

## Liitosten asiantuntija Klauke



Liitântäteknikka ja  
puristusmuodot

# Alkusanat

## Päämääränä luotettavat liitokset

Tähän opaskirjaan olemme koonneet hyödyllistä tietoa erityyppisistä puristusliitoksista, puristusprofiileista ja liitosteknologioista.

Esittelemme yksityiskohtaisesti erilaiset puristusmuodot, sekä minkä tyyppisille kaapelikengille ja johtimille ne parhaiten soveltuvat.

Tarkoituksemme on antaa lukijalle mahdollisimman kattava käsitys siitä, mitä kaikkea luotettavan liitoksen tekemisessä täytyy ottaa huomioon.

Toivomme, että löydät tästä opaskirjasta käyttökelpoista tietoa ja saat varmuuden siitä miten laadukas ja luotettava liitos tehdään.

Klauke





## Sisällys

### 1. Laadukas ja luotettava:

Vihjeitä oikein suoritettavaan puristukseen

### 2. Laaja valikoima:

Oikean kaapelikengän valinta

- 2.1 Kaapeli ja kaapelikengä
- 2.2 Putkikaapelikengät DIN 46235
- 2.3 Putkikaapelikengät Standard-type (R-tyyppi)
- 2.4 Levykaapelikengät DIN 46234
- 2.5 Laatu ja kestävyys

### 3. Erikoiskaapelikengät:

- 3.1 F-kaapelikengät
- 3.2 E-Putkikaapelikengät yksisäikeisille johtimille
- 3.3 SG-Putkikaapelikengät, kapea lapa
- 3.4 Ruostumattomasta teräksestä ja nikkelistä valmistetut putkikaapelikengät

### 4. Alumiiniset kaapelikengät

### 5. Al/Cu kaapelikengät

- 5.1 Al/Cu -puristuskaapelikengät
- 5.2 Al/Cu -vaihtoliittimet

### 6. Puristustavat (-profiilit)

- 6.1 Kuusiopuristus
- 6.2 Tuurnapuristus - leuaton
- 6.3 Tuurnapuristus - leuallinen
- 6.4 Nelisuuntainen tuurnapuristus
- 6.5 Kynsipuristus



**1.**  
**LAADUKAS JA LUOTETTAVA:**  
**VIHJEITÄ OIKEIN TEHTÄVÄÄN**  
**PURISTUSLIITOKSEEN**



Kuva 2: Puristusprosessi (kuusiopuristus)

## PERUSVAATIMUKSET LAADUKKAIISIIN PURISTUSLIITOKSIIN

Varmistu, että kaikki osat ovat puhtaita. Harjaa johtimet, jotta niihin ei jää metallilyijäämiä, ja tarkasta ettei alumiinijohtimissa ole näkyviä hapettumia.

Kuori eriste varovaisesti, etteivät johtimen säikeet vahingoitu. Kuoritun alueen pituus tulisi olla noin 10 prosenttia pidempi kuin kaapelikengän tai jatkoliittimen putken sisämitta. Tämä sen vuoksi, että puristus pidentää kaapelikengän / jatkoliittimen pituutta noin 10 prosenttia.

Varmista, etteivät puristusleuat ole vahingoittuneita tai likaisia. Profiilin tulisi olla metallisen kiiltävä.

Kaapelikengän, puristustyökalun ja puristusleuan tulee olla saman järjestelmän ja samojen mitoitusnormien mukaisia.

Kaapelikengän tulee soveltua käytettävään johdintyyppiin

Varmista tarvittavien puristusten määrä.

Esimerkiksi DIN 46235 putkikaapelikengien kanssa vaadittu puristusten määrä on osoitettu kaapelikengän ja liittimen merkinnöillä.

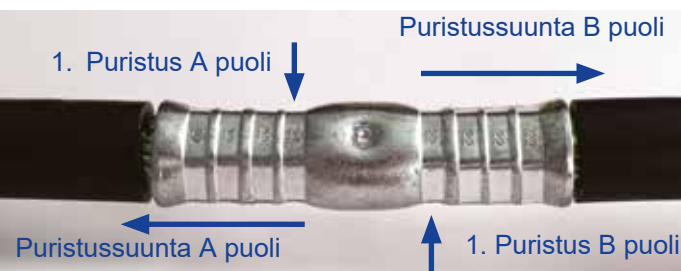
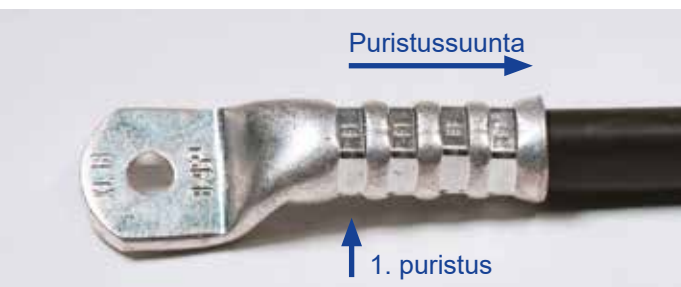
Standard-type putkikaapelikengien osalta puristusten määrä on tarkastettava kaapelikengäpakkauksen mukana tulevasta ohjeesta tai tuoteluettelosta.

Kaapelikengien puristaminen alkaa aina lavan puolelta, ja työ jatkuu kaapelia kohti. Jatkoliitoksessa ensimmäinen puristus tehdään keskelle, josta jatketaan kaapelia kohti. Muutoin kengän/liittimen materiaali ei pääse venymään ja siihen voi muodostua halkemia.

Varmista, että teet aina koko puristusprosessin loppuun asti. Loppuun suoritettu puristus on tärkeä, sillä puristettava materiaali saavuttaa vaaditun puristuslujuuden vasta puristusprosessin loppuvaiheessa.



Kuva 3: Klauke -järjestelmä (putkikaapelikengä 9R10, puristusleuat R22120 ja työkalu EKM 6022)



Kuva 4: Diagrammi (kaapelikengä ja liitin)

## MEKAANINEN VAI HYDRAULINEN PURISTUSTYÖKALU?

Puristustyökalu on avainelementti kaikissa puristusprosesseissa, riippumatta siitä tehdäänkö puristus hydraulisesti vai lihasvoimalla.

Puristustyökalu ja siinä käytetyt puristusleuat määrittävät kaapelikengän /-liittimen muodonmuutoksen asteen ja muodon. Vain oikeat työvälineet, jotka sopivat kyseisen liittoksen tekemiseen, takaavat korkealaatuisen lopputuloksen

### MEKAANINEN

Kompaktit mekaaniset puristustyökalut soveltuvat pienille tai keskisuurille poikkipinta-aloille.

Klauken mekaaniset puristustyökalut jaetaan synkronoituihin tyyppeihin ja tyyppeihin, joissa puristusleuan kumpikin puoli asetetaan erikseen.

Synkronoiduissa tyypeissä saadaan yhtä säätöpyörää kääntämällä puristusleukojen molemmat puolet asettumaan yhtäaikaaisesti puristustyökaluun. Samalla säätöpyörä osoittaa valitun poikkipinta-alan.

### HYDRAULINEN

Suuremmille poikkipinta-aloille tulee valita hydraulinen puristustyökalu. Ne soveltuvat myös mekaanisia työkaluja paremmin useammille puristusmäärille.

Uusimmat sähköhydrauliset puristimet varoittavat optisesti ja akustisesti mikäli vaadittavaa puristuspainetta ei ole saavutettu.



Kuva 5: K05 & EK354



Kuva 6: K05 Säätöpyörä (tässä valittu 25 mm<sup>2</sup>)



Kuva 7: Varoitus viallisesta puristuksesta



## 2. LAAJA VALIKOIMA: OIKEAN KAAPELIKENGÄN VALINTA

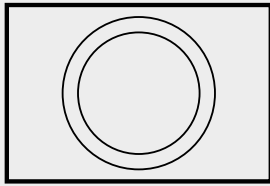
2.1 Kaapeli ja kaapelikenkä

2.2 Putkikaapelikengät DIN 46235

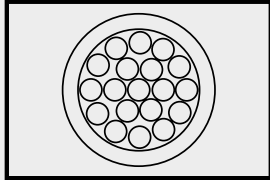
2.3 Putkikaapelikengät Standard-type (R-tyyppi)

2.4 Levykaapelikengät DIN 46234

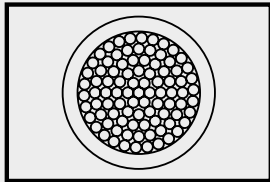
2.5 Laatu ja kestävyys



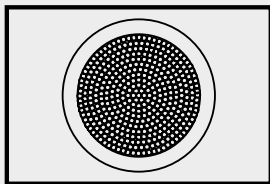
**Luokka 1**  
Yksisäikeinen johdin



**Luokka 2**  
Monisäikeinen johdin



**Luokka 5**  
Hienosäikeinen johdin



**Luokka 6**  
Erittäin hienosäikeinen johdin

Kuva 1: Johdinluokat DIN EN 60228 mukaan

## 2.1 KAAPELIJA KAAPELIKENKÄ

Sopivan kaapelikengän valinta riippuu mm. asiakkaan vaatimuksista ja käsiteltävän johtimen luokasta.

Yleisimmät DIN EN/IEC 60228 johdinluokat ovat

Luokka 1: Yksisäikeinen johdin

Luokka 2: Monisäikeinen johdin

Luokka 5: Hienosäikeinen johdin

Luokka 6: Erittäin hienosäikeinen johdin



Kuva 2:  
Putkikaapelikengä DIN46235,  
putkikaapelikengä Standard-type ja  
levykaapelikengä DIN 46234

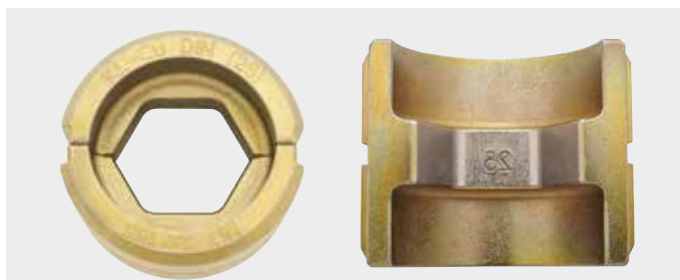
**Tavanomaiset kaapelikengät jaetaan yleisesti kolmeen ryhmään:**

- **Putkikaapelikengät DIN 46235**
  - Luokan 1, 2, 5 ja 6 kuparijohtimille.
  - Suositeltava puristustapa on kuusiopuristus, DIN 48083 Osa 4
  - max. +250C, 30kV
- **Standard-type, eli R-putkikaapelikengät**
  - Luokan 2 (tuurnapuristuksella myös luokan 5) kuparijohtimille.
  - Mahdollista käyttää useita erilaisia puristustyyppisiä/profiileja ja puristustyökaluja. Puristamisessa on tällöin noudatettava valmistajan ohjeita.
  - max. +250C, 10kV
- **Levykaapelikengät DIN 46234**
  - Luokan 2, 5 ja 6 kuparijohtimille.
  - Suositeltava puristustapa on tuurnapuristus
  - max. +105C, 10kV



## 2.2

# PUTKIKAAPELI-KENGÄT DIN 46235



Kuva 3: Kuusiopuristusleuat ja tunnistestansi



Kuva 5: Esipyöritys holkin kanssa



Kuva 6: DIN -kaapelikengä merkintöineen



Kuva 7: Puristusjatkoliitin DIN 46267, Osa 1

- Luokan 1, 2, 5 ja 6 kuparijohtimille
- Suositeltava puristustapa: Kuusiopuristus
- max. +250C, 30kV
- Kokoluokkiin 6mm<sup>2</sup> - 1000mm<sup>2</sup>
- Lapareiät välillä M5-M20
- Valmistettu elektrolyyttisestä kuparista, hehkutettu, tinattu

Sektorin muotoisten johtimien liitoksia tehtäessä täytyy muistaa niiden esivalmistelu. Ne on esipyöristettävä tarkoitukseen sopivilla esipyöristysleuoilla, esim. Klauke RU223525.

### TUNNISTEMERKINNÄT

DIN 46235 putkikaapelikengän merkinnät tarjoavat käyttökelpoista tietoa valmistajasta ja käyttöalueesta.

Myös Standard-putkikaapelikengistä löytyy useimmiten vastaavat merkinnät.

Esimerkiksi leima »KL 20 12 - 120« tarkoittaa:

- KL: Valmistajan koodi (Klauke)
- 20: Työkalun koodi (ainoastaan kaapelikengille DIN 46235)
- 12: Standardoidun metrisen liitospultin dimensio – tässä tapauksessa M12
- 120: Johtimen poikkileikkaus mm<sup>2</sup>

Putkikaapelikengissä (DIN on usein myös merkintöjä, jotka tarjoavat tietoa puristusten määrästä ja leveydestä.

Standardi suosittelee käyttämään putkikaapelikengille (DIN 46235, kuusiopuristusta DIN 48083, osa 4. Standardi kuvaa myös kuusiopuristuksen mitat. Siten voit olla varma, että liitos täyttää täysin ko. standardin.

Putkikaapelikengät on valmistettu elektrolyyttisestä kuparista: Kupariputkesta tehdään muotoilemalla ja leikkaamalla kaapelikengä. Korroosion estämiseksi putkikaapelikengät on päällystetty tinalla. Tinaamattomia, sekä 45° ja 90° -versioita on myös saatavilla.

DIN 46235 putkikaapelikengä vastavat puristusjatkoliittimet on määritelty standardissa DIN 46267, Osa 1. Näiden kenkien ja liitinten ominaisuudet sekä niiden vaatimat työskentelymenetelmät ovat identtiset.

## 2.3

# PUTKIKAAPELIKENGÄT, Standard-type (R-tyyppi)

- Luokan 2 ja 5 kuparijohtimille
- Suositeltava puristustapa:  
Kuusiopuristus (luokan 2 johtimille)  
Tuurnapuristus (luokan 5 johtimille)
- max. +250C, 10kV
- Kokoluokkiin 0.75mm<sup>2</sup> - 400mm<sup>2</sup>
- Lapareiät välillä M3-M20
- Valmistettu elektrolyyttisestä kuparista, hehkutettu, tinattu



Kuva 8: Standard-type ja DIN-putkikaapelikengä

Yleisin kenkätyyppi ja saatavilla useilta eri valmistajilta.

Standard-type putkikaapelikengillä on eri mitoitus kuin DIN-putkikaapelikengillä. Yleensä Standard-type kengät ovat lyhyempiä ja niiden putkien sisä- ja ulkohalkaisijoissa on eroavaisuuksia DIN-putkikaapelikengien verrattuna.

Lyhyemmällä putkella ei kuitenkaan ole kielteistä vaikutusta liitoksen sähköisiin eikä mekaanisiin ominaisuuksiin.

Standard-type putkikaapelikengien ei erilaisten putkimitoitusten vuoksi ole mahdollista liittää luokan 1 eikä luokan 6 johtimia.



Kuva 9: Tavallisimmat puristustavat (profiilit)

Sektorinmuotoiset, monisäikeiset johtimet on myös mahdollista liittää näillä kaapelikengillä, mutta tällöin johtimet on pyöristettävä etukäteen asianmukaisilla esipyöristysleuoilla, esim. Klauke RU223525.

Toisin kuin DIN-putkikaapelikengissä, Standard-type putkikaapelikengissä ei ole tarvittavien puristumäärien merkintöjä.

Puristumäärä-merkinnät puuttuvat koska Standard-type putkikaapelikengissä voidaan käyttää useita erilaisia puristustapoja. Tarvittava puristusten määrä on siten tarkastettava valmistajan ohjeista. Klauken kengien vaatimat puristumäärät löytyvät mm. jokaisen kenkäpakkauksen mukana tulevasta ohjeesta.



Kuva 10: Standard-type putkikaapelikengän ja DIN-putkikaapelikengän seinämien paksuudet

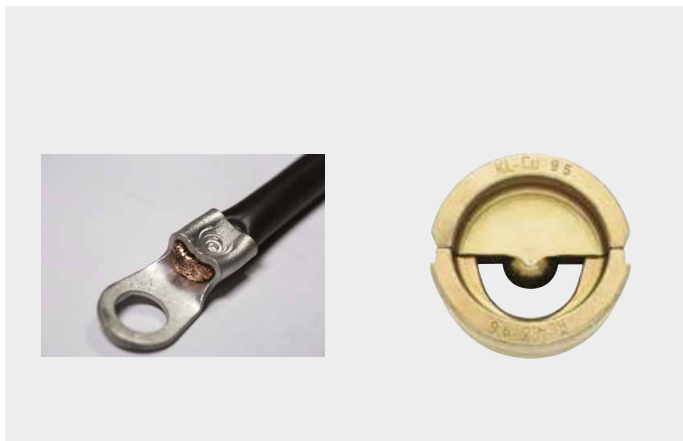
Standard-putkikaapelikengä on saatavilla myös 45° ja 90° -versioina. Myös jatkoliittimiä on saatavilla ja niihin pätevät samat puristamiseen liittyvät ohjeet ja rajoitteet, kuin vastaaviin putkikaapelikengien.



Kuva 11: Levykaapelikenkiä

## 2.4 LEVYKAAPELIKENGÄT, DIN 46234

- Luokan 2, 5 ja 6 kuparijohtimille
- Suositeltava puristustapa: Tuurnapuristus
- max. +105C, 10kV
- Kokoluokkiin 0.5mm<sup>2</sup> - 240mm<sup>2</sup>
- Lapareiät välillä M2-M16
- Valmistettu elektrolyyttisestä kuparista, tinattu



Kuva 12: Tuurnapuristettu levykaapelikenkä ja tuurnapuristusleuat

Putkikaapelikengät on valmistettu kupariputkista, mutta levykaapelikengät on valmistettu kuparilevyistä taittamalla ja yhteen juottamalla. Tästä syystä niissä on levykaapelikengille tunnusomainen juotettu liitossauma.

Juotossauman laadulla on ratkaiseva merkitys koko levykaapelikengällä tehtävän liitoksen onnistumiseen. Huonolaatuiset juotetut liitokset saattavat avautua puristusprosessin aikana.



13: Levykaapelikenkä, tuurnapuristettu Q22 leuoilla

## 2.5

# LAATU JA KESTÄVYYS:

Kaapelikenkien sähköisten ja mekaanisten ominaisuuksien täytyy myös noudattaa standardeja. Tässä tapauksessa IEC 61238 Osa 1. Tämä kansainvälinen standardi määrittelee testit, jotka liitoksen on läpäistävä, jotta jatkuva ja luotettava toiminta voidaan taata. Liitosten täytyy sen vuoksi käydä läpi monia testejä.

Mekaanisessa vetolujuuskokeessa liittimeen kohdistetaan 60s ajan vetovoima (Nm), joka on

- Al-liittimelle 40x poikkipinta-ala
- Cu-liittimelle 60x poikkipinta-ala

(esim. 50mm<sup>2</sup> Cu liittimen täytyy kestää 3000Nm vetovoima)

Lisäksi on suoritettava myös sähkönjohtavuus-testi. Lukuisilla testisykleillä simuloidaan käytännön olosuhteita. Liitos lämmitetään sähköisesti 1000 kertaa n. 120 °C lämpötilaan, jotta saadaan aikaan keinotekoinen ikääntyminen. Näiden testisykliä välillä liitoksen resistanssi tarkastetaan säännöllisin aikaväleillä.

Myös kuusi korkeajännite-testiä kuuluu Klauken testausprosessiin (siltoin kun liitin on sertifioitu oikosulun kestäväksi). Testien aikana johdin lämmitetään oikosulkua hyödyntäen noin 250°C lämpötilaan sekunnin ajaksi. Liitos on läpäissyt tämän testin, jos sen resistanssi on pysynyt muuttumattomana koko ajan.

Valmistajat vastaavat tuotteidensa luotettavuudesta. Nämä testit takaavat että Klauken kaapelikengät ja jatkoliittimet täyttävät korkeimmat vaatimukset. Lisäksi monet Klauken liittimistä ovat UL:n (Underwriter's Laboratories) testaamia ja sertifioimia.

Klauke asettaa tuotteilleen myös ylimääräisiä laatuvaatimuksia. Esimerkiksi hehkutus on ylimääräinen työvaihe Klauken liittinten valmistusprosessissa. Hehkutuksella pehmennetään liitinmateriaalia, mikä vähentää rasitusta ja pienentää riskiä että liitin tai puristustyökalu rikkoutuisi puristusprosessin aikana.

Kaapelikenkien laatu ilmenee myös visuaalisesti. Purseeton lopputulos ja kaapelikengän lavan tasaisuus ovat korkealaatuisen tuotteen tunnusmerkkejä – kuten myös kaapelikengän putken hienotyöstö.



Kuva 14: Vetotesti

# 3. ERIKOISKAAPELIKENGÄT:

## PUTKIKAAPELIKENGÄT ERIKOIS-SOVELLUKSIIN

3.1 F-Putkikaapelikengät hieno- ja erittäin hienosäikeisille johtimille

3.2 E-Putkikaapelikengät yksisäikeisille johtimille

3.3 SG-Putkikaapelikengät, kapea lapa

3.4 Ruostumattomasta teräksestä ja nikkelistä valmistetut

putkikaapelikengät haastaviin ja korkeita lämpötiloja omaaviin ympäristöihin



Kuva 1: F-kaapelikengä (tunnistaa putken pään suppilomaisuudesta)

- F -putkikaapelikengät hieno- ja erittäin hienosäikeisille luokan 5 ja 6 johtimille. Putken sisämitta on suurempi kuin vastaavassa standard-kaapelikengässä. Lisäksi putken pää on suppilomainen helpottamaan hienosäikeisten johdinten liittämistä. Tällöin myös hienosäikeisen johtimen hieman harittavat säikeet mahtuvat putkeen.
- E-Putkikaapelikengät yksisäikeisille luokan 1 johtimille. Putken mitoitus on optimoitu yksisäikeisille johtimille, eli putken sisämitta on pienempi kuin vastaavassa standard-kaapelikengässä
- SG-Putkikaapelikengät monisäikeisille luokan 2 johtimille. Liitäntöihin ahtaissa tiloissa, kuten kytkin- ja katkaisinliitäntöihin. Siksi SG-kengissä on huomattavasti kapeampi kaapelikengän lapa kuin muissa kengissä.
- Ruostumattomasta teräksestä valmistetut kaapelikengät sopivat erityisesti haastavissa ympäristöissä käytettäväksi, luokan 2 johtimille.
- Nikkelistä valmistetut kaapelikengät sopivat erityisesti korkeita lämpötiloja omaaviin ympäristöihin, luokan 2 johtimille.



Kuva 2: Putkikaapelikengä ruostumattomasta teräksestä

## 3.1 F-KAAPELIKENGÄT:

### HIENO- JA ERITTÄIN HIENOSÄIKEISILLE JOHTIMILLE

- Luokan 5 ja 6 kuparijohtimille
- Suositeltava puristustapa:  
Tuurnapuristus  
Kynsipuristus  
Nelisuuntainen tuurnapuristus
- max. +250C, 10kV
- Kokoluokkiin 10mm<sup>2</sup> - 300mm<sup>2</sup>
- Lapareiät välillä M5-M20
- Valmistettu elektrolyyttisestä kuparista, hehkutettu, tinattu

F-sarjan putkikaapelikengien käyttö ratkaisee luokkien 5 ja 6 (DIN EN 60228) hieno- ja erittäin hienosäikeisten johtimien liittämässä esiintyviä yleisiä ongelmia.

F-kaapelikengillä on suurempi putken halkaisija kuin standardi kaapelikengillä. Lisäksi putken päässä on suppilomainen laajennus, jolla helpotetaan johtimen asettamista kaapelikenkään. Siten F-putkikaapelikengät mahdollistavat luokan 5 ja 6 johtimien helpon ja luotettavan liittämisen.

Tällä on myös turvallisuuteen liittyviä vaikutuksia. Johtimen kaikki säikeet saadaan putken sisään, jolloin johtimen koko poikkipinta-ala säilyy alkuperäisen mukaisena.

F-kaapelikengissä on myös käyttäjää helpottavia merkintöjä, jotka ovat seuraavan kaltaisia.

esim. Merkinnot »710F12 K12-150f« tarkoittavat:

- K: Valmistajan koodi (Klauke)
- 12: Lapareikään sopivan liitospultin koko metrijärjestelmän mukaisesti (tässä tapauksessa M12 pultti)
- 150: Johtimen poikkipinta-ala mm<sup>2</sup>
- F: "F"-sarjan putkikaapelikengä (hienosäikeiset)
- 710F12: Kaapelikengän tuotenumero

Saatavilla on myös tarkastusreiällisiä, 45° ja 90° versioita sekä F-sarjan jatkoliittimiä johtimien jatkamisiin ja korjaustarkoituksiin.



Kuva 3: Puristustavat F-kaapelikengille



Kuva 4: F-kaapelikengä, merkinnät



Kuva 5: Kaapelikengä, jossa tarkastusreikä

### 3.2

## E-PUTKIKAAPELIKENGÄT YKSISÄIKEISILLE JOHTIMILLE (RE)

- Luokan 1 kuparijohtimille
- Suositeltava puristustapa:  
Kuusiopuristus  
Kaksoistuurnapuristus
- max. +250C, 10kV
- Kokoluokkiin 6mm<sup>2</sup> - 50mm<sup>2</sup>
- Lapareiät välillä M5-M10
- Valmistettu elektrolyyttisestä kuparista, hehkutettu, tinattu



Kuva 6: Kaksoistuurnapuristin

E-putkikaapelikengien putkien halkaisijat on optimoitu yksisäikeisille johtimille.

E-Putkikaapelikengät voidaan tunnistaa niiden pienemmän halkaisijan ja kengässä olevien merkintöjen avulla. Kengässä oleva merkintä loppuu "E"-kirjaimen, joka tulee sanasta "Eindrätig", joka tarkoittaa saksaksi "yksisäikeistä". Esimerkiksi: KL 10 50 E

Klauken valikoimassa on myös jatko-, T- ja ristiliittimiä, joiden putkien halkaisijat on optimoitu yksisäikeisille johtimille, kuten E-putkikaapelikengienkin.

### 3.3

## KAPEAT PUTKIKAAPELIKENGÄT (SG)

### KYTKIN- ja KATKAISIJALIITÄNTÖIHIN

- Luokan 2 kuparijohtimille
- Suositeltava puristustapa:  
Kuusiopuristus  
Tuurnapuristus  
Kynsipuristus
- max. +250C, 10kV
- Kokoluokkiin 35mm<sup>2</sup> - 300mm<sup>2</sup>
- Lapareiät välillä M6-M16
- Valmistettu elektrolyyttisestä kuparista, hehkutettu, tinattu

Johtimien liittäminen kytkimiin ja katkaisijoihin vaatii joskus tavanomaista kapealapisempia kaapelikengkiä, koska normaalilevyiset lavat eivät yksinkertaisesti mahdu kytkentätilaan.

Näitä käyttökohteita varten on kehitetty erikoisputkikaapelikengät kytkin- ja katkaisinliitännöjä varten "SG -kaapelikengät" (saks. SchaltGeräte). Näiden kaapelikengien lapa on huomattavasti kapeampi kuin tavanomaisissa putkikaapelikengissä.

SG-kaapelikengän lapa ei ole ainoastaan huomattavasti kapeampi kuin tavanomaisen kaapelikengän lapa, se on myös hieman paksumpi. Tämä johtuu siitä, että sen valmistukseen käytetään sama määrä kuparia kuin tavanomaisen putkikaapelikengän valmistukseen. Kun lapa kavennetaan, sen paksuuden täytyy siten vastaavasti kasvaa.

SG-putkikaapelikengien lavat ja lapareiät on sovitettu tavanomaisten kytkimien ja katkaisijoiden liityntätilojen mukaisiksi.

Myös näistä kengistä on saatavilla versioita, joissa on käytännöllinen tarkastusreikä.



Kuva 7: R- ja SG-kaapelikengät (huomaa SG:n kapea lapa)



Kuva 8: R- ja SG-kaapelikengät





Kuva 9: Nikkelistä ja ruostumattomasta teräksestä valmistetut kaapelikengät

### 3.4 RUOSTUMATTOMASTA TERÄKSESTÄ JA NIKKELISTÄ VALMISTETUT PUTKIKAAPELIKENGÄT

#### HAASTAVIIN JA KORKEIDEN LÄMPÖILOJEN YMPÄRISTÖIHIN

Haastavissa ympäristöissä on suositeltavaa käyttää erikoiskaapelikenkiä. Ruostumattomasta teräksestä tai nikkelistä valmistetut putkikaapelikengät kestävät useimmissa olosuhteissa, ja tarjoavat ihanteellisen ratkaisun kuparijohtimien liittämiseen.

Ruostumattomasta teräksestä ja nikkelistä valmistetut putkikaapelikengät soveltuvat luokkien 2 ja 5 (moni- ja hienosäikeisille) johtimille, ja myös ennalta pyöristetyille sektorin muotoisille johtimille.

Näille kaapelikengille suosittelemme tuurnapuristusta, samoin kuin vastaaville jatkoliittimille. Kyseiset jatkoliittimet tunnistaa mm. siitä, että liittimien keskelle on painettu pieni kolo, joka keskittää liitettävät johtimet.

#### Ruostumattomasta teräksestä

- Luokan 2 ja 5 kuparijohtimille
- Suositeltava puristustapa: Tuurnapuristus
- max. +400C, 10kV
- Kokoluokkiin 0,5mm<sup>2</sup> - 95mm<sup>2</sup>
- Lapareiät välillä M4-M12
- Valmistettu kromi-nikkeli teräksestä

Ruostumattomasta teräksestä valmistetut putkikaapelikengät ovat erittäin hyvin hapon- ja ruosteenkestäviä, ja siksi ne sopivat käytettäviksi erityisesti kemian- ja elintarviketeollisuudessa sekä kohteissa, joissa liittimet altistuvat merivedelle.

Ruostumaton teräs ei ole ainoastaan erittäin vastustuskykyinen hapoille, se kestää myös korkeita lämpötiloja. Ruostumattomasta teräksestä valmistettuja kaapelikenkiä on sen vuoksi mahdollista käyttää ongelmitta ympäristöissä, missä lämpötilat kohoavat jopa +400°C asteeseen.

#### Nikkelistä

- Luokan 2 ja 5 kuparijohtimille
- Suositeltava puristustapa: Tuurnapuristus
- max. +650C, 10kV
- Kokoluokkiin 0,5mm<sup>2</sup> - 95mm<sup>2</sup>
- Lapareiät välillä M3-M12
- Valmistettu nikkelistä

Nikkelistä valmistetut putkikaapelikengät kestävät jopa +650°C lämpötiloja. Tällaisia käyttökohteita löytyy esimerkiksi terästeollisuuden vaativista ympäristöistä.

## 4. ALUMIINISET KAAPELIKENGÄT DIN 46329 JA LIITTIMET DIN 46267 osa 2



Kuva 1: Alumiininen puristuskaapelikengä

- Luokan 1 ja 2 pyöreille ja sektorinmuotoisille alumiinijohtimille
- Suositeltava puristustapa:  
Kuusiopuristus  
Tuurnapuristus
- max. 30kV
- Kokoluokkiin 16mm<sup>2</sup> - 500mm<sup>2</sup>
- Lapareiat välillä M8-M20
- Valmistettu alumiinista

Alumiini vaatii huomattavasti huolellisemman käsittelyn kuin kupari. Lisäksi alumiini johtaa sähköä huonommin kuin kupari. Alumiinia käytetään kuitenkin yhä useammassa kohteissa, erityisesti sähkönjakeluverkkojen liittämissä.

Alumiinikengissä ja -jatkoliittimissä käytetään kontaktirasvaa parantamaan johtimen ja liittimen välistä sähköistä kontaktia.

Kaikki standardien mukaiset alumiiniset puristuskaapelikengät ja jatkoliittimet sopivat DIN EN 60228 mukaisille yksi- ja monisäikeisille pyöreille ja sektorin muotoisille johtimille sekä DIN EN 50182 mukaisille alumiiniköysille.

Alumiinisia puristuskaapelikengkiä ja jatkoliittimiä ei ole suunniteltu hienosäikeisille (luokka 5) eikä erittäin hienosäikeisille (luokka 6) johtimille, koska nämä johdintyypit eivät ole standardisoituja.

Alumiiniset puristuskaapelikengät (DIN 46329) ovat pituussuuntaisesti tiiviitä. Sen ansiosta jopa öljykyllästetyt, paperieristetyt kaapelit on mahdollista liittää ilman öljyvetoja.

Alumiiniputkikaapelikengä on alumiinipuristuskaapelikengää yksinkertaisempi vaihtoehto. Rakenteensa vuoksi alumiiniputkikaapelikengä ei ole pituussuuntaisesti tiivis.

Kummankin kaapelikengätyypin putkien mitoitus on DIN 46329 mukaisia, joten niissä voidaan käyttää samoja puristuleukoja. Liitoksen laatu on myös yhtä hyvä, riippumatta siitä kumpaa kengätyyppiä käytetään.



Kuva 2: Alumiinikaapelikengä, josta ylimääräinen kontaktirasva on puristamisen yhteydessä työntynyt ulos



Kuva 3: AL-kaapelikengät. Pituussuuntaisesti tiivis (DIN 46329) ja Al-putkikaapelikengä

## ALUMIINIJOHTIMISTA LYHYESTI

DIN EN 60228 mukaan alumiinijohtimet jaetaan neljään eri luokkaan. Johdinluokat ovat:

- Yksilankaiset pyöreät johtimet, luokka 1 (re)
- Yksilankaiset sektorin muotoiset johtimet, luokka 1 (se)
- Monisäikeiset pyöreät johtimet, luokka 2 (rm)
- Monisäikeiset sektorin muotoiset johtimet, luokka 2 (sm)

Kyseisiä lyhenteitä (muunmuassa) käytetään myös jatkoliittinten ja kaapelikenkien merkinnöissä.

Kyseisistä merkinnöistä selviää mikä alumiinijohdin sopii millekin jatkoliittimelle tai kaapelikengälle.

Alumiinikaapelikenkien merkinnät vastaavat yleisesti merkintöjä, jotka löytyvät kuparikaapelikengistä.

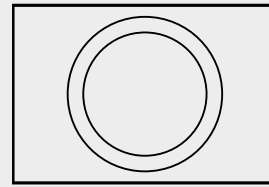
Esimerkiksi: »KL22 12-120 rm/ sm 150 re/se«

- KL: Valmistajan koodi (Klauke)
- 22: Työkalukoodi
- 12: Lapareikään sopivan liitospultin koko metrijärjestelmän mukaisesti (tässä tapauksessa M12-pultti)
- 120: Johtimen poikkipinta-ala mm<sup>2</sup>
- rm/sm: Monisäikeisille pyöreille johtimille ja monisäikeisille ennalta pyöristetyille sektorinmuotoisille johtimille
- 150: Johtimen poikkipinta-ala mm<sup>2</sup> (re/se)
- re/se: Yksisäikeisille pyöreille johtimille ja yksisäikeisille ennalta pyöristetyille sektorinmuotoisille johtimille

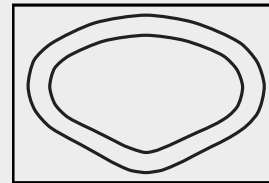
Huomaa että liittimeen suositellun yksisäikeisen (re/se) -johtimen nimellispoikkipinta on aina yhden yksikön suurempi kuin vastaavaan liittimeen suositellun monisäikeisen (rm/sm) -johtimen.

Syy tähän on aika yksinkertainen: yksisäikeiset johtimet vaativat vähemmän tilaa kuin monisäikeiset johtimet.

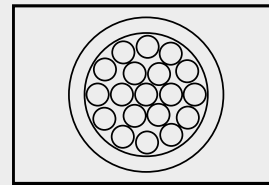
Luotettavan liitoksen varmistamiseksi suosittelemme kuusiopuristusta (DIN 48083 osa 4 mukaisesti) tai tuurnapuristusta (leuaton), EKM60ID tuurnapuristustyökalulla.



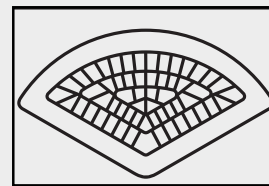
**Luokka 1**  
Yksilankainen pyöreä johdin (re)



**Luokka 1**  
Yksilankainen sektorin muotoinen johdin (se)



**Luokka 2**  
Monisäikeinen pyöreä johdin (rm)



**Luokka 2**  
Monisäikeinen sektorin muotoinen johdin (sm)

Kuva 4: Alumiinijohtimet (DIN EN 60228)



Kuva 5: Alumiinikaapelikengä, merkinnät



Kuva 6: Alumiini- ja kuparipuristusleuat

Alumiinille on omat puristusleukansa 7mm puristusleveydellä (3mm leveämpi puristus kuin kuparikenkien leuoissa).

Suuremmalla puristusleveydellä saadaan liitokseen suurempi kontaktipinta, joka kompensoi alumiinin heikompaa sähköistä johtavuutta.

### KONTAKTIRASVA

Alumiinin ominaisuuksiin kuuluu, että se hapettuu hyvin herkästi. Siksi alumiinikenkien ja -jatkoliittimien putkien sisäpuoli on yleensä jo tehtaalla käsitelty erityisellä kontaktirasvalla. Usein putket on myös suljettu muovitulpalla, joka estää rasvan valumisen ulos sekä kuivumisen kuljetuksen aikana.



Kuva 7: Alumiinikaapelikenkä muovitulpalla

Kontaktirasva koostuu korundista, hiekan kaltaisesta mineraalista, jolle tunnusomaista on korkea kulutus- ja korroosionkestävyys korkeissa lämpötiloissa. Puristusprosessin aikana rasva hioo alumiinin pinnalla olevan johtamattoman oksidikerroksen pois. Rasva parantaa siten johtimen ja liittimen kontaktia ja ehkäisee myös alumiinin uudelleen hapettumista.

Monisäikeisten johtimien ollessa kyseessä, rasva leviää puristusprosessin aikana yksittäisten säikeiden väliin, tiivistää ne ja siten ehkäisee hapen ja kosteuden pääsyn liitokseen.

Rasvatut liitokset kestävät myös suurempaa kuormitusta, kuin liitokset ilman kontaktirasvaa.

Suosittellemme siis käyttämään alumiinikaapelikenkien ja -jatkoliittimien kanssa kontaktirasvaa – se lisää liitoksen käyttöikää.

# ALUMIINISTEN PURISTUSKAAPELIKENKIEN JA LIITTIMIEN KÄSITTELY

Alumiinilla on erityisiä ominaisuuksia ja siksi sen käsittelyssä on syytä noudattaa tarkasti annettuja ohjeita. Toimi seuraavalla tavalla, jotta saat luotettavan liitoksen:

1. Poista alumiinijohtimen eriste. Jos kyseessä on sektorinmuotoinen johdin, on johdin pyörästettävä käyttämällä sopivia pyörästysleukoja.
2. Poista oksidikerros johtimen kontaktipinnasta teräsharjalla ta veitsellä. Varmista ettei johtimeen jää metallijäämiä, koska ne voivat aiheuttaa korroosiota.
3. Aseta johdin kaapelikengän tai jatk oliittimen sisään koko putken pituudelta. Tällöin osa kontaktirasvasta pureskaa putkesta ulos ja luo ilmasulun, joka suojaa liitosta uudelleen hapettumiselta.
4. Tee kuusio- tai tuurnapuristus käyttämällä sopivia työkaluja.
5. Pyyhi lopuksi ylipursunut kontaktirasva pois.

Alumiiniset kaapelikengät voi puristaa joko kapealla tai leveällä puristuksella. Leveän vaihtoehdon etuna on se, että tarvittavien puristusten määrä puolittuu. Huomaa kuitenkin, että leveä puristus vaatii tehokkaampaa puristustyökalua.

Sektorin muotoiset alumiinijohtimet voi esipyörästää Klauken pyörästysleuoilla. Sektorin muotoisten monisäikeisten alumiinijohtimien kanssa ei kuitenkaan voi käyttää holkkeja, kuten kuparijohtimien kanssa.



Kuva 8: 1. Poista eriste, 2. Puhdista johdin, 3. Aseta johdin, 4. Purista (tässä kuusioapuristus), 5. Pyyhi kontaktirasva pois

# 5. Al/Cu kaapelikengät

## 5.1 Al/Cu puristuskaapelikengät

## 5.2 Al/Cu vaihtoliittimet

### ALUMIINI/KUPARI: ERITYINEN LIITOS

Käytännössä alumiini vaikuttaa vastustavan hyvin korroosiota. Alumiini on kuitenkin erittäin helposti hapettava materiaali. Sen kestävyys perustuu suojaavaan oksidikerrokseen, joka muodostuu alumiinin pinnalle ilmakehässä olevan hapen vaikutuksesta. Tämä tunnetaan myös alumiinin itsepassivointina.

Mikäli sähköä johtavaa nestettä (esim. kondensoitunutta vettä) pääsee alumiinin ja kuparin liitokseen, tapahtuu sähkökemiallinen reaktio, joka aiheuttaa galvaanisen parin muodostumisen. Galvaaninen pari muodostuu kuparielektrodista (katodi), elektrolyytistä (vesi) ja alumiinielektrodeista (anodi).

Galvaanisen parin aiheuttaman potentiaalieron seurauksena syntyy alumiinin ja kuparin väliseen pintaan oikosulku. Virran voimakkuuden johdosta alumiini syöpyy. Tämä näkyy pinnoituksessa hapettuneina kohtina. Hapettuminen lisää resistanssia, joka voi johtaa lämpötilan nousuun ja pahimmassa tapauksessa tulipaloon.

Kuparia ja alumiinia liitettäessä tulisi kosteuden pääsy näiden kahden materiaalin liitoskohtaan estää hinnalla millä hyvänsä. Tiloissa, joissa kondensaatiota voi tapahtua, tulisi kuparin ja alumiinin kontaktikohta suojata erityisen hyvin.

Al-Cu liitoksiin on suositeltavaa käyttää Al/Cu-puristuskaapelikenkiä ja -vaihtoliittimiä, joissa ei ole niin sanottua pintavuotopolkua, johon sähköä johtava neste voisi kerääntyä. Niinpä Al/Cu-puristuskaapelikengät ja Al/Cu -vaihtoliittimet sopivat erittäin hyvin kosteisiin olosuhteisiin - esimerkiksi rannikolla sijaitseviin tuulivoimaloihin.

Kuivissa tiloissa voi Al-Cu liitoksiin käyttää myös tinalla päällystettyjä alumiinisia kaapelikenkiä. Huomaa kuitenkin, että pienikin vaurio Al-liittimen tinakerroksessa voi synnyttää kosketuskorroosiota. Tästä syystä Al/Cu-liittimien käyttö on suositeltavaa myös kuivassa käyttöympäristössä.



Kuva 1: Al/Cu -kaapelikengät, -vaihtoliitin ja tappiliitin

- Alumiinijohtimia käytetään nykyään yleisesti, mutta liitännätpinnat (virtakiskot tmv.) ovat kuitenkin useimmiten kuparia.
- Kestävän ja luotettavan liitoksen aikaansaamiseksi tulee käyttää erityisiä Al/Cu kuparikaapelikenkiä ja Al/Cu vaihtoliittimiä.
- Alumiini-/kuparivaihtoliittimiä tarvitaan laadukkaan liitoksen tekemiseksi alumiini- ja kuparijohtimien välille.
- Alumiinikengissä ja -liittimissä oleva kontaktirasva parantaa sähköistä kontaktia

## 5.1 Al/Cu - PURISTUSKAAPELIKENGÄT



Kuva 2: Kuparikiskoja Al/Cu -kaapelikenkä



Kuva 3: Al/Cu -kaapelikenkä, merkinnät



Kuva 4: Kuusiopuristusleuka HA 13

- Luokan 1 ja 2 pyöreille ja sektorinmuotoisille alumiinijohtimille
- Suositeltava puristustapa:  
Kuusiopuristus  
Tuurnapuristus
- Kokoluokkiin 10mm<sup>2</sup> - 400mm<sup>2</sup>
- Lapareiat välillä M6-M20
- Valmistettu alumiinista ja kuparista

Myös Al/Cu-kaapelikengissä on merkintöjä, jotka kertovat mm. mikä alumiini johdin sopii kyseiseen kaapelikengään, esimerkiksi:

Leima »8 KL16 50 rm 70 se« tarkoittaa

- 8: Lapareikään sopivan liitospultin koko metrijärjestelmän mukaisesti (tässä tapauksessa M8 -pultti)
- KL: Valmistajan koodi (Klauke)
- 16: Työkalukoodi
- 50 rm/sm: Johtimen nimellispoikkipinta mm<sup>2</sup> (pyöreä tai sektorin muotoinen monisäikeinen johdin)
- 70 re/se: Johtimen nimellispoikkipinta mm<sup>2</sup> (pyöreä tai sektorin muotoinen yksilankainen johdin)

Al/Cu puristuskaapelikengien puristamisessa suosittelemme käytettäväksi kuusiopuristusta (DIN 48083 Osa 4 mukaisesti) tai tuurnapuristusta Klauken EKM60ID tuurnapuristinta käyttäen.

Huom!

- Klauken alumiinille tarkoitetut puristusleuat ovat hopeanvärisiä
- Klauken kuparille tarkoitetut puristusleuat ovat kullankeltaisia.

Ne on siis erittäin helppo erottaa toisistaan.

## 5.2 Al/Cu - VAIHTOLIITTIMET

Alumiini- ja kuparijohtimien luotettavaan liittämiseen Klauke tarjoaa Al/Cu -vaihtoliittimiä.

Al/Cu -vaihtoliittimiä käytetään usein sähköverkkojen uudisrakentamisessa/muutostöissä, jolloin joudutaan usein liittämään alumiinijohtimia (DIN EN 60228) kuparijohtimiin (DIN EN 60228).

Al/Cu -vaihtoliittimet on valmistettu kahdesta osasta: alumiini- (E-Al) ja kupariosista (EN 13600). Pääsääntöisesti alumiiniosalla on suurempi poikkipinta-ala, jolla kompensoidaan alumiinin huonompaa sähköistä johtavuutta.

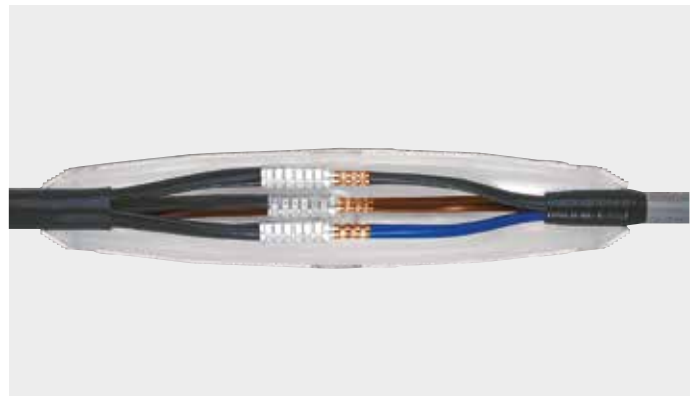
Kuten Al-puristuskaapelikenkien kanssa, myös Al/Cu-vaihtoliittimen alumiiniputki sisältää kontaktirasvaa, jota suojatulppa estää valumasta ulos tai kuivumasta.

Noudata Al/Cu -vaihtoliittimiä käyttäessäsi kuparin ja alumiinin edellämäinittuja käsittelyohjeita, jotta saavutat luotettavan lopputuloksen.

Jos käytät vaihtoliittimiä maan alaisiin liitoksiin, suojaa liitokset huolellisesti. Käytä mieluiten valumuovijatkosta, joka suojaa liitosta kosteudelta, pölyltä ja vieraiden ainesosien tunkeutumiselta liitokseen.

**Huom!**

Älä altista näitä liittimiä taivutusjännitykselle, sillä Al/Cu rajapinta on herkkä murtumaan. Siksi Al/Cu -vaihtoliittinten käyttö ei ole sallittua kohteissa joissa johtimet pääsevät liikkumaan, kuten ilmajohtoverkoissa.



Kuva 5: Valmis Al/Cu -kaapelijatkos





## 6. PURISTUSTAVAT (-PROFIILIT):

- 6.1 Kuusiopuristus
- 6.2 Tuurnapuristus - Leuaton
- 6.3 Tuurnapuristus - Leuallinen
- 6.4 Nelisuuntainen tuurnapuristus
- 6.5 Kynsipuristus



Kuva 1: Eri puristustavoilla puristettuja R-kaapelikenkiä

- Kynsipuristus on käytössä hyväksi todettu
- Nelisuuntaisen tuurnapuristuksen edut ovat puristusvoiman tasainen jakautuminen ja menetelmän yksinkertaisuus
- Kuusiopuristus on kaikkein yleisin kaapelikenkien ja liittimien puristusprofiili
- Tuurnapuristus tuottaa kestävästi liitoksen yksinkertaisesti ja varmasti

Sopivin puristusprofiili riippuu materiaaleista, halutusta toimintatavasta ja käyttökohteesta.



Kuva 2: Kuusiopuristettu Al-kaapelikenkä

## 6.1

### **KUUSIOPURISTUS (DIN 48083 OSA 4)**

#### **KUPARILLE JA ALUMIINILLE**

##### **Cu**

- **Cu-kengille: DIN46235, Standar-type, SG**
- **Kokoluokkiin: 1,5-1000mm<sup>2</sup>**
- **Luokan 1, 2, 5 ja 6 Cu-johtimille**

##### **Al**

- **Al (DIN46329)- ja Al/Cu-kaapelikengille**
- **Kokoluokkiin: 10-500mm<sup>2</sup>**
- **Luokan 1 ja 2 Al-johtimille**

Kuusiopuristus on käytännössä yleisin puristusprofiili. Se sopii sekä kupari- että alumiinijohtimille.

Kuusiopuristuksen selvänä etuna on voiman tasainen jakautuminen puristusprosessin aikana. Tällöin johtimen yksittäiset säikeet puristuvat tiukasti yhteen ja muodostavat laajan kosketuspinnan.

Tuloksena on mekaanisesti kestävä ja luotettava liitos. Tasaisen ja monelta suunnalta kohdistuvan puristuksen ansiosta kuusiopuristus soveltuu myös keski- ja korkeajännitekaapeleiden liitoksiin.

## VAIHTOEHTO:

### VALMISTAJAKOHTAINEN KUUSIOPURISTUS

Standardoidun kuusiopuristuksen lisäksi myös niin sanotut valmistajakohtaiset kuusiopuristukset on sallittuja kuparikengille (johdinluokka 2 DIN 60228).

Valmistajakohtaisia kuusiopuristuksia on kehitetty erityisesti putkikaapelikengille.

Koska kaapelikenkien ja puristustyökalujen valmistajia on useita, on erittäin tärkeää että koko puristusprosessi tehdään samojen, valmistajakohtaisten ohjeiden mukaisesti. Eli kaapelikenkien, puristusleukojen ja työkalujen tulisi olla yhden ja saman valmistajan mitoitusten ja ohjeiden mukaiset.

### LEVEÄ VAI KAPEA PURISTUS

Se kannattaako (ja voiko) käyttää kapeaa vai leveää puristusta, riippuu pitkälti kaapelin poikkipinta-alasta ja työkalun maksimipuristusvoimasta.

Esimerkiksi kapea puristus soveltuu 240 mm<sup>2</sup> putkikaapelikengälle 60kN akkukäyttöisellä hydraulisella työkalulla. Tämä vaatii kuitenkin useita puristuksia, joka puolestaan vaatii lisää aikaa.

Voimakkaammalla, 120kN työkalulla voisi käyttää samalle kengälle leveää puristusta, jolloin puristuksia tarvittaisiin vähemmän.

Sen vuoksi työkalua hankittaessa on mietittävä huolellisesti millaisia kaapelikenkiä ja millaisissa käyttökohteissa sitä tullaan käyttämään.



Kuva 3: Puristettu R-kaapelikengä, (kuusiopuristus)



Kuva 4: Kapea ja leveä puristus

## 6.2 TUURNAPURISTUS- Leuaton

### KUPARILLE JA ALUMIINILLE

#### Cu

- **Cu-kengille: Standar-type, SG, F ja Levykaapelikengille**
- **Kokoluokkiin: 10-240mm<sup>2</sup>**
- **Luokan 2, 5 ja 6 Cu-johtimille**

#### Al

- **Al- ja Al/Cu -kaapelikengille**
- **Kokoluokkiin: 50-240mm<sup>2</sup>**
- **Luokan 1 ja 2 Al-johtimille**



Kuva 5: EKM 60 ID tuurnapuristimen puristus pää



Kuva 6: Tuurnapuristettu Cu-kenkä, luokka 5 (poikkileikkaus) ja tuurnapuristettu R-kaapelikenkä



Kuva 7: Tuurnapuristetut Al-kengät, luokat 1 ja 2 (poikkileikkaukset) sekä tuurnapuristettu Al-kaapelikenkä ylä- ja alapuolelta

Tämä innovatiivinen tuurnapuristustapa ei vaadi poikkileikkauksesta riippuvaisia puristusleukoja.

Klauken EKM60ID tuurnapuristimessa on patentoitu 2-osainen mäntä, minkä ansiosta puristus pää tuottaa puristamisen alussa kaksikertaa suuremman voiman kuin lopussa. Tämän ansiosta isompien poikkipintojen liittimiin kohdistuu suurempi puristusvoima kuin pienempiin. Täten kaikki liittimet, poikkipinta-alasta riippumatta, tulevat puristettua riittävällä, mutta ei kuitenkaan liian isolla isolla voimalla.

Klauken tuurna on myös erikoisprofiiloitu siten, että se sopii kaikkien kenkien/jatkoliittimien puristamiseen koko puristusalueella.

Sen lisäksi, että erillisiä leukoja ei tarvita, tuurnapuristuksella on myös muita lisäetuja. Sitä voidaan käyttää myös erittäin ohuiden ja tiivistettyjen johtimien puristamiseen. Tämä johtuu siitä, että puristin lopettaa puristamisen vasta sen jälkeen, kun riittävä tiivistysaste on saavutettu.

#### HUOM!

Alumiinikaapelikenkiä puristettaessa täytyy viereiset puristukset tehdä 180° kulmassa toisiinsa nähden (siis vastakkaisilta puolilta kenkää). Muutoin alumiinikaapelikenkä voi vääntyä.

Levykaapelikenkiä puristettaessa on puristus tehtävä aina juotetun liitoksen kohdalle.

## 6.3

# TUURNAPURISTUS- Leuallinen

## KUPARILLE JA ERISTETYILLE MATERIAALEILLE

- Kokoluokkiin: 0,75-500mm<sup>2</sup>
- Luokan 2, 5 ja 6 Cu-johtimille
- Cu-kengille: Standar-type, SG, F ja Levykaapelikengille
- RST ja Nikkeli-kaapelikengille

Tämä puolikuun-muotoinen tuurnapuristus-profiili kehitettiin alunperin levykaapelikengille (DIN 46234) sekä jatkoliittimille [DIN 46341 osa1, tyypit A(lyhyt) ja B (pitkä)].

Yllämainittujen kengillä ja jatkoliittimillä on normaalia suuremmat putkien halkaisijat. Tuurnapuristusta käytettäessä johtimen yksittäiset säikeet puristuvat kuitenkin tiukasti yhteen ja muodostavat erittäin hyvän sähköisen ja mekaanisen kontaktin.

Tämä puristusprofiili jättää poikkileikkaukseltaan puolikuuta muistuttavan muodon, jota kutsutaan myös syvätuurnaksi. Se antaa johtimen säikeille mahdollisuuden liikkua ja asettua tiiviisti puristamisen aikana. Syntynyt liitos on tiivis ja luotettava.

Tämä puristusprofiili sopii erityisesti putkikaapelikengille, levykaapelikengille (DIN 46234, eristetty tai eristämätön), sekä hienosäikeisille johtimille tarkoitetuille kaapelikengille.

Vaikka tuurnapuristus on standardisoimaton puristusprofiili, sitä kuitenkin käytetään standardoidulle kaapelikengille. Näin ollen on syytä varmistaa että materiaalit ja puristustyökalut ovat yhteensopivia. Muutoin on riski, että yksittäiset säikeet vaurioituvat, mikä heikentää liitoksen mekaanisia ja sähköisiä ominaisuuksia.



Kuva 8: Tuurnapuristettu levykaapelikengä



Kuva 9: Puristusleuka tuurnapuristimelle



Kuva 10: Poikkileikkaus - tuurnapuristus, luokan 6 johdin F-kaapelikengässä



Kuva 11: EK 60 VP/FT



Kuva 12: Nelisuuntainen tuurnapuristus)



Kuva 13: K6 puristus pää

## 6.4

### NELISUUNTAINEN TUURNAPURISTUS:

#### KUPARILLE

Nelisuuntainen tuurnapuristus soveltuu putkikaapelikengille ja liittimille, joiden poikkipinta-ala on 10 mm<sup>2</sup> ja 300 mm<sup>2</sup> välillä, johdinluokat 2, 5 ja 6 (DIN EN 60228).

Nelisuuntaisen tuurnapuristuksen etuna muihin puristustapoihin verrattuna on tasaisesti jakautuva puristusvoima ja yksinkertaisuus, koska erillisiä puristuleukoja ei tarvita. Puristuksen laatu riippuu käytetystä työkalusta ja kaapelikengästä / jatkoliittimestä ja käytetystä työkalusta.

Nelisuuntainen tuurnapuristus ei kuitenkaan sovellu eristetyille liittimille, koska puristettaessa syntyvät urat voivat vaurioittaa eristettä.

## 6.5

### KYNSIPURISTUS: PALJON KÄYTETTY JA HYVÄKSI TODETTU

Kynsipuristus on vanhin ja oletettavasti myös parhaiten tunnettu puristusprofiili sähkötekniikan alalla. Sen tunnistaa kaapelikenkään syntyvistä syvistä pistemäisistä painumista.

Valikoimamme kynsipuristimilla voidaan puristaa jopa poikkipinta-alaltaan 400 mm<sup>2</sup> johtimia.

Kynsipuristusta voidaan käyttää monenlaisten johtimien liittämiseen: Luokan 2 monisäikeisistä kuparijohtimista (DIN EN 60228) luokan 5 ja 6 hieno- ja erittäin hienosäikeisiin johtimiin.

Teknisestä näkökulmasta kynsipuristus erottuu erityisesti sen korkean tiiviysasteen vuoksi. Kynsipuristus myös rasittaa puristustyökalua ja aiheuttaa liittimille korkeaa materiaaliääjännitystä.

Siksi kynsipuristuksessa on erityisen tärkeää kiinnittää huomiota laadukkaisiin liittimiin sekä puristustyökaluihin.

Kynsipuristus sopii ainoastaan kuparin puristamiseen. Syvä pistemäinen muodonmuutos saattaa olla myös syy sen suosion laskuun ja niinpä se on vähitellen korvautumassa kuusiopuristuksella.



Kuva 14: Perinteinen kynsipuristus



Kuva 15: Yksityiskohtainen kuva K602 päästä

## **KYNSIPURISTUS PIENILLE POIKKIPINNOILLE (KAKSOISTUURNAPURISTUS)**

0,75-16mm<sup>2</sup> poikkipinnoille, luokan 1 johtimille, voi käyttää kaksoistuurnapuristusta. Se sopii samoille johtimille kuin perinteinen kynsipuristuskin.



Kuva 16: Kaksoistuurnapuristus



## Vahvat brändit kohti menestystä:



### **Gustav Klauke GmbH**

Auf dem Knapp 46  
D-42855 Remscheid

Puhelin: +49 (0) 2191 907 0  
Fax: +49 (0) 2191 907 251

Sähköposti: [info@klauke.textron.com](mailto:info@klauke.textron.com)  
Internet: [www.klauke.com](http://www.klauke.com)

Klauke puristustyökalut ja tarvikkeet myy Suomessa:

### **CableX Oy**

Kärsämäentie 23  
20360 Turku  
[cablex@cablex.fi](mailto:cablex@cablex.fi)  
puh vaihde: (02) 8800 020  
faksi: (02) 8800 021

Y-tunnus 2164919

Palvelemme arkisin klo 08.00-16.00