



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jani Haavisto

# LIITINALUSTAN JOHTIMIEN PIKALIITÄNTÄ STAATTORIN KÄÄMEIHIN

ABB Oy

Tekniikka  
2021

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jani Haavisto
Opinnäytetyön nimi	Liitinalustan johtimien pikaliitântä staattorin käämeihin
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	35
Ohjaaja	Olli Tuovinen

---

Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia mahdollisuutta toteuttaa pienten räjähdyspaineen kestävien moottorien liitântä pikaliittimillä. Pikaliittimien käyttö moottorien liitännässä nopeuttaisi tuotannon läpimenoaikaa. Opinnäytetyö tehtiin ABB Oy IEC LV Motorsin globaalille tuotekehitysosastolle Vaasassa.

Materiaaleina ja lähteinä toimivat internet- artikkelit, opinnäytetyöt, opintomoneistat, sekä ABB:n omat katalogit ja dokumentit. Opinnäytetyössä tutustutaan kahden liitinvalmistajan pikaliittimiin. 3D-mittakuvien avulla mallinnetaan kuinka pikaliittimet soveltuvat käytettäväksi moottoreihin ja mitä mahdollisia rakenteellisia muutoksia moottoreihin tulisi tehdä.

Opinnäytetyön tuloksena voidaan todeta, etteivät pikaliittimet sovellu käytettäväksi nykyisten runkojen kanssa. Suurimmaksi ongelmaksi nykyisten runkojen kanssa osoittautui tilan puute pikaliittimille. Myös pikaliittimien ominaisuuksissa havaittiin puutteita.

## ABSTRACT

Author	Jani Haavisto
Title	Quick Connection of Terminal Block Wires to Stator Coils
Year	2021
Language	Finnish
Pages	35
Name of Supervisor	Olli Tuovinen

---

The topic of this thesis was to study the possibility of implementing the connection of small flameproof motors with quick connectors. The use of quick connectors would speed up the production lead-time. This thesis was made for the global R&D department of ABB Oy IEC LV Motors in Vaasa.

Internet articles, theses, study materials along with ABB's own catalogs and documents were used as materials and sources for the thesis. In this thesis, quick connectors of two equipment manufacturers were studied. 3D-modeling was used to simulate how the quick connectors would be suited for use in motors and what possible structural changes would be needed to be done to the motors.

As a result of the thesis, it can be stated that quick connectors are not suitable to be used with existing stator frames. The biggest problem with existing stator frames turned out to be the lack of space for quick connectors. Some flaws were also found in the properties of the quick connectors.

---

Keywords	Squirrel cage motor, flameproof, quick connector and connection
----------	---

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

1	JOHDANTO.....	7
2	YRITYSESITTELY.....	8
	2.1 ABB Oy.....	8
	2.2 ABB Suomessa.....	8
	2.3 IEC LV Motors.....	8
3	SÄHKÖMOOTTORIT.....	10
	3.1 Oikosulkumoottori.....	10
	3.1.1 Oikosulkumoottorin rakenne.....	10
	3.1.2 Oikosulkumoottorin toimintaperiaate.....	12
	3.2 Räjähdyspaineen kestävät moottorit.....	12
4	ATEX.....	16
	4.1 ATEX-direktiivit.....	16
	4.2 Ex-laiteluokat.....	16
	4.3 Ex-laitteiden merkinnät.....	17
5	LIITÄNTÄ.....	18
	5.1 Nykytilanne.....	18
	5.2 Muutokset pienten moottorien liitântään.....	19
6	PIKALIITTIMET.....	20
	6.1 Vaatimukset pikaliittimille.....	20
	6.2 Power Triple Lock.....	21
	6.3 MultiCat Power Connectors.....	22
7	PROTOTYYPIT.....	25
	7.1 80-runkokoko.....	26
	7.1.1 80-runkokoon prototyyppi.....	26
	7.1.2 3D-mallinnus.....	29

7.2	132-runkokoko.....	30
8	KEHITYSIDEAT .....	33
9	LOPPUPÄÄTELMÄT .....	34
	LÄHTEET .....	35

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Oikosulkumoottorin rakenne. /5/ .....	11
<b>Kuva 2.</b> Räjähdyspaineen kestävä rakenteen periaate. /8/ .....	14
<b>Kuva 3.</b> Runkokokojen 80–132 M3JP-moottorien liitântäkotelo. /9/ .....	15
<b>Kuva 4.</b> Runkokokojen 80–132 M3KP-moottorien liitântäkotelo. /9/ .....	15
<b>Kuva 5.</b> Esimerkki Ex-laitteen ATEX-merkinnöistä. /10/ .....	17
<b>Kuva 6.</b> Power Triple Lock-pikaliitin. /11/ .....	21
<b>Kuva 7.</b> Power Triple Lock-pikaliittimen suositeltu maksimivirta lämpötilan funktiona, 14 AWG, 2,5 mm <sup>2</sup> . /11/ .....	22
<b>Kuva 8.</b> Molexin pikaliitin. /12/ .....	23
<b>Kuva 9.</b> Molexin pikaliittimen virrankesto lämpötilan funktiona, 10 mm <sup>2</sup> . /12/ .	24
<b>Kuva 10.</b> Molexin pikaliittimen virrankesto lämpötilan funktiona, 4 mm <sup>2</sup> . /12/ .	24
<b>Kuva 11.</b> Tilat kääminpään ja laakerikilven välissä. ....	26
<b>Kuva 12.</b> Power Triple Lock-pikaliitin kääminpäessä, 80-runko. ....	27
<b>Kuva 13.</b> Ahdas liitântäaukko, 80-runko. ....	27
<b>Kuva 14.</b> Pikaliitin liitântäaukossa, 80-runko. ....	28
<b>Kuva 15.</b> Pikaliitin liitântäaukossa, 80-runko. ....	28
<b>Kuva 16.</b> Pikaliitin paikallaan kääminpäessä, 80-runko. ....	29
<b>Kuva 17.</b> Pikaliitin laakerikilven sisällä, 80-runko. ....	30
<b>Kuva 18.</b> Molexin pikaliitin kääminpäessä, 132-runko. ....	31
<b>Kuva 19.</b> Power Triple Lock-pikaliitin kääminpäessä, 132-runko. ....	31
<b>Kuva 20.</b> Pikaliitin liitântäaukossa, 132-runko. ....	32
<b>Kuva 21.</b> Pikaliitin ei mahdu kääminpään ja laakerikilven väliin, 132-runko. ....	32
<b>Taulukko 1.</b> EN-standardien mukaisten Ex-rakenteiden nimitykset. /8/ .....	13
<b>Taulukko 2.</b> Virrankestot Power Triple Lock-pikaliittimelle. /11/ .....	21
<b>Taulukko 3.</b> Virrankestot Molexin pikaliittimelle. /12/ .....	23
<b>Taulukko 4.</b> Tilat kääminpään ja laakerikilven välissä. ....	25

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin ABB Oy IEC LV Motorsin Vaasan globaalille tuotekehitysosastolle. Työn tavoitteena oli selvittää prototyyppien avulla, onko pienten räjähdyspaineen kestävien moottorien liitännä mahdollista toteuttaa pikaliittimillä. Työssä tutkitaan kahden liitinvalmistajan pikaliittimien soveltuvuutta 80–132-runkokokojen moottoreihin ja selvitetään millaisia rakenteellisia muutoksia tulisi moottoreihin tehdä, jotta liitännä pikaliittimillä olisi mahdollista. Pienten moottorien liitännän toteuttaminen pikaliittimillä säästäisi tuotannossa aikaa, koska osa työvaiheista voitaisiin ulkoistaa alihankkijalle.

Työn teoriaosassa käsitellään lyhyesti oikosulkumoottorin rakenne ja toimintaperiaate, sekä räjähdyspaineen kestävät moottorit ja niitä koskevat direktiivit. Työn varsinaisessa tutkimusosassa perehdytään tutkittuihin pikaliittimiin, sekä selvitetään prototyyppien ja 3D-mittakuvien avulla soveltuvatko pikaliittimet käytettäväksi moottoreihin. Lopuksi käydään läpi kehitysideoita jatkoa ajatellen.

## 2 YRITYSESITTELY

### 2.1 ABB Oy

ABB on globaali teknologiayritys, joka vauhdittaa yhteiskunnan ja teollisuuden muutosta tuottavamman ja kestävämmän tulevaisuuden saavuttamiseksi. ABB:n toiminta voidaan jakaa neljään liiketoiminta-alueeseen: Electrification, Process Automation, Motion and Robotics & Discrete Automation, joita tukee yhteinen, digitaalinen ABB Ability™ -alusta. Yhteensä ABB työllistää 110 000 henkilöä yli 100 maassa ja sen toiminta on jatkunut jo yli 130 vuotta. /1/

### 2.2 ABB Suomessa

Suomessa ABB toimii noin 20 paikkakunnalla. Tehdaskeskittymät sijaitsevat Helsingissä, Vaasassa, Porvoossa ja Haminassa. Suomessa ABB työllistää noin 5 000 henkilöä.

- Helsinki, Pitäjänmäki: moottorit, generaattorit, taajuusmuuttajat, CPM-energianhallintajärjestelmät ja paperikonekäyttöratkaisut
- Helsinki Vuosaari, Hamina: Azipod® -ruoripotkurijärjestelmät
- Vaasa: moottorit, pienjännitetuotteet ja -järjestelmät, sähkön siirto- ja jakelujärjestelmät, voimantuotannon järjestelmät, prosessiteollisuuden kokonaisprojektointi
- Porvoo: sähköasennustuotteet /2/

### 2.3 IEC LV Motors

ABB on maailman johtava sähkömoottorivalmistaja. ABB:n IEC LV Motors -divisioona Vaasassa panostaa erityisesti korkean hyötysuhteen sähkömoottoreiden tutkimukseen ja tuotekehitykseen. IEC LV Motors -divisioona kehittää ja valmistaa räätelöityjä IEC-pienjännitemoottoreita ja generaattoreita kaikille teollisuudenaloille ja kaikkiin sovelluksiin maailmanlaajuisesti.

Vaasan yksiköllä on maailmanlaajuinen vastuu yhtiön pienjännitemoottoreiden valmistuksesta ja tuotekehityksestä vaativiin käyttöihin. Asiantuntemuksella ja kattavalla tuotevalikoimalla autetaan arvoa ajattelevia teollisuusasiakkaita parantamaan energiatehokkuuttaan ja tuottavuuttaan.

Vaasan tehtaalla työskentelee noin 600 korkeasti koulutettua ammattilaista, jotka maailmanluokan osaamisella suunnittelevat ja valmistavat moottorit vastaamaan asiakkaan toiveita. /3/

### 3 SÄHKÖMOOTTORIT

Sähkömoottorit ja generaattorit ovat pyöriviä sähkökoneita. Sähkömoottorit muuttavat niille syötettyä sähköenergiaa mekaaniseksi energiaksi ja generaattorit päinvastoin voimakoneen niille antamaa mekaanista energiaa sähköenergiaksi. Useimmat sähkökoneet voivat toimia sekä moottorina että generaattorina. /4/

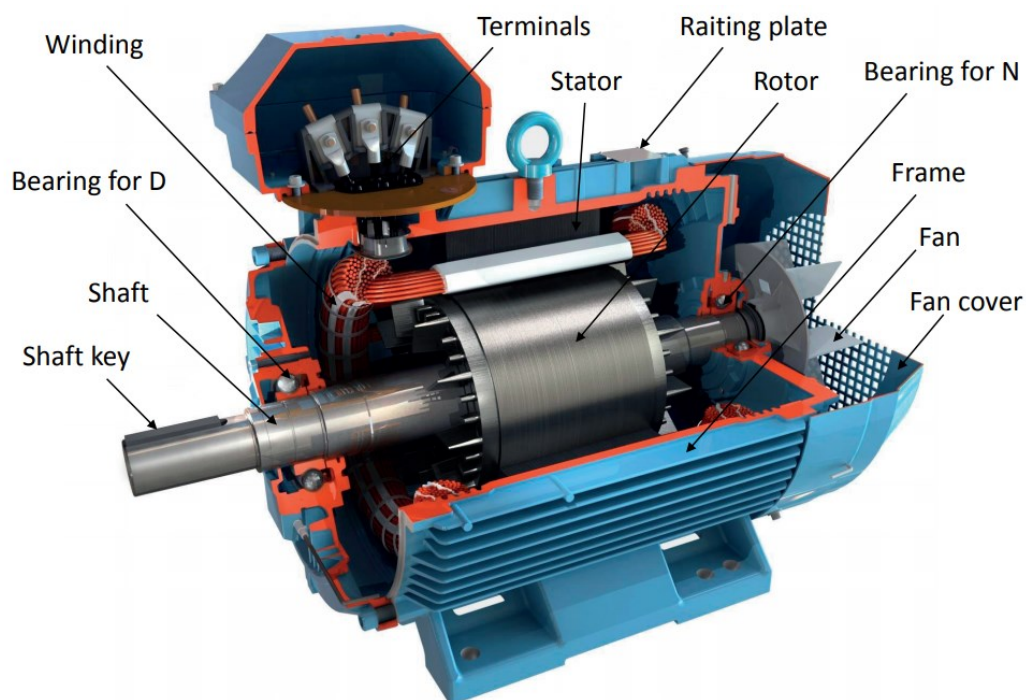
Kaikesta tuotetusta sähköenergiasta teollisuus kuluttaa 40 %, josta kaksi kolmasosaa sähkömoottoreiden pyörittämiseen. Maailmalla käytetystä sähköenergiasta sähkömoottorit kuluttavat yli 28 %. /3/

#### 3.1 Oikosulkumoottori

Oikosulkumoottori on epätahtikone, joka on yksinkertaisen rakenteensa vuoksi yksi yleisimmistä käytetyistä sähkömoottoreista koko maailmassa. Muihin yleisiin moottorityyppeihin verrattuna, oikosulkumoottorissa ei ole erillisiä magnetointikäämityksiä, vaan ainoastaan suhteellisen yksinkertaiset staattori- ja roottorikäämitykset. /4/

##### 3.1.1 Oikosulkumoottorin rakenne

Oikosulkumoottorin rakenne on yksinkertainen. Sen perusosia ovat mm. runko, staattori, roottori, akseli, laakerikilvet, laakerit, tuuletin ja kytkentäkotelo. Koneen toiminnan kannalta tärkeimmät osat ovat sen aktiiviset osat eli staattorin ja roottorin käämitykset levypaketteineen ja niiden magneetti- ja roottoripiirit, muut osat ovat ns. passiivisia osia. Staattorin ja roottorin välissä on ilmaväli, jonka kautta magneetti- ja roottoripiirissä kulkeva sulkeutuva vuo kulkee kaksi kertaa. Ilmaväli mahdollistaa myös roottorin vapaan pyörimisen staattoriaukossa. Kuvassa 1 on oikosulkumoottorin poikkileikkauskuva, josta nähdään moottorin yleisimmät osat. /4, 6/



**Kuva 1.** Oikosulkumoottorin rakenne. /5/

Oikosulkumoottorin staattori ja roottori muodostuvat uritetuista piiteräslaminaattilevyistä tehdystä rautasydäimestä ja käämityksestä. Rautasydän toimii magneettipiirinä, joka on suunniteltu rakenteellisesti ja materiaalivalinnoilla minimoimaan häviöitä. Ohuet lakkapäällysteiset levyt staattorissa ja roottorissa vähentävät pyörrevirtahäviöiden syntyä. Levyjen materiaali on vähähiilistä, mutta runsaasti piitä sisältävää rautaa, jonka resistanssi on puhdasta rautaa moninkertaisesti suurempi, pienentäen pyörrevirtahäviöitä entisestään. Matala hiilipitoisuus tekee levyistä magneettisesti vähän hystereesihäviötä aiheuttavaa.

Oikosulkumoottorin staattorissa on symmetrinen kolmivaihekäämitys ja se on kytketty tavallisesti joko tähteen tai kolmioon. Staattorikäämitys on valmistettu kuparilangasta ja se on sijoitettu staattorin uriin. /4, 6/

Roottorikäämitys on puolestaan toteutettu yleensä alumiinisauvoilla, jotka tehdään painevaluna. Oikosulkurenkaat valetaan roottorin päihin yhdistämään saavat toisiinsa. Joskus käämityksessä käytetään myös kuparisauvoja, jotka työnnetään roottorin uriin ja juotetaan oikosulkurenkaisiin, joissakin tapauksissa myös

normaali käämitys on mahdollinen. Roottorissa on häkkikäämitys ja siihen ei syötetä erikseen jännitettä. /6, 7/

### **3.1.2 Oikosulkumoottorin toimintaperiaate**

Oikosulkumoottorin toiminta perustuu pyörivään magneettikenttään, joka syntyy staattorissa kulkevan symmetrisen kolmivaihevirran vaikutuksesta. Staattorin käämitykseen syötetään kolmivaiheista virtaa, joka luo ilmapäliin magneettivuon, joka leikkaa roottorin oikosuljetun häkkikäämityksen sauvoja. Tämän seurauksena roottorisauvoihin indusoituu jännite, joka saa aikaan roottorivirran. Roottorivirran ja pyörivän kentän välinen vaikutus saa roottorin pyörivään liikkeeseen.

Moottori aloittaa pyörimisen, kun sen sähköinen vääntömomentti on suurempi kuin roottoria jarruttavan kuorman vääntömomentti. Magnetoitunut roottori seuraa staattorin pyörivää magneettikenttää, eli sen pyörimissuunta on aina magneettikentän suuntainen. Roottorin nopeuden lisääntyessä pienenee roottorisauvojen ja kentän välinen nopeusero, jolloin roottorijännite ja -virta pienenevät ja niiden taajuudet laskevat. Jos roottorin pyörimisnopeus olisi sama kuin staattorin magneettikentän pyörimisnopeus, eivät magneettivuot leikkaisi roottorin sauvoja saaden aikaan indusoitunutta jännitettä, joka saa aikaan roottorivirran ja täten myös voimavaikutuksen, sekä pyörintää ylläpitävän momentin. Roottori pyörii siis aina hitaammin kuin magneettikenttä, jolloin roottorin nopeus on aina pienempi kuin synkroninopeus. /4/

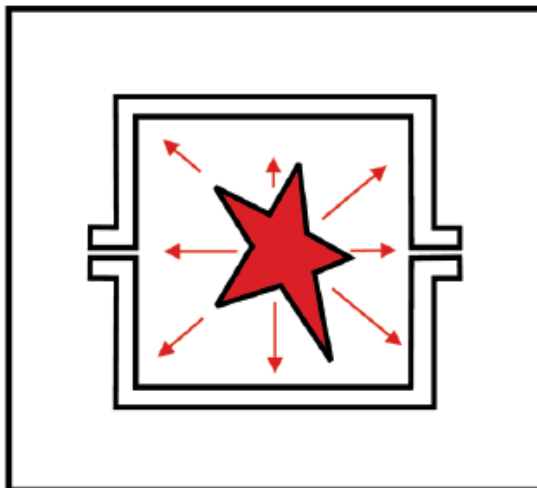
### **3.2 Räjähdyssuojauksen kestävät moottorit**

Räjähdyssuojaus voidaan toteuttaa käyttäen kahta erilaista pääperiaatetta. Ensimmäisessä huolehditaan, että vaarallista lämpötilaa tai kipinää ei synny. Toisen pääperiaatteen mukaisissa laitteissa vaarallinen lämpötila tai kipinä eristetään siten, ettei se voi sytyttää laitteen ulkopuolista räjähtävää seosta. Räjähdyssuojauksen kestävät moottorit kuuluvat tähän toiseen laiteryhmään. EN-standardien mukaisten rakenteiden nimitykset on esitetty taulukossa 1.

**Taulukko 1.** EN-standardien mukaisten Ex-rakenteiden nimitykset. /8/

<b>Tunnus</b>	<b>Nimitys</b>	<b>EN-Standardi</b>
Exd	räjähdyspaineen kestävä	EN 60079-1
Exe	varmennettu	EN 60079-7
Exi	luonnostaan vaaraton	EN 60079-11
Exi	luonnostaan vaaraton järjestelmä	EN 60079-25 (ja IEC 60079-27)
Exo	öljytäytteinen	EN 60079-6
Exp	suojatuuletettu	EN 60079-2
Exq	hiekkatäytteinen	EN 60079-5
Exm	massaan valettu	EN 60079-18
Exn	"yhdistelmä"	-
Exs	erikoisrakenne	-

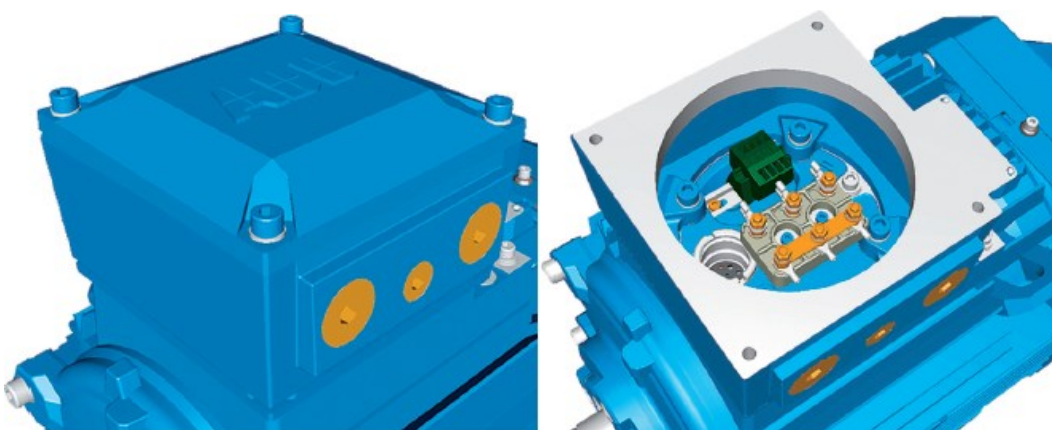
Räjähdyspaineen kestävä rakenteen moottorit voivat sisältää normaalikäytössä kipinöiviä tai kuumia osia, jotka voivat sytyttää räjähdysalttiin kaasuseoksen. Kaasun pääsyä koteloinnin sisään ei ole estetty, mutta koteloinnissa mahdollisesti syntyvä räjähdys ei saa levitä koteloinnin ulkopuolelle. Koteloinnin tulee kestää sen sisäpuoliset räjähdykset ilman, että sen räjähdysuojausominaisuudet heikkenevät. Koteloinnissa syntyvä räjähdyspaine puretaan tavallisesti pitkien ja ahtaiden liekkirakojen kautta. Liekkiraot on mitoitettu ja muotoiltu siten, että purkautuvat, palavat kaasut sammuvat ja jäähtyvät niin, etteivät ne sytytä ulkopuolista räjähtävää seosta. Räjähdyspaineen kestävä rakenteen periaatetta on havainnollistettu kuvassa 2. /8/



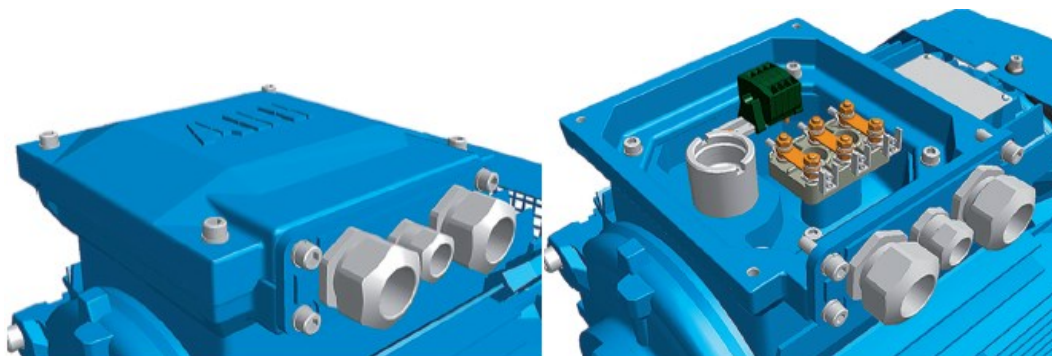
**Kuva 2.** Räjähdyspaineen kestävä rakenteen periaate. /8/

Räjähdysspaineen kestävä moottorin rungon käytönaikainen pintalämpötila ei saa ylittää sitä ympäröivän räjähdysalttiin seoksen itsesyttymislämpötilaa. Moottorin lämpötilaluokka T1-T6 tai sen korkein pintalämpötila on merkittävä arvokilvelle. ABB:n räjähdyspaineen kestävässä moottoreissa on vakiona lämpötilaluokka T4 (135 °C), muita saatavana olevia lämpötilaluokkia ovat T5 (100 °C) ja T6 (85 °C).

ABB:llä on tarjolla räjähdyspaineen kestävästä moottoreista kaksi variaatiota M3JP (Ex db) ja M3KP (Ex db eb). M3KP-moottoreiden rakenne vastaa M3JP-rakennetta liitântäkoteloida lukuun ottamatta. M3KP-tyypin moottoreissa käytetään Ex e varmennetun rakenteen liitântäkoteloida, kun taas M3JP:ssä käytetään Ex d räjähdyspaineen kestävä rakenteen liitântäkoteloida. Esimerkit näistä rakenteista on esitetty kuvissa 3 ja 4. /9/



**Kuva 3.** Runkokokojen 80–132 M3JP-moottorien liitäntäkotelo. /9/



**Kuva 4.** Runkokokojen 80–132 M3KP-moottorien liitäntäkotelo. /9/

## **4 ATEX**

### **4.1 ATEX-direktiivit**

ATEX-nimitystä käytetään EU:n laitedirektiivistä ja olosuhdedirektiivistä, jotka koskevat räjähdysvaarallisia tiloja eli Ex-tiloja, työskentelyä Ex-tiloissa sekä niissä käytettäviä koneita ja laitteita. Direktiivien tarkoituksena on suojella Ex-tiloissa työskenteleviä henkilöitä, yhtenäistää EY:n jäsenvaltioiden Ex-tilojen ja niissä käytettävien koneiden ja laitteiden turvallisuusvaatimuksia, sekä taata Ex-laitteiden vapaa kauppa.

ATEX-laitedirektiivi on saatettu Suomessa voimaan lailla räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettujen laitteiden ja suojausjärjestelmien vaatimuksen mukaisuudesta. Lakia täydentää valtioneuvoston asetus räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettujen laitteiden ja suojausjärjestelmien vaatimusten mukaisuudesta. Räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettuja uusia tuotteita voi pitää kaupan, luovuttaa toiselle tai ottaa käyttöön vain, kun ne ovat asetettujen säädösten mukaisia.

ATEX-olosuhdedirektiivi koskee sellaisia tuotantolaitoksia ja työpaikkoja, joissa palavat nesteet, kaasut tai pölyt voivat aiheuttaa räjähdysvaaran. /8, 10/

### **4.2 Ex-laiteluokat**

Ex-laitteet jaetaan ATEX-laitedirektiivissä kahteen ryhmään niiden käyttöolosuhteiden perusteella, ryhmä I ja II. Ryhmän I laitteet on tarkoitettu kaivoksiin ja niiden maanpäällisiin osiin, joissa räjähdysvaaran aiheuttaa herkästi syttyvä kaivoskaasu tai pöly. Ryhmään II kuuluvat muissa räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettut laitteet.

Ryhmät on jaettu vielä laiteluokkiin. Ryhmässä I on kaksi laiteluokkaa M1 ja M2, joista M1 on korkeimman suojaustason luokka. Ryhmä II on jaettu suojaustasonsa mukaan kolmeen laiteluokkaan 1, 2 ja 3, joista korkein suojaustaso on luokassa 1

ja matalin luokassa 3. Ryhmän I osalta luokittelu määräytyy muiden tekijöiden ohella sen mukaan, kytkeytyykö laite energiattomaksi, kun räjähdysvaarallinen tila ilmenee. Ryhmän II osalta luokittelu määräytyy sen mukaan, missä tuotetta on tarkoitus käyttää, eli esiintyykö räjähdysvaarallinen tila jatkuvasti tai esiintyykö se todennäköisesti pitkiä vai lyhyitä aikoja. /10/

### 4.3 Ex-laitteiden merkinnät

Oikeat ja riittävät merkinnät ovat olennainen osa turvallisuutta. Merkinnän on annettava mahdollisimman lyhyesti tieto sähkölaitteen pääominaisuuksista, jotta oikea laite voidaan valita oikeaan paikkaan niin, että laitteen käyttö, hoito ja huolto ovat asianmukaisia. Kuvassa 5 on esimerkki ATEX-laitedirektiivin mukaisesta Ex-laitteen merkinnästä.



**Kuva 5.** Esimerkki Ex-laitteen ATEX-merkinnöistä. /10/

## 5 LIITÄNTÄ

### 5.1 Nykytilanne

Liitäntä on työvaihe, jossa tehdään sähkömoottorin sisäiset kytkennät, eli vaihe- ja lisälaittekytkennät. Sähkömoottoreiden liitännässä on useita variaatioita, koska moottorit suunnitellaan vastaamaan asiakkaan tarpeita. Esimerkiksi liitäntäkoteloa voidaan sijoittaa moottorissa D- tai N-päähän, päälle tai sivuille. Liitäntä on tavallisesti moottorin kokoonpanon pisin työvaihe.

280–450 rungon moottorit liitetään ns. ylhäältä alaspäin. Näissä JP- ja KP-tyypin moottoreissa vaihejohtimet ovat valmiiksi liitetty liitinalustaan, joka on kiinni väli-laipassa. Tämä paketti lasketaan paikalleen, jolloin saadaan johtimet vietyä liitinaukon läpi staattoritilaan. Staattorin vaihejohtimien ulostuloissa on päittäisliittimet. Liitinalustan vaihejohtimet katkaistaan sopivaan mittaan, jonka jälkeen ne kuoritaan ja puristetaan staattorin ulostulojen päittäisliittimiin. Puristusliitoksen eristyksessä käytetään paperivahvikkeisia lasikuituholkkeja tai silikonisukkaa, riippuen eristysluokasta. Liitetyt vaihe- ja lisälaittejohtimet sidotaan kääminpäähän tukevasti sidontanauhalla ja lopuksi kääminpää hartsataan.

Pienempien 80–250 rungon JP- ja KP-moottorien liitännässä puolestaan vaihejohtimille ei tehdä lainkaan puristusliitosta liitännässä. Vaihe- ja lisälaittejohtimet vietään sellaisinaan liitinaukosta läpivientiholkin ja sen tiivisteiden läpi pääkoteloon, jossa ne katkaistaan sopivaan mittaan, jonka jälkeen ne kuoritaan ja niihin puristetaan kaapelikengät ja ne kiinnitetään liitinalustaan. Lisälaittejohtimet merkitään ja kytketään riviliittimiin, jotka ovat tavallisesti pääkotelossa, mutta joskus myös erilliskotelossa. Lopuksi läpivientiholkki täytetään täyteaineella ja jätetään kovettumaan.

## 5.2 Muutokset pienten moottorien liitántään

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan mahdollisuutta toteuttaa pienten moottorien liitántä saman tyyliisesti kuin isommilla moottoreilla, mutta puristusliitokset korvataan pikaliittimillä. Tämä toteutettaisiin muuttamalla nykyistä rakennetta niin, että läpivientiholkista olisi vedetty johtimet läpi ja läpivientiholkki olisi tiivistetty valmiiksi alihankkijan toimesta. Läpivientiholkin yläpäähän johtimiin voitaisiin puristaa kaapelikengät valmiiksi. Läpivientiholkin alapäässä johtimiin kytkettäisiin pikaliittimien urospanuoli valmiiksi. Staattorin sidontaa tulisi avata nykyisestä, jolloin staattorin vaihejohtimien ulostulot saataisiin nykyistä alemmas. Staattorin vaihejohtimiin kytkettäisiin kääminnässä pikaliittimien naaraspuolet. Myös lisälaittejohtimille voitaisiin käyttää pikaliittimiä, mutta tätä pitäisi tutkia vielä lisää sopivien liittimien löytämiseksi. Vaihe- ja lisälaiteliitosten tekemisen jälkeen tulisi pikaliittimet sijoittaa paikalleen sidontanauhan tai nippusiteiden avulla.

## 6 PIKALIITTIMET

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan kahden liitinvalmistajan pikaliittimiä, jotka ovat keskenään hyvin samankaltaisia. Molemmat liittimistä ovat kolminapaisia, mikä mahdollistaisi staattorin ykköspuolen vaihejohtimien liittämisen yhdellä liittimellä ja kakkospuolen vaihejohtimien liittämisen toisella liittimellä. Suurimmat eroavaisuudet ovat pikaliittimien kontakteissa ja tämän vuoksi myös niiden virrankes-  
tossa.

### 6.1 Vaatimukset pikaliittimille

Pikaliittimien tulee soveltua moottorien vaativiin käyttöolosuhteisiin, joita ovat mm. laaja käyttölämpötila, useat eri käyttöjännitteet ja moottorin ottamat suuret käynnistysvirrat. Näiden lisäksi pikaliittimien tulisi olla mahdollisimman kompak-  
teja, niille käytössä olevan rajallisen tilan vuoksi.

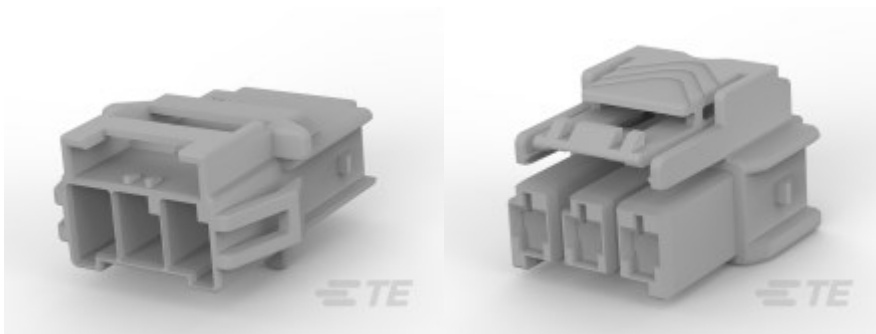
ABB:n räjähdyspaineen kestävät moottorit suunnitellaan tavallisesti ympäristön lämpötilaan  $-20\text{ °C} \dots 40\text{ °C}$ . Moottoreita on kuitenkin saatavilla erikoisrakenteella myös  $-55\text{ °C}$  pakkaseen asti ja mahdollinen ympäristön maksimilämpötila määräytyy moottorin lämpenemän mukaan. Moottoreissa on tavallisesti F-luokan eristys ( $155\text{ °C}$ ) ja moottorit suunnitellaan B-luokan ( $130\text{ °C}$ ) lämpenemään. Eli kun otetaan huomioon ympäristön lämpötila ja moottorin mahdollinen lämpenemä, pikaliittimien tulisi kestää vähintään  $-55\text{ °C} \dots 130\text{ °C}$  käyttölämpötila ja mielellään jopa  $155\text{ °C}$ .

Moottoreita on saatavilla useille käyttöjännitteille. Tavallisimpia nimellisjännitteitä 50 Hz verkossa ovat 690 V, 660 V, 415 V, 400 V, 380 V, 230 V ja 220 V. Myös muita nimellisjännitteitä on saatavilla. Moottorin nimellisvirta nousee etenkin pienillä nimellisjännitteillä suureksi, myös pienillä moottoreilla.

Moottorien käynnistysvirta on tavallisesti kuudesta yhdeksään kertaa nimellisvirta. Moottorien käynnistysajat ovat kuitenkin tavallisesti niin lyhyitä, ettei tämän pitäisi tuottaa ongelmaa pikaliittimien valinnassa.

## 6.2 Power Triple Lock

Ensimmäinen työssä tutkittu pikaliitin on TE Connectivityn Power Triple Lock. Power Triple Lock on kolminapainen pikaliitin (**Kuva 6.**), jonka käyttölämpötila-alue on -55 °C ... 150 °C ja virrankesto johdinkoosta riippuen 20 A asti. Tarkemmat virrankestoisuudet on esitetty taulukossa 2. Nämä liittimet soveltuvat virrankestoisuudeltaan käytettäväksi 80-, 90-, 100- ja 112-runkokoon moottoreihin.

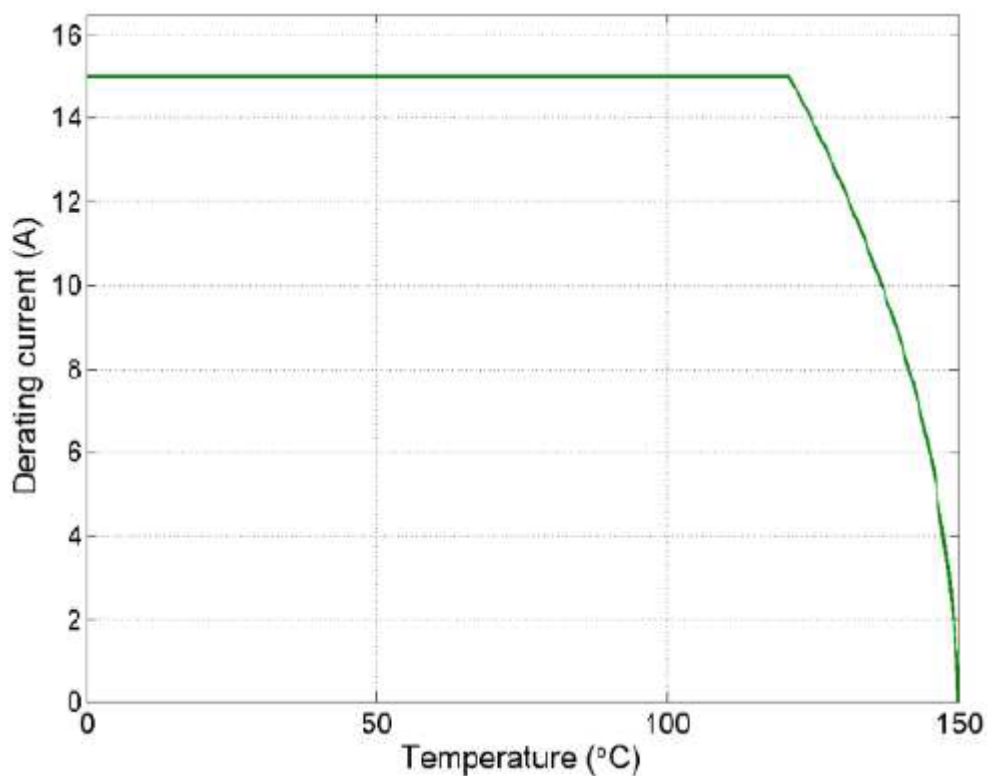


**Kuva 6.** Power Triple Lock-pikaliitin. /11/

**Taulukko 2.** Virrankestit Power Triple Lock-pikaliittimelle. /11/

Johdinkoko	12 AWG	14 AWG	16 AWG	18 AWG	20 AWG
Poikkipinta-ala	4 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>	0,75 mm <sup>2</sup>	0,5 mm <sup>2</sup>
Virrankesto	20 A	15 A	12 A	10 A	9 A

Taulukon 2 Virrat aiheuttavat liittimen kontakteissa korkeintaan 30 °C lämpenemän. Kun tutkitaan virrankestoja lämpötilan funktiona (**Kuva 7.**) voidaan havaita, että virrankestoisuus putoaa hyvin nopeasti, kun saavutetaan 120 °C lämpötila.



**Kuva 7.** Power Triple Lock-pikaliittimen suositeltu maksimivirta lämpötilan funktiona, 14 AWG, 2,5 mm<sup>2</sup>. /11/

### 6.3 MultiCat Power Connectors

Toinen työssä tutkittu pikaliitin on Molexin MultiCat Power Connector. Tämäkin pikaliitin on kolminapainen (**Kuva 8.**). Sen käyttölämpötila alue on -40 °C ... 150 °C ja virrankesto johdinkoosta riippuen 40 A asti. Tarkemmat virrankestoisuudet on esitetty taulukossa 3. Näitä pikaliittimiä olisi tarkoitus käyttää 132-runkokoon moottoreissa, koska työssä tutkitulla toisella pikaliittimellä ei riitä virrankesto kaikille tämän runkokoon moottoreille.



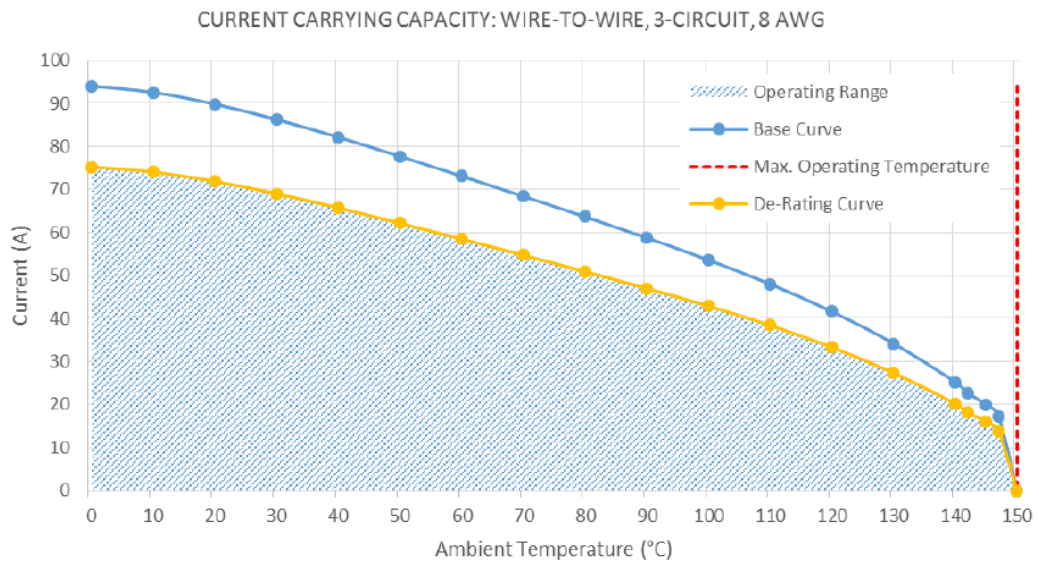
**Kuva 8.** Molexin pikaliitin. /12/

**Taulukko 3.** Virrankestot Molexin pikaliittimelle. /12/

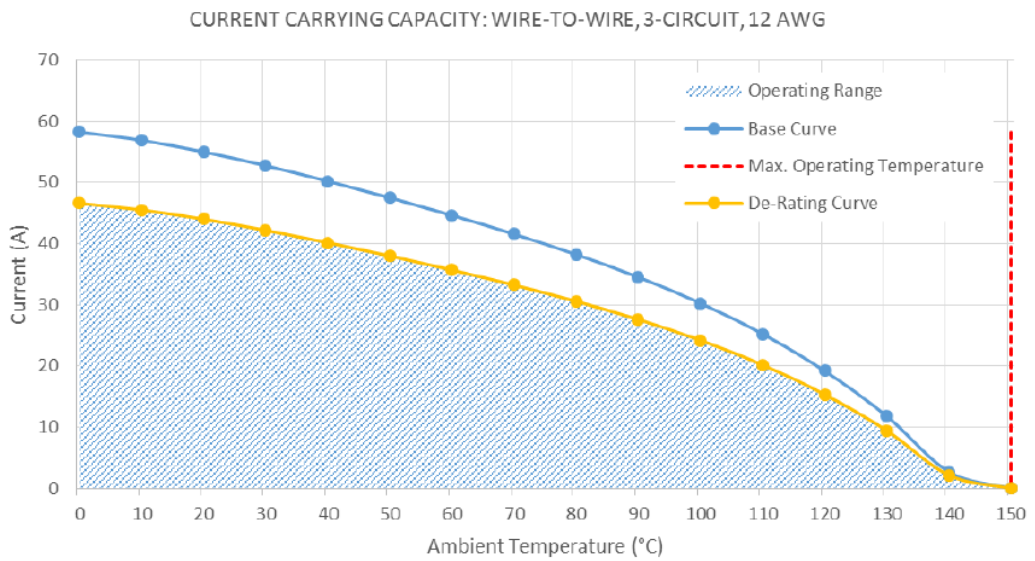
Johdinkoko	8 AWG	10 AWG	12 AWG	14 AWG	16 AWG	18 AWG
Poikkipinta-ala	10 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>	0,75 mm <sup>2</sup>
Virrankesto	40 A	32 A	26 A	20 A	16 A	14 A

Taulukon 3 virrat on määritetty siten, että ne aiheuttavat liittimen kontakteissa korkeintaan 30 °C lämpenemän. Kun Molexin pikaliittimen virrankestoja lämpötilan funktiona (**Kuvat 9–10.**) verrataan Power Triple Lock -pikaliittimeen nähdään, että etenkin pienillä lämpötiloilla Molexin liittimelle luvataan suurempi virrankesto.

On kuitenkin huomioitava, että nykyisiä johdinkokoja vastaavat pikaliittimien kontaktit eivät riitä virrankestoltaan kaikkien moottorikokojen suurimmille nimellisvirroille. Esimerkiksi erään nelinapaisen S-jännitekoodin 7,5 kW moottorin nimellisvirta 220 V jännitteellä on 26,7 A. Tällä 132-runkokoon moottorilla on käytössä kuitenkin vain 4 mm<sup>2</sup> vaihejohtimet.



**Kuva 9.** Molexin pikaliittimen virrankesto lämpötilan funktiona, 10 mm<sup>2</sup>. /12/



**Kuva 10.** Molexin pikaliittimen virrankesto lämpötilan funktiona, 4 mm<sup>2</sup>. /12/

## 7 PROTOTYYPIT

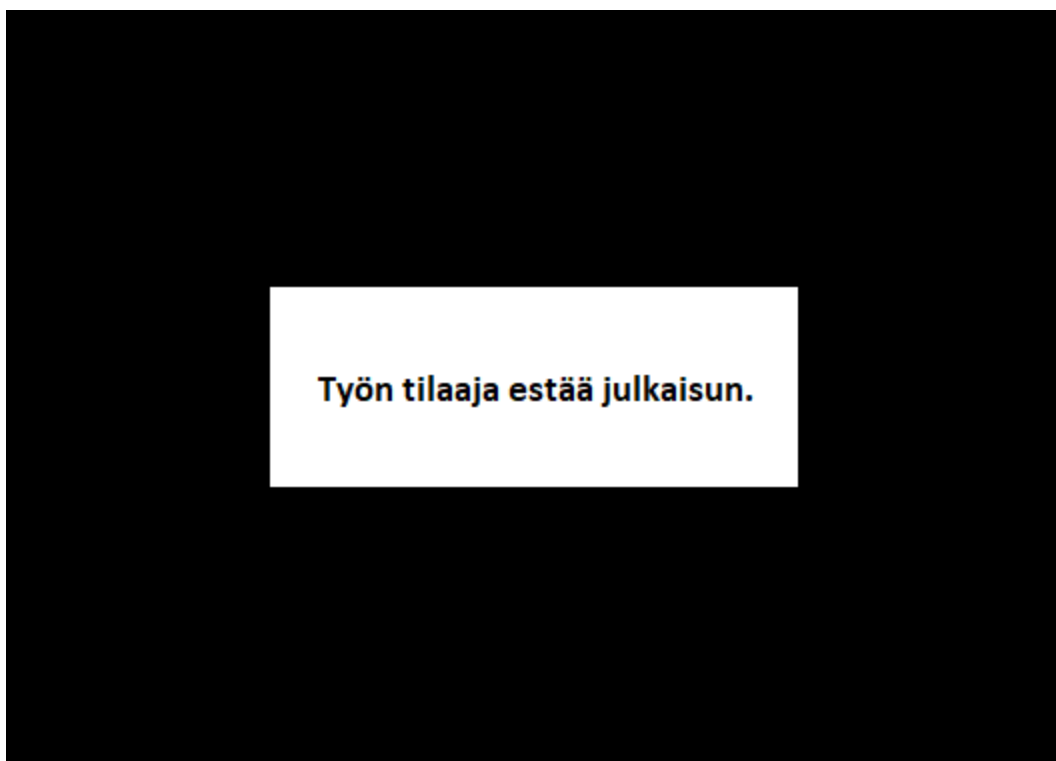
Moottorien materiaalien heikon saatavuuden vuoksi ei tämän opinnäytetyön prototyyppejä varten saatu moottoreita halutulla tavalla, jonka vuoksi liittimien soveltuvuutta moottoreihin päädyttiin mallintamaan 3D-mittakuvien avulla. Työssä tutkittiin 80- ja 132-runkokoon moottoreita, joista molemmista valittiin pisimmän staattoripaketin moottorityyppi, jolloin käytössä oleva tila pikaliittimille on pienin mahdollinen.

90-, 100- ja 112-runkokoon moottoreita ei työssä mallinnettu 3D-kuvilla, sillä jo yllä mainituilla moottoreilla voitiin todeta, ettei pikaliittimet sovellu käytettäväksi nykyisten staattorirunkojen kanssa.

Ennakkoon tiedettiin, että yksi rajoittava tekijä pikaliittimien käytössä tulee olemaan vähäinen tila kääminpään ja D-pään laakerikilven välissä (**Kuva 11.**). Taulukossa 4 on runkokokojen 80–132 kääminpään ja laakerikilven väliset mitat, kun käytössä on pisin mahdollinen staattoripaketti kullakin runkokoolla.

**Taulukko 4.** Tilat kääminpään ja laakerikilven välissä.

Runkokoko	S1 (mm)	S2 (mm)
80	17,5	8
90	18,5	4,5
100	11	5
112	10,5	6,4
132	11	9,5



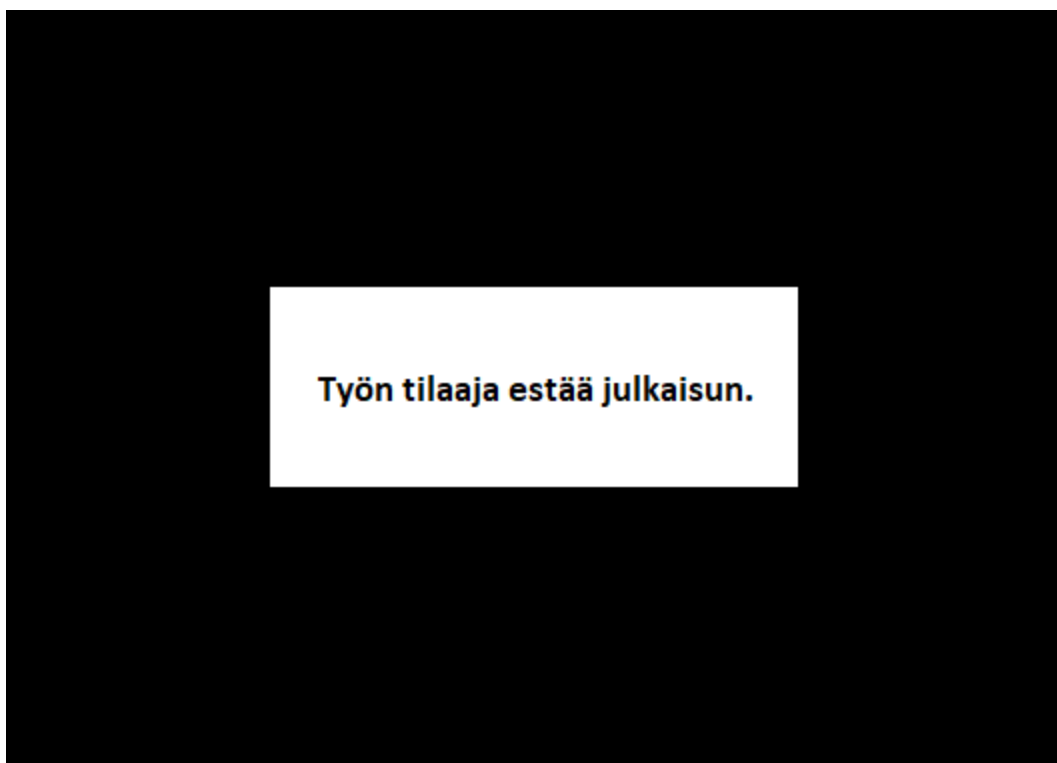
**Kuva 11.** Tilat kääminpään ja laakerikilven välissä.

### **7.1 80-runkokoko**

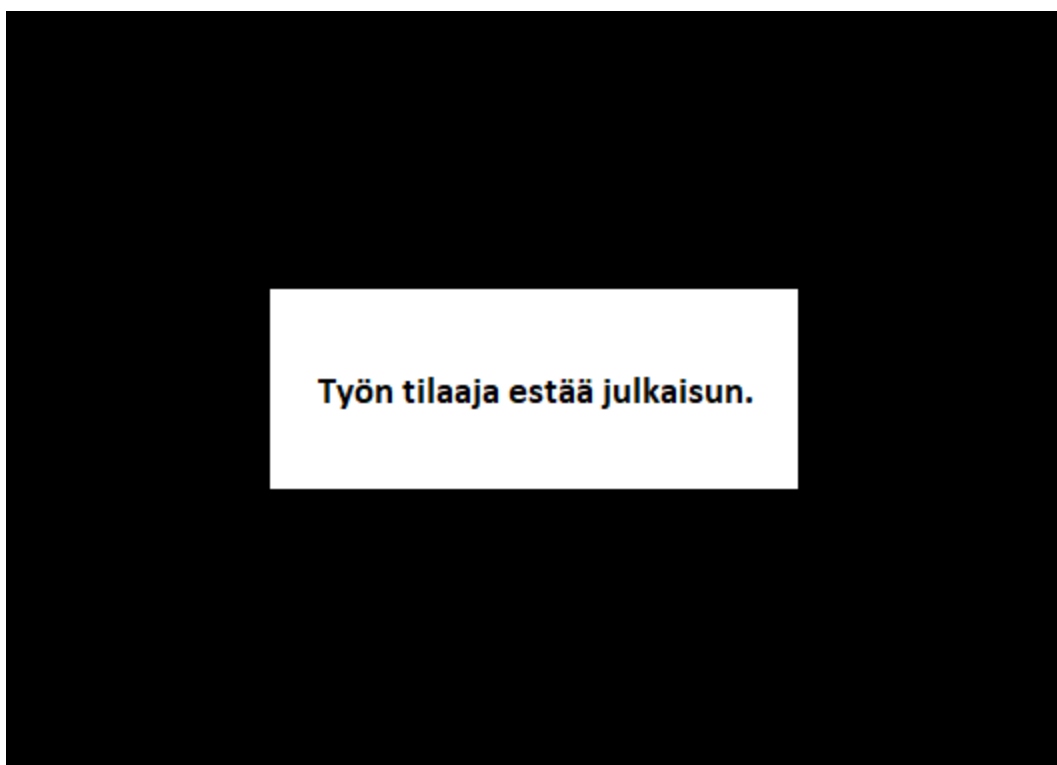
80-runkokoosta saatiin yksi moottori työhön tutkittavaksi. Tämän moottorin avulla saatiin nopeasti selvitettyä minkälaisia esteitä pikaliittimien käytölle saattaa ilmetä.

#### **7.1.1 80-runkokoon prototyyppi**

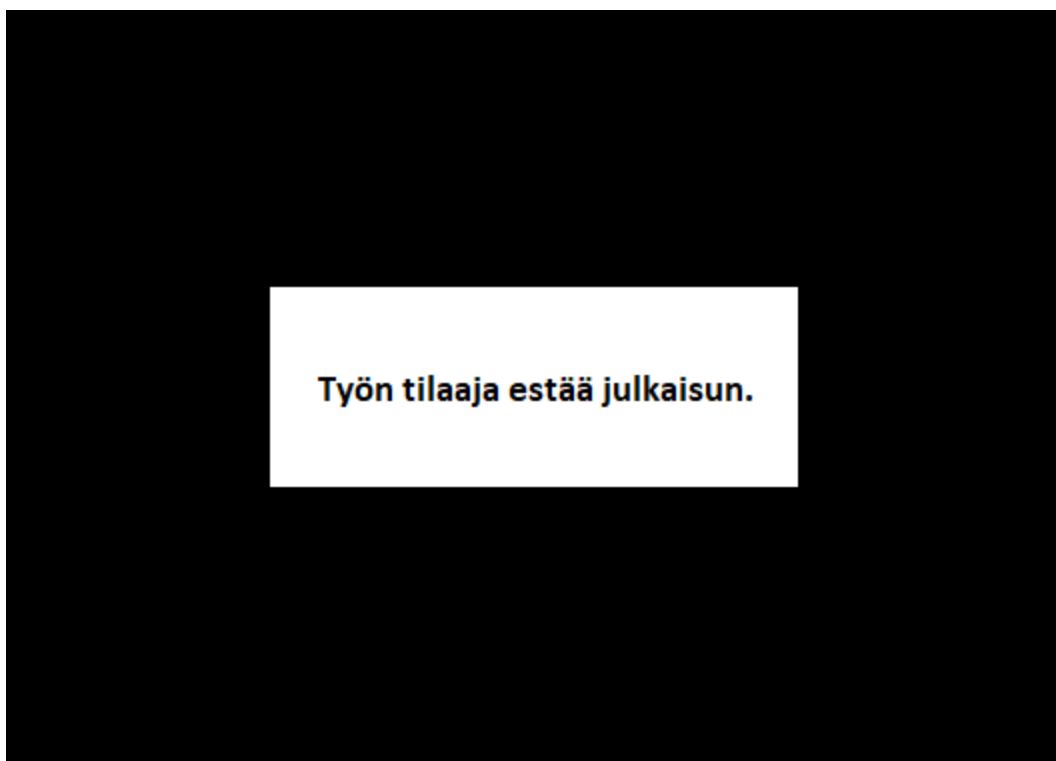
Kääminpäässä vaikutti olevan pikaliittimille riittävästi tilaa (**Kuva 12.**), mutta ongelmaksi havaittiin ahdas liitäntäaukko (**Kuvat 13–14.**). Vaikka pikaliitin mahtuisi liitinaukosta läpi, ei se kuitenkaan mahtuisi kääntymään kääminpään ja rungon välistä (**Kuva 15.**).



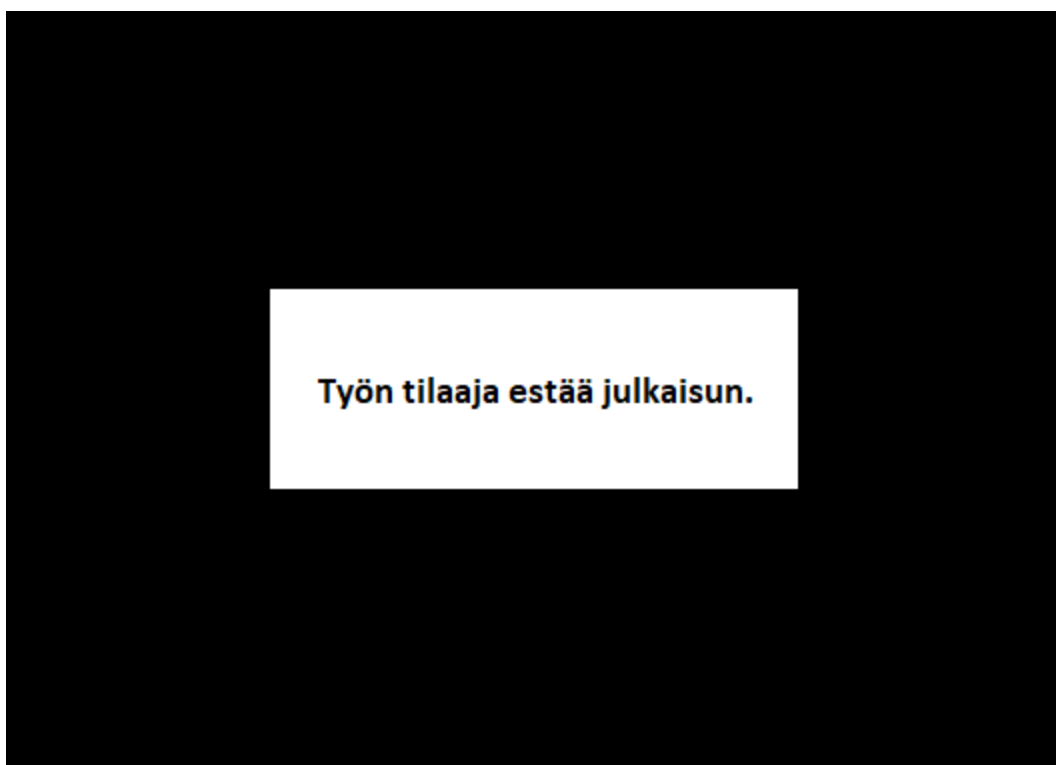
**Kuva 12.** Power Triple Lock-pikaliitin kääminpäässä, 80-runko.



**Kuva 13.** Ahdas liitäntäaukko, 80-runko.



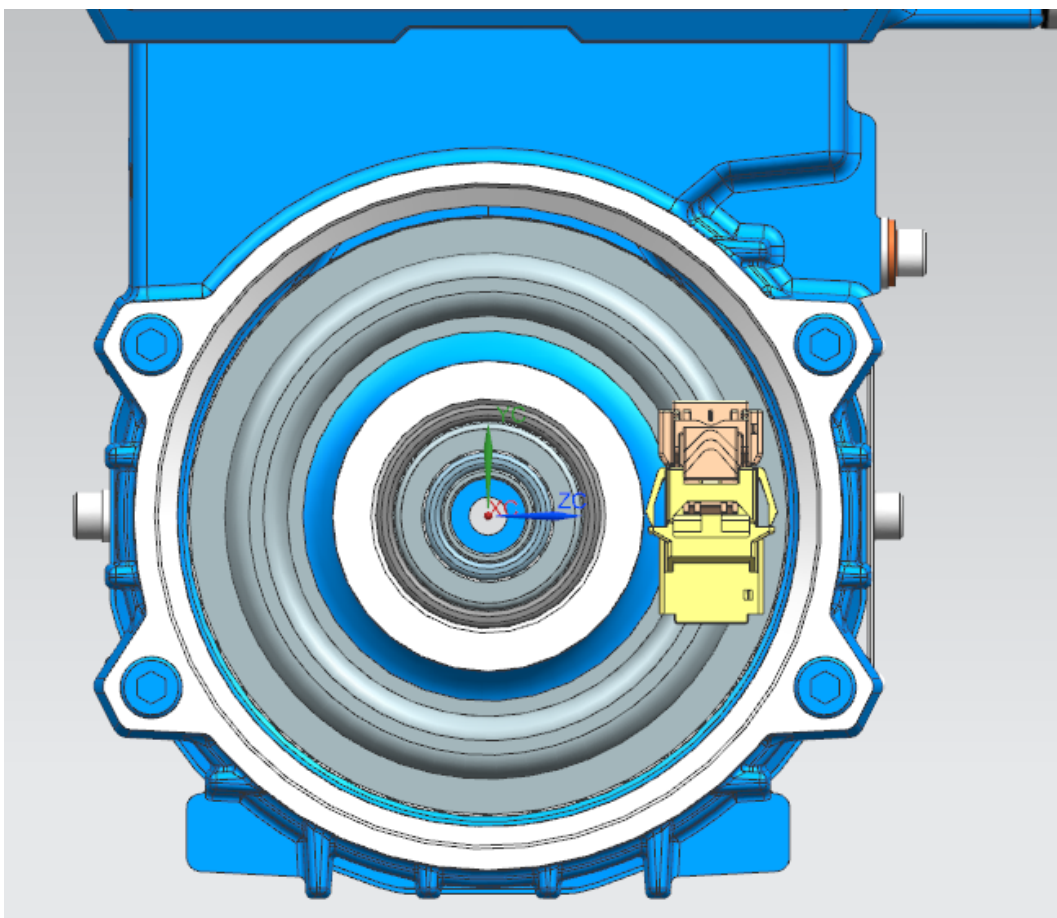
**Kuva 14.** Pikaliitin liitântäaukossa, 80-runko.



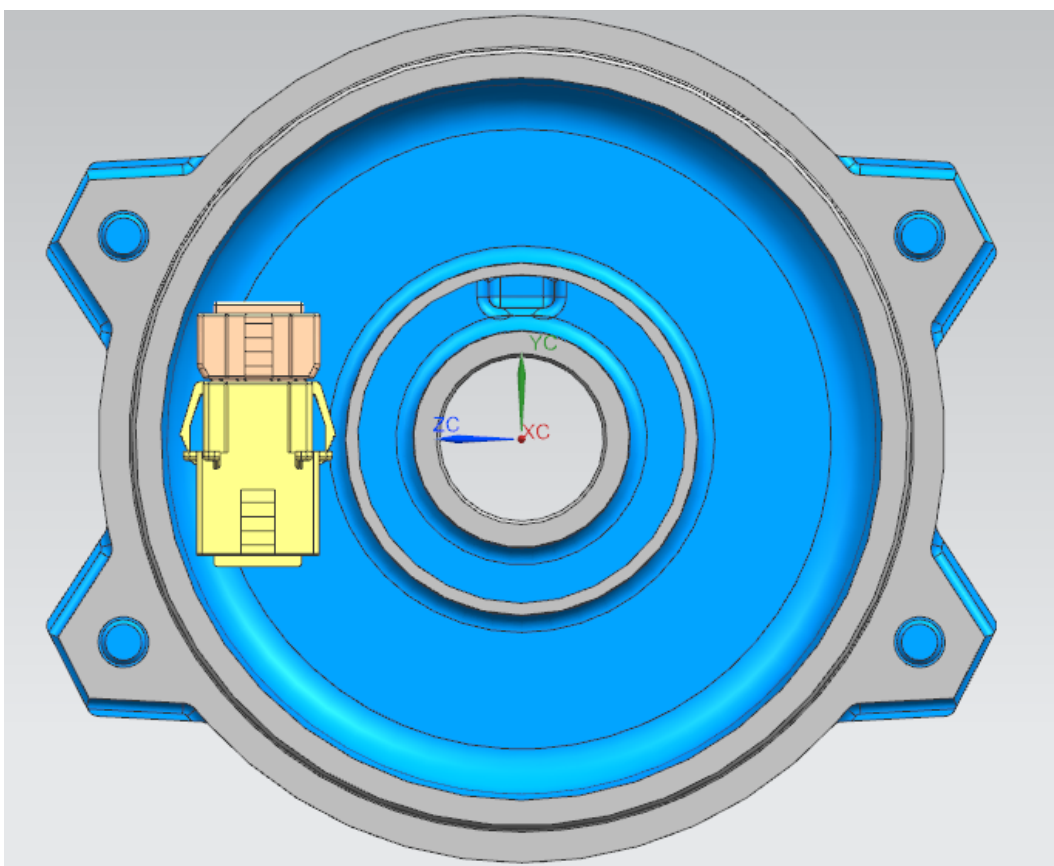
**Kuva 15.** Pikaliitin liitântäaukossa, 80-runko.

### 7.1.2 3D-mallinnus

3D-kuvien avulla haluttiin mallintaa etenkin kuinka laakerikilpi mahtuu paikalleen, kun pikaliitin on sille kaavailulla paikalla (**Kuva 16.**). Pikaliitin tulisi olla asemoituna lähes täydellisesti, että se saataisiin mahtumaan laakerikilven sisään (**Kuva 17.**). Laakerikilpi mahtui 3D-mallinnuksessa paikalleen, mutta ylimääräistä tilaa ei juurikaan jäänyt.



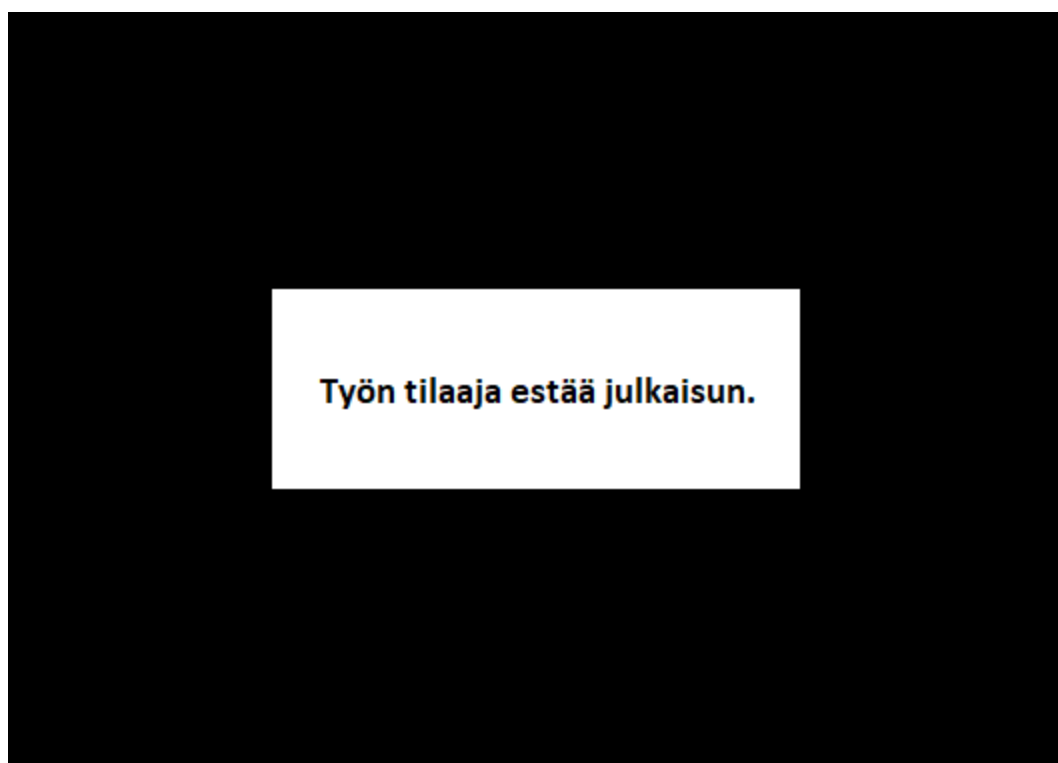
**Kuva 16.** Pikaliitin paikallaan kääminpäässä, 80-runko.



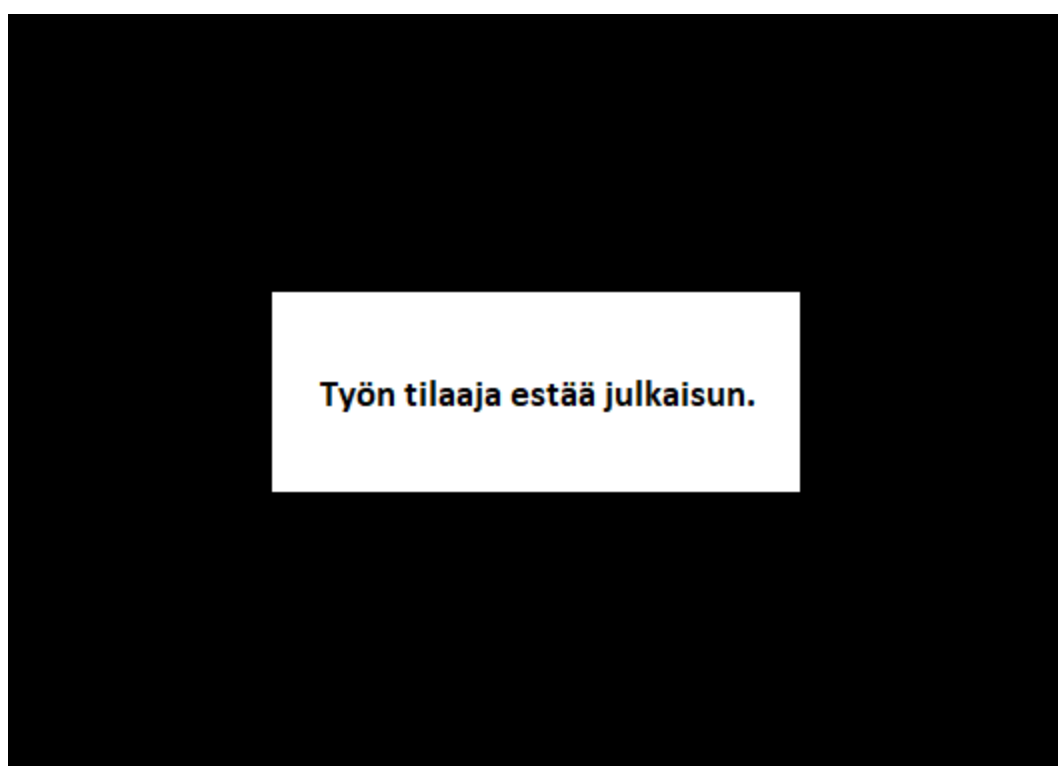
**Kuva 17.** Pikaliitin laakerikilven sisällä, 80-runko.

## 7.2 132-runkokoko

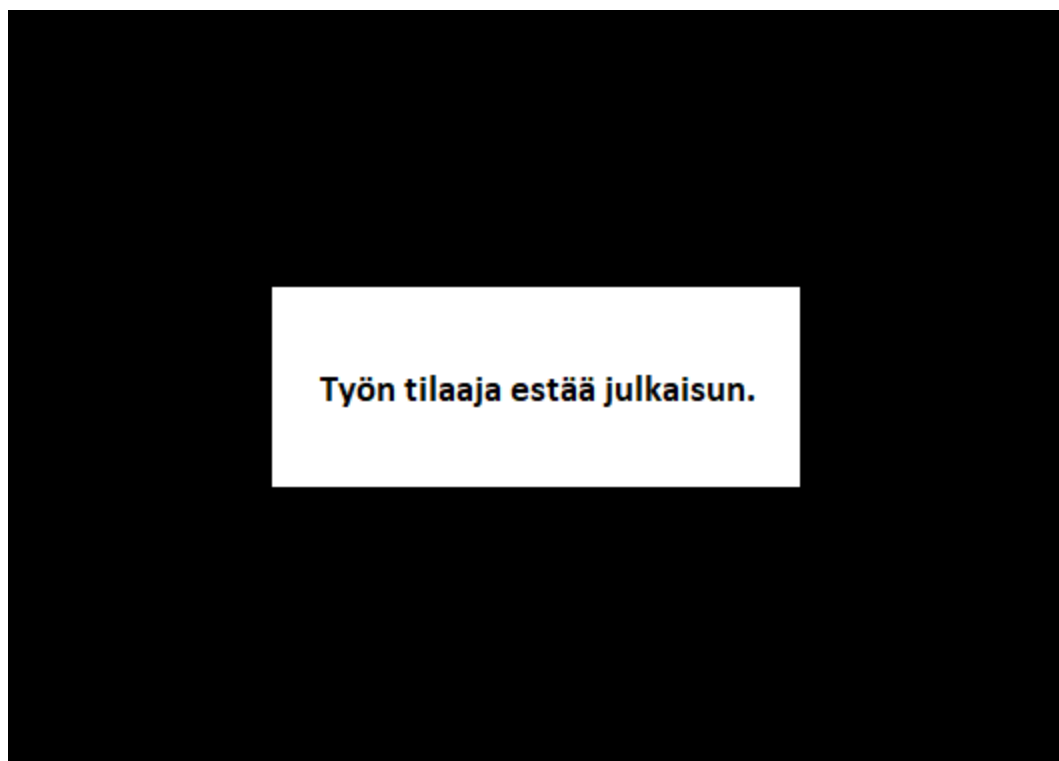
132-runkokoon moottoriin mallinnettiin 3D-kuvilla molempia työssä tutkittuja pikaliittimiä (**Kuvat 18–19**). 3D-kuvista havaittiin samoja ongelmia liitântäaukon kanssa kuin 80-rungon moottorilla (**Kuva 20.**). Kumpikaan pikaliittimistä ei myöskään mahtunut kuvissa kääminpään ja laakerikilven väliin (**Kuva 21.**).



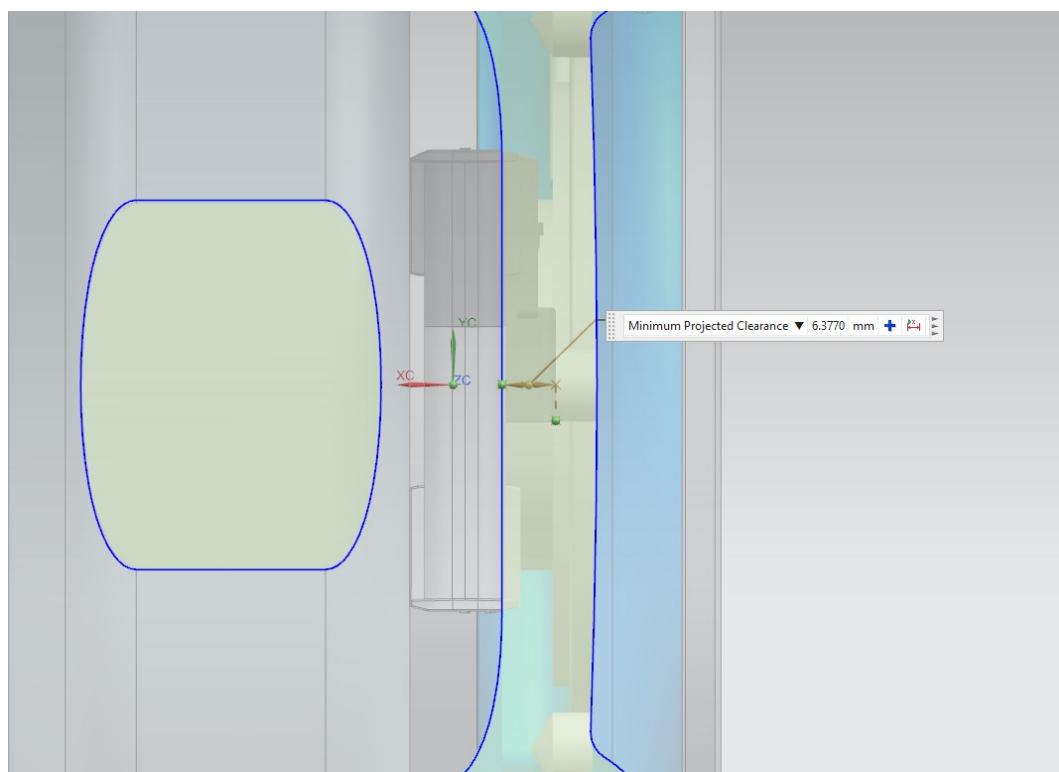
**Kuva 18.** Molexin pikaliitin kääminpäässä, 132-runko.



**Kuva 19.** Power Triple Lock-pikaliitin kääminpäässä, 132-runko.



**Kuva 20.** Pikaliitin liitântäukossa, 132-runko.



**Kuva 21.** Pikaliitin ei mahdu kääminpään ja laakerikilven väliin, 132-runko.

## 8 KEHITYSIDEAT

Jos pienten räjähdyspaineen kestävien moottorien liitântä halutaan toteuttaa pikaliitinratkaisulla, tulisi moottorien runkoja muuttaa nykyistä pidemmiksi tai staattoripaketteja nykyistä lyhemmiksi. Pidempi runko toisi lisää tilaa kääminpään ja laakerikilven väliin. Myös lyhyempi staattoripaketti toisi lisää tilaa kääminpään ja laakerikilven väliin, mutta se puolestaan vaikuttaisi negatiivisesti moottorien sähköisiin arvoihin, kuten hyötysuhteeseen ja lämpenemään. Pidempi runko myös mahdollistaisi lisää tilaa liitântäaukkoon, koska läpivientiholkin jälkeistä ahdasta kohtaa ei tarvittaisi, jos rungon ja laakerikilven välistä liekkirakoa saataisiin siirrettyä ulommas.

Pikaliittimille tulisi vielä suorittaa ainakin veto- ja lämpövanhennuskokeet. Lämpövanhennuskokeen tarkoituksena on simuloida pikaliittimien käytönaikaista vanhenemista. Lämpövanhennuskoe voitaisiin suorittaa olosuhdekaapissa, jonka avulla pikaliittimet voidaan alistaa nopealle lämpötilan vaihtelulle ja tällä tavoin simuloida niiden vanhenemista. Vetokokeen avulla voidaan selvittää pikaliittimien vetolujuus.

Lisälaittejohtimet voitaisiin liittää pikaliittimien tai tavallisten puristusliitimien avulla. Pikaliittimet voisivat olla 2-napaisia ja niiden tulisi kestää sama käyttölämpötila kuin tässä opinnäytetyössä tutkittujen pikaliittimien. Näille pikaliittimille riittäisi virrankestoksi 0,5 A. Tärkeää olisi myös pikaliittimien mahdollisimman pieni koko. Selvitettäväksi jää kuinka lisälaitteiden liitântä kannattaisi toteuttaa, kun lisälaitteiden määrä vaihtelee kahdesta kahdeksaan.

Läpivientiholkin halkaisijan suurentaminen auttaisi asentajaa pikaliittimien läpiviemisessä. Tästä olisi suuri apu varsinkin, jos lisälaittejohtimet liitettäisiin myös pikaliittimillä.

## 9 LOPPUPÄÄTELMÄT

Vaikka prototyyppejä varten ei saatu moottoreita halutulla tavalla, voitiin 3D-mittakuvien avulla todeta, ettei pikaliittimet sovellu käytettäväksi nykyisten runkojen kanssa. Suurimmaksi esteeksi osoittautui käytössä oleva tila kääminpään ja laakerikilven välissä, sekä liitäntäaukossa. Huomioitavaa on myös, että nykyisiä johdinkokoja vastaavat pikaliittimien kontaktit eivät riitä virrankestoltaan kaikkien moottorikokojen suurimmille nimellisvirroille. Tämän vuoksi tulisi osassa moottoreita myös kasvattaa vaihejohtimien poikkipinta-alaa tai käyttää suuremmalle poikkipinta-alalle tarkoitettuja kontakteja täytekuparin kanssa.

Hinnaltaan Molexin pikaliitin on moninkertaisesti kalliimpi vaihtoehto. Se ei myöskään täytä kokonaan käyttölämpötilavaatimusta. Molempien pikaliittimien virrankesto lämpötilan funktiona putoaa niiltä vaaditun käyttölämpötilan sisällä, mikä saattaa aiheuttaa ongelmia.

Oma aiempi työkokemus moottorien liittämisestä osoittautui työn aikana suureksi eduksi.

## LÄHTEET

- /1/ ABB. ABB lyhyesti. Viitattu 7.3.2021  
<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti>
- /2/ ABB. ABB Suomessa. Viitattu 7.3.2021  
<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>
- /3/ ABB. ABB Oy, IEC LV Motors Viitattu 30.6.2021  
<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/iec-lv-motors>
- /4/ Korpinen, L. Sähkökoneet osa 1. Sähkövoimatekniikkaopus. TTKK. Viitattu 21.3.2021 [http://leenakorpinen.com/archive/svt\\_opus/10sahkokooneet\\_1osa.pdf](http://leenakorpinen.com/archive/svt_opus/10sahkokooneet_1osa.pdf)
- /5/ ABB. 2019. Motor Guide – Basic technical information about low voltage standard motors. Motor Guide, Fourth edition 2019. Viitattu 21.3. 2021  
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK105285&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- /6/ Verkkonen, V. Epätahtikoneet. Opintomoniste. VAMK.
- /7/ Kuusisto, J. Ohje sähkömoottorin rutiinikoestusarvojen lasketaan. Opin-  
näytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- /8/ Tiainen, E. 2017. D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 24.  
painos. Espoo. Sähköinfo Oy.
- /9/ ABB. 2020. Low voltage Motors for explosive atmospheres. Viitattu  
21.3.2021 <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107192&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- /10/ Tukes. Räjähdyksvaarallisten tilojen laitteet – ATEX. Viitattu 4.4.2021  
<https://tukes.fi/teollisuus/rajahdysvaaralliset-tilat/rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet-atex>
- /11/ TE Connectivity. Datalehdet. Viitattu 18.4.2021 <https://www.te.com/us-en/product-5-1971773-3.html?source=header-match>
- /12/ Molex. Datalehdet. Viitattu 18.4.2021 [https://www.molex.com/molex/products/part-detail/crimp\\_housings/2018410030](https://www.molex.com/molex/products/part-detail/crimp_housings/2018410030)