentra -lukitusella 275–277  
 työkalut 270  
 laakeriyräkköt  
 akselin lukitustavat 94–96  
 asentaminen 92–121  
 irrottaminen 270–277  
 merkinnät 96, 100  
 tunnistaminen 27  
 tyytit ja rakenteet 96–100  
 varastointi 41  
 laakeroinnit  
 pystyalaakeripesät 127, 132  
 termistö 11  
 tyytit 30–31  
 laatat  
 laakeripesät 131  
 laakeriyräkköt 101  
 laippalaakeripesät  
 irrottaminen 282–283  
 tyytit ja rakenteet 125–126  
 laippa-yräkköt 100  
 asentaminen 104–120  
 irrottaminen 270–277  
 tyytit ja rakenteet 96–100  
 laserlinjausmenetelmät  
 akselin linjaus 171–173  
 hihnanlinjaus 176–177  
 nivelakselikäyttöjen linjaus 175  
 lieriömäiset akselisovitteet  
 laakereiden asentaminen 53  
 laakereiden irrottaminen 256–259  
 mitta- ja muototarkkuudet 386  
 mittauspöytäkirjapohja 48  
 lieriömäisyys 36, 386  
 lieriörullalaakerit  
 aksiaalinen aseointi 37  
 aksiaalivälisarvot 394–395  
 asentaminen 80–84  
 irrottaminen 258–259  
 rasvavoitelu ensiasennuksessa 191  
 säteisvälisarvot 393  
 tyytit ja rakenteet 13–14  
 liikennevaloluokitus Katso SKF-liikennevaloluokitus  
 liikuteltava kone 167–169  
 linjaus 158–177  
 akselit 167–174  
 hinnat 176–177  
 koneet 161–166  
 nivelakselikäytöt 175  
 SKF-laitteet 419  
 linjaus hihnapöyrän urasta 176–177  
 linjauslevyjen käyttäminen 163  
 linjauslevyt 163–164  
 aksiaalisen esijännityksen estäminen 244  
 kartiorullalaakereiden säätäminen 85  
 laakeriyräkköt 101  
 pystyalaakeripesät 130  
 TMAS-sarjassa 164  
 viistokuulalaakereiden säätäminen 74–75  
 vikatilanteet 241  
 linjauslevyt Katso linjauslevyt  
 linjausvirhe  
 akselit 167–169  
 epäkeskisellä lukkorengaskaalla varustetut kuulalaakeriyräkköt 106, 108  
 hinnat 176–177  
 kiristysholkilla varustetut kuulalaakeriyräkköt 110  
 laakerivauriot 304, 320  
 lieriömäisellä lukkorengaskaalla varustetut rullalaakeriyräkköt 119  
 nivelakselikäytöt 175  
 pidätinruuvilla varustetut kuulalaakeriyräkköt 104, 106

## Sisällysluettelo

SKF ConCentra -kuulalaakeriyksiköt 112, 114  
SKF ConCentra -rullalaakeriyksiköt 116, 118  
ulkopuoliset tiivisteet 238  
vierintäjäljet 296-297  
värehtelytaajuudet 222-223  
lisäaineet  
keskusvoitelujärjestelmissä 212  
rasvassa 184  
yhteensopivuus materiaalien kanssa 188-189, 202, 207, 210  
öljyssä 203  
lisätiivistehuulet  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 149, 190  
tiivistetyypit ja -rakenteet 143-145  
lisääminen 195-196  
lisääntyneet kuormitukset 301, 320  
vianetsintä 241, 243-244  
litiumsappua 185  
liukuminen Katso tahmautuminen  
luottimet  
käsittely 225  
laakereiden puhdistus 224  
tyypit 254  
lovettut elementit Katso kiilat  
LuBase 189, 207  
LubeSelect 189, 192, 207  
LubriLean Katso SKF LubriLean  
luistaminen Katso tahmautuminen  
lukitus lieriömäisellä lukkorenkaalla 94-95  
kirstysmomenttiarvot 102  
laakeripesäyksiköiden asentaminen 119-120  
lukitusmutterin kiertymiskulma 55  
arvot CARB-kaarirullalaakereille 404  
arvot pallomaisille kuulalaakereille 402  
arvot pallomaisille rullalaakereille 403  
lukitusrenkaat 91  
luokiteltu kestoikä 27-28  
luonnonöljy  
rasvassa 183  
öljyssä 203  
luotettavuus- ja käyttövarmuustekniikka 327  
lyhyt jalka Katso pehmeä jalka  
lyöntilyevyt/holkit 146  
lyöntituumat  
laakeripesäyksiköiden asentaminen 107-108  
tiivisteiden asentaminen 148  
lämmittimet Katso infrapunälämmittimet  
lämmityskaapit 70  
lämmitysmatot 269  
lämmityspaneelit 71  
lämmitysrenkaat Katso alumiiniset lämmitysrenkaat  
lämpö  
kunnonvalvonta 221  
vianetsintä 233  
lämpökäsittelyuunit 182  
lämpölaajeneminen  
CARB-kaarirullalaakereiden asentaminen 91  
linjauksessa huomioitavaa 161, 169  
sovitteen valinnassa huomioitavaa 33-34  
lämpölevyt 68  
lämpömittarit 221  
lämpömuurtumat 298-299  
aiheuttajana virheellinen laakerisovite 301  
lämpötila  
kunnonvalvonta 221  
käytön aikana 186-187  
referenssi 203  
vikatilanteet 233  
ympäristö 161  
lämpöttilaero  
linjauksessa huomioitavaa 161  
sisä- ja ulkokorenkaiden välillä 221  
sovitteen valinnassa huomioitavaa 33  
vikatilanteet 240  
lämpötutkimukset 221

**M**  
maali  
tiivisten suojaus 150

tukipinnoilla 130, 161, 165  
Machine Condition Advisor Katso SKF Machine Condition Advisor  
materiaalin väsyminen 298-299  
pinnanalainen väsyminen 301, 303-304  
pinnasta alkava 301, 303-304, 310-311  
materiaalin väsyminen Katso pinnanalainen väsyminen  
mekaaninen stabiilisuus 188  
mekaaniset kunnossapitopalvelut 330  
mekaaniset ulosvetäjät 256, 260  
melu  
kunnonvalvonta 221  
vianetsintä 233  
merkinnät  
laakeripesät 125-129  
laakerit 22-25  
laakeriyksiköt 96-100  
tiivisteet 143-145  
messinki  
linjauslevyt 163  
yhteensopivuus EP-lisäaineiden kanssa 202  
metalli-metallikontakti  
estäminen 183, 202  
seurauksena hankaava kuluminen 312  
vianetsintä 233-234, 237, 246, 249  
mikrokuorimat 299  
aiheuttajana materiaalin väsyminen 309  
aiheuttajana puutteellinen voitelu 310  
mikrometrit 47-49  
mikroskooppilaskentamenetelmä 212  
mineraaliöljy  
rasvassa 183, 189  
öljyssä 203-204  
minimimäärävoitelu 214-215  
mittakellomenetelmä 170-171  
mittakellomenetelmät  
akselin linjaus 170-171  
kartiorullalaakereiden säätäminen 86-88  
SKF Drive-up -menetelmä 58-61  
viistokuulalaakereiden säätäminen 74-77  
mittakellot 56  
mittauspöytäkirjapohja 48  
molybdeenisulfidi  
laakereiden asentaminen 62  
rasvassa 183  
momenttiavaimet Katso kuusiokoloavaimet  
momentti-ilmaisit 112-113  
moniriviset kartiorullalaakerit Katso neliriviset kartiorullalaakerit  
Monoflex Katso SKF Monoflex  
Multiflex Katso SKF Multiflex  
muototarkkuus 35-36  
akselien toleranssit (asennus holkille) 384  
toleranssit laakerisijoille 386  
murtuma 298-299  
aiheuttajana virheellinen laakerisovite 301  
viallisien sovitteiden aiheuttama 303  
murtuma 298-299  
lämpösäilytykseen 301  
murtuma 301, 303  
väsymismurtuma 319  
muut komponentit  
esivalmistelut 49  
kanavien, urien ja reikien mitat 405  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 188  
tarkkuuden tarkistaminen 47-49  
muuttuvanopeuksiset koneet 223

**N**  
navat Katso pyörännavat  
NBR Katso akryliiniitriliibutadienikumit  
nellihiilitiivisteet  
rasvan lisääminen 196  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 190  
nelipisteviistokuulalaakerit  
aksiaalivälisarvot 391  
asentaminen 78  
rakenteet 13  
vikatilanteet 244  
neliriviset kartiorullalaakerit

asentaminen 89  
rakenteet 17  
neliriviset lieriörollaakerit  
asentaminen 82–84  
rakenteet 14  
nestemäiset epäpuhtaudet 212  
vianetsintä 246, 250  
neulalaakerit  
asentaminen 80–81  
irrottaminen 255, 258  
säteisvällysarvot 393  
tyypit ja rakenteet 15–16  
nivelseläkäyttäjien linjaus 175  
NLGI-kovuusluokka 184  
rasvojen suorituskykytestit 188  
nostotajia 50, 68

**O**  
ohjaavan pään laakeroinnit 30–31  
ohjainholkit Katso asennusholkit  
ohjaintangot 81  
ohjausrenkaat 132  
O-laakerijärjestelmät  
kartiorullaakereiden säätäminen 86–88  
viistokuulalaakereiden säätäminen 76–77  
olakkeet  
mitat 38  
tarkkuusvaatimukset 35–36, 386  
vikatilanteet 237, 251  
on-site-koneistaminen 330  
ontot akselit 34–35  
O-renkaat 39  
oskilloivat käyttökohteet 207  
otsapinnan linjaus 176–177

**P**  
paikoillaan oleva kone 167–168  
painaumat 298–299  
aiheuttajana riittämätön tiivisyys 316  
laakerivaurion eteneminen 211, 231  
vianetsintä 245, 248  
virheellisen asennuksen aiheuttama 305–306  
painaumat Katso painaumat  
paineenkestollisäaineet (EP)  
rasvassa 184  
yhteensopivuuks materiaalien kanssa 202, 207  
öljyssä 203, 207  
paineilma 226  
painealaakerit 18–19  
painemittarit 56  
paineöljymenetelmä  
kanaviin, urien ja reikien mitat 405  
kartiotapille asennettu laakerin irrottaminen 260  
kieristysholkille asennettu laakerin irrottaminen 264  
laakereiden asentaminen 62–66  
laakerin irrottaminen kiinteästä laakeripesästä 268  
lieriöakselisovitteelle asennettu laakerin irrottaminen 258  
vetoholkille asennettu laakerin irrottaminen 266  
pallografiittivalurauta 126  
pallomaiset kuulalaakerit  
aksiaalisiiirtymäarvot 402  
arvot SKF Drive-up -menetelmälle 392  
asentaminen 79–80  
asentaminen (paineöljymenetelmä) 62–66  
asentaminen (SKF Drive-up -menetelmä) 57–61  
lukitusmutterin kiertymiskulmat 402  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 191  
säteisvällysarvot 392  
tyypit ja rakenteet 13  
pallomaiset rullaalaakerit  
aksiaalisiiirtymäarvot 403  
arvot SKF Drive-up -menetelmälle 407–411  
asentaminen 90  
asentaminen (paineöljymenetelmä) 62–66  
asentaminen (SKF Drive-up -menetelmä) 57–61  
lukitusmutterin kiertymiskulmat 403  
rakenteet 17  
säteisvällyksen pienentymäarvot 403

säteisvällysarvot 397–398  
palvelusopimukset 330  
pareittain asennettavat laakerisarjat 76  
pareittain asennettavat laakerit  
aksiaalisen esijännityksen arvot 389  
aksiaalivällysarvot 389  
asentaminen 76  
pehmeä jalka 162  
perustuksen laatu 161  
perusöljy  
rasvassa 183  
viskositeetti 185  
yhteensopivuuks 200–201  
öljyssä 203  
pesät Katso laakeripesät  
pidätinruuvilukitus 94–95  
kieristysmomenttiarvot 102  
laakeripesäyksiköiden asentaminen 104–106  
laakeriyksiköiden irrottaminen 272  
pinnan kostuminen 202  
pinnanalainen väsyminen 298–299, 309  
aiheuttajana virheellinen laakerisovite 301  
staattisen linjausvirheen aiheuttama 304  
viallisien sovitteiden aiheuttama 303  
pinnankarheus 36  
keskiarvot 387  
pintalähtöinen väsyminen 298–299  
aiheuttajana puutteellinen voitelu 310–311  
aiheuttajana virheellinen laakerisovite 301  
staattisen linjausvirheen aiheuttama 304  
viallisien sovitteiden aiheuttama 303  
vianetsintä 249  
pintavaurio 233–235  
plastinen muodonmuutos 298–299  
painaumat 305–306, 316  
yllikuormitus 305, 308  
poistoreiät Katso rasvan poistoreiät  
polyamidi  
laakeripesäyksiköt 100  
yhteensopivuuks EP-lisäaineiden kanssa 202  
polyurea 183  
proaktiivinen kunnossapito 219  
ProFlex Katso SKF ProFlex  
PTFE  
korkeissa lämpötiloissa 142  
säteisaksellitivistet 143, 146, 150  
tiivisteiden jälkimerkinnät 145  
yhteensopivuuks 202  
puhdistaminen  
laakerit 226  
tiivisteet 146  
puhdistukset 29  
puhtaus 28–29, 46–47  
putinkieristimet 166  
pumput  
SKF Drive-up -menetelmä 56  
valintaopas 72  
purettavat laakerit  
asentaminen 80  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 190  
puristettu teräs 100  
puristimet  
laakereiden asentaminen 53  
laakereiden irrottaminen 258, 267  
tiivisteiden asentaminen 146  
pystyakselit  
jälkivoiteluväljin muuttaminen 195  
voiteluaineen valinnassa huomioitavaa 182  
pystyalaakeripesät  
irrottaminen 280–281  
SNL-laakeriesien asentaminen 134–136  
SONL-pystyalaakeriesien asentaminen 137–139  
tyypit ja rakenteet 125–126  
pystyalaakeripesäyksiköt  
asentaminen 104–120  
irrottaminen 270–277  
tyypit ja rakenteet 96–100  
pystyessä Katso pystyalaakeripesä

## Sisällysluettelo

pyykkilautakuvio  
sähkövirran aiheuttama 322  
värähtelyn aiheuttama 319  
pyykkilautakuviot 322  
pyöriminen 31  
aiheuttajana virheellinen sovite 300–301  
sovitteen valinnassa huomioitavaa 33  
vianetsintä 243, 246–247  
pyörimiskeskipiste 167  
pyörimisnopeusraja 187  
rasvavoitelun raja-arvot 186, 194  
pyörimistarkkuus 35–36  
akseleiden toleranssit (asennus holkille) 384  
toleranssit laakerisijoille 386  
pyöriä vuoritus 32  
vianetsintä 243  
pyöriä ulkorengas  
jälkivoiteluvälin muuttaminen 195  
kuoritusolosuhteet 32  
käyttö ajoneuvojen pyörännoissa 87–88  
vierintäjäljet 293  
pyörännavat 87–88  
päätykannet 133

**R**  
rakotulkit  
akselin linjaus 170  
hihnanlinjaus 176  
pehmeän jalan tarkistus 162  
säteisvälkyksen mittaus 52  
säteisvälkyksen pienentymän mittaus 55  
rasva  
analyysi 222  
jäykkyys 184, 187  
kovuus 185, 188  
käyttölämpötila-alue 186–187  
ominaisuudet 185–188  
SKF-rasvanvalintataulukko 430–431  
SKF-rasvat 423–431  
suorituskykytestit 188  
tekniset lomakkeet 181, 184–188  
toiminta 184  
valitseminen 189  
vanheneminen 187, 192, 195  
vertailu öljyn 182, 214  
yhteensopivuus 200–202  
rasvan poistoreiät 196, 199  
rasvanipat  
paikka pystylaakeripesässä 133, 196  
rasvan lisääminen 195  
rasvavoitelu 183–202  
rasvavuoto 182  
rasvojen suorituskykytestit 188  
vianetsintä 202, 236, 238–239  
rasvojen sekoittaminen Katso rasvat, yhteensopivuus  
reagoiva kunnossapito 218–219  
referenssilämpötila 203  
rengastulkit 47  
resurssien hallinta 326–329  
resurssien käyttövarmuus 326–329  
ristiinlukitseminen Katso säädettävät laakerijärjestelmät  
ristikkäisreiät 150, 152  
RMI Katso SKF Reliability Maintenance Institute  
ruiskuvoitelu 208  
öljynvaihtoväli 209  
rullalaakerit Katso laakerit  
rullalaakeriyritykset  
akselin lukitustavat 94–96  
asentaminen 114–120  
irrottaminen 276–277  
merkinnät 96, 100  
tyypit ja rakenteet 96–100  
runko Katso koneen runko  
ruoste  
aiheuttajana riittämätön tiivistys 317–318  
vialliens sovittamiseen aiheuttama 302  
vianetsintä 246  
ruostumisen estävä suoja-aine 188

irrottaminen 202  
yhteensopivuus rasvojen kanssa 189, 202  
rätinätesti 211

## S

saentimet  
tyypit 183  
yhteensopivuus 201  
saippuat 183, 185  
sarjanumerot  
nelipisteistökoulualaakerit 78  
neliriviset kartiorullalaakerit 89  
neliriviset lieriörollalaakerit 82  
pystyalaakeripesät 27  
saumakiilat 144  
seisokki  
kosteuden aiheuttama korroosioaurio 317–318  
suuren jännitteen aiheuttama vaurio 307  
tärinävaurio 319  
SensorMount 67  
siirtymä Katso aksiaalisiirtymä  
siniväliväimet 47  
sisäinen välys  
alkuperäinen 29, 51  
arvot ennen asennusta 388–401  
asennuksen jälkeiset arvot 403–404  
ennen asennusta ja asennuksen jälkeen 29, 51  
käytön aikana 29  
mittaaminen rakotulkillalla 52  
pienentymäarvot asennettaessa 403–404  
sovitteen valinnassa huomioitavaa 33  
vianetsintä 233, 234, 239–242  
sisärenkaan laajeneminen 56  
sisäänajo 191  
SKF @ptitude Decision Support 327  
SKF @ptitude Exchange 327  
SKF CircOil 215  
SKF Client Needs Analysis 328  
SKF ConCentra -kuulalaakeriyritykset  
asentaminen 111–114  
irrottaminen 275  
SKF ConCentra -lukitus 94–95  
SKF ConCentra -rullalaakeriyritykset  
asentaminen 114–118  
irrottaminen 276–277  
SKF Drive-up -menetelmä 57–61  
aksiaalisiirtymäarvot 406–413  
hydrauliimutterit 406–413  
työkälat 56–57  
öljynpainearvot 406–413  
SKF Duoflex 215  
SKF Duralife 145  
SKF Duralip 145  
SKF Energy Monitoring Service 329–330  
SKF Lubrication Planner 180  
SKF LubriLean 215  
SKF Machine Condition Advisor 223  
SKF Monoflex 215  
SKF Multiflex 215  
SKF Oil+Air 215  
SKF ProFlex 215  
SKF Reliability Maintenance Institute 326–327  
SKF Speedi-Sleeve 225  
asentaminen 152–153  
SKF Springcover -jousilukko 144–145  
SKF Springlock -jousilukon ura 144–145  
SKF SYSTEM 24 198–199  
SKF WAVE -tiivistehuuli 143  
SKF Vibracon SM -elementit 162–165  
SKF:n EMCOR-luokitukset 188  
SKF:n laakereiden asennustyökalusarja  
laakereiden asentaminen 72  
tiivisteiden asentaminen 146  
SKF:n V2F -luokitukset 188  
SKF:n valtuutetut jälleenmyyjät 331  
SKF:n virallisesti hyväksytyt kunnossapitokumppanit 331  
SKF:n virallisesti hyväksytyt sähkömoottorikarjaajat 331  
SKF-kestoikä 27–28



SKF-liikennevaloluokitus 186–187  
SKF-rasvat 423–431  
SKF SYSTEM 24 -voitelulaitteet 199  
valintataulukko 430–431  
SKF-rasvojen analysointipakkaus 222  
SKF-työkäljat ja -tuotteet  
asennus 416–418  
irrotus 435–436  
kunnonvalvonta 432–434  
linjaus 419  
voitelu 420–422  
SNL-laakeripesät Katso pysty-laakeripesät  
soikeus 241  
viallisien sovitteiden aiheuttama 302–303  
vianetsintä 241  
vierintäjäljet 296–297  
sokean pesän ulosvetäjät 268  
sokkelotiivisteet 39  
asentaminen pysty-laakeripesiin 136  
rasvan lisääminen 196  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 190  
vikatilanteet 238  
SONL-laakeripesät Katso pysty-laakeripesät  
sovittekorrosio 298–299  
aiheuttajana virheellinen laakerisovite 300  
irrottaminen 226  
rasvojen suorituskykytestit 188  
viallisien sovitteiden aiheuttama 302–303  
soviteruosteestoaine 49  
sovitteet  
akselit 334–336  
laakeripesät 336–337  
laakerivauriot 300–302  
sovitteet 338–381  
valitseminen 32–34  
vikatilanteet 241–242, 246  
sovitteet  
akselit (metrikoot) 338–349  
akselit (tuumakoot) 360–371  
laakeripesät (metrikoot) 350–359  
laakeripesät (tuumakoot) 372–381  
SPEEDI-SLEEVE Katso SKF SPEEDI-SLEEVE  
Springcover- jousen suojuus Katso SKF Springcover  
suodatuseräluokka 212  
suoja-aineet  
poistaminen uusista laakereista 47, 202  
yhteensopivuus 189, 202  
suojalevyt 40  
suolavesi 185  
suorakulmamenetelmä  
akselin linjaus 170–171  
hihnanlinjaus 176–177  
nivelauslaitteiden linjaus 175  
suositellut sovitteet Katso sovitteet  
synteettinen öljy  
rasvassa 183  
öljyssä 203  
SYSTEM 24 Katso SKF SYSTEM 24  
sähköeroosio 298–299  
liian suuri jännite 307  
vuotovirrat 321–322  
sähkövirta  
suuren jännitteen aiheuttama vaurio 307  
vikatilanteet 249–250  
vuotovirran aiheuttama vaurio 321–322  
säröily 298–299  
särot  
aiheuttajana virheellinen sovitte 300–301  
mikrokoruomat 309–312  
viallisien sovitteiden aiheuttama 303  
säteen suuntainen aseointi 31–36  
vikatilanteet 241–242, 246  
säteisakselitiivisteet  
asennus laakeripesään 146–149  
asentaminen akselille 150  
puhdistus 146  
tyypit ja rakenteet 143–145  
vaihtaminen 151  
säteisvierintälaakerit 12–17  
säteisvälkyksen pienentymä 54–55  
arvot CARB-kaairullalaakereille 404  
arvot pallomaisille rullalaakereille 403  
säteisvälky 29, 51  
arvot CARB-kaairullalaakereille 399–400  
arvot lieriö rullalaakereille 393  
arvot nelipisteviistokuu lalaakereille 391  
arvot neularullalaakereille 393  
arvot pallomaisille kuulalaakereille 392  
arvot pallomaisille rullalaakereille 397–398  
Arvot urakuulalaakereille 388  
arvot viistokuu lalaakereille 389–390  
arvot Y-laakereille 401  
asennuksen jälkeiset arvot 403–404  
mittaaminen rakotulkilla 52  
pienentymäarvot asennettaessa 403–404  
säädetävät laakerijärjestelmät 31  
aksiaalinen aseointi 37–38  
säädetävät teräksiset jalustat Katso SKF Vibracon SM -elementit  
säätölaakeripesät 125–126  
säätölaakeripesäyksiköt  
asentaminen 104–120  
irrottaminen 270–277  
säätövarat loppuvat pystysuunnassa 167, 175  
säätövarat loppuvat vaakasuunnassa 167, 175  
T  
taconite-tiivisteet 128–129  
tahmautuminen  
seurauksena hankaava kuluminen 301, 312  
vianetsintä 244, 247  
tarkkuuslaakerit  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 191  
tyypit ja rakenteet 12, 18  
tarkkuuslaakerit  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 191  
tyypit ja rakenteet 12, 18  
tasainen kuormitus 32  
tasapainotusrenkaat Katso ohjausrenkaat  
terminologia 10–11  
testiajo 174  
Tietoiskukortit 330  
tiivisteen vastimpinta 142  
korjaaminen 151–154  
tutkiminen 226–227  
vaatimukset 146  
tiivisteet  
asentaminen 140–157  
irrottaminen 284–286  
käyttöä 28  
laakereiden kiinteät tiivisteet 40  
laakeripesät 128–129  
laakeriyrkysiköt 96  
säteisakselitiivisteet 143–145  
termistö 11  
ulkopuoliset tiivisteet 39  
varastointaika 42  
vikatilanteet 233, 235  
tiivistehuulet  
materiaalit 145  
PTFE:stä valmistetut 146  
suunta 146, 239  
tyypit ja rakenteet 143–145  
tiivisteiden asentaminen 140–157  
pysty-laakeripesät 133–139  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 190  
vikatilanteet 238–239  
tiivisteiden irrottaminen Katso tiivisteiden poistaminen  
tiivisteiden poistaminen 284–286  
tiivitejärjestelmät 39–40  
vikatilanteet 238  
tiivistetyt laakerit 40  
itseasettavat kuulalaakerit 79  
jälkivoitelu 192  
lämmittäminen 68  
pallomaiset rullalaakerit 90  
peseminen 189

## Sisällysluettelo

urakuulalaakerit 40  
varastointiaika 41  
vikatilanteet 238

tiivistysaineet  
tiivisteiden asentaminen 148, 152  
öljyvuoodon estäminen 137  
tiivistyslamellit 156  
tippumispiste 185  
rasvojen suorituskykytestit 188

toleranssiasteet Katso ISO, toleranssiasteet  
toleranssiluokat Katso ISO, toleranssiluokat  
toleranssitulokset  
akselit (holkkiasennus) 384  
akselit (metrikoot) 338–349  
akselit (tuumakoot) 360–371  
laakeripesät (metrikoot) 350–359  
laakeripesät (tuumakoot) 372–381  
rajamitat tuumakokoisille laakereille 382–383

tukipinnat  
laakeripesät 130  
laakeriryksiköt 101

tulpat Katso päätykannet  
turvallisuustiedotteet Katso käyttöturvallisuustiedotteet  
tutkiminen, tarkastukset 216–227  
käytön aikana 220–224  
laiteseisokin aikana 224–227  
voiteluaineet 181  
tyypit ja rakenteet 21  
työkalut Katso SKF-työkalut ja -tuotteet  
työstökoneet  
SKF-palvelut 331  
voitelu 191, 215  
tärinävaurio 298–299  
virheellisen kuljetuksen tai varastoinnin aiheuttama 308  
värähtelyn aiheuttama 319  
tärinävaurio (käynnin aikainen) 308

**U**

ulkopuoliset tiivisteet 39  
vikatilanteet 238

ulkorenkaiden pyöriminen  
jälkivoiteluvälin muuttaminen 195  
kuormitusolosuhteet 32  
käyttö ajoneuvojen pyörännoissa 87–88  
vierintäjäljet 293

ulosvetolevyt 260  
ulosvetäjät  
kartiopäille asennetun laakerin irrottaminen 260  
laakerin irrottaminen kiinteästä laakeripesästä 267–269  
laippalaakeripesien irrottaminen 282  
lieriöakselisovitteelle asennetun laakerin irrottaminen 256–257

ultraäänianturit 221

urakuulalaakerit  
laakereiden kiinteät tiivisteet 40  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 191  
säteisylysarvot 388  
tyypit ja rakenteet 12  
uunivaunujen laakerit 182

**V**

V2F-luokitus Katso SKF:n V2F -luokitus  
vaahtoaminen  
ehkäiseminen 202  
syyt 211  
vaahtoamisen estoaine 203  
vaahtokuminen muotti 165  
vaihtaminen 198–199  
valssiakselitappien laakerit 259

valurauta  
laakeripesät 126  
laakeripesäyksiköt 100

valuteräs 126  
vapaan pään laakeroinnit 30–31

varaosat  
laakeripesät 124–129  
laakeriryksiköt 94–100  
tiivisteet 142–145  
varastointi

elastomeeritiivisteet 42  
laakerit 41  
laakerivaurio 308  
voiteluaineet 42–43

varastointiaika  
elastomeeritiivisteet 42  
laakerit 41  
voiteluaineet 43

vasarat  
laakereiden asentaminen 49  
tiivisteiden asentaminen 146

vaurioanalyysi Katso laakerivaurio  
vaurioluokitus 298–299  
WAVE-tiivistehuuli Katso SKF WAVE -tiivistehuuli  
verhokäyrrämittaus 224

vesi  
epäpuhtaudet 181, 187, 212  
laakerivauriot 317–318  
pitoisuus öljyssä 210–211  
rasvan resistanssi 183, 185, 188

visivaat  
akselin linjaus 170  
hinnanlinjaus 176

vetoholkit  
laakereiden asentaminen (paineöljymenetelmä) 62–66  
laakereiden asentaminen (SKF Drive-up -menetelmä) 57–61  
laakereiden irrottaminen 264–267

vianetsintä 228–251  
viat Katso koneen viat  
Vibracon SM -elementit Katso SKF Vibracon SM -elementit  
vierintäjäljet 291–297  
vierintästabiilisuus 188  
viistokuulalaakerit  
akksiaalisen esijännityksen arvot 389  
akksiaalivälisarvot 389  
asentaminen 74–78  
kaksiosainen sisärenkas 78  
O-laakerijärjestelmien säätäminen 76–77  
pareittain asennettavat laakerit 76  
rasvavoitelu ensiasennuksessa 191  
tyypit ja rakenteet 12–13  
vikatilanteet 243, 245, 247  
X-laakerijärjestelmien säätäminen 74–75  
yksittäislaakerit 74

vikataajuudet 224  
vino jalka Katso pehmeä jalka  
vinnous  
staattisen linjausvirheen aiheuttama 304  
viallisien sovitteiden aiheuttama 302  
vianetsintä 251

viskositeetti  
laskenta 204–206  
perusöljy rasvassa 185  
vastaavuudet 414  
vikatilanteet 246, 249  
öljyssä 203

viskositeetti-indeksi 203  
viskositeettiluokat Katso ISO-viskositeettiluokat  
viskositeettisuuhde 204  
VKA-testi 188

voitelu 178–215  
hallinta 180  
SKF-työkalut ja -tuotteet 420–422  
vikatilanteet 236–237

voiteluaine  
hävittäminen 181  
käsittely 181  
käyttöikä 28  
tutkiminen, tarkastukset 181, 222, 225  
valitseminen 182  
varastointi 42  
varastointiaika 43  
voiteluaineen poistuminen  
jälkivoitelun aikana 196  
rasvanvaihdon aikana 199  
vikatilanteet 239  
voiteluainealvalvo  
kuormankantokyky 184, 200

muodostuminen 204  
voitelujärjestelmät  
keskusvoitelu 213–215  
öljy 207–209  
V-rengastiivisteet  
asentaminen akselille 157  
asentaminen pystylaakeripesiin 135  
irrottaminen 286  
vuodot 222  
vianetsintä 236, 238–239, 245  
vuotovirrat 298–299  
läpikulkevan sähkövirran aiheuttama 321–322  
väli laatat 156  
väli renkaat 134  
väli renkaat 91, 151  
väljyys 163, 220  
vällys Katso sisäinen vällys  
värähtely  
jälkivoiteluvälin muuttaminen 205  
rasvojen suorituskykytestit 188  
tärinävaurio (paikoillaan oleva kone) 308, 319  
vianetsintä 234  
värähtelyvalvonta 222–224  
laakereiden vikataajuudet 224  
mittausten tekeminen 223  
väsymismurtuma 298–299  
käytönaikaisen linjausvirheen aiheuttama 319

## X

X-laakerijärjestelmät  
kartiorullalaakereiden säätäminen 84–85  
viistokuulalaakereiden säätäminen 74–75  
XNBR Katso akryyliintriilubutadieenikumit

## Y

yhteensopimattomuus Katso yhteensopivuus  
yhteensopivuus  
perusöljyt 201  
rasva 200–202  
saentimet 201  
öljy 210  
yksiköiden muuntotaulukko 437  
yksiköt Katso laakeriyksiköt  
yksiosaiset pystylaakeripesät 126  
Y-laakerit  
kokoaminen 121  
säteisvällysarvot 401  
Y-laakeriyksiköt Katso laakeriyksiköt  
Y-laakeriyksiköt Katso Y-laakeriyksiköt  
ylikuormitus 298–299  
virheellisen asennuksen aiheuttama 305  
virheellisen kuljetuksen tai varastoinnin aiheuttama 308  
ylikuumeruminen 233  
ylirullaaminen 231  
laakereiden vikataajuudet 224  
ympäristön lämpötila  
jälkivoitelussa huomioitavaa 195–196  
koneenelimen linjauksessa huomioitavaa 161

## Ö

öljy  
analyysi 210–212  
näytteenotto 210  
suodatus 211–212  
valitseminen 203–207  
vertailu rasvaan 182, 214  
viskositeetti 203–206  
yhteensopivuus 201, 210  
öljyheittorengas 207–208  
SONL-laakeripesissä 137–139  
öljynvaihtoväli 209  
öljynjektorit 72  
öljykylpy 208  
laakereiden lämmittämiseen 71  
vikatilanteet 236–237  
öljynvaihtoväli 209  
öljynäytteet 210  
öljyn erottuminen 181, 184, 187

jälkivoiteluvälin muuttaminen 205  
rasvojen suorituskykytestit 188  
öljyn erottuminen Katso öljyn erottuminen  
öljyn pinnankorkeusmittari 137, 139  
öljynpaine  
arvot SKF Drive-up -menetelmälle 406–413  
laskenta SKF Drive-up -menetelmälle 58  
öljynvaihtoväli 209  
öljy-paineilma 207–208  
SKF Oil+Air 215  
öljypiste Katso öljy-paineilma  
öljyvoitelu 203–212  
öljyvoitelujärjestelmät 207–209  
öljyvuoto 182  
vianetsintä 236







PUB SR/P7 10001/1 FI · Joulukuu 2016