

## Johdattelua kone- ja metallialan tekniikoihin

### ASENNUS

Aloitamme asennuksessa käytettävistä **liitoksista**. Ryhmittely on seuraava:

#### a) Kiinteät liitokset

- hitsaus- ja juotosliitokset
- niittiliitokset
- liima- ja lukiteliitokset
- kitkaliitokset

#### b) Irrotettavat liitokset

- ruuviliitokset
- kiilaliitokset

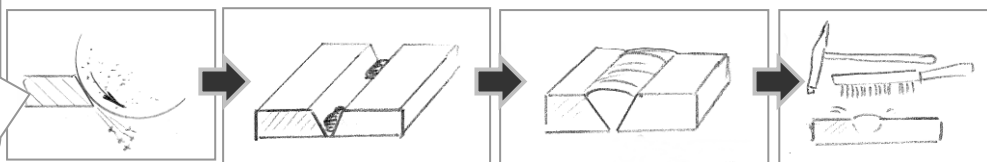
#### c) Joustavat liitokset

- jouset
- värinänvaimentimet

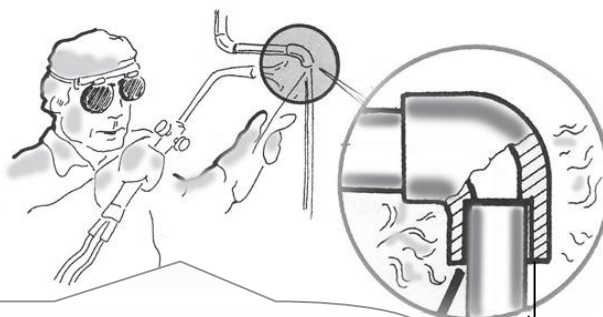
### Hitsaus- ja juotosliitokset

Hitsausliitoksen valmistamisen vaiheet: railon valmistus, silloitus, hitsaus, puhdistus ja oikaisu.

Koneiden rungot ovat tavallisesti hitsattuja rakenteita. Liitokset eivät ole purettavissa rakennetta rikkomatta.



Hitsauksessa sekä perusaine että lisäaine sulavat. Juotosliitoksessa sulaa ainoastaan lisäaine. Liitokset jaetaan työlämpötilan mukaan pehmyt- ja kovajuottoon. Alle 450 °C työlämpötilassa juotto on pehmytjuottoa, yli 450 °C kovajuottoa.

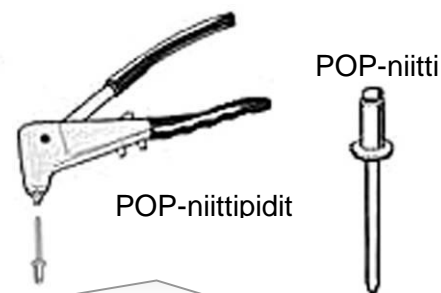


Kovajuottoa käytetään yleisesti kupariputkien liitoksissa. Työlämpötila on yli 600 °C. Juotospintojen pitää olla puhtaat. Jotta kapilaari-ilmiö "imaisi" juotosaineen liitokseen, pintojen välinen rako ei saa ylittää 0,2 millimetriä.

rako ← max. 0,2 mm

### Niittiliitokset

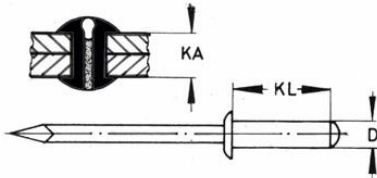
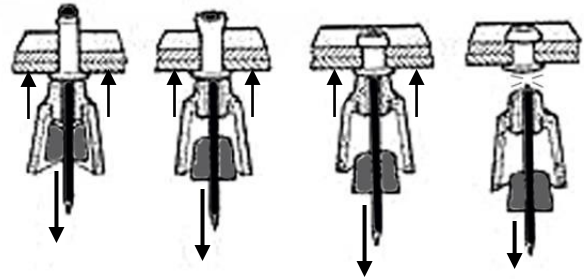
Perinteiset niittiliitokset ovat jääneet historiaan, koska niiden valmistaminen on hidasta ja liitosten lujuus on huono. Ohutlevyrakenteiden teossa erikoisniitit, esim. vetoniitit (= POP-niitti) ovat yleisesti käytettyjä. Niiden avulla liitos on helppo ja nopea tehdä tai purkaa. Liitettävät osat (so. ohutlevyt) pysyvät suorina.




Liitoksen tekemiseen ei tarvita monimutkaisia laitteita. Tarvitaan vain porakone, pora, POP-niittipidit ja -niitit.

POP-niittiliitoksen vaiheet:

1. Niitti sopivan kokoisen reikään (niitin kaulus levynpintaa vasten).
2. Niitin karan veto pihdeillä (kara levittää niitin holkin "takapuolelta")
3. Lopuksi niitin kara napsahtaa poikki ja liitos on valmis.



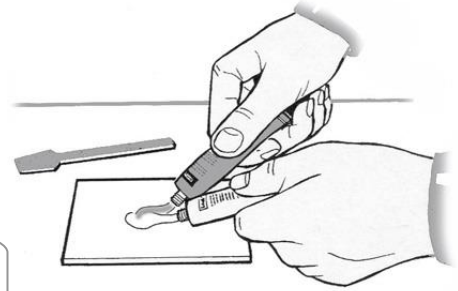
D mm	KL mm	KA mm	 mm
3,2	8,5	0,7– 4,5	3,3
4,0	9,0	1,0– 6,5	4,1
4,8	10,5	1,5– 6,5	5,1
4,8	15,5	4,5–11,0	5,1

Levyjen yhteisvahvuus (KA) antaa tiedot käytettävistä niiteistä (KL) ja niitin halkaisija (D) "määrää" käytettävän poran halkaisijan ( $\emptyset$ ).

### Liima- ja lukiteliitokset

Vartenotettava vaihtoehto myös metallien liittämässä on liimaus. Käyttötavan mukaan liimat voivat olla esim. kontakti- tai reaktioliimoja.

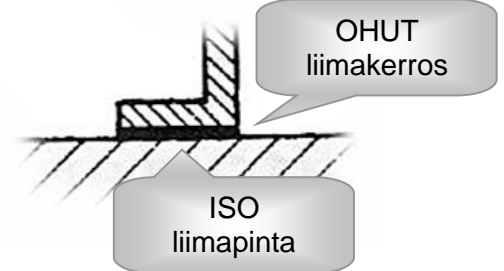
Polkupyörän kumien paikkaamiseen käytetään kontaktiliimaa.



Reaktioliimat ovat usein kaksiaineisia. Kun se sekoitetaan ohjeen mukaan, ne reagoivat ja kovettuvat. Reaktioliimoja käytetään muun muassa metallien liimaamiseen.

Luja liimaliitos syntyy, kun

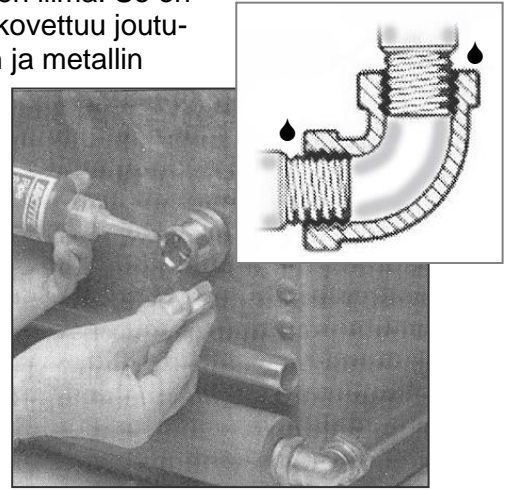
- käytetään tarkoitukseen sopivaa liimaa ohjeiden mukaisesti.
- liimattavat pinnat ovat puhtaat, kuivat ja sopivan karkeat.
- liimapinnan ala on suuri ja liimakerros ohut.





**Lukite** on myös eräänlainen liima. Se on nestemäistä ainetta, joka kovettuu joutuessaan ilmattomaan tilaan ja metallin yhteyteen. Lukitetta käytetään

- varmistamaan liitoksia
- tiivistämään liitoksia
- vaimentamaan tärinää



### Kitkaliitokset

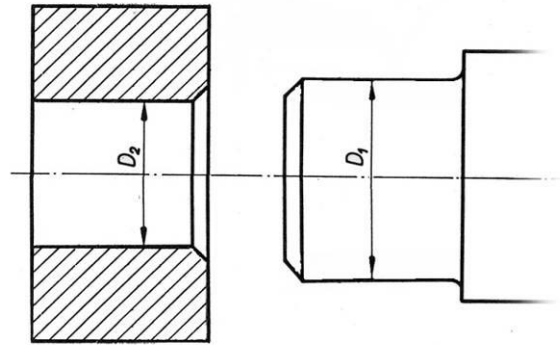
Kitkaliitoksia käytetään lähinnä pyöreiden kappaleiden liittämiseen (ks kuvan napa ja akseli). Kitkaliitoksissa akselin halkaisija on hieman suurempi kuin reiän halkaisija.

Osat saadaan päällekkäin

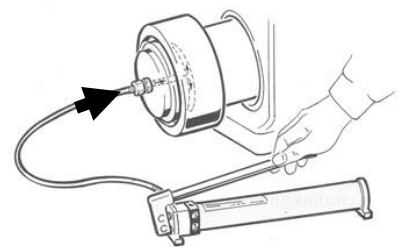
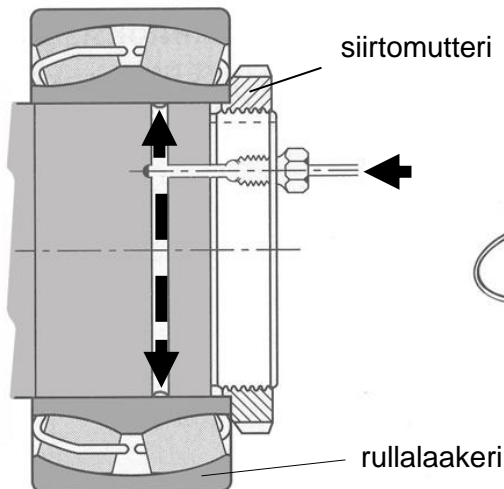
Napaa lämmitetään (reikä laajenee) ja/tai akselia jäähdytetään (akselin kutistuu).

- a) puristamalla ne yhteen suurella voimalla (puristusliitos).
- b) saattamalla osat ensin eri lämpötilaan ja sitten asentamalla ne päällekkäin sekä antamalla osien lämpötilojen tasaantua (kutistusliitos).
- c) paineöljyn avulla rengasta suurentamalla (paineöljyliitos).

$D_2 < D_1$   
( $D_2$  pienempi kuin  $D_1$ )



Paineöljyliitoksessa akseli ja laakerin reikä ovat hieman kartiomaiset. Laakerin reikä saadaan suurenemaan, kun korkeapaineinen öljy pumpataan akselin urien kautta laakerin sisäpinnalle. Laakeri siirretään siirtomutterin avulla paikalleen.



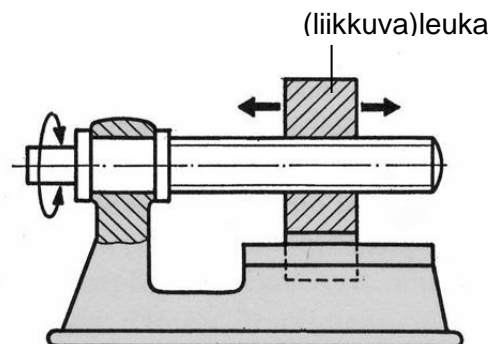
## Ruuviliitokset

Ruuviliitokset ovat koneenrakennuksen a ja o. Ruuvit ja mutterit ovat kone-elimistä yleisimpiä. Ne ovat saaneet mitä erilaisimpia muotoja käyttötarkoituksesta riippuen. Ruuvit jaetaan käyttötarkoituksen mukaan

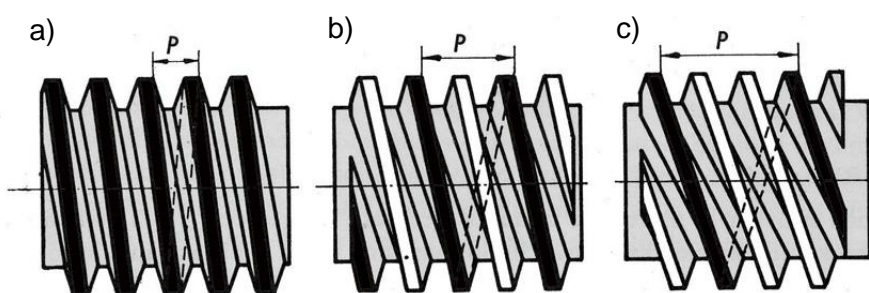
- liikeruuveihin ja
- kiinnitysruuveihin

Liikeruuvit siirtävät esim. sorvin kelkkaa (johtoruuvi) tai viilapenkin leukaa. Pyörimisliike muuttuu suoraviivaiseksi liikkeeksi.

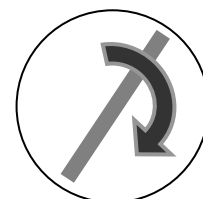
Liikeruuveissa kierre voi olla yksi- tai useampipäinen. Kuvassa a) ”lieriötä kiertää vain yksi kierre, se on yksipäinen kierre. Kuvassa b) on kaksi- ja kuvassa c) kolmipäinen kierre.



Useampipäinen kierre siirtää piirroksen liikkuva leuka kierroksella pidemmän matkan kuin yksipäinen. Yhdellä kierroksella leuka liikkuu kierteen nousun ( $P$ ) verran.



Kierre voi olla oikea- tai vasenkätinen. Oikeakätinen ruuvi menee kiinni, kun sitä väännetään myötäpäivään (kuvassa nuolen suuntaan). Samaan suuntaan väännettäessä vasenkätinen ruuvi aukeaa.



**Kiinnitysruuveissa** on tavallisesti standardisoidut kierteet. Kierteen tunnistamisen kannalta on hyvä ymmärtää käsitteet kierteen nousu ( $P$ ) sekä kierteen ulkohalkaisija ja mutterin reiän halkaisija.

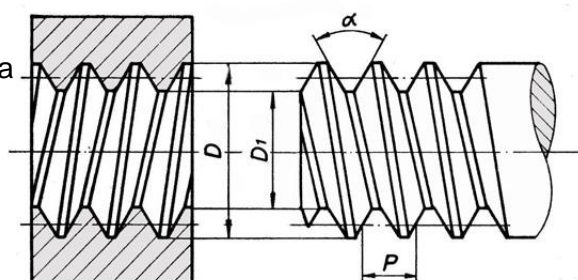
### Metrisissä vakiokierteissä

(esim. M 10) kierteen ulkohalkaisija on 10 mm. Taulukosta voi lukea nousu (= 1,5 mm).

M 10

**Metrisissä taajakierteissä** (esim. M 10 x 1,25) kierteen ulkohalkaisija on 10 mm ja kierteen nousu 1,25 mm.

M 10 x 1,25



Kierteen nousu mitataan kierrekammalla ja ulkohalkaisija työntömitalla.



$P$  = kierteen nousu  
 $D$  = ruuvin ulkohalkaisija  
 $D_1$  = mutterin reiän sisähalkaisija

**1/2 - 13 UNC**

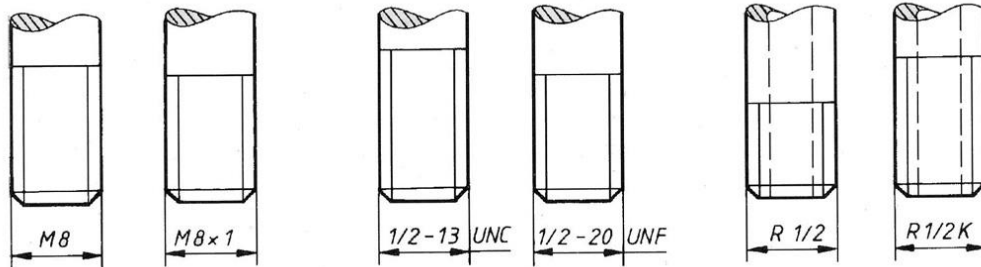
**UN-kierteissä** pitää tuntea myös tuuma.  
**UNC-kierteissä** (esim. 1/2 - 13 UNC) ruuvin  
 ulkohalkaisija on 1/2 tuumaa eli 12,7 mm ja siinä on 13 kierrettä tuumalla eli  
 nousu on 25,4 mm : 13 = 1,95 mm.

**1 tuuma = 25,4 mm****1/2 - 20 UNF**

**UNF-kierteiden** (UN -taajakierre) merkintä noudattaa samaa logiikkaa kuin  
 UNC-kierteilläkin.

**R 1 1/2**

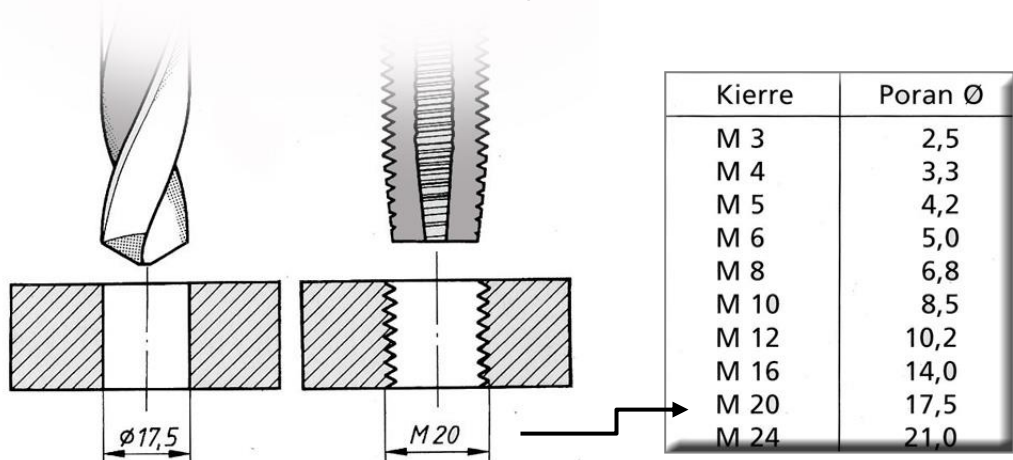
Lieriömäisissä putkikierteissä käytetään merkkiä esim. **R 1 1/2** ja  
 itseivistyvässä putkikierteessä esim. **R 1/2 K**.

**HARJOITUS.** Tunnistatko kierteen?

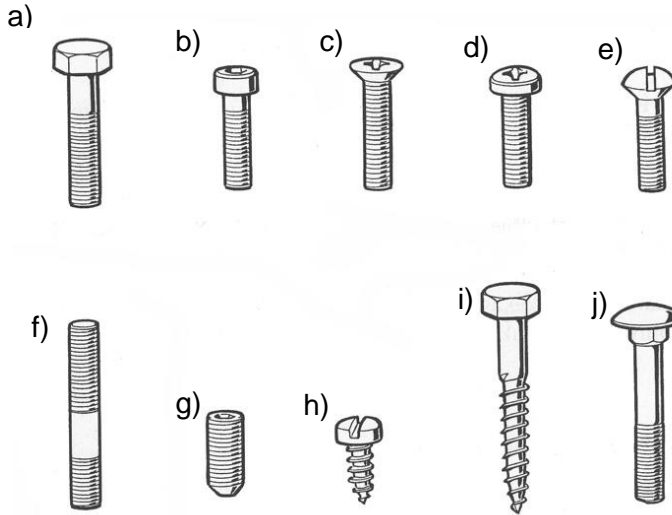
1. Mitä yllä olevat kierremerkinnät kertovat?
2. Mitä taulukko kertoo kierteestä **5/16 - 18 UNC**

Kierteen merkintä	Ulkohalkaisijat $D = d$ mm	Ruuvinsisähalk. $d_1$ mm	Mutterin reiän halk. $D_1$ mm	Kierreluku tuumaa kohti	Nousu $P$
1/4 - 20 UNC	6,350	4,793	4,976	20	1,270
5/16 - 18 UNC	7,938	6,205	6,411	18	1,411
3/8 - 16 UNC	9,525	7,577	7,805	16	1,588
7/16 - 14 UNC	11,112	8,887	9,149	14	1,814

3. Kuinka suuri on mutterin reiän halkaisija **7/16 - 14 UNC** -kierteessä?
4. Valmistat **M 8** kierrereiän. Kuinka suurella poralla teet reiän?



5. Tunnetko piirroksen ruuvien nimet?

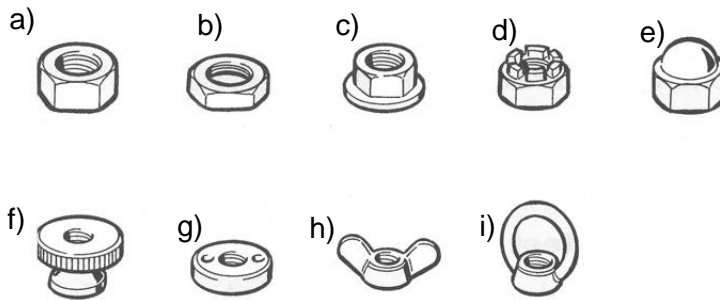


Torx-väännin



Ruuvien kantoja on monenlaisia. Kutakin varten tarvitaan aivan omanlaisensa ja sopivan kokoinen avaimensa.

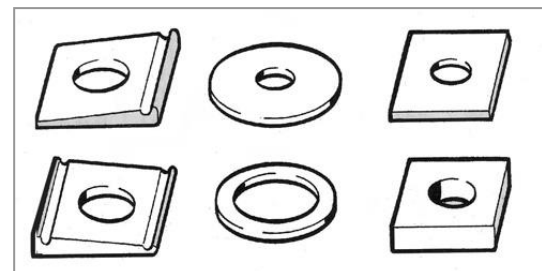
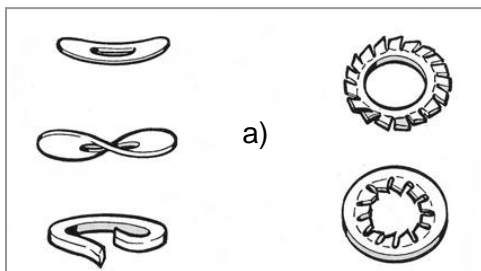
6. Entä mutterien nimet?



Lukitusmutterin muovirengas kiristyy kierteiden väliin.



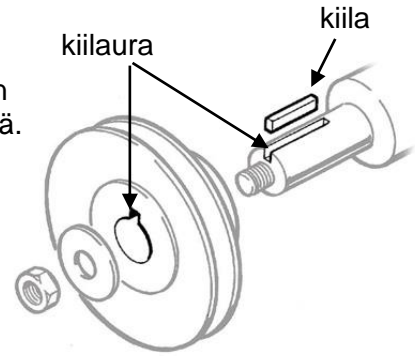
7. Ja vielä aluslaattojen nimet?



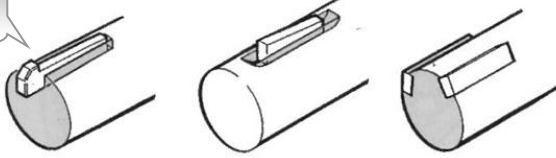
### Kiilaliitokset

Kiilaliitos on irrotettava liitos. Kiilan avulla siirretään vääntömomentti esim. akselin ja hihnapyörän välillä.

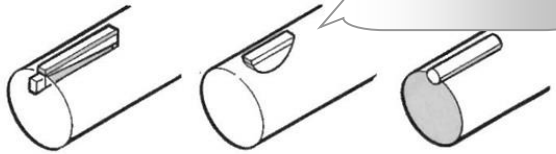
Alla olevassa koosteessa on erilaisia kiilaliitosratkaisuja.



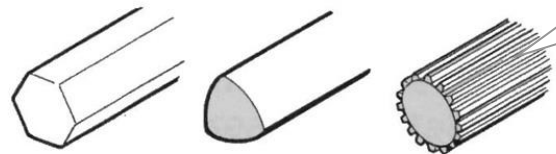
Hokkakiila



Woodruff-kiila



Ura-akseli



Kiilaliitoksen tekeminen on tarkkaa ja vaativaa työtä. Kuinka paljon  
 a) navan kiilauran leveys,  
 b) kiilan leveys ja  
 c) akselin kiilauran leveys saa olla (minimi ja maksimi)

min maksimi



min maks

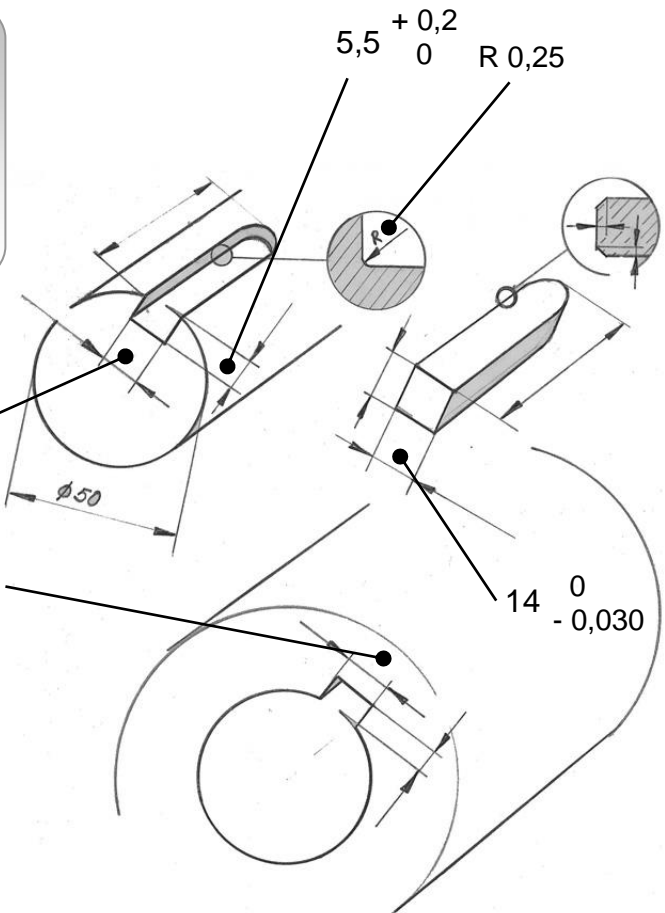
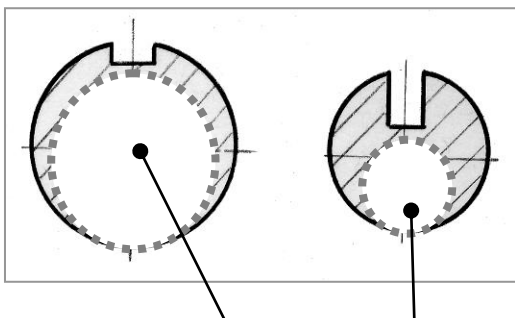


Millainen sovite?

14  $-0,018$   
 $-0,061$

14  $-0,018$   
 $-0,061$

14  $0$   
 $-0,030$



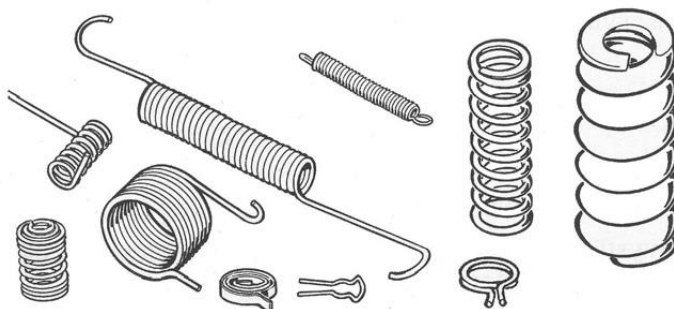
Kiila heikentää akselin lujuutta. Uritetun akselin lujuus vastaa kiilan alle sopivaa täyttää akselia.

### Jouset (joustavat liitokset)

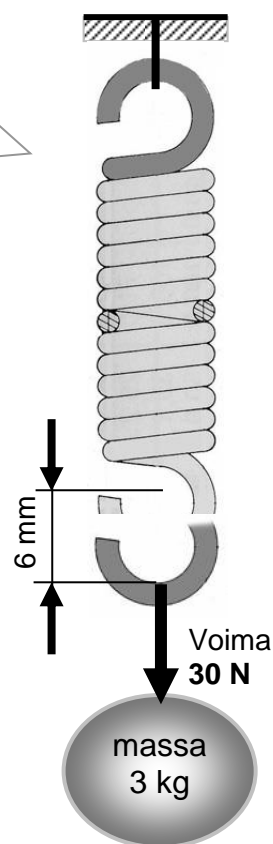
Joustavat elimet ovat tavallisesti jousia. Niiden tehtävänä on vaimentaa iskuja ja joustaa. Ne on valmistettu erikoisteräksestä ja lämpökäsitelty lujaksi, sitkeäksi ja väsyttävää (= "edestakaista kuormitusta") kestäväksi.

Jouset jaetaan rasitustavan mukaan vääntö- ja taivutusjousiin.

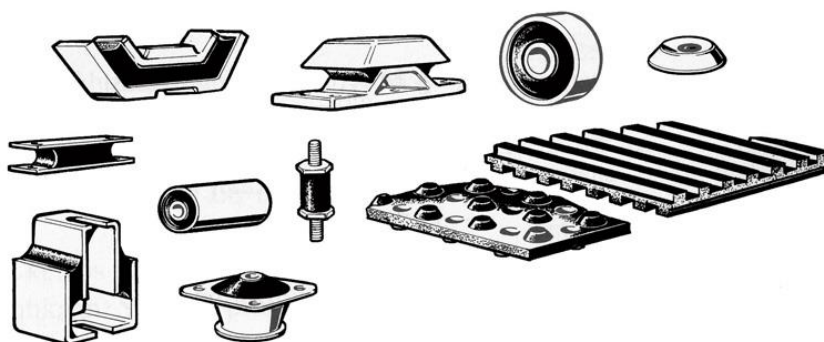
Jousen ominaisuuksista kertoo jousivakio. Sen yksikkönä on N/mm. Mitä suurempi jousivakio, sitä jäykempi jousi on. Jousivakiota selvittää alla oleva esimerkki.



Jousen varassa roikkuva 3 kg massa saa aikaan 30 N vetovoiman jouseen. Jousen jousivakio on 5 N/mm (jousi venyy 1 mm, jos voima on 5 N, 2 mm jos voima on 10 N jne.). Kun voima on 30 N, jousi venyy 6 mm.

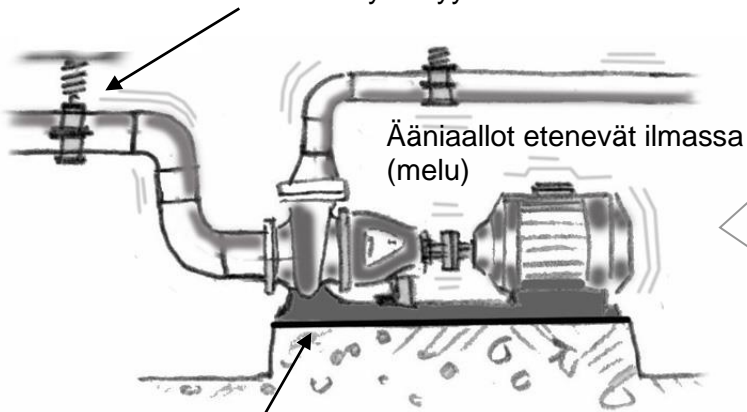


### Tärinänvaimentimet



Pyörivien osien epäkeskisyys ja edestakaisin liikkuvien osien massavoimat aiheuttavat tärinää ja iskuja. Tärinänvaimentimilla estetään tärinän siirtyminen esim. koneesta rakennuksen runkoon.

Värähtely siirtyy kannattimien kautta rakennukseen



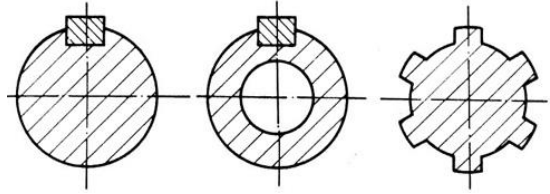
Tärinä siirtyy lattiaa ja rakennukseen.

Putkiston värähtelyn voi katkaista kiinnittämällä putkisto jousien varaan. Tärisevä kone pitää eristää lattiasta tärinänvaimentimin. Koko meluavan moottorin ja pumpun ympärille on hyvä rakentaa melun pysäyttävä koppi.

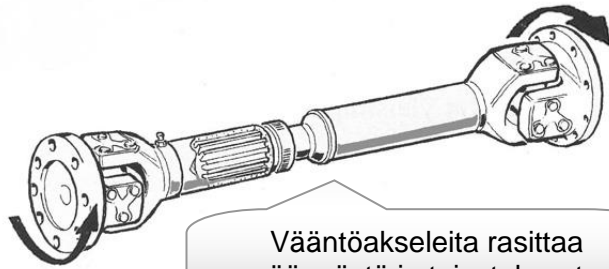
## AKSELIT

Akselit siirtävät pyörimisliikettä tai kannattelevat koneenosia. Tavallisesti akseliin liitetty laakereita ja muita pyöriä koneenosia.

Akselin muoto määräytyy useiden tekijöiden mukaan. **Pyöreät**, umpiaineesta valmistetut, akselit ovat yleisimpiä. Koneenosat kiinnitetään niihin usein kiila- tai kitkaliitoksin. **Putkimaisia** akselleita käytetään silloin, kun halutaan keventää akselia. Reikä akselissa pienentää sen painoa suhteellisesti enemmän kuin lujutta. **Ura-akselit** ovat tarkkaan keskittäviä. Ne sallivat myös koneenelimiä siirron akselin suunnassa.

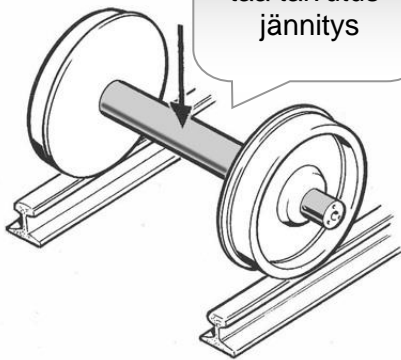


Suorat akselit jaotellaan niiden tehtävän mukaan **vääntö-** ja **kannatusakseli**ihin. Vääntöakselit siirtävät tehoa ja pyörimisliikettä akselilta toisella. Ne ovat pyöriä akselleita. Kannatusakselit voivat olla pyöriä tai kiinteitä.

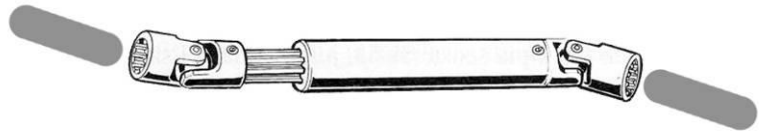


Vääntöakseliä rasittaa väännöstä ja taivutuksesta aiheutuva jännitys

Kannatusakseliä rasittaa taivutusjännitys

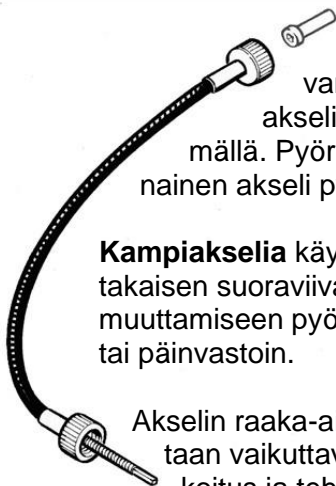


**Suorat akselit** ovat tavallisimpia koneenrakennuksen akselleita. Liikkeensiirrossa kahden yhdensuuntaisen akselin välillä, jotka eivät ole samankeskisiä, voidaan käyttää **nivelakselia**. Nivelakselin muodostaa tavallisesti kolme akselia, joista keskimmäinen toimii nivelkappaleena.



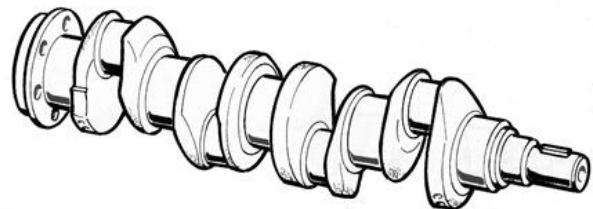
Vääntömomentin siirto ei onnistu aina suoraa akselia käyttämällä. Yhdistettävät akselit voivat olla erisuuntaiset tai varsin ahtaissa paikoissa. Tällöin voidaan käyttää taipuvaa vääntöakselia. **Taipuvat akselit** on tavallisesti valmistettu jousilangasta kiertämällä. Pyöriä ja taipuvaa akselia ympäröi suojusputki, jonka sisässä varsinainen akseli pyörii. Taipuvaa akselia käytetään etenkin esimerkiksi mittareissa.

**Kampiakselia** käytetään edestakaisen suoraviivaisen liikkeen muuttamiseen pyörimisliikkeeksi tai päinvastoin.



Akselin raaka-aineen valintaan vaikuttavat käyttötarkoitus ja tehonsiirtokyky. Yleisiä akselien raaka-aineita ovat hyvin

**koneistettavat kone- ja rakenneteräkset** (esim. Imatra 550  $\Rightarrow$  S355J2C+C  $\Rightarrow$  Fe 50 K). Jos tarvitaan suurempaa lujutta ja sitkeyttä, käytetään **nuorrutusteräksiä** (lämpökäsittely: karkaisu + päästä korkeassa lämpötilassa). Kun akselin halutaan kestävän hyvin väsyttävää kuormitusta, akseli valmistetaan **hiiletysteräksestä**. Tällöin akselin pinta karkaistetaan ja siihen saadaan muodostumaan puristusjännitys suojaamaan väsyttävän kuormituksen haitoilta.



Akseleihin koneistetaan olakkeita ja pyörityksiä ja uria. Nämä heikentävät akselin lujuutta. Varsinkin akselien olakekohdissa jännityshuiput ovat sitä suurempia, mitä enemmän akselien halkaisija muuttuu ja mitä pienempi on pyöritys.



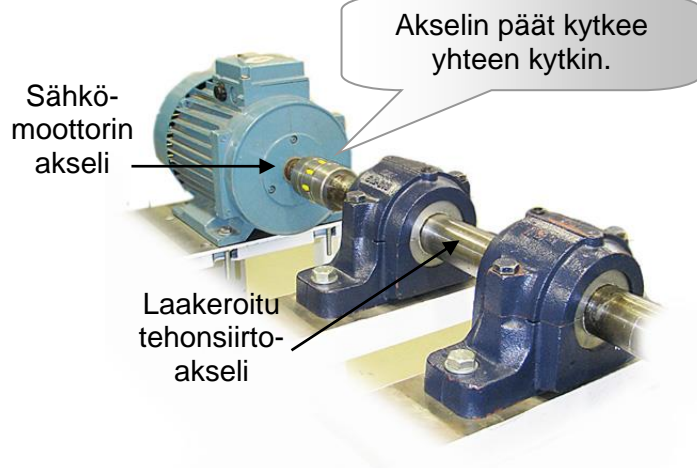
## Kytkimet

Kytkimet yhdistävät kaksi akselinpäätä toisiinsa. Ne välittävät tehon ja pyörivän liikkeen.

Kytkimet voidaan jakaa niiden toimintatavan mukaan seuraavasti kiinteisiin, liikkuviin, irrotettaviin ja itsetoimiiviin kytkimiin.

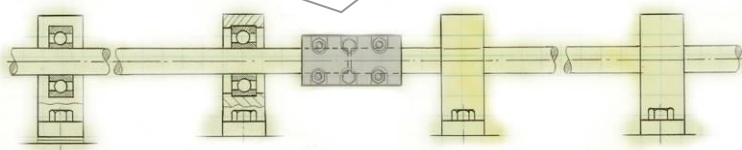
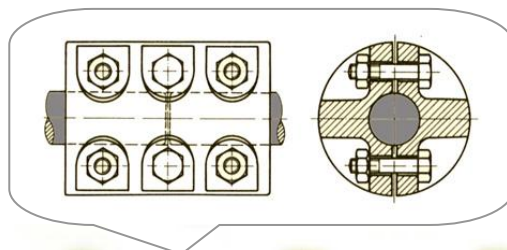
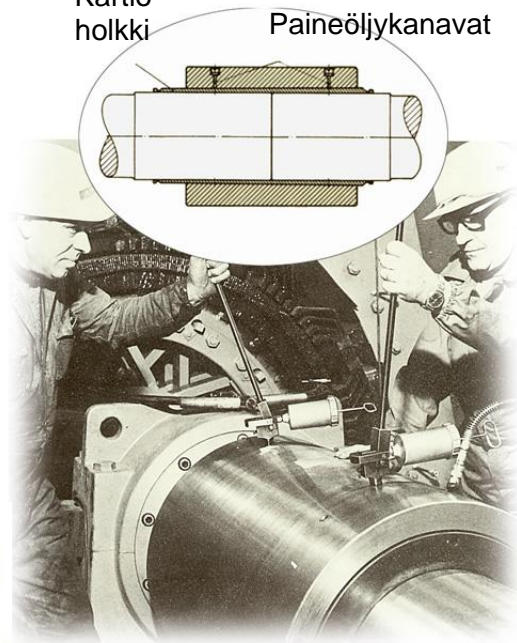
**Kiinteät kytkimet** eivät salli akseleille minkäänlaisia poikkeamia. Ne vaativat jäykän rakenteen ja sopivat siksi vain tasaisille kuormituksille.

Pienien akselien liittämiseen tarkoitettujen kuorikytken puoliskot kiinnitetään toisiinsa kuusioruveilla. Isommissa kiinteissä kytkimissä käytetään hyväksi paineellista öljyä.



Kartioholkki

Paineöljykanavat



Kuorikytkin

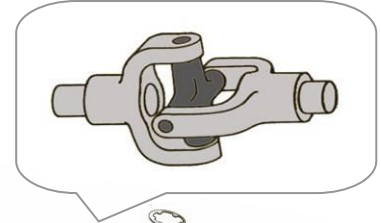
Paineöljykytkin

**Liikkuvat kytkimet** sallivat akselien siirtyvän säteittäis- tai pituussuunnassa, sijaitsevan epäkeskisesti tai muodostavan keskenään kulman. Esimerkkejä:



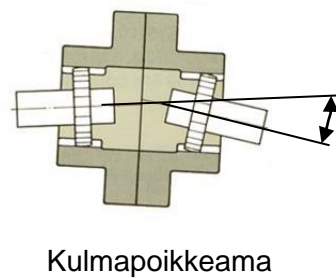
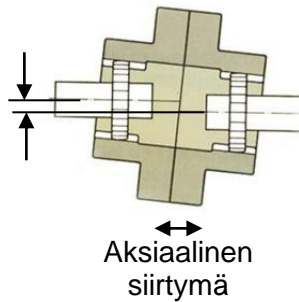
Kynsikytkin sallii akselin pituussuuntaisen lämpövaihtelusta aiheutuvan liikkeen. Se myöskin joustaa hieman joustoelimiensä ansiosta.

Nivelkytkimiä käytetään yhdistämään akseleita, jotka muodostavat keskenään kulman.



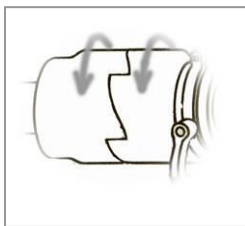
Hammaskytkimet sallivat pienen aksiaalisen siirtymän ( $\pm 4$  mm), kulmapoikkeaman ( $\pm 2^\circ$ ) ja säteittäisen siirtymän (1-10 mm).

Säteittäinen siirtymä



Huom. piirustusten poikkeamat ovat liioiteltuja.

**Irrotuskytkimiä** tarvitaan tehonsiirto eli irrottamaan akselin päät toisistaan.

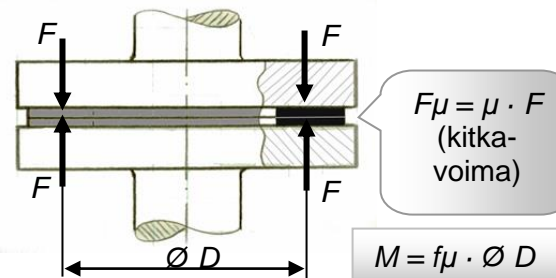


Veto päällä  $\Rightarrow$  pysäytys  $\Rightarrow$  kytkin auki

**Itsetoimivat kytkimet** voivat olla käynnistys- ja ylikuormituskytkimiä. Niille on ominaista, että ne kytkeytyvät päälle tai päältä pois itsestään tietyn pyörimisnopeuden tai kuormituksen mukaan. Niitä käytetään sähkömoottorin ja työkoneneen välillä suojaamaan moottoria ylikuormittumiselta.

Kitkakytkin voidaan irrottaa ja kytkeä päälle vauhdissa.

Kitkakytkimen vääntömomentti saadaan kertomalla kitkavoima kitkalevyjen (keski)halkaisijalla.



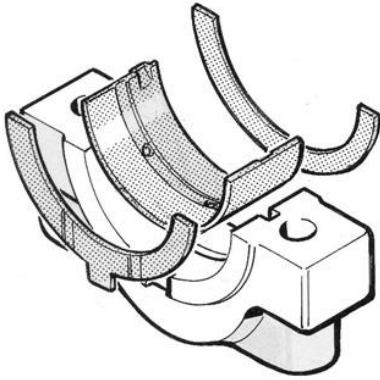
$$F\mu = \mu \cdot F \text{ (kitkavoima)}$$

$$M = f\mu \cdot \text{Ø} D$$

## LAAKERIT

Laakerien tehtävänä on ohjata akselia ja kantaa eri kone-elimistä akselille aiheutuva kuormitus. Laakeroinnin tärkeys on helppo ymmärtää, koska siitä (laakerityypistä, asennuksesta ja voitelusta) riippuu suureksi osaksi koneen häiriötön käynti.

Käyttöolosuhteet, koneen rakenne ja toiminta määräävät laakerityypin. Toimintaperiaatteen mukaisesti laakereita on kaksi päätyyppiä - **liuku-** sekä **vierintälaakerit**.



**Liukulaakerien** käyttö on nykyisin vähäistä. Niillä on kuitenkin ominaisuuksia, jotka tekevät niistä eräissä tapauksissa vierintälaakereita parempia.

### Liukulaakerin etuja:

- Yksinkertainen rakenne
- Pieni säteittäinen tilantarve
- Helppo valmistaa (esim. korjaustöissä)
- Kestää iskujen aiheuttamaa rasitusta

### Liukulaakerin haittoja:

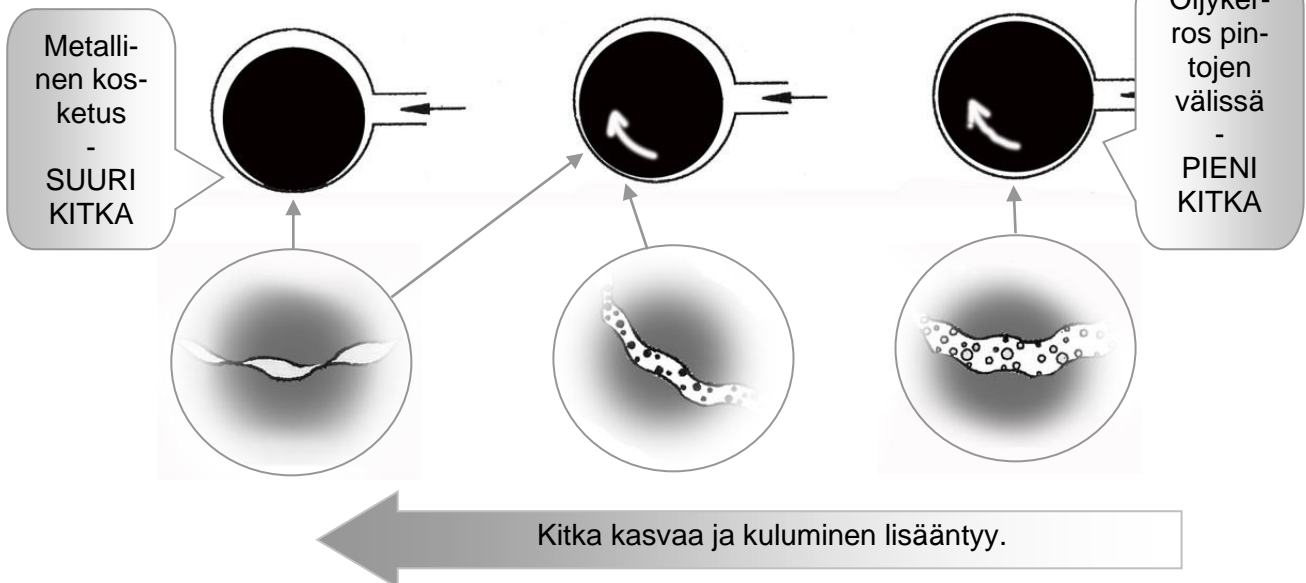
- Käynnistyskitka hyvin suuri
- Kiinnileikkautumisen vaara
- Aksiaalinen tilantarve suuri
- Vaatii »sisäänajon» ja sovitustyötä

## Voitelun teoriaa

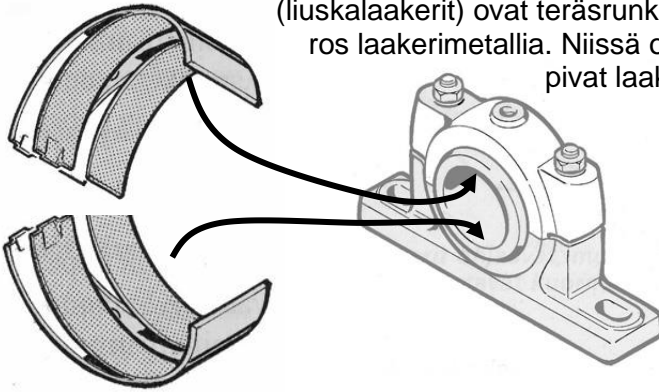
Liukulaakerien haitta on kitka. Se vaikuttaa kahden toisiinsa nähden liukuvan pinnan välillä. Liukukitka on vierintävastusta (vrt. vierintälaakereiden kitka) suurempi. Voitelu vähentää kitkaa.

Katso  
piirrosta  
sivulla  
11.

Liukulaakereissa esiintyy kolmea kitkalajia. Koneen seisoessa ja juuri käynnistyshetkellä vaikuttaa **kuivakitka** (a). Tällöin akseli lepää laakerin pohjalla ja öljy on puserunut pois pintojen välistä ⇒ vaikuttaa metallinen kosketus. Akselin alkaessa pyöriä, se nousee pohjasta. Voiteluainetta pääsee akselin ja laakerin pinnan väliseen kosketuskohtaan ja se muodostaa osittaisen öljykalvon. Pintojen välissä vaikuttaa tällöin **sekakitka** (b). Kun akseli saavuttaa riittävän pyörimisnopeuden, pintojen väliin muodostuu ehyt ja kantava öljykalvo. Tällöin on saavutettu ihanneolotila, jolloin vaikuttaa **nestekitka** (c).



Nykyisin liukulaakeroinnin laakeripesänä käytetään valmiita tuotteita. Ne voidaan asentaa sellaisinaan ja vaihtaa uusi kuluneen tilalle. Piirroksen laakeripuoliskot (liuskalaakerit) ovat teräsrunkoisia ja niiden sisäpintaan on valettu ohut kerros laakerimetallia. Niissä on öljyreivät ja -urat, ja tarkkamittaisina ne sopivat laakerikohteeseen sellaisinaan.



Myös **sintrattu** laakerimetallista valmistettuja laakeriholkkeja on saatavana. Ne ovat itsevoitelevia laakereita.

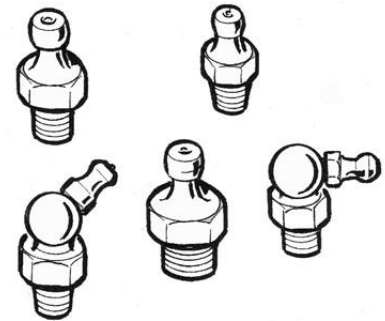


Voitelu perustuu niiden huokoiseen rakenteeseen. Akselin pyöriessä huokosiin imeytetty öljy voitelee liukupinnat.

Liukulaakerissa käytetään tavallisimmin **rasva- tai öljyvoitelua**.

Rasva-voitelu sopii pölyisiin paikkoihin!

**Rasvaa** käytetään voiteluaineena silloin, kun pyörimisnopeudet ja kuormitukset ovat pieniä. Rasvavoitelun laakerin käyntilämpötila saa kohota enintään noin 60 °C:seen. Nippavoitelussa rasva painetaan rasvapuristimella nipan kautta laakeriin.



**Öljyvoitelua** käytetään nopeasti pyörivissä koneissa ja laitteissa, joissa kuormitukset ovat suuria. Voitelu on usein järjestetty kiertovoiteluna, jolloin öljypumppu kierrättää öljyä putkistoa pitkin laakereihin. Ylimääräinen öljy valuu säiliöön. Tällöin öljy sekä jäähdyyttää että voitelee.

Rasvavoitelu	Öljyvoitelu
- pienet pyörimisnopeudet - pienet kuormitukset	- suuret pyörimisnopeudet - suuret kuormitukset

Voiteluaineisiin liittyviä käsitteitä ja asioita:

Mineraaliöljy ↔ Kasviöljy

Mineraaliöljy on peräisin raakaöljystä, kasviöljy esimerkiksi rypsiästä.

Synteettinen öljy

Raakaöljystä kemiallisesti jalostettu nykyaikainen voiteluaine

Moniasteöljy

Voitelukyky hyvä korkeissa lämpötiloissa ja kylmässäkin.

Viskositeetti

Öljyn juoksevuus. Öljyn tärkein ominaisuus.

Viskositeetti-indeksi

Öljyn viskositeetin muutos lämpötilan suhteen.

Voiteluaine valinta

Käyttökohteen mukaan, esim. hammaspyörät, nopeakäyntiset ketjut, vierintälaakerit, saranat, olosuhteet.

Voiteluaineiden ominaisuuksia, esim. tunkeutumiskyky,

paineenkesto, lämmönkesto, korroosion kesto, tarttuvuus.

Ongelmajäte

Jäteöljy ja öljyyntyneet trasselit, liinat jne. ovat yleensä ongelmajätteitä.



## Vierintälaakerit

Vierintälaakereilla tarkoitetaan kuula-, rulla- ja neulalaakereita. Ne ovat standardisoituja, isoina sarjoina valmistettuja tuotteita. Vierintälaakerit ovat etujensa ansiosta saavuttaneet laakeroinnissa valta-aseman.

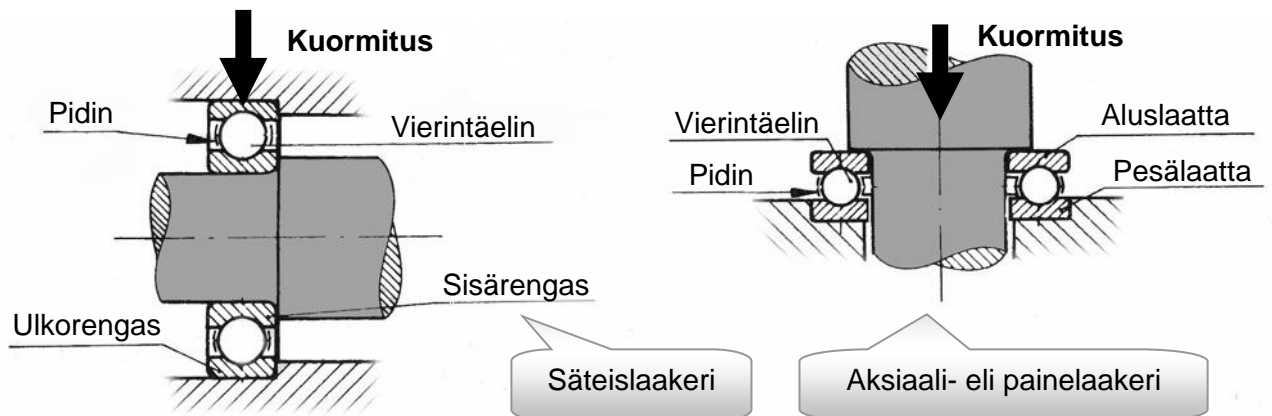
### Etuja liukulaakereihin verrattuna:

- + Vähäinen kitka (vierintävastus)
- + Vaihtokelpoisia standardiosia
- + Helppo asentaa ja irrottaa
- + Suuri kantokyky
- + Helppohoitoinen
- + Suhteellisen halpa

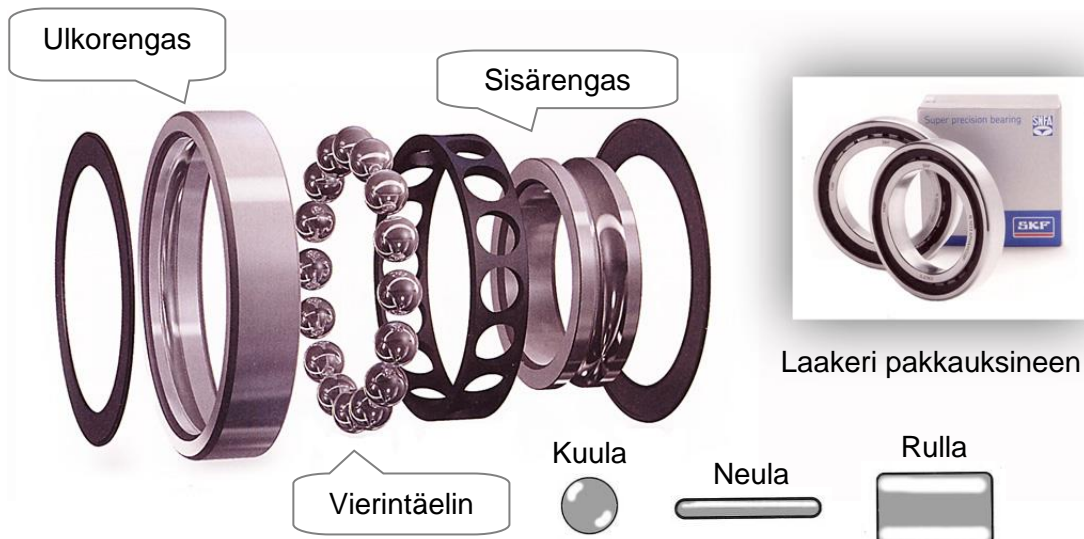
### Haittoja:

- Eivät sovi iskujen aiheuttamille rasituksille
- Vaativat tarkemmat toleranssit
- Äänekäs käynti
- Huono värinävaimennus

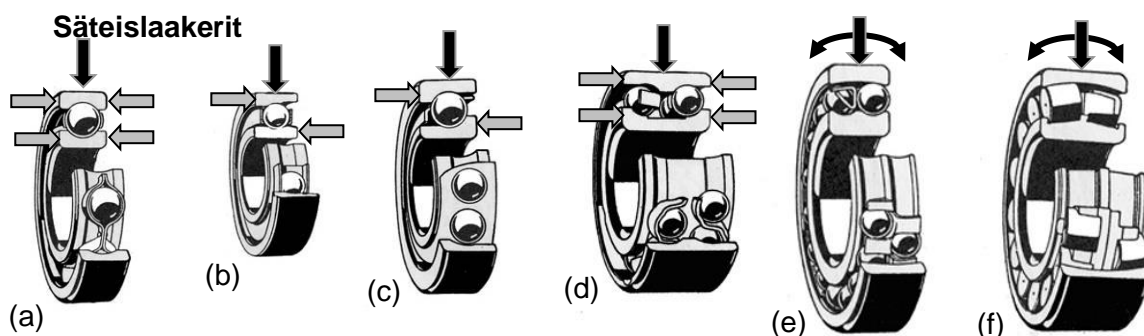
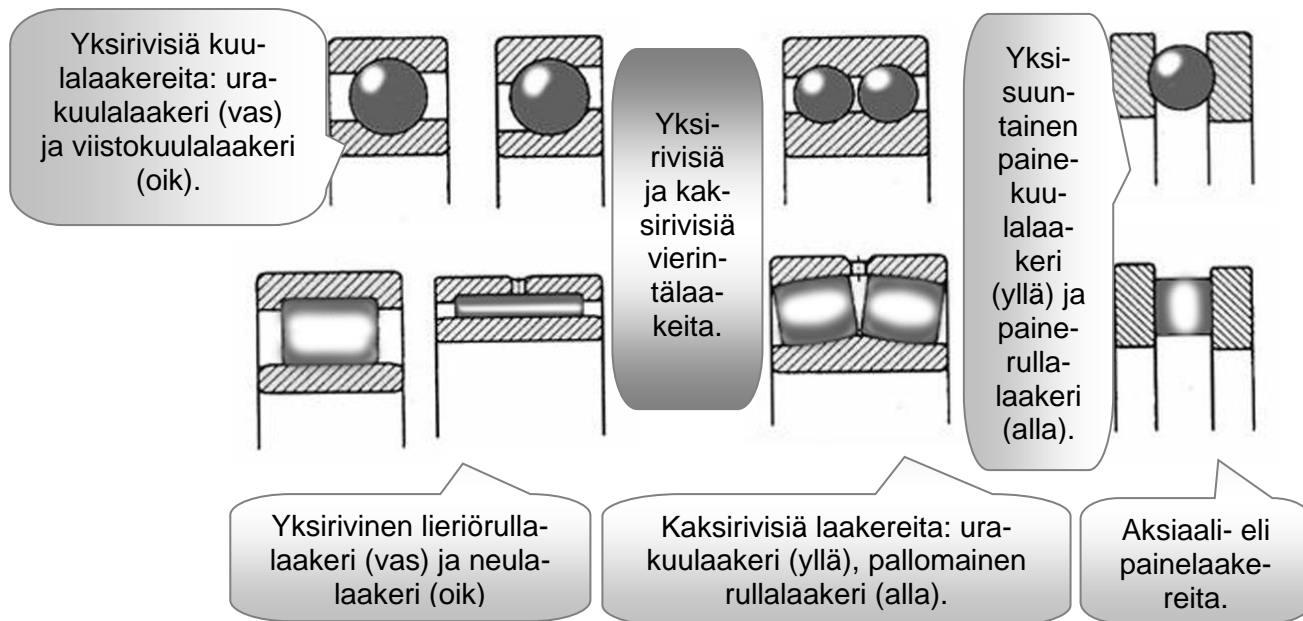
Vierintälaakerit jaetaan pääasiallisen kuormitussuunnan mukaan kahteen pääryhmään – **säteislaakereihin** ja **aksaali-** eli **painelaakereihin**. Säteislaakereissa kuormitus vaikuttaa säteen suunnassa kohtisuoraan akselia vastaan. Painelaakereissa (aksaalilaakerit) kuormitus vaikuttaa akselin pituussuunnassa eli aksiaalisesti. Jako säteis- ja aksiaalilaakereihin ei ole jyrkkä, koska säteislaakerien useimmat tyypit ottavat vastaan myös aksiaalivoimia ja muutamat painelaakereina käytetyt soveltuvat myös pienille säteisvoimien vaikutuksille.



Molemmissa ryhmissä erotetaan vierintäelimien mukaan kuulalaakerit, rulla-laakerit ja neulalaakerit. Kuulalaakereita käytetään etupäässä pienissä laakeroinneissa. Rulla-laakerit soveltuvat lähinnä suuriin ja raskaasti rasitettuihin laakerointeihin. Vierintälaakerin muodostavat renkaat tai laatat, vierintäelimet ja pidin. Säteislaakerissa on pesään kiinnitettävä ulkorengas, akselille kiinnitettävä sisärengas, vierintäelimet ja pidin. Painelaakerissa on muuten sama rakenne, mutta ulkorengasta vastaa pesälaatta ja sisärengasta akselilaatta. Vierintäelimiä ovat kuulat, rullat (suorat tai pallomaiset, kartiorullat) sekä neulat.



Vierintälaakerit saavat nimensä rakenteensa, vierintäelimen ja vierintä ratojen muodon mukaan sekä kuormitussuunnan mukaan. Nimet kertovat myös vierintäelimen riviluvun (vrt. yksi- tai kaksiriviset vierintälaakerit).



**Yksirivinen urakuulalaakeri** (a) on koneenrakennuksessa yleisesti käytetty laakerityyppi. Se voi toimia sekä säteis- että painelaakerina.

**Avoin urakuulalaakeri** (b) on myös yksirivinen. Ulkorenkaassa on vain toisella sivulla olake, toisen ollessa avoin, joten ulkorenkas voidaan asentaa ja irrottaa erikseen. Tätä laakeria voidaan kuormittaa aksiaalisesti vain yhdeltä suunnalta.

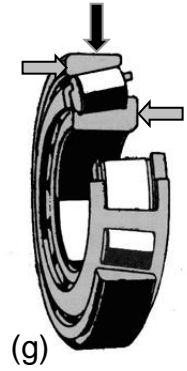
**Yksirivisessä viistokuulalaakerissa** (c) on vierintäurien olakkeiden ja kuulien keskinäinen sijainti sellainen, että kuulapaine kohdistuu vinosti akselia vastaan. Voiman vinon vaikutussuunnan ja suuren kuulaluvun ansiosta laakerilla on suuri kantokyky sekä aksiaalisesti että säteittäisesti. Koska laakeri pystyy ottamaan vain yksisuuntaisia aksiaalivoimia, on se asennettava aina yhdessä jonkin aksiaalisesti ohjaavan laakerin kanssa.

**Kaksirivinen viistokuulalaakeri** (d) on periaatteessa edellisen kaltainen, mutta kuulat ovat kahdessa rivissä. Se sallii sekä säteiskuormitusta että molempiin suuntiin aksiaalikuormitusta.

**Pallomaisen kuulalaakerin** (e) sisärenkaassa on kaksi vierintäuraa ja ulkorenkaassa kahta kuulariviä varten suurisäteinen kaareva vierintäpinta, joten akseli voi kääntyä sisärenkaalla. Tällaisella **itsestään asettuvalla laakerilla** estetään kuulien kiinnileikkautuminen uran reunoihin. Sitä käytetään kantamaan etupäässä säteiskuormitusta, mutta leveämmät tyypit soveltuvat myös aksiaalikuormia vastaan.

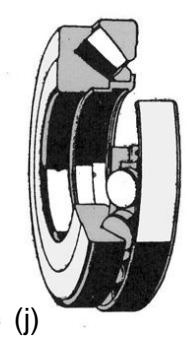
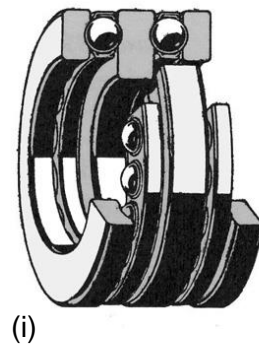
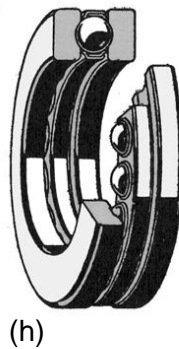
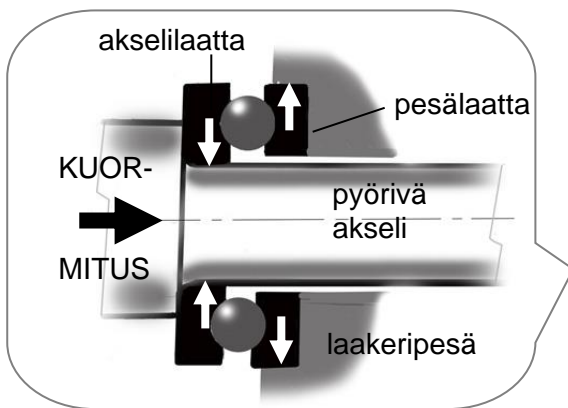
**Pallomainen rullalaakeri (f)** on soveliain laakerityyppi suurimmille kuormituksille. Itsestään asettumisen ansiosta se omaa myös samat ominaisuudet kuin edellinen laakeri. Leveät laakerit soveltuvat myös vastakkaisille aksiaalikuormituksille.

**Kartiomainen rullalaakeri (g)** on purettava ja yksirivinen. Kartiomaisten rullien akselit ja laakerin akseli muodostavat keskenään kulman. Mitä suurempi tämä kulma on, sitä suurempi on aksiaalinen kantokyky. Sitä voidaan kuormittaa sekä säteis- että aksiaalisuunnassa. Akselin ohjaamiseksi tarvitaan aina kaksi laakeria.



## Painelaakerit

**Yksisuuntaisen painekuulalaakerin (h)** muodostaa kaksi vierintäuralla varustettua laattaa, joiden välissä yksi kuularivi liikkuu pitimessään.



Akselille asennettu akselilaatta pyörii akselin mukana. Paikallaan olevan ja pesään tiukasti asennetun pesälaatan reikä on akselin halkaisijaa hieman suurempi, jotta akseli pyörii vapaasti koskettamatta laakeria. Laakeri soveltuu vain yksisuuntaiselle aksiaalikuormitukselle.

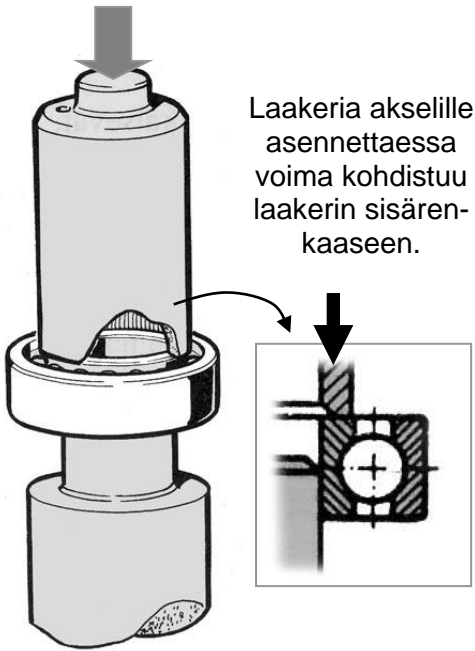
**Kaksisuuntaista painekuulalaakeria (i)** voidaan kuormittaa kumpaankin aksiaaliseen suuntaan, mutta ei säteittäisesti. Laakerissa on kolme laattaa: keskimmäinen on akselilaatta, sen molemmin puolin kuularivit pitimineen ja kaksi pesälaattaa.

**Pallomainen painerullalaakeri (j)** kantaa hyvin suuria aksiaalikuormia ja säteiskuormia. Pesälaatan vierintäpinta on pallomainen ja laakeri on siten itsestään asettuva.

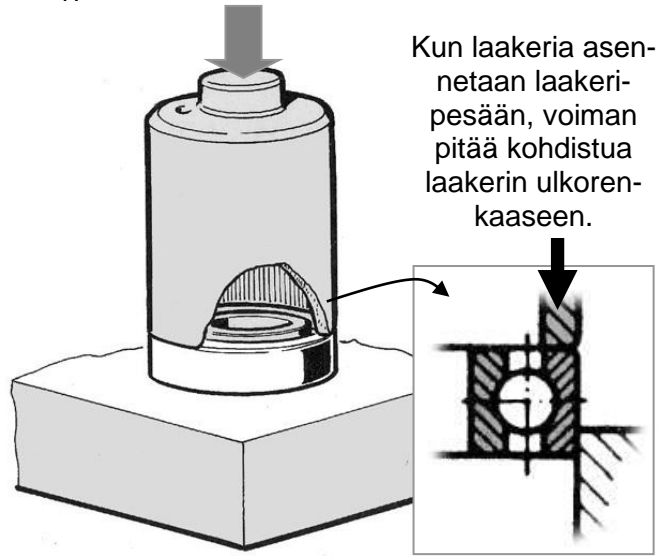
## Vierintälaakerien asennus ja irrotus

Vierintälaakerien asennuksessa ja huollossa on hyvä noudattaa laakerinvalmistajan ja koneiden suunnittelijoiden antamia asennus- ja hoito-ohjeita. Laakerit on säilytettävä asentamishetkeen saakka alkuperäispakkauksissaan. Ne suojelevat laakeria pölyltä ja kosteudelta. Laakereihin ei saa joutua hiekkaa, metallilastuja, roskia, vettä tms. Akselit, pesät, kannet, välirenkaat yms. on ennen asennusta huolellisesti puhdistettava.

Laakerointi	Asennuksen työkalut			Irrotuksen työkalut		
	Mek	Hydr	Läm	Mek	Hydr	Läm
pienet						
kesk. kok.						
suuret						
rullalaakerit						



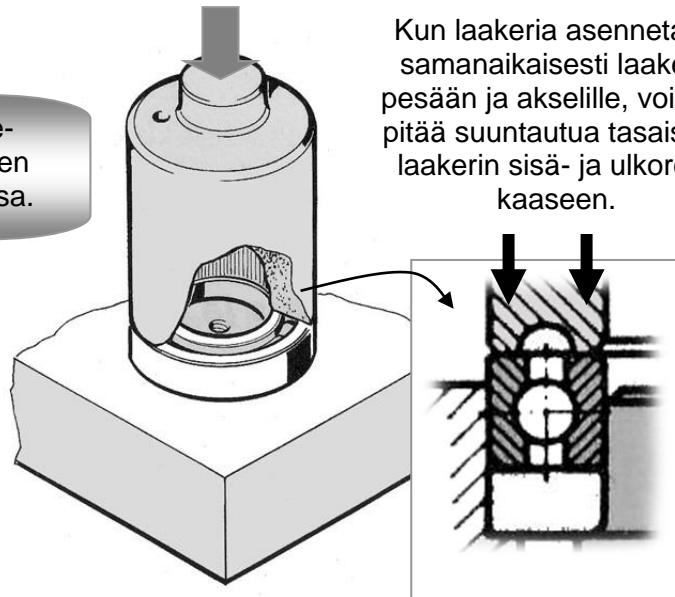
Laakeria akselille asennettaessa voima kohdistuu laakerin sisärenkaaseen.



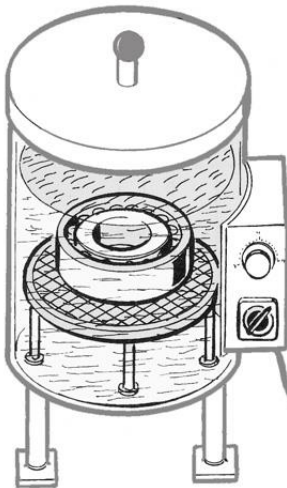
Kun laakeria asennetaan laakeripesään, voiman pitää kohdistua laakerin ulkorenkaaseen.

Huom. Asennettaessa laakerin lie-riöpinnan pitää olla yhdensuuntainen akselin tai laakeripesän reiän kanssa.

Kiinnityksessä käytettävän putkikappaleen pitää painaa tasaisesti laakerin koko kehää. Voima on kohdistettava vain siihen renkaaseen, joka asennetaan tiukkasovitteisena. Kiinnitysvoima ei saa mennä vierintäelimen (esim. kuula) läpi.



Kun laakeria asennetaan samanaikaisesti laakeripesään ja akselille, voiman pitää suuntautua tasaisesti laakerin sisä- ja ulkorenkaaseen.



Suurempien laakerien asennuksessa sisärenkas lämmitetään tasaisesti öljyssä tai sähkövastuksella (n. 70 - 80 °C) lämpötilaan, minkä jälkeen se laajentuneena asentaan akselille.

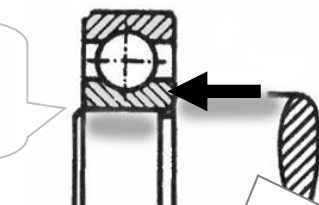
Avoliekin käyttäminen laakeriasennuksissa on kiellettyä.

### Laakerien irrotus

Laakereita irrotettaessa irrotusvoima on kohdistettava tiukasti asennettuun vierintärenkaaseen. Laakerien irrotus käy kätevästi esim. ulosvetäjällä. Laakerien irrottaminen kuumentamalla tulee hyvin harvoin kysymykseen. Irrottamisen jälkeen laakerit pestään ja voidellaan huolellisesti. Myös akselit ja pesät on puhdistetaan.

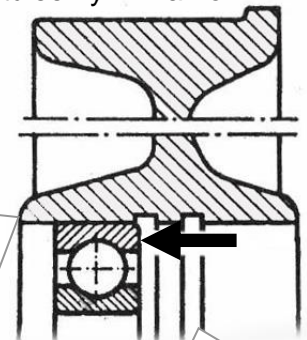
Akselin ja sisärenkaan välillä on tiukka sovite.

Vasaranisku laakeriin vaurioittaa laakerin.



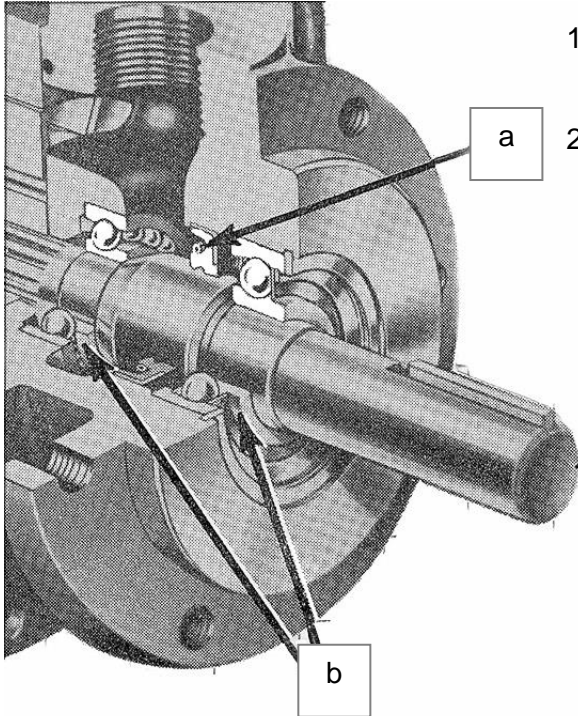
Laakeria irrotettaessa irrotusvoiman pitää kohdistua sisärenkaaseen!

Laakeripesän ja ulkorenkaan välillä on tiukka sovite.



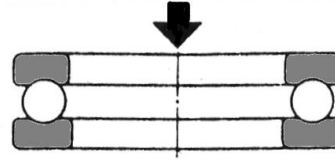
Laakeria irrotettaessa irrotusvoiman pitää kohdistua ulkorenkaaseen.

## TEHTÄVIÄ.

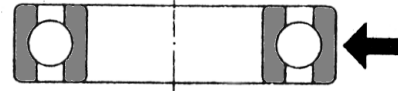


1. Tutki kuvan laakerointia. Minkä nimisiä ovat kohteet a ja b?
2. Piirroksessa nuoli osoittaa kuormituksen suuntaa. Minkä nimisiä laakerit ovat?

2a)



2b)



3. Minkä nimisiä kuvan laakerit ovat?

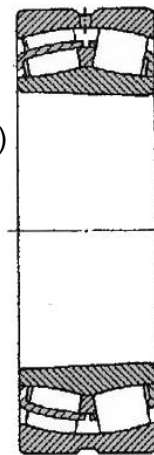
3a)



3b)



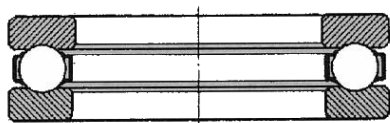
3d)



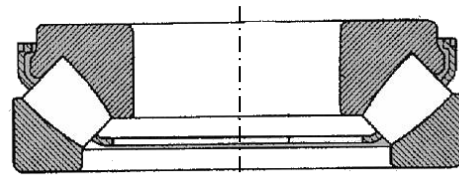
3e)



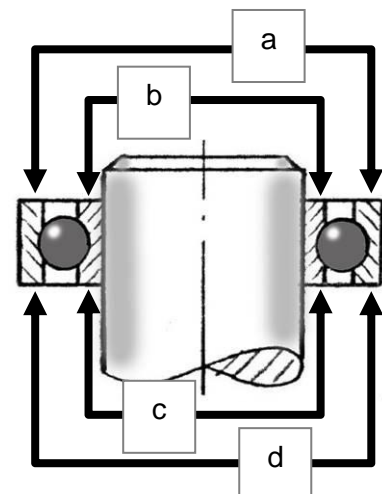
3c)



3f)



4. Mihin pitää voiman on kohdistua
  - a) laakeria asennettaessa?  
(vaihtoehdot a tai b)
  - b) laakeria irrotettaessa?  
(vaihtoehdot c tai d)

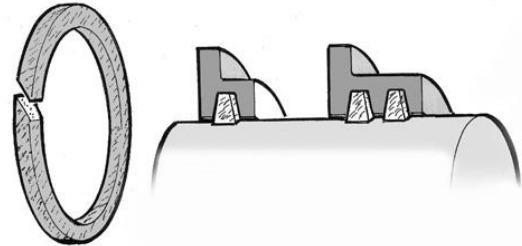


## Tiivistimet

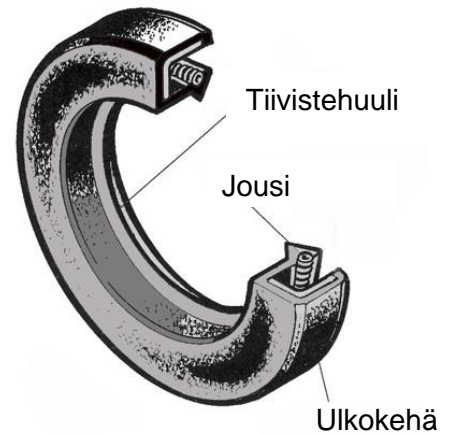
Tiivistimien tehtävänä on estää voiteluaineen vuoto sekä pölyn ja nesteiden tunkeutuminen voitelukohteeseen. Tiivisteet jaetaan sen mukaan, ovatko tiivistettävät pinnat liikkeessä vai paikallaan. Liikkuvien pintojen tiivisteet ovat erityyppisiä **tiivistysrenkaita**. Toimintansa mukaan ne jaetaan **hankaaviin** ja **ei-hankaaviin**. Paikallaan olevien pintojen tiivisteet ovat **tasotiivisteitä**.

Hankaavat tiivistimien tiivistyskohta on kosketuksessa pyörivään akseliin. Tiivistimet joudutaan kulumisen takia ajoittain uusimaan. Useimmat hankaavista tiivistimistä on standardituotteita. Ne ovat vaihtokelpoisia.

**Huoparengas** on hankaavista tiivistimistä yksinkertaisin. Varsinkin uutena huoparengas kuluu melkoisesti kitkan vaikutuksesta ja sen tiivistyskyky heikenee.

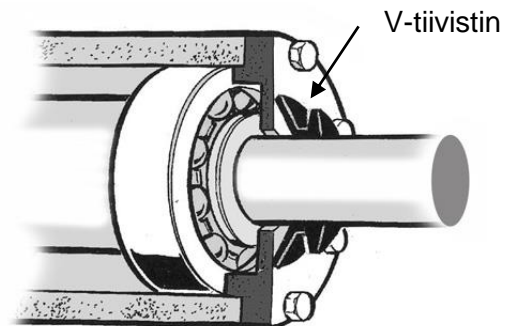


Usein käytetään asennusvalmiita tiivistimiä. esim. **Stefa-renkaita**. Molemmat ovat standardisoituja ja siten vaihtokelpoisia. Tiivistimen muodostaa metallikehys ja kaulus, jossa on tiivistävän osana toimiva tiivistyshuuli. Tiivistyshuulta ympäröi tavallisesti rengasmaisen jousi, jonka puristamana huuli painautuu akselin hyvin silitettyä pintaa vasten.



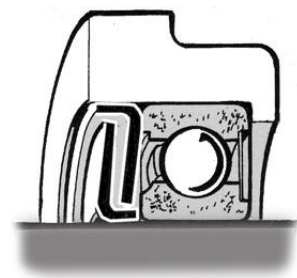
Asennettaessa on tiivistyshuuli kohdistettava oikeaan suuntaan, tiivistettävää ainetta kohti. Jos pää-tarkoituksena on estää voiteluaineen vuoto, on huuli suunnattava voitelukohteeseen päin. Jos taas tarkoituksena on estää pölyn ja roskien tunkeutuminen voitelukohteeseen, asennetaan tiivistyshuuli tunkeutuvia roskia kohti.

**V-tiivistin** on kumista tehty rengasmaisen akseli- ja laakeritiivistin. Sen erikoisuus on tiivisteshuuli. V-tiivistintä käytetään koneissa ja laitteissa suojana pölyä, likaa, rasvaa, öljysumua, roiskevettä ja muita aineita vastaan. V-tiivistin asennetaan akselille ja se pyörii akselin mukana. Tiivistys syntyy, kun tiivistyshuuli painuu esim. laakerikantta vasten (ks. piirros).



Pyörivän akselin tiivistimenä voidaan käyttää myös tiivistimiä, jotka eivät ole kosketuksessa akseliin. Niitä sanotaan ei-hankaaviksi tiivistimiksi. Ne eivät kulu. Niiden tiivistyskohdassa on aina joko säteittäinen tai aksiaalinen rako, joka rasvavoitelussa täytetään rasvalla.

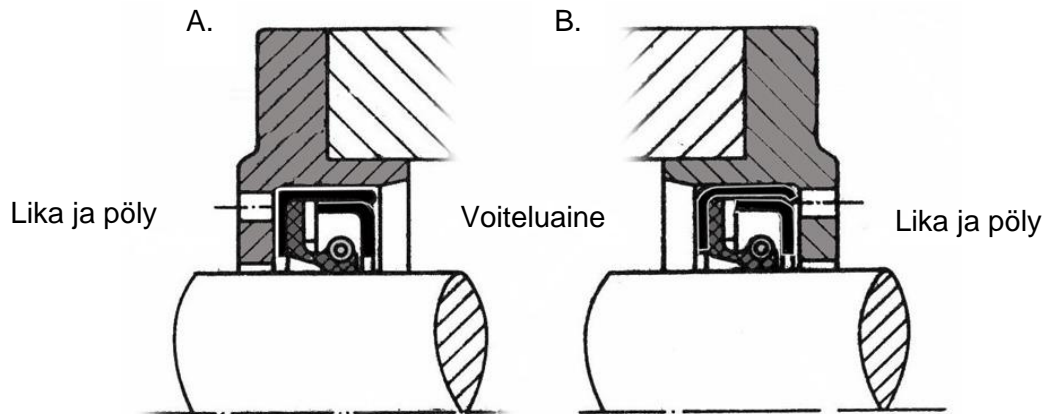
**Tiivistyslamellit** (Z-lamellit) ovat ohuista teräslevyistä painamalla valmistettuja tiivistimiä. Ne ovat rasvavoiteluun soveltuvia ja vähintään pareittain asennettavia. Toinen tulee pesään, toinen akselille.



**TEHTÄVIÄ.** Mikä tehtävä tiivistimellä ensisijaisesti on?

Kuvan piirroksien tiivistimet huolehtivat ensisijaisesti eri tehtävistä. Minkä tehtävää tiiviste ensisijaisesti

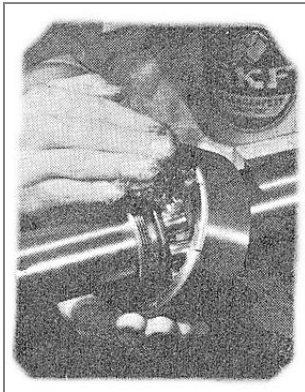
- A. vasemman puoleisessa tapauksessa?  
B. oikean -"- ?



### Vierintälaakerien voitelu

Vierintälaakerissa voiteluaineen tehtävänä on vähentää vierintävastusta, johtaa sen synnyttämää lämpöä pois, estää kulumisen, suojata ruostumiselta, ehkäistä lian ja roskien tunkeutuminen laakeriin, pienentää tehontarvetta sekä vaimentaa käynnistä aiheutuvaa melua.

**Rasvaa** käyttäen saavutetaan yksinkertaisimmalla tavalla luotettava ja kestävä voitelu ja erinomainen suoja sekä ruostetta että vieraiden aineiden laakeriin tunkeutumisista vastaan.



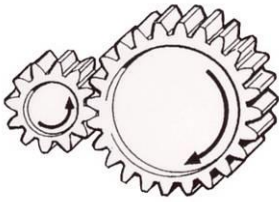
Rasvavoitelun vuoksi laakeripesien rakenne on sellainen, että rasvan lisääminen tai uusiminen käy helposti. Laakeripesissä, jotka avataan harvemmin, täytetään laakeri kokonaan rasvalla sekä noin 2/3 laakeripesän vapaasta tilasta. Mitä suurempi on pyörimisnopeus, sitä pienemmän tulee voiteluainemäärän olla. Nopeasti pyöriviin ja suurempiin laakereihin on rasvaa lisättävä useammin.



**Öljyvoitelu** edellyttää laakeroinnilta rakennetta, jossa on öljytila ja tehokas tiivistys. Öljyvoitelua käytetään silloin, kun voitelu rasvalla olisi suoritettava usein, lämpötila on rasvalle liian korkea tai jos öljy voitelee esim. lähellä olevia hammaspyöriä.

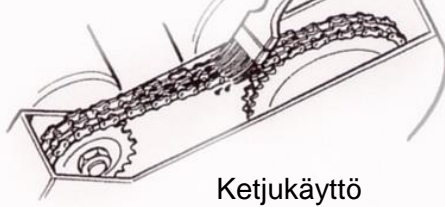
Tavallisin vierintälaakerien voitelutapa on **öljykylpy**, jossa öljytaso ulottuu vain alimman vierintäelimen puoliväliin. **Roiskevoitelussa** ns. roiskelaatta heittää öljyä pesän seinille, josta se kulkeutuu laakeriin. Suurissa nopeuksissa käytetään **öljyusvavoitelua**. Tässä menetelmässä paineilman avulla kehitetty öljyusva johdetaan voitelukohteisiin. **Tippuvoitelussa** öljy siirtyy laakeriin voitelukupista tippoittain.

## TEHONSIIRTO

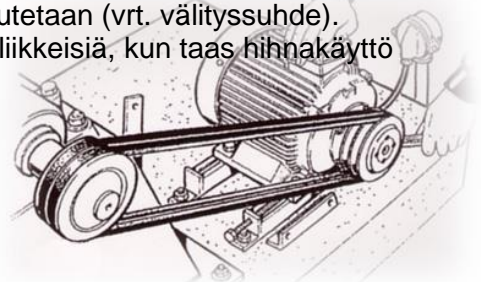


Hammaspyöräkäyttö

Tehon ja pyörivän liikkeen siirto akselilta toiselle voi tapahtua **hammaspyöräkäytössä**, tai **ketju- ja hihnakäytössä**. Siirron yhteydessä myös pyörimisnopeuksia muutetaan (vrt. välityssuhde). Hammaspyörä- ja ketjukäyttö ovat pakkoliikkeisiä, kun taas hihnakäyttö kitkaan perustuvana saattaa joustaa.



Ketjukäyttö



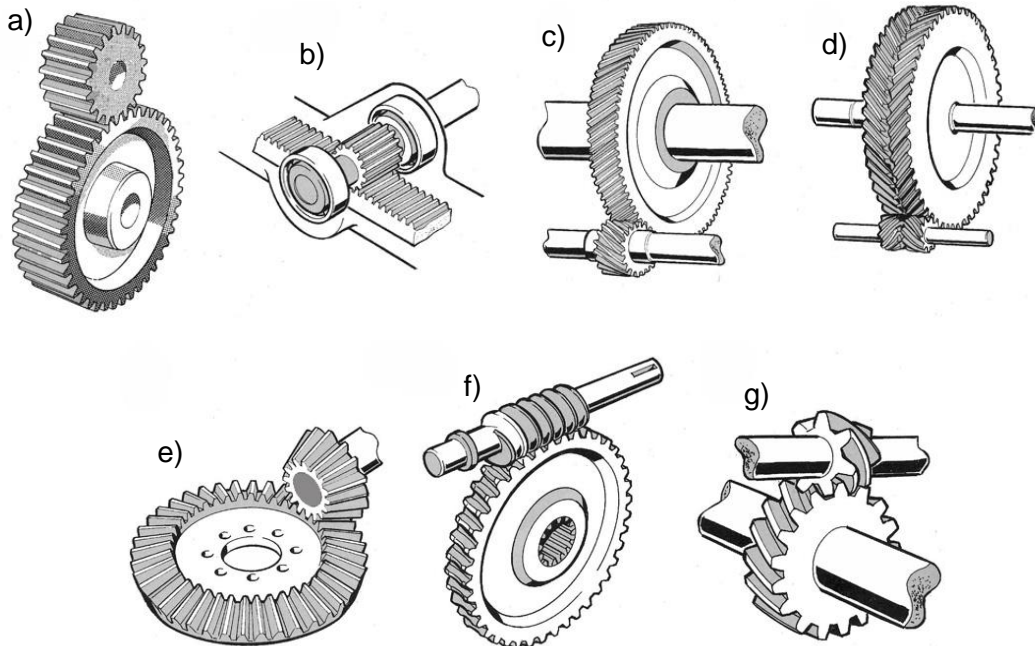
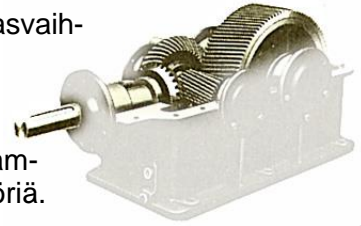
Hihnakäyttö

### Hammaspyöräkäyttö

Hammaspyörillä siirretään teho ja pyörivä liike akselilta toiselle. Pyörimisnopeus on joko sama tai se muuttuu.

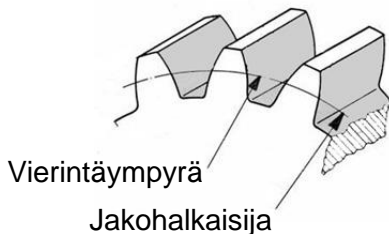
Erilaisia hammaspyöräkäyttöjä:

Hammasvaihteissa voi olla erityyppisiä hammaspyöriä.



a) suorahampainen lieriöhammaspyöräpari, b) suorahampainen lieriöhammaspyörä ja hammastanko, c) vinoahampainen lieriöhammaspyöräpari, d) nuolihammainen lieriöhammaspyöräpari, e) kartiohammaspyöräpari, f) kierukkapyörä ja kierukka sekä g) ruuvipyöräpari

Akselien sijainnista toisiinsa nähden, akselien pyörimisnopeuksien suhteesta ja kuormitusolosuhteista riippuu millaista hammaspyöräkäytön lajia käytetään.



Vierintäympyrä

Jakohalkaisija

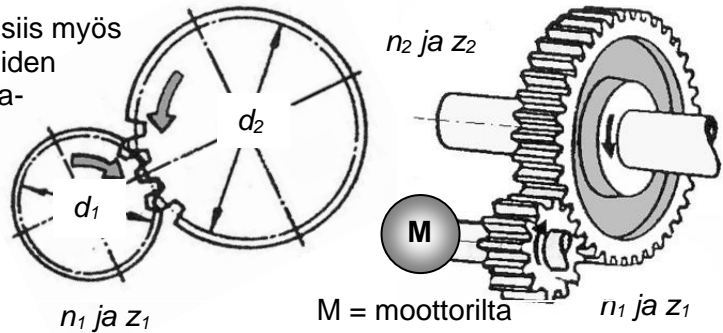
**Välityssuhteella** (i) tarkoitetaan käyttävän ja käytettävän pyörän kierroslukujen eli pyörimisnopeuksien (n) suhdetta. Se voidaan ilmoittaa myös jakoympyrän halkaisijoiden (d) suhteena tai hammaspyörien hammaslukujen (z) suhteena.

Liike siirtyy käyttävältä hammaspyörältä käytettävälle hammaspyörälle.

$$\text{Välityssuhde} = i = \frac{\text{käyttävän pyöränpyörimisnopeus}}{\text{käytettävä n pyöränpyörimisnopeus}} = \frac{n_1}{n_2}$$

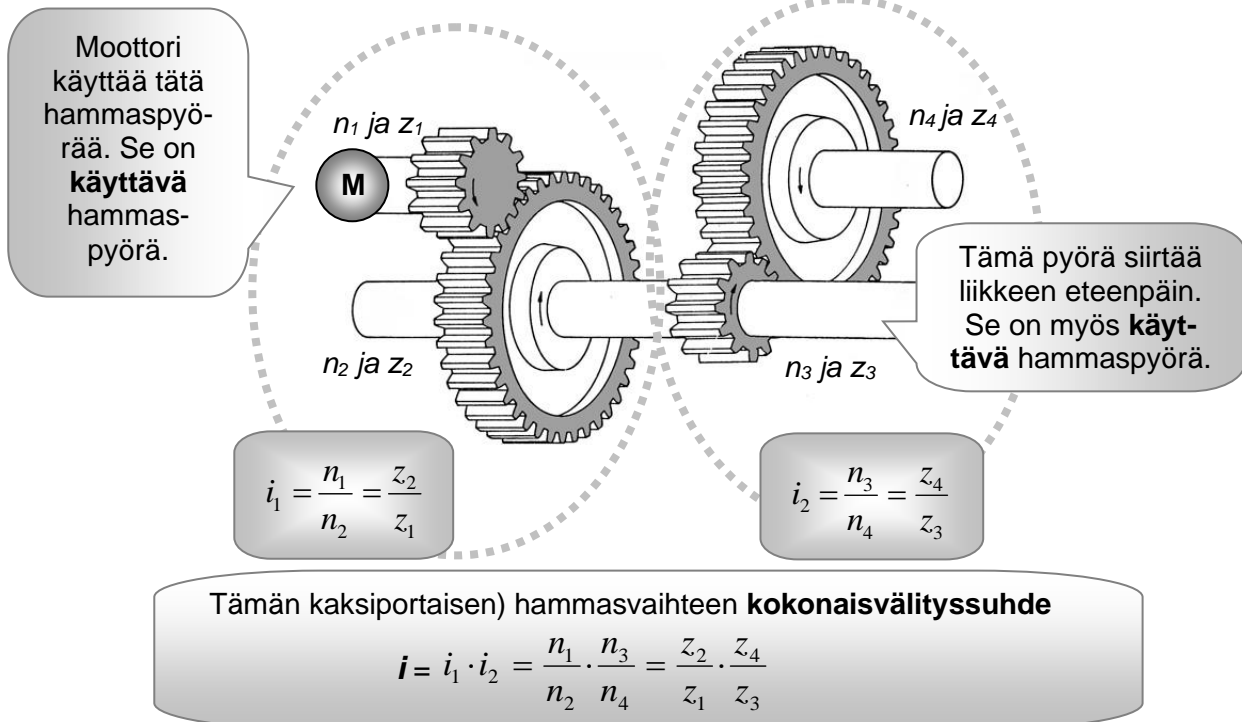
Välityssuhde voidaan ilmoittaa siis myös jakohalkaisijoiden ( $d$ ) ja hampaiden lukumäärien ( $z$ ) suhteilla seuraavasti:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}$$



Pyörimisnopeus ilmoitetaan kierroksina minuutissa (1/min tai 1/s). Käyttävän pyörän eduskirjaimille annetaan pariton alaindeksi (1; 3; 5) ja käytettävän pyörän eduskirjaimille parillinen alaindeksi (2; 4; 6).

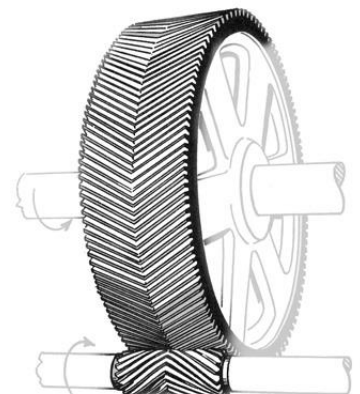
Moniportaisessa vaihteistossa kokonaisvälityssuhde on osavälityssuhteiden tulo.

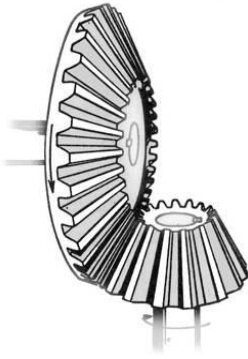


Hammaspyöräkäytön hyötysuhde ilmoittaa, kuinka monta prosenttia käyttävälle hammaspyörälle siirretystä tehosta saadaan ulos käytettävältä hammaspyörältä. Ko-neistetuin ja hyvin voidelluin hampain toimivissa lieriöhammaspyöräkäytöissä hyötysuhde vaihtelee 0,95 ja 0,98 välillä.

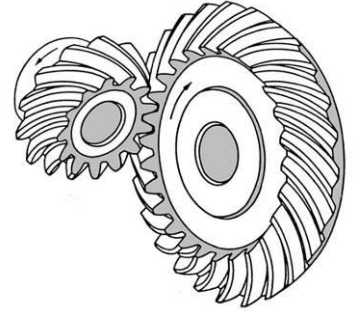
### Hammaspyörätyyppejä ja niiden ominaisuuksia

**Vinohampaisissa lieriöpyörissä** hampaat ovat kulmassa keskiakselin suhteen. Niitä käytetään suurien tehojen siirtämiseen. Vinohampaisten lieriöpyörrien käynti on tasaisempi ja äänettömämpi kuin suorahampaisten. Vinohampaisissa pyörissä syntyy aina akselin pituussuuntainen voima, joka kohdistuu laakereihin. Se saadaan kumotuksi, jos voidaan järjestää kahden vinohampaisten pyöräparin aksiaalivoimat vaikuttamaan vastakkaisiin suuntiin.





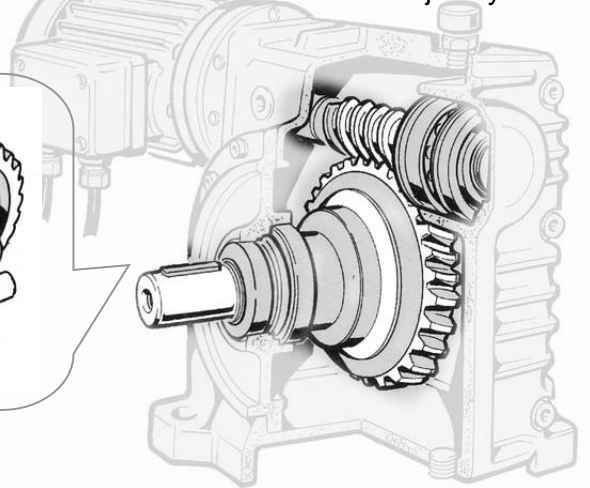
**Kartiopyörillä** siirretään pyörivä liike erisuuntaisten akselien välillä. Akselien kulman suuruus on tavallisesti  $90^\circ$ . Suorahampaisissa kartiopyörissä muodostuu aksiaalivoimia, joka rasittaa laakereita. Vinohampaisia kartiopyöriä käytetään yleisemmin kuin suorahampaisia. Niissä on parempi hyötysuhde ja äänettömämpi käynti. Käyrähampaisia kartiopyöriä käytetään varsinkin kulkuneuvoissa, joissa on suuret nopeudet ja tehot sekä vaaditaan äänetöntä käyntiä.



**Ruuvipyörät** ovat vinohampaisia lieriöpyöriä. Niiden akselit ovat ristissä. Akselit muodostavat tavallisesti suoran kulman. Pyörien keskinäisestä asennosta johtuen hampailla on käytännöllisesti katsoen vain pistekosketus. Siksi ruuvipyörillä voidaan siirtää vain pieniä tehoja.

**Kierukkavaihdetta** käytetään tehon siirtoon silloin, kun akselien kierroslukujen suhde suuri. Välityssuhde voi olla  $50:1$  ja  $5:1$  välillä. Liikkeen siirto tapahtuu tavallisesti nopeammalta akselilta hitaammalle. Käyttävää pyörää vastaa kierukka ja käytettävää pyörää kierukkapyörä. Akselit ovat kohtisuorassa toisiinsa nähden. Kierukkavaihteet ottavat vähän tilaa ja käyvät äänettömästi.

Kierukka-  
pyörä  
ja  
kierukka



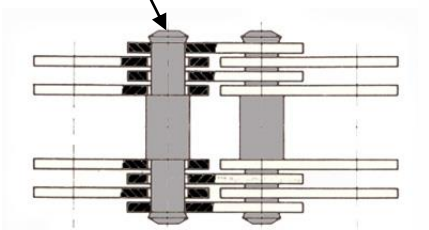
## Ketjikäyttö

Ketjua käytetään tehonsiirtoon, jos akseliväli on hammaspyöräkäytölle liian pitkä, liikkeen siirrossa ei saa olla liukumista ja nopeudet ovat pieniä. Ketjikäyttöä puoltavat myös seuraavat asiat:

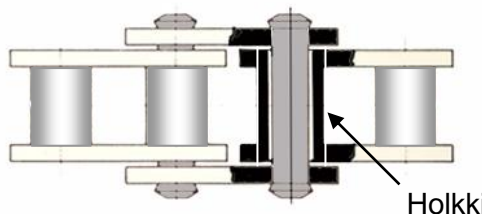
- Välityssuhde pysyy vakiona.
- Ketjut eivät vaadi esikivistystä  $\Rightarrow$  laakerien rasitus pieni.
- Ketjun lyhentäminen ja pidentäminen on helppoa.
- Kestävät vaikeita olosuhteita esim. vettä ja lämpöä.

## Ketjun rakenne

Tappi

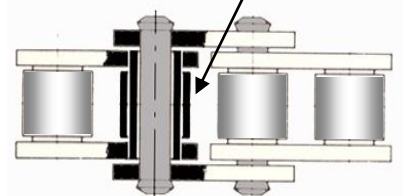


Tappiketju  
(yksinkertaisimpia)



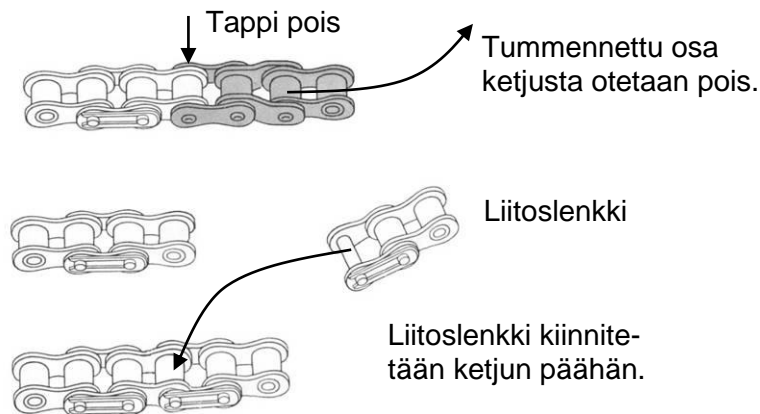
Holkkiketju

Rulla

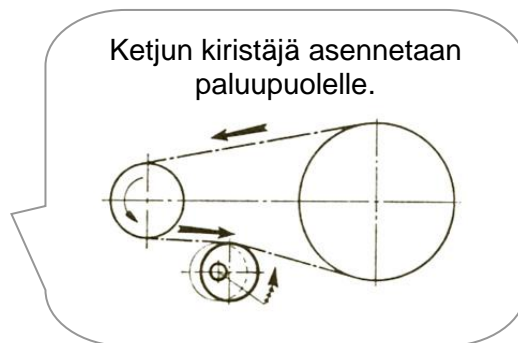
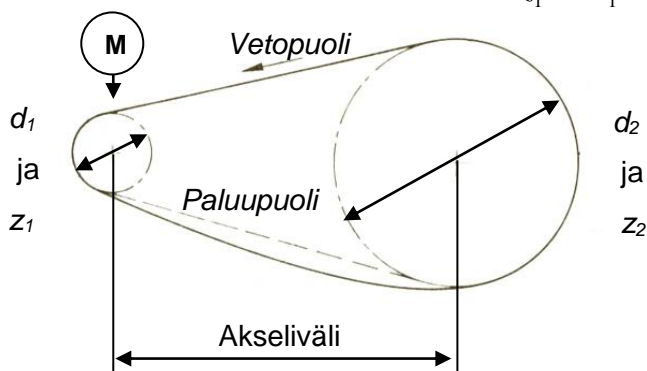


Rullaketju (vähäisin kitka,  
ketjuista äänettömmimpiä)

Ketjuja voidaan lyhentää ja jatkaa. Piirroksessa esitys ketjun lyhentämisestä yhdellä lenkillä.

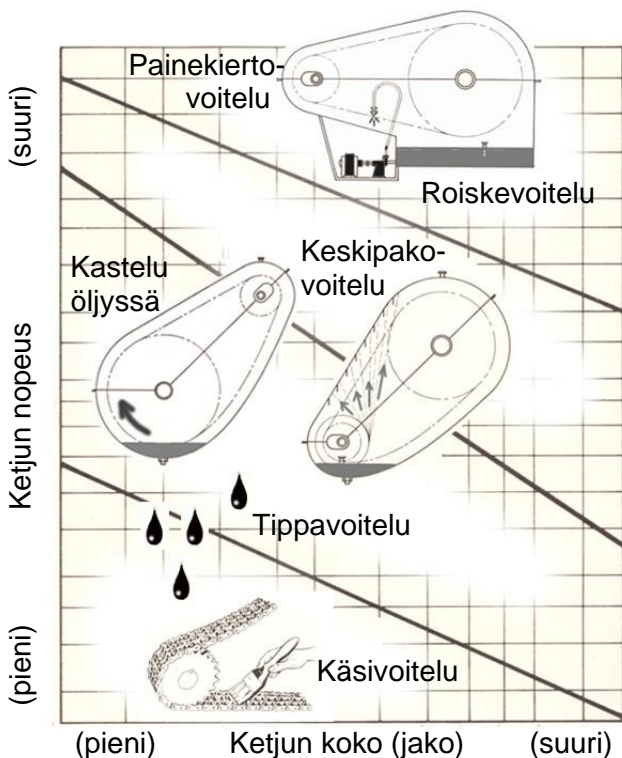
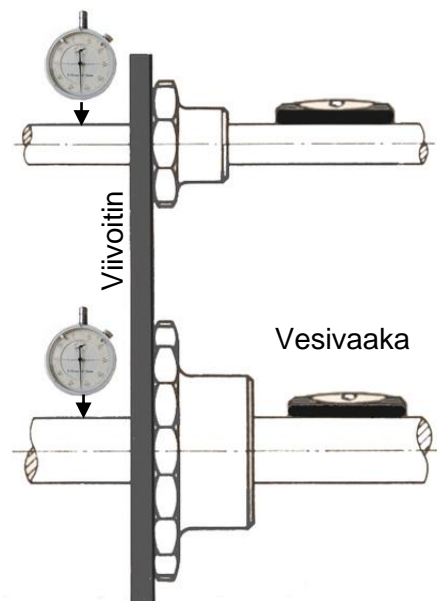


Ketjukäytön välityssuhde  $i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1}$



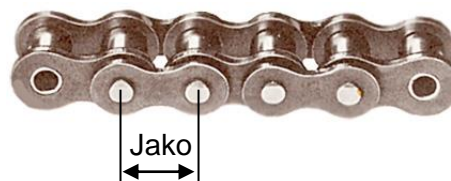
**Ketjupyörien suuntaus**

Ketjukäytön asentamisessa on tärkeää saada ketjupyörät samansuuntaisiksi. Akselien samansuuntaisuus voidaan tarkistaa vesivaan ja ketjupyörien samansuuntaisuus pitkän viivoitin (linjaarin) avulla. Akselien heitottomuus todetaan mittakellolla.



**Ketjukäytön voitelu**

Voitelu vaikuttaa ketjukäytön kestoikään. Sen vuoksi tehokas voitelu on välttämätön. Voitelutapa riippuu ketjun koosta (= jako) ja sen nopeudesta. Voiteluaineen valintaan vaikuttaa ensisijaisesti voitelutapa.



## Hihnakäyttö

Hihnoja on käytetty jo ennen hammaspyöriä tai ketjuja pyörivän liikkeen siirtoon. Käy internetistä katsomassa miten tehdassaleissa sata vuotta sitten liikettä siirrettiin valta-akselilta yksittäisille koneille.

<http://www.historia.tampere.fi/koski/vesi/akseli.swf>

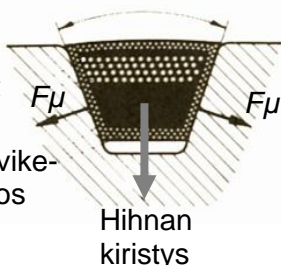


Matti vaihtaa uuden hammas-hinnan. Hän tarkistaa uuden hinnan pituuden ja profiilin.

Lujat säikeet

Ensimmäiset hihnat olivat nahasta valmistettuja lattahihnoja. Nykyisin yleisimmin käytettyjä hihnakäyttöjä ovat kiilaja hammashihnat. Ne ovat lujia ja venymättämiä kumin sisässä olevien säikeiden ansiosta. Hihnat kestävät pinnassa olevan kangasvahvikekerroksen ansiosta öljyä ja antavat hyvän kitkan hinnan ja pyörän välille.

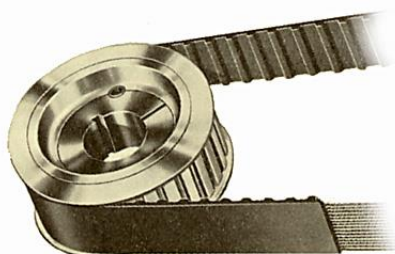
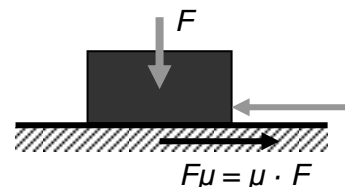
Kiilamainen muoto



Vahvikekerros

Hihnan kiristys

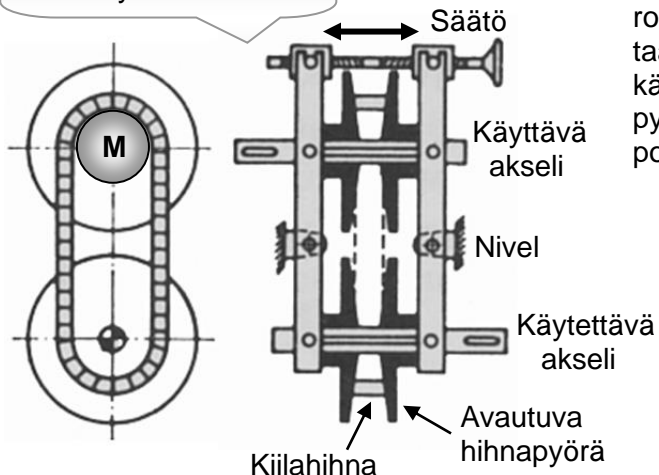
Vähän fysiikkaa. Kitka estää hinnan luistamisen. Kitkavoiman ( $F\mu$ ) suuruuteen vaikuttavat pintojen välinen kitkakerroin ( $\mu$ ) ja voima, millä hihna painaa pintaa vasten.



Hihnakäyttö sopii silloin, kun akseliväli on hammaspyöräkäytölle tai nopeus on ketjukäytölle liian suuri tai vaaditaan äänetöntä käyntiä. Se on myös em. käyttöjä helpompi ja edullisempi valmistaa. Hihnakäytön haittana on, ettei välityssuhde pysy hinnan luistamisen takia vakiona. Hihnaa pitää myös kiristää ja se kuormittaa laakereita. Näihin ongelmiin ratkaisuna on hammashihna.

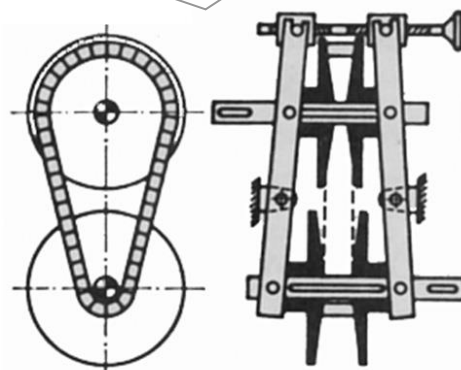
Hihnakäytön asennuksessa käytetään samoja periaatteita kuin ketjukäytönkin asennuksessa. Välityssuhde voidaan laskea myös ketjuvälityksen tapaan eli käytettävän ja käytettävän pyörän halkaisijoiden suhteena. Kiilahihnakäyttöä voidaan käyttää myös portaattomissa vaihteissa eli variaattoreissa. Niissä muutetaan välityssuhdetta ja pyörimisnopeutta portaattomasti.

Alkutilanne.  
Välityssuhde 1:1



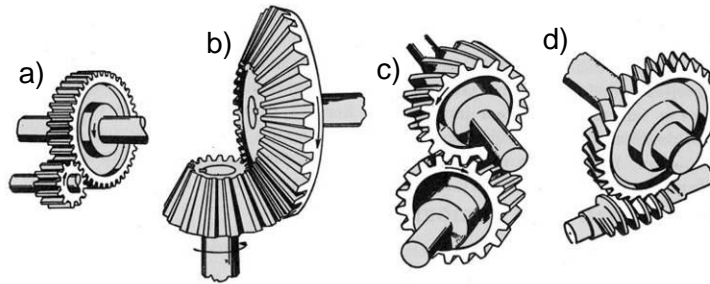
**TEHTÄVÄ.** Miten piirroksen variaattori muuttaa välityssuhdetta ja käytettävän akselin pyörimisnopeutta portaattomasti?

Mikä on välityssuhde nyt? Miten käytettävä akseli pyörii alkutilanteeseen verattuna?



**TEHTÄVIÄ** hammaspyöristä.

1. Minkä nimisiä piirroksen hammaspyörälajit ovat?



2. Tutki alla olevaa kierukkavaihdetta.

a. Mikä kirjaintunnus on kirjoitettu käyttävän pyörän eli kierukan kohdalle?

b. Mikä on kierukkavaihteen välityssuhde  $i$ ? (mittaa kuvasta kierukan ja kierukkapyörän jakoympyrän halkaisijat ja muista, että kierukka on "käyttävä")?

c. Miten kierukkavaihteen laakerien voitelu tapahtuu?

d. Millaisilla laakereilla kierukan akseli on laakeroitu?

