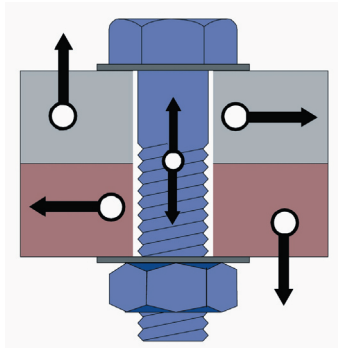


## 7. Ruuviliitokset

Koneenrakennuksessa ruuviliitos on yleisin irrotettavissa oleva liitos, koska se on helppo asentaa ja purkaa, se on oikein käytettynä luotettava ja sitä voidaan käyttää monissa olosuhteissa. Lisäksi standardikiinnikkeet ovat halpoja liitoselimä.

Ruuviliitoksen haitoista voidaan mainita mm. liitoksen luotettavuus, joka riippuu paljolti vaikeasti hallittavasta kiristysmomentista. Lisäksi ruuveissa on epäjatkuvuuskohtia, joissa jännityshuiput ovat suuret. Useimmissa ruuviliitoksissa kuormittavat voimat ovat ruuvin aksiaalinen suuntainen voima sekä tätä vastaan kohtisuora leikkausvoima.



Ohutlevy- ja soviteruuveissa leikkausvoima voi vaikuttaa suoraan ruuviin, jolloin aiheutuu leikkausjännitystä. Vaativat ruuviliitokset suunnitellaan yleensä siten, että ruuvin aksiaalivoiman aiheuttama kitkavoima siirtää leikkausvoiman kappaleesta toiseen. Tällöin mutterin kiristysvääntömomentista mahdollisesti jäänyt vääntöleikkausjännitys on ainoa leikkausjännitys, mitä ruuvin varressa esiintyy.

Tästä seuraa, että ruuviliitoksen kestävyys kannalta ruuvin vetomurtolujuus on ruuvin tärkein ominaisuus. Ruuvia kuormitettaessa staattisesti se voi murtua seuraavilla tavoilla:

- Ruuvi murtuu, kun vetojännitys ylittää sen murtolujuuden
- Ruuvin kierre leikkautuu ruuvista irti
- Mutterin kierre leikkautuu mutterista irti

Jos sekä ruuvin että mutterin kierreet ovat riittävän lujia siirtämään aksiaalivoiman ruuvista mutteriin, ruuvin täytyy pettää. Se katkeaa joko kiertestä tai varresta edellyttäen, että kanta ei irta.

Kierteen valmistusmenetelmällä on suuri vaikutus ruuvin väsymislujuuteen. Valmistusmenetelmiä on käytännössä kaksi: kierteiden lastuaminen (leikkaaminen) tai muovaus (valsaus). Standardiruuvit valmistetaan lähes yksinomaan muovaamalla ja erityisesti suuret sarjat tai lujat ruuvit kylmävalssaamalla. Erittäin suuret halkaisijat ja pienet valmistussarjat on mahdollista tehdä kuumavalssaamalla. Kylmävalssatuilla kierteillä olevien ruuvien väsymislujuus on nuorutettuja ruuveja selvästi parempi. Väsymislujuuden lisäksi johtuu mm. kierteen pinnan silitymisestä, kierteen pohjan muokkauslujittumisesta sekä plastisen muokkauksen aiheuttamasta puristusjännityksestä kierteen pinnassa.



Luotettavan ruuviliitoksen aikaansaamiseksi ratkaiseva merkitys on oikealla esikiristyksellä. Sen on oltava riittävä, mutta ei liian suuri. Mitä tarkemmin esikiristys voidaan suorittaa, sitä kevyemmäksi ja edullisemmäksi liitos voidaan suunnitella, mutta toisaalta esikiristysmenetelmät ovat yhä kalliimpia tarkkuuden kasvaessa.

Riittämättömästä esikiristyksestä seuraa:

- liitospintojen irtoaminen aksiaalikuormituksessa
- ruuvin jännitysamplitudi kasvaa
- ruuvi väsyä
- mutteri löystyy tärinässä
- liitos liukuu leikkauskuormien vaikutuksesta

Liian suuri esikiristys aiheuttaa:

- ruuvi ylikuormittuu staattisesti ulkoisen kuormituksen aikana
- ulkoisen vetokuormituksen alla ruuvi löystyy plastisten venymien vaikutuksesta
- ruuvi murtuu jo esikiristyksessä

Ruuviliitoksen on säilytettävä riittävä kireys koko suunnitellun elinikensä ajan. Seuraavat syyt voivat johtaa liitoksen kireyden menettämiseen:

- ruuvi katkeaa
- kierre leikkautuu
- mutteri kiertyy auki
- liitoksen osat asettuvat

## Kiristysmomentti

Kitkakerroimen  $\mu$  tarkka tuntemus on ehdottoman tärkeää kiristysmomenttien tarkalle määrittelylle. Hiiliaterästen kohdalla voidaan yleisesti käyttää kerrointa 0,14, mutta ruostumattomien terästen kohdalla kitkakerroin voi vaihdella huomattavasti riippuen pintojen ja voiteluaineen ominaisuuksista sekä niiden poikkeamista. Siksi on suositeltavaa tehdä käytännön testejä oikean kiristysmomentin määrittämiseksi.

**Seuraavan taulukon arvot ovat vain suuntaa-antavia:**

	Suurimmat sallitut kiristysmomentit (Nm) (90% käyttöaste 0,2%-venymärajasta)									
	Hiiliateräkset				Austenitiittiset teräkset					
	5.6	8.8	10.9	12.9	A2-70 & A4-70*			A2-80 & A4-80*		
Kitkakerroin $\mu$	0,14				0,10	0,20	0,30	0,10	0,20	0,30
M4	1,37	3,3	4,8	5,6	1,7	2,6	3	2,3	3,5	4,1
M5	2,7	6,5	9,5	11,2	3,4	5,1	6,1	4,6	6,9	8
M6	4,6	11,3	16,5	19,3	5,9	8,8	10,4	8	11,8	13,9
M8	11	27,3	40,1	46,9	14,5	21,4	25,5	19,3	28,7	33,9
M10	22	54	79	93	30	44	51	39,4	58	69
M12	39	93	137	160	50	74	88	67	100	117
M14	62	148	218	255	79	119	141	106	159	188
M16	95	230	338	395	121	183	218	161	245	291
M18	130	329	469	549	174	260	308	232	346	411
M20	184	464	661	773	224	370	439	325	494	586
M22	250	634	904	1057	318	488	582	424	650	776
M24	315	798	1136	1329	400	608	724	534	810	966
M27	470	1176	1674	1959	-	-	-	-	-	-
M30	635	1597	2274	2662	-	-	-	-	-	-
M33	865	2161	3078	3601	-	-	-	-	-	-
M36	1440	2778	3957	4631	-	-	-	-	-	-
M39	1780	3597	5123	5994	-	-	-	-	-	-

\* Ruuvin pituus enintään 8 kertaa halkaisija. Yli M24 kiinnikkeille, mekaaniset ominaisuudet täytyy sopia käyttäjän ja valmistajan kesken.



Ruuviliitoksen varmistamiseen voidaan käyttää erilaisia tuotteita ja menetelmiä:

1. Mekaaniset lisäkomponentit, kuten varmistuslangat, lukkolevyt, jousi- tai hammasaluslevyt, laipastaan hammastetut ruuvit ja mutterit.
2. Lukitusmutterit (Nylloc-mutterit). Lämmönkestävyys 120°C / 170°C. Suositellaan vaihdettavaksi viiden avauskerran jälkeen.
3. Kierrettämuovaavat ruuvit. Suuren kitkan ja kierteen pienen välyksen vuoksi eivät kierry auki helposti.
4. Erikoistuotteet, kuten kaksiosaiset Nord-lock -aluslevyt tai kierteen lukitusliimat

Ruuviliitosta suunniteltaessa on otettava myös huomioon galvaanien korrosio (kontaktikorrosio), joka syntyy liitoskomponenttien välisestä potentiaalierosta kosteuden toimiessa väliaineena (elektrolyyttinä). Suositeltavia ja vältettäviä liitospareja galvaanisen korroosion eliminoimiseksi:

Liitoskomponenttien materiaali tai pinnoite	RST A2 / A4	Alumiini	Kupari	Messinki	Teräs, mustapassivoitu	Teräs, keltapassivoitu	Teräs, sinkitty	Teräs, pinnoittamaton
RST A2 / A4	+++	+++	++	++	++	++	++	++
Alumiini	++	+++	++	++	+	+	+	+
Kupari	+	+	+++	++	+	+	+	+
Messinki	+	+	++	+++	+	+	++	+
Teräs, mustapassivoitu	-	-	-	-	+++	++	++	+
Teräs, keltapassivoitu	--	--	--	--	+	+++	++	+
Teräs, sinkitty	--	--	--	--	+	+	+++	+
Teräs, pinnoittamaton	---	---	---	---	--	--	--	+++

+++ = suositeltava yhdistelmä

--- = vältettävä yhdistelmä

## Ruuviliitoksen kokonaiskustannukset

Ruuviliitoksen kustannukset voidaan jakaa alla olevan kuvion mukaisesti ruuvien hankintahintaan ja liitoksen muihin välillisiin kustannuksiin.



Ruuvien hankintahintaan voidaan vaikuttaa vain tehokkaalla ostotoiminnalla, jossa ostot kohdistetaan edullisille toimittajille laadusta tinkimättä. Sen sijaan ruuviliitoksen muihin kustannuksiin voidaan vaikuttaa:

- kehittämällä logistiikkaa
- kehittämällä normitusta
- käyttämällä monitoimiruuveja
- kehittämällä asennustyötä
- syventämällä yhteistyötä ruuvitoimittajan kanssa

Esimerkiksi valmistavan yrityksen normitusta kehittämällä voidaan kiinnitystarvikkeiden nimikemäärää huomattavasti vähentää yhtenäistämällä käytettäviä ruuvityyppejä, raaka-aineita, pintakäsittelyjä, lujuusluokkia, ruuvimittoja yms.

Kiinnitystarvikkeiden hintaerojen merkitys hämärtyy, jos asiaa ei tarkastella kokonaiskustannusten kannalta (jäävuorimalli). Jos valmistava yritys käyttää kiinnitystarvikkeisiin 50 000 euroa vuodessa ja ero kalleimman ja halvimmalla toimittajan välillä on 10 000 euroa, kuinka monta tuntia tuotanto voi seistä 10 000 eurolla?

Myöhässä tai väärin toimitetut kiinnitystarvikkeet aiheuttavat suoria ja välillisiä kustannuksia:

- Oman toimituksen myöhästymisen
- Ylityökustannukset aikataulun kiinnikuromiseksi
- Erikoistoimitusten järjestelyt
- Tuotantokatkon vaikutukset työn mielekkyyteen ja urakoihin
- Menetetty myyntitulot ja korot niistä
- Menetetty asiakas



Seuraava kaavio esittää kiinnitystarvikkeiden hintaerojen merkitystä lopputuotteen kustannuksessa. Voidaan arvioida, että 1000 euron arvoisessa lopputuotteessa, kiinnitystarvikkeiden hintavaihteluiden arvo lopputuotteesta on alle euron.



Lopputuotteen tuotantokustannukset 100 % 1000 EUR



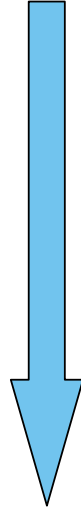
Ruuviliitosten osuus tuotteesta keskim. 3 % 30 EUR



Ruuvien osuus liitoksista 15 % 4,50 EUR

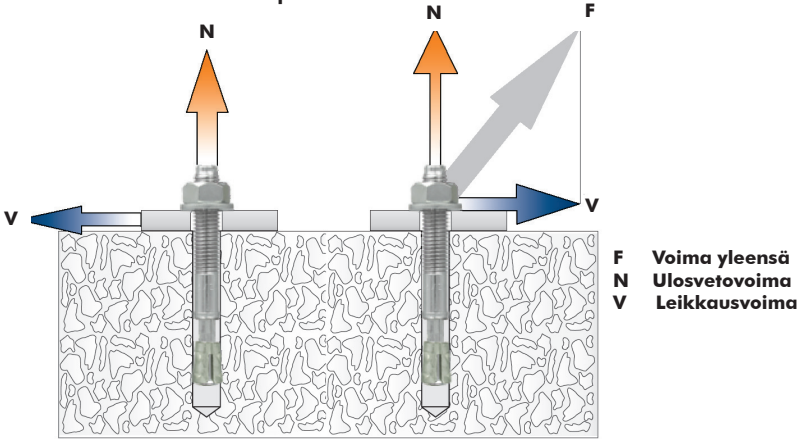


Ruuvien hintavaihtelut 20 % **0,90 EUR**



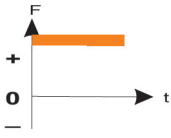
**Ankkurikiinnitykset**

Kiinnikkeeseen vaikuttajat voimat

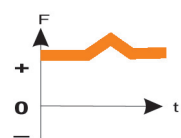
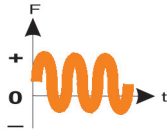


**Erilaiset kuormitustyypit**

Staattinen kuorma



Dynaamiset kuormitukset



## Kiinnitysten murtumistyytit

Teräsojan murtuma voidaan laskea kaavasta  $a_s \times F_{uk}$ , jossa  $a_s$  on vetokuormitetun ankkurin ohuimman kohdan halkaisija ja  $F_{uk}$  on teräsojan raaka-aineen murtolujuus. Teräsojan murtuma on suurin saavutettavissa oleva ankkurin kapasiteetti.

Liukuma on ankkurin ulostulo asennusreiästä. Liukumaa aikaansaavat kuormat ovat erisuuruisia erityyppisillä ankkureilla. Liukumaa aikaansaavien kuormien suuruuksia voidaan todeta vain kokeellisesti.

Betonin murtumaan vaikuttaa kaksi tekijää: betonin lujuusluokka ja ankkurin asennussyvyys.

