



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

IIRO YLIPAINO

# **Eristetyn nostolavalaitteen sähköistyksen standardit ja vaatimukset**

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN TUTKINTO-  
OHJELMA  
2023

## TIIVISTELMÄ

Ylipaino, liro: Eristetyn nostolavalaitteen sähköistyksen standardit ja vaatimukset

Opinnäytetyö, AMK

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

Joulukuu 2023

Sivumäärä: 32

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää toimeksiantajayrityksen uudistuksen kohteena olevien eristettyjen nostolavalaitteiden sähköistystä koskevat standardit ja vaatimukset, sekä koota niiden sisältö hyödynnettäväksi laitemalliston sähkösuunnittelussa.

Teoriaosuudessa käsiteltiin standardia ja standardointia käsitteenä, sekä selvitettiin eri standardointijärjestöjen toimintaa kansainvälisellä ja kansallisella tasolla. Standardien tutkiminen aloitettiin selvittämällä mitkä standardit liittyvät toimeksiantajayrityksen eristettyihin nostolavalaitteisiin. Käsiteltäviksi standardeiksi määriteltiin ANSI A92.2-2021, IEC-61057-2017 ja CSA225-20. Standardeihin merkittiin laitemallistolle oleelliset kohdat, ja ne kirjattiin suomeksi.

Opinnäytetyön lisäksi valmistui toimeksiantajayritykselle dokumentti laitetyyppejä koskevista keskeisistä vaatimuksista, jota voidaan hyödyntää apuvälineenä alkuperäisiä standardeja käytettäessä.

Avainsanat: standardi, nostolavalaitte

## Abstract

Ylipaino, Iiro: Standards and requirements for the electrification of an insulated aerial platform

Bachelor's thesis

Degree Programme in Electrical and automation engineering

December 2023

Number of pages: 32

The aim of the thesis was to find the standards and requirements for the electrification of the insulated aerial platform models that are the subjects of the commissioning company's renewal, and to compile the essential requirements for use in the electrical design of the models in question.

The theoretical part dealt with standard and standardization as a concept and explained the roles of the various standardization organizations at international and national level. The examination of the standards was started by finding out which standards relate to the commissioning company's insulated aerial platform models. The standards to be processed were defined as ANSI A92.2-2021, IEC-61057-2017 and CSA225-20. Once the standards to be addressed were defined, their essential points were listed, and the main points were translated into Finnish.

In addition to the thesis, a document on the key requirements for the insulated aerial platform models was made for the commissioning company, which can be utilized as an aid when using the original standards.

Keywords: standard, aerial platform

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 ERISTETTY NOSTOLAVALAITE .....	7
2.1 Käyttötarkoitus.....	7
2.2 "Bare hands" työskentely.....	9
3 STANDARDOINTI.....	10
3.1 Standardi .....	10
3.2 Standardointi .....	11
4 STANDARDOINTIJÄRJESTÖT .....	12
4.1 Maailmanlaajuinen standardointi .....	12
4.2 Eurooppalainen standardointi .....	12
4.3 Pohjois-Amerikkalainen standardointi .....	13
4.4 Standardointi suomessa .....	14
5 ERISTETYN NOSTOLAVALAITTEEN SÄHKÖISTYKSEEN LIITTYVIEN STANDARDIEN VAATIMUKSET .....	14
5.1 ANSI/SAIA A92.2–2021.....	14
5.1.1 Ohjausjärjestelmä .....	15
5.1.2 Eristävyydestaus ja sertifiointi .....	20
5.2 IEC 61057-2017 .....	23
5.2.1 Ohjausjärjestelmä .....	23
5.2.2 Sähköjärjestelmän vaatimukset .....	26
5.2.3 Eristävät puomit.....	26
5.2.4 Eristävyydestaus.....	28
5.3 CSA225-20.....	28
6 YHTEENVETO JA POHDINTA .....	29
LÄHTEET.....	31
LIITE 1 .....	33

## LYHENNELUETTELO

AC	Vaihtovirta
ANSI	American National Standards Institute
CEN	European Committee for Standardization
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
CSA	Canadian Standards Association
DC	Tasavirta
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Organization for Standardization
RMS	Tehollisarvo
SFS	Suomen standardoimisliitto
SESKO	Suomen sähkötekni­sen alan standardointijärjestö

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe on Bronto Skylift Oy Ab:n toimeksiantamana eristetyn nostolavalaitteen sähköistyksen standardit ja vaatimukset. Bronto Skylift on uudistamassa suurjännitelinjojen kunnossapidossa käytettyjä eristettyjä nostolavalaitemallejaan, koska osaa nykyisten mallien sähköistyksen komponenteista ei enää valmisteta. Komponenttien korvaaminen uusilla edellyttää uudelleen suunnittelua, jonka tueksi tarvitaan päivitetty tiedot standardeista ja vaatimuksista, jotka koskevat kyseisiä eristettyjä nostolavalaitteita.

Bronto Skylift suunnittelee ja valmistaa kuorma-autoalustaisia, hydraulisia nostolavalaitteita palo- ja pelastusalan sekä teollisuuden käyttöön. Nostolavalaitemallisto kattaa laitteet, joiden työskentelykorkeudet ovat 17 metristä 112 metriin. Bronto Skyliftilla on 50 vuoden kokemus nostolavalaitteiden suunnittelusta ja valmistuksesta, ja yritys on toimittanut yli 7 000 laitetta yli 120 maahan ympäri maailman. Nykyään Bronto Skylift on osa japanilaista Morita Groupia, ja laitteet valmistetaan pääosin Suomessa yrityksen Tampereen ja Porin tehtailla.

Oleellisten standardien tuntemus on tärkeää nostolavalaitteiden suunnittelu- projekteissa, koska erilaiset vaatimukset ja standardit luovat pohjan, jonka perusteella työn kohteena olevia laitteita aloitetaan suunnittelemaan tai uudistamaan. Sähkösuunnittelijan on oltava tietoinen suunniteltavaan laitteeseen kohdistuvista kansainvälisistä ja kansallisista standardeista sekä vaatimuksista ennen suunnittelun aloittamista, koska ne määrittelevät eri puolille maailmaa myytävillä laitteilla tiettyjä ominaisuuksia, joita voi olla vaikea sisällyttää suunniteltavaan järjestelmään suunnitteluprosessin loppuvaiheessa.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää toimeksiantajayrityksen uudistettavia eristettyjä nostolavalaitemalleja koskevat standardit ja sähköistyksen

vaatimukset, ja koot vaatimukset laitemalliston uudistuksen suunnittelun tueksi. Opinnäytetyössä ei käsitellä yleisiä nostolavalaitteiden standardien vaatimuksia, vaan kiinnostus on kohdistettu kyseistä eristettyä laitemallistoa koskevien standardien sähköistyksen vaatimuksiin.

Opinnäytetyössä esitellään aluksi eristetty nostolavalaitte, jonka jälkeen kerrotaan yleisesti standardeista, standardoinnista ja standardointijärjestöistä. Viidennessä luvussa käsitellään tutkitut standardit ja niiden vaatimukset, jotka liittyvät toimeksiantajan eristettyyn nostolavalaittemallistoon. Opinnäytetyön päättää yhteenveto ja pohdinta. Toimeksiantajayrityksen laitemallistoa koskevat oleelliset vaatimukset koottiin taulukkomuotoiseen dokumenttiin suunnittelun tueksi (liite 1).

## 2 ERISTETTY NOSTOLAVALAITE

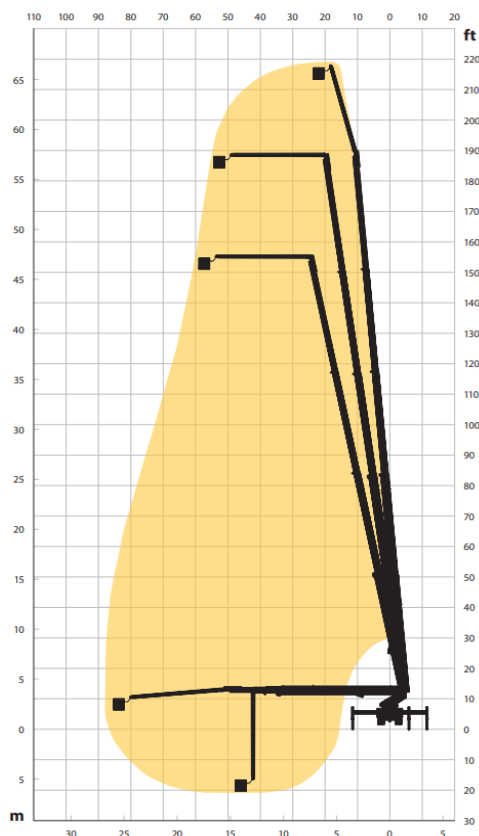
### 2.1 Käyttötarkoitus

Eristetyllä nostolavalaitteella tarkoitetaan tässä työssä henkilön nostamiseen tarkoitettua laitetta, jolla voidaan työskennellä esimerkiksi jännitteisillä voimainjoilla. Nostolavalaitte on yleensä kiinteästi asennettu kuorma-autoalustalle, ja siinä on hydraulisesti liikuteltava puomi, jonka päässä on työkoriksi kutsuttu työskentelytaso. Eristettyjen nostolavalaitteiden tehtävä on eristää työskentelytasoilla olevat henkilöt maan ja jännitteisen työskentelykohteen väliltä. Eristetyt laitteet eivät suojaa henkilöitä kahden eri potentiaalilin, kuten kahden vaiheen väliseltä kontaktilta, tai vaiheen ja maan väliseltä kontaktilta (IEC 61057:2017,2017, s. 64). Sähköiskun saaminen edellyttää, että ihminen koskee kahteen eri komponenttiin, joiden välillä on potentiaaliero, jolloin sähkövirta kulkee ihmisen läpi potentiaalista toiseen. Kun työkori ja kyydissä olevat ihmiset ovat samassa potentiaalissa jännitteisen työkohteen kanssa, ei vaarallisia potentiaalieroja synny ja työt voidaan tehdä turvallisesti. (Li ym., 2017, s. 69.) Kuvassa 1 on esimerkki eristetystä nostolavalaitteesta.



Kuva 1. Bronto Skyliftin eristetty nostolavalaitte (Bronto Skylift, 2018)

Bronto Skyliftin SI-HDT-C-laitteilla voidaan työskennellä jopa 765 kilovoltin (kV) voimalinjoilla turvallisesti eristävän lasikuituvahvisteisen korivartensa ansiosta. Eristävä puomi on Bronto Skyliftin laitteissa pääasiallinen eristysväline, joka estää sähkövirran kulkemisen puomin läpi maahan. Laitteen ohjausjärjestelmä ja kommunikaatiojärjestelmä toimivat eristävän puomin osalta omilla valokuitukaapeleilla. Eristettyjen nostolavalaitteiden mallisto kattaa laitteet, joiden maksimi työskentelykorkeudet ovat 42 metristä 67 metriin ja maksimi sivuttaisulottumat 24 metristä 27 metriin. Kuvio 1 havainnollistaa puomin asennot, joissa maksimiulottumat ovat saavutettavissa. Kuviossa sivuttaisulottuman yksiköt ovat metreissä (m) ja korkeuden mittayksiköt jalkoina (ft). (Bronto Skylift, 2023a)



Kuvio 1. Ulottumakaavio (Bronto Skylift, 2018)

## 2.2 ”Bare hands” työskentely

”Bare hands” työskentelyllä tarkoitetaan työskentelyä, jossa työskentelytaso ajetaan suoraan kiinni jännitteeseen kohteeseen. Laitteen eristävä puomi on jännitteeseen osaan kytkeytyneen työntekijän ja maanpinnalla työskentelevien henkilöiden ensisijainen sähköinen suoja. (IEC 61057:2017,2017, s. 64.) Kuvassa 2 on Bronto Skyliftin eristetty nostolavalaite ajettuna kiinni voimalinjaan. Kuvassa vaaleana näkyvä puomi on eristävä puomin osa.



Kuva 2. Eristetty nostolavalaite voimalinjalla (Bronto Skylift, 2023b)

## 3 STANDARDOINTI

### 3.1 Standardi

Standardit ovat yksityisten standardointijärjestöjen laatimia kirjallisia julkaisuja, joilla voidaan määritellä esimerkiksi erilaisille tuotteille ominaisuuksia, vaatimuksia tai järjestelmien toimintaa. Standardit voivat olla esimerkiksi maailmanlaajuisia, eurooppalaisia tai kansallisia. Standardien noudattaminen on pääsääntöisesti vapaaehtoista, mutta standardeihin voidaan joissain tapauksissa viitata lainsäädännössä, jolloin niistä voi tulla pakollisia vaatimuksia lainsäädännön vaatimusten täyttämiseksi. (SFS, n.d-a.)

Standardeista on yrityksille hyötyä. Kun yritys valmistaa tuotteensa standardien mukaisesti, tuotteita on helpompi markkinoida esimerkiksi ulkomaille, kun ne ovat yhteensopivia ja vertailukelpoisia. Standardeilla voidaan myös vaikuttaa tuotteiden turvallisuuteen, esimerkiksi vaatimalla tuotteille tietyntyyliset testimenetelmät turvallisuuden toteamiseksi. (Your Europe, 2023)

### 3.2 Standardointi

Standardoinnilla tarkoitetaan alan asiantuntijoiden yhteisymmärryksessä laatimia ratkaisuja, vaatimuksia tai hyviä käytäntöjä, jotka on kirjattu standardiksi. Standardointi lähtee liikkeelle markkinoiden tarpeesta, jonkin asian määrittelymiseksi tai yhdenmukaistamiseksi. Standardiehdotus jaetaan asiantuntijoille, jotka keskustelujen ja kommentoimisen jälkeen äänestävät sen jatkosta. Ehdotuksen muokkaaminen ja kommentointi jatkuu, mikäli äänestyksessä päädytään yksimielisyyteen. Uuden kommentointikierron jälkeen standardiehdotuksen jatkosta äänestetään uudelleen. Asiantuntijat neuvottelevat ja muokkaavat näin yhteisymmärryksessä standardin sisällön kokonaisuudessaan. Standardin valmistuminen kestää yleensä noin 3 vuotta. (ISO, 2023)

Maailmalla toimii useita eri standardointijärjestöjä, joista osa valmistelee kansainvälisiä ja osa esimerkiksi Euroopan unionin alueelle suunnattuja standardeja. Osa standardointijärjestöistä on kansallisia, jotka toimivat yhteistyössä kansainvälisten järjestöjen kanssa. Kansainväliset standardit otetaan usein käyttöön sellaisenaan myös kansallisesti tai esimerkiksi Euroopan unionin alueella. Lakien määrittelemissä teknisissä vaatimuksissa voidaan viitata standardeihin, koska näin laeista ei tule liian tarkkaan määriteltyjä. Viittaamalla standardiin lait pysyvät ajan tasalla, koska standardeja ylläpidetään ja päivitetään jatkuvasti. Säädökset tai direktiivit, joissa viitataan standardeihin, ovat kansallisesti tai alueellisesti säädettyjä ja niiden noudattaminen on yleensä pakollista. (IEC, 2023b)

## 4 STANDARDOINTIJÄRJESTÖT

### 4.1 Maailmanlaajuinen standardointi

Laajin maailmalla toimiva standardointijärjestö on 1947 perustettu International Organization for Standardization, joka tunnetaan yleisemmin lyhenteellä ISO. ISON jäseniä ovat yli 160 maan standardointijärjestöt. ISOssa toimii noin 250 teknistä komiteaa, joista kaikki ovat erikoistuneet johonkin tiettyyn alaan. Jäsenjärjestöt voivat nimetä asiantuntijoita osallistumaan komiteoihin, ja jäsenjärjestöt toimivat komiteoiden sihteeristötehtävissä. ISO-standardeja voidaan vahvistaa suomessa käytettäväksi, mutta se ei ole pakollista. Mikäli Eurooppalainen European Committee for Standardization-järjestö (CEN) vahvistaa ISO-standardin EN-standardiksi, on se otettava käyttöön kaikissa CENin jäsenmaissa, mukaan lukien Suomessa. (SFS, n.d-b)

Maailmanlaajuisesta sähköalan standardoinnista vastaa International Electrotechnical Commission-järjestö eli IEC, joka on perustettu vuonna 1906 Lontoossa, Iso-Britanniassa. IEC perustettiin, kun heräsi tarve standardoida sähköistä nimitykseistöä sekä luokituksia sähkökoneille ja -laitteille. (IEC, 2023a.)

IEC:n julkaisut kehitetään yli 200 teknisessä komiteassa ja alakomiteassa, sekä sadoissa työryhmissä, joista jokaisella on oma tekninen osa-alueensa. IEC-standardin kehitysprosessi on selkeä ja tarkkaan kontrolloitu. Se hallinnoi standardin valmistusprosessia ja antaa tarpeeksi aikaa kaikille osallisille kommentoida aihetta, jokaisessa prosessin vaiheessa. IEC:n kansalliset komiteat ovat mukana jokaisessa suunnitteluprosessin vaiheessa. Nykyään lähes 80 % Euroopassa käytetyistä sähkö- ja elektroniikkastandardeista on alun perin IEC-standardeja. (IEC, 2023b)

### 4.2 Eurooppalainen standardointi

Euroopassa standardoinnista vastaa European Committee for Standardization-järjestö, CEN. Se on Euroopan Unionin ja Euroopan vapaakauppaliitto

EFTA-maiden standardointijärjestöjen yhteistyöjärjestö. CENin vahvistamat standardit on otettava käyttöön kaikissa sen jäsenmaissa, ja lisäksi kaikki niiden kanssa ristiriitaiset standardit on kumottava. Eurooppalaiset standardit voidaan tunnistaa etuliitteestä EN. CENin alaisuudessa toimii yli 300 teknistä komiteaa, joiden töihin kaikilla jäsenjärjestöillä on oikeus osallistua. (SFS, n.d-b.)

Sähköalan standardointi Euroopassa tapahtuu European Committee for Electrotechnical Standardization-järjestön eli CENELECin johtamana. Sen jäsenistöön kuulu EU- ja EFTA-maiden lisäksi joitain Itä-Euroopan maita. (SFS, n.d-b.)

#### 4.3 Pohjois-Amerikkalainen standardointi

Yhdysvaltalainen American National Standards Institute-järjestö eli ANSI perustettiin vuonna 1918, ja se toimi aluksi nimellä American Engineering Standards Committee (AESC). AESC pyrki edistämään kansainvälistä yhteistyötä, ja vuonna 1926 se oli mukana perustamassa International Standards Association-järjestöä (ISA), josta myöhemmin tuli International Organization for Standardization-järjestö (ISO). ANSIn tehtävä on koota yhteen asiantuntijoita ja sidosryhmiä, jotka yhdessä valmistelevat standardit. (ANSI, 2023.)

Canadian Standards Association-järjestö eli CSA tunnettiin alun perin nimellä Canadian Engineering Standards Association-järjestö eli CESA. CESA perustettiin 1919, jolloin se julkaisi standardeja lentokoneen osille, silloille ja vaijeille. Vuonna 1944 järjestö uudelleen nimettiin, jolloin käyttöön otettiin nimi Canadian Standards Association eli CSA, ja vuonna 1947 CSA:sta tuli ISON jäsen. Vuonna 1974 CSA:sta tuli virallisesti tunnistettu standardointijärjestö Kanadassa. Nykyään se toimii yli 54 eri teknologian sektorilla, ja järjestöön kuuluu yli 70 000 jäsentä ympäri maailmaa, jotka yhdessä laativat standardeja. (CSA Group, 2023.)

#### 4.4 Standardointi suomessa

Suomessa standardoinnin keskusjärjestönä toimii Suomen standardoimisliitto, SFS ry. Standardointityö tehdään standardointiryhmissä eri toimialojen organisaatioiden edustajien kesken. Asiantuntijoista koostuvat standardointiryhmät osallistuvat myös eurooppalaiseen ja maailmanlaajuiseen standardien tekoon. Standardeja voidaan laatia vain kotimaiseen käyttöön, tai niitä voidaan tehdä tukemaan kansainvälisiä standardeja. Myös suomessa laadittu standardi voidaan hyväksyä kansainväliseksi standardiksi, mikäli sellaiselle nähdään tarvetta kansainvälisillä markkinoilla. 97 % Suomen voimassa olevista standardeista on kansainvälisiä.(SFS, n.d-b)

Sähköalan standardoinnista Suomessa vastaa Suomen sähköteknisen alan standardointijärjestö, SESKO ry. SESKO edustaa Suomea kansainvälisessä standardointityössä sekä tuo kansainvälisiä standardeja Suomeen SFS-standardeiksi.(Sesko, 2023.)

## 5 ERISTETYN NOSTOLAVALAITTEEN SÄHKÖISTYKSEEN LIITTYVIEN STANDARDIEN VAATIMUKSET

### 5.1 ANSI/SAIA A92.2–2021

Pohjois-Amerikkalainen ANSI/SAIA A92.22–2021-standardi määrittelee vaatimukset liikuteltavien nostettavien työalustojen käytölle, tarkastuksille, koulutukselle, huollolle, korjaukselle ja turvalliselle toiminnalle (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021).

Tässä työssä tutkittiin standardin eristävien nostolavalaitteiden kategorian A laitteille asetettuja vaatimuksia. Kategorian A laitteissa eristävä puomi on pääasiallinen eristysväline. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 14.) Standardissa mainitaan hydraulikkaletkujen vaatimuksia määrittelevä SAE J517-standardi sekä sähköisten testivälineiden vaatimuksia määrittelevä IEEE 4-2013-

standardi, joita ei käsitellä tässä työssä (SAE J517, 2020; IEEE 4-2013, 2013.). Alla on kuvattu ANSI/SAIA A92.2:2021-standardin sähköistykseen liittyvät vaatimukset pääpiirteittäin.

### 5.1.1 Ohjausjärjestelmä

#### Ohjaimet

Laitteessa on oltava ohjauspaneeli työtasolla sekä alhaalla alustalla (kuva 3). Ohjaimilla on oltava lukituslaite, joka voi olla esimerkiksi jalkapoljin, jota on painettava ennen kuin ohjauskäskyä voidaan antaa ohjauspaneelistä. Lukituslaitteen on palattava lukitsevaan tilaan, jos sitä ei aktiivisesti paineta. Alemmilla ohjaimilla voidaan tarvittaessa ohittaa työtason ohjaimet, jos jokin tilanne sen vaatii. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 7.)



Kuva 3. Esimerkki ohjauspaneelistä (Bronto Skylift, 2018)

#### Hätäpysäytys

Hätäpysäytyksellä tarkoitetaan toimintoa, joka torjuu vaaroja, joita voi aiheutua ihmiselle sekä vahinkoja koneille ja työprosesseille. Hätäpysäytys on oltava suoritettavissa yhdellä ihmisen tekemällä toimenpiteellä. (SFS-EN ISO

12100:2010, 2010, s. 26.) Vaatimuksena on, että hätäpysäytys toiminto on oltava mahdollista suorittaa kaikista ohjauspaikoista. Liike ei saa jatkaa hätäpysäytyksen kuittauksen jälkeen automaattisesti. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 8.)

#### Turvatoimintojen ohitus

Turvatoimintojen ohitus on kiellettyä normaalitoiminnan yhteydessä. Käytettäessä laitetta turvatoimintoja ohittaen on toimittava valmistajan määrittelemien ohjeiden mukaan. Valmistajan tulee suunnitella turvatoimintojen ohitustavat siten, että niiden käytönaikaiset riskit on minimoitu. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 31.)

#### Tukijalkojen ohjaus, alustan ja työkorin kallistus

Tukijalkojen tahaton käyttö on estettävä. Liikkeiden on pysähdyttävä, mikäli ohjain palaa perusasentoon. Tukijalkojen liikuttaminen on estettävä, kun puomi ei ole kuljetusasennossa. Puomin nostaminen on estettävä, mikäli tukijalat eivät ole ulkona. Tukijalkojen valmius on todettava antureilla. Työtason kallistuman pitää pysyä viiden asteen sisällä alkuperäisestä asetuksesta. Sitä voidaan myös manuaalisesti säätää, mutta sen on pysyttävä normaalialojossa määriteltyjen raja-arvojen sisällä. Alustan kallistus on oltava mitattavissa, jotta voidaan varmistaa turvallinen käyttö. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 8–10.) Kuvassa 4 on Bronto Skyliftin eristetty nostolavalaite tukijalkojen varaan tasattuna.



Kuva 4. Nostolavalaite tukijalkojen varassa (Bronto Skylift, 2018)

### Vinssi

Ylemmässä puomissa olevaa vinssiä on pystyttävä ohjaamaan ylä- ja alaohjaimilta. Alemmat ohjaimet voivat ohittaa ylemmät ohjaimet, myös vinssin ohjauksessa. Alemmat ohjaimet sijaitsevat ajoneuvon alustan tasolla ja ylemmät ohjaimet eristetyn puomin yläpäässä sijaitsevalla työtasolla. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 8.)

### Automaattien ajo

Automaattinen ajo on sallittua, mikäli liikkeen salliva lukituslaite, esimerkiksi jalkapoljin, on painettuna. Mikäli lukituslaite vapautuu kesken liikkeen, on liikkeen pysähdyttävä. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 9.)

### Pysäköintijarru- ja akselilukko

Laitteille, joita ei voida ajaa nostolaitteen ollessa käytössä, voidaan laitteen ajo vapauttaa vasta kun pysäköintijarru on päällä. Nouseva akseli on lukittava ennen kuin puomia voidaan ajaa. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 10.)

## Eristys menetelmät

Kaikkien komponenttien, jotka kulkevat eristävän osan läpi, pitää olla eristävyys arvoiltaan riittäviä puomin suunniteltuun työskentelyjännitteeseen nähden. Sama pätee alustan eristysjärjestelmään, jos sellainen on asennettu. Eristävyyden arvojen pitää pysyä samalla tasolla puomin ollessa valmistajan määrittelemissä puomin asennoissa. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 15.)

## Eristävät hydraulikkaletkut

Hydraulikkaletkujen, jotka kulkevat eristävän puomin läpi, tulee täyttää standardin SAE J517 eristävyys vaatimukset. Kategoria A-luokan laitteissa pitää olla järjestelmä, joka rajoittaa alipaineen syntymistä eristävän puomin läpi kulkevissa hydraulikkaletkuissa. Alipaine saa olla maksimissaan 75 % vallitsevan ilmanpaineen määrästä. Järjestelmään pitää olla pääsy testauksen ja huollon onnistumiseksi. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 15.)

## Vuotovirtamittaus

Laitteessa on oltava vuotovirran mittausjärjestelmä. Vuotovirralla tarkoitetaan eristävän puomin läpäisevää sähkövirtaa, jota mitataan eristävän puomin alapäästä ilmatiiviin osan päätylaipiosta. Päätylaipioon on johtavin liittimin kiinnitetty kaikki puomin matkalla kulkevat komponentit. Puomissa on oltava johtavat pannat, jotka kiertävät eristävän puomin sisä- ja ulkopinnoilla puomin ympäri. Ne voidaan asentaa minimissään 50 millimetrin päähän eristävän puomin alaosassa olevasta metallisesta puomin osasta. Hydraulikka- ja pneumatiikkalinjoissa pitää olla johtavat liittimet, jotka kiinnitetään eristävän puomin alapään päätylaipioon. Näistä liittimistä voidaan mitata ulko- ja sisäpuolinen vuotovirta letkuissa. Kuituoptyisissa kaapeleissa on oltava johtavat liittimet päätylaipiossa, joista vuotovirtaa voidaan mitata sekä sisältä että ulkoa. Eristäviksi testatuilla vettä imemättömillä kuituoptyisilla kaapeleilla riittää, kun vuotovirtaa voidaan mitata kaapelin pinnasta. Kaikki muut komponentit, jotka kulkevat eristävän puomin läpi, on kytkettävä päätylaipioon. Kun puomin läpi kulkevat komponentit on jokainen erikseen kytketty päätylaipioon, voidaan vuotovirran

lähde tunnistaa. Vuotovirtamittarille menevien mittauskaapeleiden on oltava häiriösuojattuja. Häiriösuojatut mittajohtimet on pidettävä erillään hydraulikkaletkuista tai hydraulikkaletkut on lämpöeristettävä tai mittajohtimet on suojattava sähköjohtavalla suojalla. Päätylaipiolle ja puomin sisäisille sähkökytkennöille on oltava pääsy huolto- ja testausilanteissa. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 15–16.)

#### Jännitteenohjauselektrodi eli koronarengas

Jännitteenohjauselektrodin eli koronarenkaan (kuva 5) tehtävä on tasata valitsevan sähkökentän jakaumaa eristävän puomin matkalla ja estää koronapurkauksia (Bronto Skylift, 2018). Jännitteenohjauselektrodi on asennettava eristävän puomin yläpäähän. Kaikkien työtason sähköä johtavien komponenttien on oltava yhteydessä koronarenkaaseen, eikä mikään johtava komponentti saa yltää puomin suuntaisesti ohi koronarenkaan, missään puomin asennossa. Koronarengas on suunniteltava niin, ettei sitä voida asentaa väärin päin. Jännitetestin aikana koronarenkaasta ei saa lähteä näkyviä koronapurkauksia, jotka vaikuttavat eristävään järjestelmään. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 16.)



Kuva 5. Esimerkki koronarenkaasta (Bronto Skylift, 2018)

## Vuotovirtamittauksen suojaus häiriöiltä

Eristävillä nostolavalaitteilla, jotka on varustettu koronarenkaalla, tulee olla vuotovirran mittaussjärjestelmä, joka on suojattu johtavalla suojalla. Tämä suojaa mittaussjärjestelmää kapasitiivisilta vaikutuksilta, joilla tarkoitetaan jostain ulkoisesta sähköistetyistä kohteesta aiheutuvia vaikutuksia, jotka voivat vääristää järjestelmän mittaustuloksia. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 16.)

## Alustan eristys

Kategorian A laitteessa voi olla alustan eristysjärjestelmä, mikäli laite on suunniteltu muutettuna toimimaan myös alempien kategorioiden vaatimukset täyttävissä töissä. Kategorian A laitteella "bare hands" töitä tehdessä, alustan eristys pitää ohittaa. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 17.)

## Ylemmät ohjaimet

Ylempien ohjainten sähköä johtavat komponentit pitää yhdistää samaan potentiaaliin kategorian A laitteissa (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 17).

## 5.1.2 Eristävyytestaus ja sertifiointi

### Suunnittelu- ja pätevyystestaus

Valmistajan on testattava prototyyppilaitte varmistaakseen laitteen toimivuus suunnitellussa jännitetyypissä ja jännitteen vahvuudessa. Jokainen eristetty laite pitää testata standardissa määritellyin testitoimenpitein, joilla varmistetaan tuotetun laitteen vaatimuksenmukaisuus. Standardissa on annettu muutamia esimerkkiarvoja eri suunnittelujännitteille ja laskukaavat testijännitteille, mikäli suunniteltu käyttöjännite poikkeaa esimerkkiarvoista. Testissä laite altistetaan määrätyn ajaksi suunnittelujännitteen mukaan eri jännitteille. Altistuksen aikana vuotovirtaa mitataan ja sen pitää olla määriteltyjen rajojen

sisällä. Vaihtovirta- ja tasavirtatestit eroavat arvoiltaan. Jos laitetta muokataan testin jälkeen, niin testin tulos ei ole enää validi. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 18.) Pätevyydestä tulee dokumentoida testin suorittajan toimesta, ja sertifioitu raportti on toimitettava ostajalle pyydettyäessä (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 22).

Pätevyydestäuksen toimenpiteet:

1. Kaikki johtava materiaali on yhdistettävä toisiinsa työskentelytasolla.
2. Johtamattomaan työtasoon on lisättävä johtava pinta ja yhdistettävä muihin komponentteihin.
3. Vuotovirtamittarin toimivuus todettava, korjattava jos ei toimi oikein.
4. Hydraulikkaletkujen on oltava täynnä öljyä ennen testausta.
5. Alipaineen rajoitusjärjestelmä on silmämääräisesti tarkastettava ennen testiä.
6. Jatkuvuus nivelten yli on varmistettava ennen testiä.
7. Alustan eristys on ohitettava, mikäli sellainen on asennettu.
8. Ajoneuvon alusta tai testialusta on maadoitettava.
9. Vuotovirtamittari on kytkettävä suojattuun mittakaapeliin ja maadoitettava.
10. Puomit ajettuna mahdollisimman lyhyeksi. Alempi varsi pystyy ja eristetty varren osa vaakatasoon.
11. Testijännite pitää olla oikea, riippuen onko kyseessä AC- ja/tai DC-testi.
12. Lopullinen vuotovirta pitää dokumentoida.  
(ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 18.)

Määräaikaiset testit

Jokainen laite on testattava määräajoin, jotta varmistutaan, että eristävydessä ei ole tapahtunut muutoksia. Määräaikaistesti tulee dokumentoida sen suorittajan toimesta, ja sertifioitu raportti tulee toimittaa omistajalle pyydettyäessä. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 22.)

Määräaikaistestäuksen toimenpiteet:

1. Kaikki johtava materiaali on yhdistettävä toisiinsa työskentelytasolla.

2. Johtamattomaan työtasoon on lisättävä johtava pinta ja yhdistettävä muihin komponentteihin
3. Alipaineen rajoitusjärjestelmä on silmämääräisesti tarkastettava ennen testiä.
4. Vuotovirtamittarin toimivuus todettava, korjattava jos ei toimi oikein.
5. Hydrauliiikkaletkujen on oltava täynnä öljyä ennen testausta.
6. Jatkuvuus nivelten yli on varmistettava ennen testiä.
7. Alustan eristys on ohitettava, mikäli sellainen on asennettu.
8. Ajoneuvon alusta on maadoitettava.
9. Vuotovirtamittari on kytkettävä ja maadoitettava.
10. Puomit ajettuna mahdollisimman lyhyeksi. Alempi varsi pystyy ja eristetty varren osa vaakatasoon.
11. 1 Seuraavista testeistä on suoritettava:
  - (a) AC testi soveltuvan laiteluokituksen mukaan.
  - (b) DC testi soveltuvan laiteluokituksen mukaan.
  - (c) Ennen käyttöä, alusta maadoitettuna, eristetty puomi voidaan nostaa korkeajännitelinjalle, jonka jännite vastaa työskentelyjännitettä tai on sitä suurempi, mutta ei kuitenkaan suurempi kuin mille laite on testattu.
12. Testijännite ja lopullinen vuotovirta on dokumentoitava. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 19–20.)

### Ennen käyttöä-testit

Jokainen kategorian A laite testataan ennen käyttöä ajamalla tyhjä työskentelyalusta kiinni jännitteeseen kohteeseen 3 minuutin ajaksi. Tuona aikana vuotovirran pitää pysyä sallituissa rajoissa. Vaihtovirralla ja tasavirralla on määritetty eri arvot sallitulle vuotovirralla. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 17.)

### Testidokumentaatio

Testisertifikaatista pitää löytyä vähintään seuraavat tiedot:

1. yrityksen nimi
2. Merkki, malli ja laitteen sarjanumero
3. Käyttökategoria
4. Määritetty käyttöjännite
5. Pätevyys- / määräaikaistesti
6. Testin tyyppi (AC/DC)
7. Testissä käytetty jännite
8. Lopullinen vuotovirta

9. Päiväys
10. Allekirjoitus  
(ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 22.)

## Testivälineet ja -jännite

Testivälineiden tulee täyttää IEEE 4–2013-standardin vaatimukset. Testin RMS arvo tulee mitata maksimissaan 3 % epävarmuudella. Vuotovirran RMS arvo saa vaihdella maksimissaan 5 %. Testijännite saa vaihdella maksimissaan +/- 3 % määritellyistä arvoista. (ANSI/SAIA A92.2:2021, 2021, s. 22.)

## 5.2 IEC 61057-2017

Kansainvälinen IEC 61057-2017-standardi pätee liikuteltavalle alustalle asennettuihin nostolaitteisiin, joita käytetään työskentelyyn jännitteellisissä kohteissa, joiden nimellijännite ylittää 1000 V (RMS) 45–65 Hz:n vaihtovirran (AC), tai 1500 V tasavirran (DC). Standardi vaatii käytettäväksi täydentävänä standardina ISO-16368 tai vaihtoehtoisesti Euroopassa EN-280 (IEC 61057:2017,2017, s. 9). EN-280 ja ISO-16368 sisältävät vaatimuksia kaikenkokoisille ja -tyyppisille nostolavalaitteille, joten niiden sisältöä ei käsitellä tässä työssä (EN-280-1:2022. 2022; ISO16368:2010, 2010). Lisäksi standardissa mainitaan hydraulikkaletkujen vaatimuksia määrittelevät standardit SAE J517 ja SAE J343, joita ei käsitellä tässä työssä. (SAE J517, 2020; SAE J343, 2023). Alla on kuvattu IEC 61057-2017-standardin sähköistykseen liittyvät vaatimukset pääpiirteittäin.

### 5.2.1 Ohjausjärjestelmä

#### Aktivointi ja operointi

Vaatimuksen mukaan ohjausliikkeiden tulee olla hetkellisiä, eli liikettä saa tapahtua vain sen aikaa, kun liikettä vastaava vipua väännetään, ja ohjaus

vivun on palauduttava neutraaliin asentoon siitä irti päästettäessä. Ohjauslaitteissa on otettava huomioon ympäristön vaikutukset, kun työskennellään jännitteisessä ympäristössä. Ohjaimien tulee olla selkeästi merkittyjä ja suojattuja. (IEC 61057:2017,2017, s. 22.)

### Ohjauspaikat

Eristetyssä nostolavalaitteessa tulee olla vähintään kaksi ohjauspaneelia. Ylempien ohjainten on oltava työkorissa, ja alempien tulee olla sijoitettuna niin, että mahdollisessa läpilyöntitilanteessa alempien ohjainten käyttäjä ei ole sijoittunut siten, että sähkövirta pääsee kulkemaan ohjauspaikan läpi. Alempien ohjainten yhteydessä tulee olla ohjauspaikan valitsin, jolla voidaan määrätä ohjaus joko alas tai työkoriin. Alaohjauksen ollessa valittuna, pitää alhaalta tapahtuvien ohjausten ohittaa kaikki työkorista annetut ohjaukset, jotka koskevat puomin liikkeitä. Toimivassa ohjausjärjestelmässä työkorista tapahtuva ohjaus ei saa estää alaohjauksen käyttöönottoa ja normaalia toimintaa. Mikäli ohjauspaneeleita on enemmän kuin kaksi, ohjauksen on oltava mahdollista vain yhdeltä ohjauspaneelilta kerrallaan, ja alaohjauspaneelin valinta ohittaa muut ohjauspaneelit. (IEC 61057:2017,2017, s. 23.)

### Hätäpysäytys

Hätäpysäytys on toteutettava standardin ISO-13850 mukaan, joka määrittelee yleisesti koneiden hätäpysäytystoiminnalle toiminnalliset periaatteet ja suunnitteluvaatimukset (SFS-EN ISO 13850:2015, 2015). Jokaisella ohjauspaikalla on oltava keino suorittaa hätäpysäytys. Sen on lukkiuduttava pysäyttävään asentoon, ja se on merkittävä pysyvästi siten, että sen käyttötarkoitus on selvä. Alaohjauspaneelin ohjauspaikan valitsinta voidaan käyttää hätäpysäytys-toimintoon, jos se toimii edellä mainittujen vaatimusten mukaan. (IEC 61057:2017,2017, s. 23.)

### Tukijalkojen ohjaus

Tukijalkojen tahaton on liike estettävä, esimerkiksi ohituskytkimellä.

Järjestelmä on suunniteltava siten, että puomia ja tukijalkoja ei voida ajaa samaan aikaan. Tukijalkoja ajamisen tulee olla estetty, jos puomi ei ole kuljetusasennossa, ja puomin liikuttaminen tulee olla estetty, mikäli tukijalat eivät ole ulkona. Edellä mainituille voi olla olemassa keino hetkelliseen ohitukseen, mutta ohituksen on mentävä pois päältä automaattisesti. Alustan kallistumaa on pystyttävä monitoroimaan. Laite, jossa alustan kallistumaa hallitaan tukijaloin, on kallistuman määrä oltava havaittavissa jokaiselta tukijalkojen ajopisteeltä. (IEC 61057:2017,2017, s. 24–25.)

#### Radion ja optisten kaapeleiden valvonta

Radion ja optisten kaapeleiden viestintä on varmistettava lähettimen ja vastaanottimen välillä (IEC 61057:2017,2017, s. 24).

#### Päävirran katkeaminen ja järjestelmän vikaantuminen

Kaiken liikkeen on pysähdyttävä päävirran katketessa. Uudelleen käynnistyessä tai päävirran palatessa mikään liike ei saa uudelleen kytkeytyä ilman operaattorin tekemää uutta ohjausliikettä. (IEC 61057:2017,2017, s. 24.)

Järjestelmän vikaantumisen palautumisen on tapahduttava hallitusti. Laite on kyettävä ajamaan turvalliseen tilaan, mikäli laitteen pääasiallinen voimallähde hajoaa tai operaattori ei kykene toimimaan. Tätä varten on oltava esim. käsipumppu tai varavoiman lähde. On varmistettava, että laite saadaan ajettua sellaiseen asentoon, että työkorista on turvallista poistua. (IEC 61057:2017,2017, s. 24.)

#### Turvatoimintojen ohitus

Turvatoimintojen ohitus tulee olla kielletty normaali- tai pelastusolosuhteissa, mutta mikäli turvatoimintoja joudutaan ohittamaan, se on tehtävä valmistajan määrittelemien toimenpiteiden mukaisesti. Turvatoimintojen ohitus huolto- tai testausolosuhteissa on tehtävä valmistajan suositusten mukaan. (IEC 61057:2017,2017, s. 82.)

## 5.2.2 Sähköjärjestelmän vaatimukset

### Eristysjärjestelmät

Kaikkien komponenttien, jotka kulkevat eristetyn puomin matkalla, on oltava eristävyydeltään riittäviä puomin suunniteltuun käyttöjännitteeseen nähden. Eristävyyden on pysyttävä samana kaikissa valmistajan määrittelemissä asennoissa. Kaikkien komponenttien olla tulee suunniteltu niin, että ne estävät veden ja muiden epäpuhtauksien kertymisen eristävän puomin matkalle. Eristävän puomin rajat on selvästi merkittävä siten, että ne ovat operaattorin nähtävissä. Eristäviksi merkittyjen osien on oltava selvästi erillään johtavista ulkoisista ja sisäisistä komponenteista. (IEC 61057:2017,2017, s. 25.)

## 5.2.3 Eristävät puomit

### Avoimet ontot puomit

Avoimet ontot puomit on valmistettava niin, että niiden sisusta pystytään puhdistamaan, kuivaamaan ja tarkistamaan. Tarkastus voidaan tehdä esimerkiksi endoskoopilla. (IEC 61057:2017,2017, s. 25.)

### Tiiviit ontot puomit

Tiiviit ontot puomit on varustettava järjestelmällä, joka estää pölyntymisen ja pitää ilman kosteuden sopivalla tasolla (IEC 61057:2017,2017, s. 25).

### Hydrauliikka- ja pneumatiikkaletkut sekä optiset kaapelit

Johtamattomien letkujen tulee noudattaa standardeja SAE J343 ja SAE J517. Eristävien letkujen, jotka ylittävät eristävän puomin ulkokautta, tulee noudattaa edellä mainittuja SAE-standardeja. Lisäksi nämä letkut on selvästi merkittävä

eristäviksi letkuiksi. Letkuissa kulkeva neste on oltava sellaista, että se ei vaaranna eristävyttä. Pneumatiikkalinjojen ja optisten kaapelien on oltava eristäviltä ominaisuuksiltaan hydraulikkalinjojen kaltaisia. (IEC 61057:2017,2017, s. 26.)

#### Komponenttien potentiaalintasaus

Kaikki työtason johtavat komponentit, kuten venttiilit, ohjaimet ja koronarengas, on yhdistettävä samaan potentiaaliin, jos laitetta käytetään ”Bare hands” työskentelyyn. Jännitteisten johtimien käsittelyyn käytettävien kiinteiden välineiden on oltava eristäviltä ominaisuuksiltaan suunniteltuun jännitteeseen soveltuvia, ja ne tulee merkitä selvästi. (IEC 61057:2017,2017, s. 26–27.)

#### Vuotovirran mittaus

”Bare hands” työskentelyyn tarkoitetussa laitteissa tulee olla kiinteä vuotovirran mittausjärjestelmä. Puomin alapäässä on oltava johtavat pannat, jotka kiertävät puomin sisä- ja ulkopuolelta vähintään 70 millimetrin etäisyydellä metallisesta puomin osasta. Kaikki puomin läpi kulkevat komponentit on liitettävä ilmatiiviin puomin alapään päätylaipioon johtavilla liittimillä, joista voidaan jokaisesta erikseen mitata vuotovirtaa ja yksilöidä vuotovirran lähde. Vuotovirran mittaukseen käytettävien kaapelien on oltava häiriösuojattuja. Koronarengas varustetut eristävät puomit on varustettava myös puomin alapäähän asennettavalla johtavalla suojalla, joka suojaa vuotovirran mittausjärjestelmää häiriöiltä. Mittausjärjestelmän tulee kestää tilanteet, joissa suurjännitteeseen liittyminen tai siitä irrottautuminen aiheuttaa äkillisen virtapiikin. (IEC 61057:2017,2017, s. 27–31.)

#### Jännitteenohjauselektrodi eli koronarengas

Jännitteenohjauselektrodi eli koronarengas on asennettava eristävän puomin yläpähän, mikäli testeissä havaitaan sellaiselle tarve. Yleensä tarve ilmenee, jos laite on suunniteltu käytettäväksi yli 138 kV:n jännitteessä. Koronarengas on suunniteltava niin, että se on vaikea asentaa väärin päin, tai asennussuunta

on merkittävä siihen selkeästi. Koronailmiöt eivät saa aiheuttaa vahinkoa eristäville osille. Kaikki johtavat työkorin komponentit on yhdistettävä koronarenkaaseen. Mikään johtava komponentti ei saa ulottua koronarenkaan ohi alapäin, missään puomin asennossa. (IEC 61057:2017,2017, s. 31.)

#### Alustan maadoitus ja eristyksen ohitus

”Bare hands” työskentelyyn tarkoitetuissa laitteissa pitää olla keino maadoittaa alusta ja runko. Maadoituksen on kestettävä mahdollinen oikosulkutilanne työskenneltävän linjan ja maan välillä. Vähimmäisvaatimuksena on maadoitustappi ja maadoituskaapeli puristimella, jonka vikavirtakestoisuus on vähintään 43 kiloampeeria (kA) 15 syklin ajan. Laitteissa on oltava keino ohittaa alustan eristysjärjestelmä, jos sellainen on asennettu. (IEC 61057:2017,2017, s. 31–32.)

#### 5.2.4 Eristävyytestaus

Testausta edeltävät toimenpidevaatimukset, testikriteerit ja -arvot ovat samat kuin edellä käsitellyssä ANSI 92.2-2021-standardissa. (IEC 61057:2017,2017, s. 52)

#### 5.3 CSA225-20

CSA225-20 on kanadalainen standardi, joka määrittelee vaatimuksia ajoneuvoalustaisille nostolaitteille (CSA225-20, 2020). Standardin sähköistykseen liittyvät vaatimukset ovat lähes samat kuin ANSI 92.2-standardin vaatimukset. Standardien vaatimuksissa on niin vähäisiä eroja, että niiden esiin tuomista ei koettu oleelliseksi tässä työssä.

## 6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyössä tutkittiin eristetyn nostolavalaitteen sähköistykseen liittyviä standardeja. Tavoitteena oli selvittää toimeksiantajayrityksen uudistettavaa laitemallia koskevat standardit ja vaatimukset. Tutkimukseen otettiin mukaan toimeksiantajan jo tiedossa olevat laitetyyppiin liittyvät standardit, jonka lisäksi selvitettiin mahdollisia muita laitetyyppiä koskevia standardeja, mutta niitä ei löydetty.

Kaikki tutkitut standardit olivat englanninkielisiä, ja tarkoituksena oli selvittää niiden keskeisin sisältö suomeksi. Tarkoitus ei kuitenkaan ollut kääntää standardeja sanatarkkaan, vaan hahmottaa millaisia vaatimuksia niissä on. Tämän työn tarkoitus ei ole korvata tutkittuja standardeja, vaan helpottaa alkuperäisten standardien käyttöä, ja auttaa hahmottamaan sähköjärjestelmää suunnittelun alkuvaiheessa. Tarkoituksena oli selvittää esimerkiksi millaisia toiminnallisuuden ja komponentteihin liittyviä vaatimuksia standardeissa on mainittu. Vaatimuksia tutkittiin toimeksiantajan valmistaman laitteen näkökulmasta, ja muunlaisiin laitteisiin liittyvät vaatimukset poissuljettiin tutkimuksesta.

Suurin osa tässä työssä tutkittujen standardien vaatimuksista määrittelee laitteen turvallisuuteen liittyviä asioita, koska tämän tyyppisillä laitteilla työskennellään kohteissa, joissa virheet ja väärät toimintatavat voivat aiheuttaa hengenvaaran työkorissa ja maanpinnalla laitteen läheisyydessä. Standardeissa määriteltiin eristävälle puomille melko tarkat vaatimukset, josta voidaan päätellä, että tietyt ominaisuudet ovat todettu varmasti toimiviksi, eikä niiden toteutukseen anneta juurikaan suunnitteluvapauksia. Vaatimukset, jotka eivät suoraan liittyneet eristävyyteen, kuvaavat vaadittuja toiminnallisuuksia, joiden toteuttaminen voidaan tehdä valmistajan parhaaksi näkemällä tavalla. Tutkitut standardit ovat sisällöltään hyvin samankaltaisia, joka kertoo kansainvälisestä yhteistyöstä standardointijärjestöjen välillä. Kansainvälisen ja Pohjois-Amerikkalaisten standardien suurimpana erona on, että Pohjois-Amerikassa sama standardi, joka on lajiteltu eri luokkiin, pätee myös perinteisiin eristämättömiin nostolavalaitteisiin, kun taas Euroopassa eristetyille nostolavalaitteille on omat

vaatimukset perinteisten vaatimusten lisäksi. Eristetyn laitteen vaatimukset myös osittain korvaavat perinteisten laitteiden vaatimuksia, jotta tietyt toiminnallisuudet voidaan toteuttaa turvallisesti.

Opinnäytetyötä tehdessäni perehdyin ensimmäistä kertaa kunnolla erilaisiin standardeihin, ja siihen millaisella tyylillä ne on kirjoitettu. Opinnäytetyön tekeminen lisäsi ymmärrystäni standardien merkityksestä laitetta suunniteltaessa tai uudistettaessa. Standardien vaatimukset voivat määritellä hyvinkin tarkasti suunnittelussa huomioitavia asioita. Lisäksi tulee huomioida laitteen suunniteltu käyttömaa, koska eri alueilla käytettävissä standardeissa on eroavaisuuksia. Tutkimuseettiset periaatteet on huomioitu opinnäytetyötä tehdessä. Olen opinnäytetyötä tehdessäni pyrkinyt huolellisuuteen ja tarkkuuteen lähteitä käyttäessäni. Tutkitut standardit ovat maksullisia, ja toimeksiantaja on ne yrityksen käyttöön ostanut. Toimeksiantajayritys on vakituinen työnantajani, joten minulla oli oikeus käyttää yrityksen ostamia standardeja.

Opinnäytetyötä ja sen liitteenä olevaa dokumenttia voidaan hyödyntää vaatimustenmukaisuutta tarkasteltaessa sekä perehdytettäessä sähkösuunnitteli-joita kyseiseen laitetyyppiin. Toimeksiantajalle tehtyä dokumenttia voidaan käyttää helpottamaan ja nopeuttamaan standardien käyttöä suunnittelutyössä.

## LÄHTEET

ANSI. (2023). ANSI History. Haettu 6.12.2023 osoitteesta <https://ansi.org/about/history>

ANSI/SAIA A92.2:2021. (2021). Vehicle-mounted elevating and rotating Aerial devices. American National Standards Institute, Scaffold & Access Industry Association <https://webstore.ansi.org/standards/sia/ansisaiaa922021>

Bronto Skylift. (2023a). Bronto SI-HDT-C – Insulated aerial platforms. Haettu 29.10.2023 osoitteesta <https://brontoskylift.com/product/bronto-si-hdt-c-insulated-access-platforms/>

Bronto Skylift. (2023b). Bronto Skyliftin eristetty nostolavalaitte voimalinjalla. [valokuva] <https://brontoskylift.com/media/>

Bronto Skylift. (2018). Bronto Skylift Insulated. Haettu 20.11.2023 osoitteesta [https://brontoskylift.com/wp-content/uploads/2019/04/bs\\_SI-HDT-C\\_A4\\_16s\\_16102019\\_SI\\_lowres.pdf](https://brontoskylift.com/wp-content/uploads/2019/04/bs_SI-HDT-C_A4_16s_16102019_SI_lowres.pdf)

CSA Group. (2023). Our Journey. Haettu 5.11.2023 osoitteesta <https://www.csagroup.org/about-csa-group/our-journey/>

CSA225-20. (2020). Vehicle-mounted aerial devices. Canadian Standards Association. <https://www.csagroup.org/store/product/2427457/>

IEC. (2023a). How & why the IEC was started. Haettu 24.11.2023 osoitteesta <https://www.iec.ch/history/how-why-iec-was-started>

IEC. (2023b). Understanding standards. Haettu 24.11.2023 osoitteesta <https://www.iec.ch/understanding-standards>

IEC 61057:2017. (2017). Live working-Insulating aerial devices for mounting on a chassis. The International Electrotechnical Commission. <https://webstore.iec.ch/publication/26346>

IEEE 4-2013. (2013). IEEE Standard for High-Voltage Testing Techniques. <https://standards.ieee.org/ieee/4/4777/>

ISO. (2023). Developing standards. Haettu 29.10.2023 osoitteesta <https://www.iso.org/developing-standards.html>

Li, T., Lin, Q., & Chen, G. (2017). Live-line operation and maintenance of power distribution networks. John Wiley & Sons, Incorporated.

SAE J517. (2020). Hydraulic Hose. [https://www.sae.org/standards/content/j517\\_202007/](https://www.sae.org/standards/content/j517_202007/)

SAE J343. (2023). Test and Test Procedures for SAE 100R Series Hydraulic Hose and Hose Assemblies. [https://www.sae.org/standards/content/j343\\_202310/](https://www.sae.org/standards/content/j343_202310/)

Sesko. (2023). Sesko ry. Haettu 29.11.2023 osoitteesta [https://sesko.fi/sesko\\_ry/](https://sesko.fi/sesko_ry/)

SFS-EN ISO 12100:2010. (2010). Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. <https://online.sfs.fi>

SFS-EN ISO 13850:2015. (2015). Koneturvallisuus. Häätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet. <https://online.sfs.fi>

SFS. (n.d-a). Mitä standardi tarkoittaa? Haettu 15.11.2023 osoitteesta <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>

SFS. (n.d-b) Standardointi Suomessa ja maailmalla. Haettu 19.11.2023 osoitteesta <https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/standardointi-suomessa-ja-maailmalla/>

Your Europe. (15.11.2023). Standardointi Euroopassa. Haettu 29.10.2023 osoitteesta [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/standards/standards-in-europe/index\\_fi.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/standards/standards-in-europe/index_fi.htm)

## LIITE 1

**Eristetyn nostolavalaitteen standardit ja vaatimukset****ANSI A92.2-2021**

Täydentävät standardit: SAE J517, IEEE 4-2013

<b>Std.Luku</b>	<b>Sisältö</b>
<b>4.3</b>	<b>Ohjausjärjestelmä</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Yleistä.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vähintään 2 ohjauspaikkaa (ylemmät ja alemmat) puomin ohjaukseen.</li> <li>• Neutraaliin tilaan palaavat ohjausvivut.</li> <li>• Lukituslaite (esim. jalkapoljin).</li> </ul>
<b>4.3.2</b>	<b>Ylemmät ohjaimet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Helppo pääsy ilman putoamissuojan irrotusta.</li> </ul>
<b>4.3.3</b>	<b>Alemmat ohjaimet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ohjaimille on oltava pääsy kaikissa puomin asennoissa.</li> <li>• Mahdollisuus ohittaa ylemmät ohjaimet.</li> </ul>
<b>4.3.5</b>	<b>Hätäpysäytys</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• On oltava kaikilla ohjauspaikoilla.</li> <li>• Lukkiuduttava pysäyttävään asentoon.</li> <li>• Pysäyttää työkorista tapahtuvat ohjaukset.</li> <li>• Alaohjaimilla olevaa työkorinohjauksen ohitus (ohjauspaikan valinta) kytkintä voidaan käyttää hätäpysäytys keinona, jos selkeästi sellaiseksi merkitty ja toimii hätäpysäytyksen vaatimalla tavalla.</li> </ul>
<b>4.3.6</b>	<b>Tukijalkojen ohjaus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahaton käyttö estettävä.</li> <li>• Ohjauspisteeltä on nähtävä liikutettava tukijalka.</li> </ul>
<b>4.3.7</b>	<b>Vinssi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ohjaus ylä- ja alaohjaimilta.</li> <li>• Alhaalta voidaan ohittaa ylemmät ohjaimet.</li> </ul>
<b>4.3.8</b>	<b>Työkorin kallistus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 asteen vaihtelu sallittu liikkeiden aikana.</li> <li>• Manuaalinen säätö sallittu, mutta kallistus ei saa olla suurempi kuin normaaleissa puomin liikkeissä.</li> </ul>
<b>4.3.9</b>	<b>Ohjelmoidut /automaattiset liikkeet</b>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pääasiallinen ohjain (joystick, vipu, kytkin) vapautettuna sallittu, lukituslaitteen(jalkapoljin) ollessa painettuna. Jos lukituslaite vapautuu, liike pysähtyy.</li> </ul>
<b>4.5.4</b>	<b>Alustan kallistusanturit</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alustan kallistuksen määrä on pystyttävä mittaamaan.</li> </ul>
<b>4.5.5</b>	<b>Tukijalkojen ja puomin ajo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ristiin lukittava.</li> <li>• Puomin ajo estettävä ennen kuin tukijat ovat ajettu paikoilleen.</li> </ul>
<b>4.5.6</b>	<b>Akselilukko</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nostettava akseli on lukittava ennen puomin liikkeitä.</li> </ul>
<b>4.5.8</b>	<b>Pysäköintijarru</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oltava kytkettynä ennen puomin liikkeitä.</li> </ul>
<b>8.5.2</b>	<b>Turvatoimintojen ohitus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turvatoimintojen ohitustavat suunniteltava käytönaikaiset riskit minimoiden.</li> <li>• Ohitus on kiellettävä normaalikäytössä.</li> </ul>
<b>5.</b>	<b>Sähköistys</b>
<b>5.1.2.1</b>	<b>Kategoria A-laitteet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• "Bare hands" työskentelyyn suunnitellut laitteet.</li> <li>• Työkorin komponentit on yhdistettävä samaan potentiaaliin.</li> <li>• Koronarengas yli 138kV jännitteelle suunnitellut laitteet.</li> <li>• Puomi on ensisijainen eristysväline.</li> </ul>
<b>5.2.1</b>	<b>Eristys menetelmät</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eristävän osan matkalla kulkevat komponentit pitää olla eristävyydeltään riittäviä suunnittelujännitteeseen nähden.</li> <li>• Eristävyyden pysyttävä samalla tasolla kaikissa puomin asennoissa.</li> </ul>
<b>5.2.1.1</b>	<b>Eristävät hydraulikkaletkut</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eristävän osan matkalla pitää täyttää standardin <b>SAE J517</b> vaatimukset.</li> </ul>
<b>5.2.3</b>	<b>Vuotovirran mittaus</b>
<b>5.2.3.1</b>	<b>Johtavat pannat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Johtavat pannat eristävän puomin ympärillä sisä- ja ulkopuolella. Min. 50 mm alapään metallisesta puomin osasta.</li> </ul>
<b>5.2.3.2</b>	<b>Johtavat liittimet päätylaipioon</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulikkaletkut</li> <li>• Pneumatiikkaletkut</li> <li>• optiset kaapelit</li> </ul>
<b>5.2.3.3</b>	<b>Vuotovirran lähde on pystyttävä paikantamaan.</b>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pannat, letkut, kaapelit ja muut komponentit, jotka kulkevat eristävän puomin läpi.</li> <li>• Mittakaapelit on suojattava häiriöiltä ja hydraulikkaletkujen vaikutuksilta.</li> </ul>
<b>5.2.4.1</b>	<p><b>Koronarengas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asennetaan eristävän puomin yläpäähän.</li> <li>• Asennus suunnan on oltava selkeä.</li> <li>• yhdistettävä samaan potentiaaliin työtason johtavien komponenttien kanssa.</li> <li>• Työtason johtavat komponentit eivät saa ulottua ohi koronarengaan, missään puomin asennossa.</li> </ul>
<b>5.2.4.2</b>	<p><b>Johtavat suojat</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puomia kiertävien pantojen suojaksi on asennettava sähköisten häiriöiden suoja.</li> </ul>
<b>5.2.5</b>	<p><b>Alustan eristys</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A-kategorian laitteessa voi olla alustan eristysjärjestelmä, mikäli se on suunniteltu käytettäväksi, muutettuna, myös alempien kategorioiden vaatimukset täyttävissä töissä.</li> <li>• "Bare hands" töissä ohitettava.</li> </ul>
<b>5.2.6</b>	<p><b>Ylemmät ohjaimet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Johtavat komponentit kytkettävä samaan potentiaaliin muiden työtason komponenttien kanssa.</li> </ul>
<b>5.3</b>	<p><b>Sähköiset testit</b></p>
<b>5.3.1 ja 5.4.2.1</b>	<p><b>Suunnittelutestaus (Prototyypille)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valmistajan on testattava prototyypilaitte varmistaakseen laitteen toimivuus suunnitellussa jännitetyypissä ja jännitteen suuruudessa.</li> <li>• Vaihtovirta- ja tasavirtatestit eroavat arvoiltaan.</li> </ul> <p>Testauksen toimenpiteet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kaikki johtava materiaali on yhdistettävä toisiinsa työkentelytasolla.</li> <li>2. Johtamattomaan työtasoon on lisättävä johtava pinta ja yhdistettävä muihin komponentteihin.</li> <li>3. Vuotovirtamittauksen toimivuus todettava, korjattava jos ei toimi oikein. (johtimien jatkuvuus)</li> <li>4. Hydraulikkaletkujen on oltava täynnä öljyä ennen testausta.</li> <li>5. Hydraulikan alipaineen rajoitusjärjestelmä on silmämääräisesti tarkastettava ennen testiä.</li> <li>6. Jatkuvuus niveltä yli on varmistettava ennen testiä.</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Alustan eristys on ohitettava, mikäli sellainen on asennettu.</li> <li>8. Ajoneuvon alusta tai testialusta on maadoitettava.</li> <li>9. . Vuotovirtamittari on kytkettävä suojattuun mittakaapeleihin ja maadoitettava</li> <li>10. Puomit ajettuna mahdollisimman lyhyeksi. Alempi varsi pystyyn ja eristetty varren osa vaakatasoon.</li> <li>11. Standardin testi kriteerejä noudatettava, riippuen onko kyseessä AC- ja/tai DC-testi.</li> <li>12. Lopullinen vuotovirta pitää dokumentoida.</li> </ol>
5.3.2	<p><b>Pätevyystestaus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jokainen laite on testattava kohdan 5.4.2 mukaisesti.</li> <li>• Mikäli laitetta on muokattu testin jälkeen, ei testi enää päde vaan se on suoritettava uudelleen.</li> <li>• Pätevyys testi tulee dokumentoida testin suorittajan toimesta ja sertifioitu raportti on toimitettava ostajalle pyydettyessä.</li> </ul> <p>Testi sama kuin suunnittelutestauksessa.</p>
5.3.3.	<p><b>Määräaikaistestaus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suoritettava kohdan 5.4.3 mukaisesti, määräajoin.</li> <li>• Testataan eristävyiden pysyminen suunnitellulla tasolla.</li> <li>• Määräaikaistesti tulee dokumentoida sen suorittajan toimesta ja sertifioitu raportti tulee toimittaa ostajalle pyydettyessä.</li> </ul> <p>Testauksen toimenpiteet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kaikki johtava materiaali on yhdistettävä toisiinsa työkentelytasolla.</li> <li>2. Johtamattomaan työtasoon on lisättävä johtava pinta ja yhdistettävä muihin komponentteihin.</li> <li>3. Vuotovirtamittarin toimivuus todettava, korjattava jos ei toimi oikein.</li> <li>4. Hydraulikkaletkujen on oltava täynnä öljyä ennen testausta.</li> <li>5. Hydrauliiikan alipaineen rajoitusjärjestelmä on silmämääräisesti tarkastettava ennen testiä.</li> <li>6. Jatkuvuus nivelten yli on varmistettava ennen testiä.</li> <li>7. Alustan eristys on ohitettava, mikäli sellainen on asennettu.</li> <li>8. Ajoneuvon alusta tai testialusta on maadoitettava.</li> <li>9. Vuotovirtamittari on kytkettävä suojattuun mittakaapeleihin ja maadoitettava</li> </ol>

	<p>10. Puomit ajettuna mahdollisimman lyhyeksi. Alempi varsi pystyyn ja eristetty varren osa vaakatasoon.</p> <p>11. Standardin testi kriteerejä noudatettava, riippuen onko kyseessä AC- ja/tai DC-testi.</p> <p>12. Lopullinen vuotovirta pitää dokumentoida.</p>
<b>5.3.4</b>	<b>Ennen käyttöä testaus</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• 5.4.3.1(11)(c), 5.4.3.1(11)(d), 5.4.3.2(5)(c)</li><li>• Ajetaan tyhjänä kiinni linjaan ja mitataan vuotovirta.</li></ul>

**IEC 61057-2017**

Täydentävät Standardit: EN-280, ISO-16368, ISO-13850, SAE J343 ja SAE J517

<b>Std.Luku</b>	<b>Sisältö</b>
<b>5.1</b>	<b>Ohjausjärjestelmä</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Aktivointi ja operointi (korvaa ISO-16368 vastaavan kohdan)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutraaliin tilaan palaavat ohjausvivut.</li> <li>• Lukituslaite (esim. jalkapoljin).</li> <li>• Otettava huomioon jännitteinen ympäristö ja sen tuomat vaatimukset, kuten komponenttien potentiaalinen taseus.</li> </ul>
<b>5.1.2</b>	<b>Ohjauspaikat (korvaa ISO-16368 vastaavan kohdan)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vähintään 2 ohjauspaikkaa. yksi työkorissa ja toinen alhaalla.</li> <li>• Alempi ohjauspaneeli sijoitettu niin, että läpilyöntitilanteessa sähkövirta ei kulje ohjauspaikan läpi.</li> <li>• Ohjauspaikan valitsin pitää löytyä alemmalta ohjauspaneelilta, joka ohittaa tarpeen vaatiessa muut ohjauspaikat.</li> </ul>
<b>5.1.3</b>	<b>Hätäpysäytys (korvaa ISO- 16368 vastaavan kohdan)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jokaisella ohjauspaikalla on oltava keino suorittaa hätäpysäytys.</li> <li>• Alaohjauspaikan hätäpysäytyspainike voi olla myös työkorin ohjauspaikan ohituspainike, mikäli se suorittaa hätäpysäytykseen vaadittavat asiat.</li> <li>• Hätäpysäytys on toteutettava standardin <b>ISO-13850</b> mukaan.</li> </ul>
<b>5.1.4</b>	<b>Tukijalkojen ohjaus (korvaa ISO- 16368 vastaavan kohdan)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahaton liike estettävä esimerkiksi valintakytkimellä.</li> <li>• Tukijalkojen ja puomin ajo samaan aikaan on oltava estetty.</li> <li>• Tukijalkojen ajo sisään estettävä, jos puomi ei ole kuljetus asennossa. Tämä voidaan joissain tapauksissa hetkellisesti ohittaa, mutta ohituksen on poistuttava käytöstä automaattisesti.</li> </ul>
<b>5.1.5</b>	<b>Radion ja optisten kaapeleiden viestintä</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lähettäjän ja vastaanottajan viestit varmennettava.</li> </ul>
<b>5.2</b>	<b>Päävirran katkeaminen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liikkeiden on pysähdyttävä.</li> <li>• Uudelleen käynnistyessä ei saa jatkaa katkennutta liikekäskyä.</li> </ul>
<b>5.3</b>	<b>Vikaantumisesta palautuminen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tapahduttava hallitusti.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laite on kyettävä ajamaan turvalliseen tilaan varavoimanlähteellä tai käsipumpulla, jos pääasiallinen voimanlähde hajoaa tai ohjaaja menettää toimintakyvyn.</li> </ul>
<b>5.5</b>	<p><b>Alustan kallistuman mittaus (ISO-16368, kohta 4.3.2 pätee paitsi vaatimukset tyypille 2 ja 3)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kallistumaa on pystyttävä monitoroimaan.</li> <li>• kallistuman määrä on oltava luettavissa kaikilta tukijalkojen ohjauspisteiltä.</li> </ul>
<b>5.7</b>	<p><b>Sähköjärjestelmä</b></p>
<b>5.7.1</b>	<p><b>Eristysjärjestelmät</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Komponenttien on oltava eristävydeltään riittäviä käyttöjännitteen suhteen.</li> <li>• Eristävyyden on pysyttävä samana kaikissa valmistajan määrittelemissä konfiguraatioissa.</li> <li>• Komponentit eivät saa kerätä vettä tai muita epäpuhtauksia eritetyn puomin matkalle.</li> <li>• Eristävien osien oltava selkeästi erillään johtavista komponenteista.</li> </ul>
<b>5.7.2.3</b>	<p><b>Tiiviit ontot puomit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varustettava järjestelmällä, joka estää pölyntymisen.</li> <li>• puomin sisäistä ilmankosteuteen on pystyttävä vaikuttamaan.</li> </ul>
<b>5.7.3 ja 5.7.5</b>	<p><b>Hydrauliikka- ja pneumatiikkaletkut ja optiset kaapelit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eristävien letkujen tulee noudattaa standardeja <b>SAE J343</b>, <b>SAE J517</b>, Riippumatta siitä kulkevatko ne sisä- vai ulkopuolella puomia.</li> <li>• Pneumatiikkaletkujen ja optisten kaapeleiden tulee olla ominaisuuksiltaan samankaltaisia hydrauliikkaletkujen kanssa.</li> </ul>
<b>5.7.4</b>	<p><b>Kiinteät työkalut</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jännitteisten linjojen käsittelyyn käytettävien kiinteiden työkalujen on oltava eristäviltä ominaisuuksiltaan suunniteltuun jännitteeseen soveltuvia ja selkeästi merkittyjä.</li> </ul>
<b>5.7.6</b>	<p><b>Komponenttien potentiaalintasaus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaikki johtavat komponentit eristävän puomin yläpuolella tulee yhdistää samaan potentiaaliin, jos laitetta käytetään "bare hands" työskentelyyn.</li> </ul>
<b>5.7.7</b>	<p><b>Vuotovirran mittaus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Johtavat pannat min.70 mm puomin alapään metallisesta osasta.</li> <li>• Puomin poikki kulkeville eristäville komponenteille johtavat liittimet päätylaipioon.</li> <li>• Vuotovirran lähde on pystyttävä yksilöimään.</li> <li>• Vuotovirranmittauskaapeleiden on oltava häiriösuojattuja.</li> <li>• Johtava suoja vuotovirranmittauksen häiriöitä poistamaan.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittausjärjestelmän tulee kestää suurjännitteeseen liittymisestä tai irtautumisesta aiheutuvat virtapiikit.</li> </ul>
<b>5.7.8</b>	<b>Jännitteenohjauselektrodi eli koronarengas</b>
<b>5.7.9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yleensä tarve, kun laite on suunniteltu yli 138 kV jännitteelle.</li> <li>• Suunniteltava niin, että mahdollisuus väärin asennukseen on minimoitu.</li> <li>• Koronarengas yhdistettävä työkorin ja sen johtavien komponenttien kanssa samaan potentiaaliin.</li> <li>• Johtavat komponentit eivät saa ulottua koronarengaan alapuolelle puomin suuntaisesti.</li> <li>• Koronailmiöt eivät saa aiheuttaa vahinkoa eristävillä materiaaleille.</li> </ul>
<b>5.7.11</b>	<b>Alustan maadoitus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pitää olla keino maadoittaa alusta</li> <li>• Vähimmäisvaatimuksena maadoitustappi ja maadoituskaapeli puristimella varustettuna.</li> </ul>
<b>5.11.4 (E8)</b>	<b>Turvatoimintojen ohitus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kiellettyä normaalissa toiminnassa.</li> <li>• Valmistaja määrittelee turvalliset toimenpiteet.</li> </ul>
<b>6.7</b>	<b>Valmiin laitteen sähköiset testit</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Testikriteerit ja -arvot samat kuin ANSI A92.2 Suunnittelu ja määräaikaistesteissä</li> </ul>