

# KAAPELEIDEN SPESIFIOIMINEN SÄHKÖISEN AJONEU- VOTEOLLISUUDEN TESTAUSJÄRJESTELMIIN

Tervonen Tauno-Tuukka

Opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2023

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Tauno-Tuukka Tervonen	<b>Vuosi</b>	2023
<b>Ohjaaja(t)</b>	DI Jaakko Etto		
<b>Toimeksiantaja</b>	Proventia Test Solutions		
<b>Työn nimi</b>	Kaapeleiden spesifioiminen sähköisen ajoneuvoteollisuuden testausjärjestelmiin		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	32 + 0		

---

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin kaapeleiden spesifioimiseen sähköisen ajoneuvoteollisuuden testausjärjestelmissä. Tavoitteena oli selvittää kaapeleiden ominaisuuksia vertailemalla, minkälaiset ominaisuudet ja standardit kaapeleiden tulee täyttää, jotta ne sopisivat toimeksiantajan käyttöön. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Proventia Oy:n Test Solutions liiketoimintayksikkö.

Työn tavoitteena oli tehdä vertailututkimus, jonka avulla spesifoidaan signaali- ja ohjauskaapelit, joita työntilaaaja käyttäisi tulevaisuudessa omissa ajoneuvojen testausjärjestelmissään. Syöttökaapeleiden spesifioiminen rajattiin työn ulkopuolelle, koska syöttökaapelit valitaan projektikohtaisesti mitoituksen ja ominaisuuksien perusteella. Kaapeleiden spesifionnilla helpotetaan sähkö- ja automaatio-suunnittelun sekä tuotannon työtä tulevaisuudessa.

Työn tuloksena saatiin toimeksiantajalle tiedot tarvittavien kaapeleiden ominaisuuksista ja hyväksynnöistä, joiden perusteella toimeksiantaja voi valita käyttöönsä tarvittavat kaapelit.

Avainsanat

testausjärjestelmät, kaapelointi, sähköinen ajoneuvoteollisuus

Electrical and Automation Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Tauno-Tuukka Tervonen	Year	2023
<b>Supervisor</b>	Jaakko Etto, MSc (Tech)		
<b>Commissioned by</b>	Proventia Test Solutions		
<b>Subject of thesis</b>	Specifying cables for testing systems in the electric vehicle industry		
<b>Number of pages</b>	32 + 0		

---

In this thesis, the specifying of cables for electrical vehicle test laboratories was studied. The goal was to find out the features of the cables by comparing which features and standards the cables must meet in order for them to be suitable for the client's use. The client of the thesis was Proventia Oy's Test Solutions business unit.

The goal of the thesis was to conduct a comparison study, which will help specify the signal and control cables that the client would use in the future in its own vehicle testing systems. The specifying of the supply cables was not in the scope of this study, as supply cables are selected project-specifically based on dimensions and characteristics. Cable specification will facilitate the work of electrical and automation design and production in the future.

As a result of the thesis, the client received information about the characteristics and approvals of the necessary cables, based on which the client can choose the cables needed for its use.

Key words                      test systems, cabling, electric vehicle industry

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 PROVENTIA OY .....	7
3 AJONEUVOJEN TESTAUSJÄRJESTELMÄT .....	9
4 TESTAUSJÄRJESTELMISSÄ KÄYTETTÄVÄT KAAPELIT JA JOHTIMET ..	12
4.1 Testausjärjestelmissä käytettävät kaapelit .....	12
4.2 Testausjärjestelmien johtimet .....	14
4.3 Testausjärjestelmien voima- ja ohjauskaapelit .....	16
4.4 Testausjärjestelmien signaalikaapelit .....	17
4.5 Testausjärjestelmien maadoitus- ja suojajohtimet .....	17
5 KAAPELI HYVÄKSYNNÄT .....	18
5.1 CE-merkintä .....	18
5.2 UKCA-merkintä .....	19
5.3 UL-merkintä .....	20
6 KAAPELEIDEN OMINAISUUKSIA .....	21
6.1 Halogeeni vapaa .....	21
6.2 UV-suojaus .....	21
6.3 Häiriösuojaus .....	22
6.4 Lämpötilan kesto .....	26
7 KAAPELEIDEN VERTAILU JA VALINTA .....	27
8 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	29
9 POHDINTA .....	30
LÄHTEET .....	31

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

PVC	polyvinyylikloridi
PE	polyeteeni
CE	Conformité Européene; tuote, joka täyttää EU:n direktiivit ja vaatimukset kyseiselle tuotteelle
UKCA	UK Conformity Assesment -merkki, jolla osoitetaan, että tuote vastaa Iso-Britannian markkinalla myytävien tuotteiden vaatimuksia
UL	Underwriters Laboratories, palo- ja turvallisuusstandardi Pohjois-Amerikan markkinoille, joka asettaa vaatimukset sähkölaitteille ja komponenteille

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on saada spesifioitua toimeksiantajan ajoneuvojen testausjärjestelmissä käytettävät kaapelit. Tämä työ valikoitui opinnäytetyön aiheeksi, koska yrityksessä on tarvetta käytettävien kaapeleiden yhtenäistämiseksi, jotta projektien suunnitteluun ja tuotantoon saataisiin sujuvuutta ja yhtenäisyyttä. Opinnäytetyö toteutettiin vertailututkimuksena. Tutkimuksessa vertailtiin kaapeleiden ominaisuuksia ja käytettävyyttä. Ennen vertailua oli perehdyttävä työntilaaaja yrityksen ajoneuvojen testausjärjestelmissä käytettävien kaapeleiden ominaisuuksiin.

Työn tavoitteena oli saada signaali- ja ohjauskaapeleiden osalta yhtenäisyyttä suunnitteluun, jotta projekteissa olisi lähestulkoon aina samat kaapelit. Työssä perehdyttiin myös syöttökaapeleihin, mutta ne rajattiin tämän työn ulkopuolelle koska syöttökaapelit mitoitetaan tapauskohtaisesti. Tämä opinnäytetyö helpottaa ja tehostaa yrityksen suunnittelijoiden sekä tuotannon henkilöiden työtä, ettei tarvitse joka projektissa miettiä sopivatko kaapelit esimerkiksi mitoituksien, standardien, ympäristöolosuhteiden puolesta sen hetkiseen projektiin. Tavoitteena oli myös kaapeleiden varastoinnin helpottaminen, koska projektista toiseen käytössä olisi samat kaapelit, eikä niitä vaihdeltaisi kuin erikoistapauksissa. Lisäksi tavoitteena olisi saada taloudellisia säästöjä, koska käytössä on tietyt kaapelit, joita voidaan hankkia isompia määriä, jolloin saadaan hintoja alemmaksi.

## 2 PROVENTIA OY

Proventia on teknologiayhtiö, joka toimii maailmanlaajuisilla markkinoilla, ja tarjoaa tuotteita ja palveluita moottori- ajoneuvo- ja työkoneteollisuuden torjuakseen ilmastonmuutosta ja ratkaistakseen ilmansaasteongelmia. Proventia Group Oy on perustettu vuonna 2000, jolloin siihen kuului ympäristö- ja energiateknologian tytäryhtiöitä. Yksi näistä tytäryhtiöistä oli Finnkatalyt Oy, joka on perustettu vuonna 1994. Finnkatalyt Oy valmisti esimerkiksi puhdistusjärjestelmiä pieniin bensiinimoottoreihin. Finnkatalyt Oy muutettiin Proventia Emission Control Oy:ksi vuonna 2007, jolloin se alkoi keskittyä dieselmoottoreiden päästöjen hallintaan. Vuonna 2012 Proventia Group Oy:n ja Proventia Emission Control Oy:n hallinto yhdistettiin yhdeksi organisaatioksi ja samalla yhtiö alkoi keskittyä päästöjen hallinta -liiketoimintaan. Yhtiö laajeni vuonna 2015, jolloin liiketoimintaa laajennettiin modulaarisiin testausjärjestelmiin sekä lämpöeristekomponentteihin. Tästä seurasi nimenvaihdos, jolloin Proventia Emission Control muutettiin Proventia Oy:ksi vuonna 2017. (Proventia 2023d.)

Vuonna 2023 Proventialla on kaksi liiketoimintayksikköä, testausjärjestelmät ja voimalinjojen järjestelmät ja komponentit. Proventialla työskentelee yhteensä noin 170 asiantuntijaa ja ammattilaista Suomessa, Tsekin tasavallassa ja Isossa-Britanniassa. Suomessa sijaitsee Proventian pääkonttori, voimalinjojen järjestelmien ja komponenttien tuotekehitys sekä modulaaristen testausjärjestelmien valmistaminen. Tsekin tasavallassa sijaitseva Proventia Czech S.R.O on perustettu vuonna 2018, siellä valmistetaan päästöjen hallintajärjestelmiä OEM-asiakkaille. Isossa-Britanniassa sijaitseva Proventia UK Ltd on perustettu vuonna 2020, ja se palvelee testausjärjestelmäasiakkaita Isossa-Britanniassa. (Proventia 2023d.)

Proventia Test Solutions tarjoaa asiakkailleen monenlaisia testausratkaisuja, keskittyen sähköistyvän ajoneuvoteollisuuden testausjärjestelmiin. Testausjärjestelmiä on laidasta laitaan, ajoneuvojensähkömoottoreiden testaussoluja, hybridi- ja sähkövoimalinjojen testausratkaisuja, akkutestausoluja ja kokonaisien sähköautojen testausratkaisuja. Näiden lisäksi Proventia tarjoaa testausjärjestelmiä polttomoottoreiden ja vetypolttojen järjestelmien testaukseen. Proventia valmistaa vakiotuotteita sähköautojen akustojen testaukseen sekä varastointiin,

mutta myös asiakaskohtaisesti räätälöityjä testaussoluja ja keskuksia erilaisiin testaus- ja tuotekehitystarpeisiin. (Proventia 2023c.)

Kaikki Proventian tarjoamat testausratkaisut ovat modulaarisia, ne koostuvat merikontin tyylistä moduuleista, joita voidaan kuljettaa joko maateitse lavetilla tai meriteitse rahtilaivalla (Kuva 1). Proventian testausratkaisut eroavat perinteisistä testausratkaisuista, juuri modulaarisuudellaan. Testisolujen kokoonpano suoritetaan Proventian omalla tehtaalla Oulussa, jossa niihin integroidaan asiakkaan valitsemat testauskomponentit. Kokoonpanon jälkeen, testaussolut kuljetetaan asiakkaan luokse, jossa tapahtuu lopullinen asennus sekä käyttöönotto. Testausmoduulit voidaan liittää osaksi jo olemassa olevaa asiakkaan testausjärjestelmää, tai niistä voidaan rakentaa kokonainen testauskeskus. Modulaariset testaussolut voidaan sijoittaa sisä- tai ulkotiloihin, koska merikonttimainen rakenne sallii tämän. Yksinkertaisimmillaan Proventian valmistama testaussolu tarvitsee vain tasaisen alustan ja sähköliittynän. (Proventia 2023c.)



Kuva 1. Proventian testausjärjestelmiä (Proventia 2023b)



### 3 AJONEUVOJEN TESTAUSJÄRJESTELMÄT

Ajoneuvojen testausjärjestelmät on tarkoitettu esimerkiksi ajoneuvojen moottoreiden, voimalinjojen tai akustojen testaamiseen. Testausjärjestelmiä on erilaisia, aina yksittäisistä testausoluista kokonaiseen testauskeskukseen. Testausjärjestelmiä on erilaisille moottorityypeille, kuten poltto- ja sähkömoottoreille. Akkujen testaamiseen on myös erilaisia ratkaisuja, aina suurista ajoneuvojen akustoista yksittäisiin akkukennoihin (Kuva 2). (Proventia 2023a.)



Kuva 2. Akkutestaussolu (Proventia 2023a)

Ajoneuvojen testausjärjestelmät suunnitellaan sekä toteutetaan seuraavien direktiivien ja standardien mukaan:

- ISO 2006/42
- Low Voltage Directive 2014/35/EU
- EN 6100 Electromagnetic compatibility (EMC)
- EN 62061 Safety Machinery- Safety-related parts of control systems

- ISO 13849 Safety Machinery- Safety-related parts of control systems
- EN 62061 Safety of machinery- Functional safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems
- EN 60204 Safety MAchinery- Elelctrical equipment of machines
- EN 61800 Adjustable speed electrical power drive systems.

Testausjärjestelmiä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon järjestelmän sijoituspaikan kansalliset vaatimukset. Euroopan unionin alueella järjestelmältä vaaditaan CE-merkintä, kun taas esimerkiksi Yhdysvalloissa laitteen tulee täyttää UL-vaatimukset. Järjestelmän sijoitus paikka on hyvin tärkeää tietää jo suunnittelua aloittaessa, jotta suunnittelussa osataan ottaa alusta asti huomioon myös eri markkina-alueiden standardit ja säännökset sekä sijoituspaikassa vallitsevat sääolosuhteet. Suunnittelussa on otettava huomioon myös testausjärjestelmien kuljetukset, jotta testaussolut kestävät pitkät kuljetukset.

Testausjärjestelmien sähkösuunnittelussa on otettava sähkö- ja automaatioasennuksien osalta huomioon, että niissä voi olla erilaisia olosuhteita. Jos testaussolu sijaitsee ulkona, niin silloin itse solu ja sen eri laitteet, komponentit ja kaapeloinnit ovat alttiina olosuhteiden vaihteluille, mutta myös testausjärjestelmien sisällä voivat olosuhteet vaihdella. Esimerkiksi akkujen testaussoluihin voidaan tehdä erilaisia olosuhteita, joilla simuloidaan akkujen tulevia olosuhteita. Lämpötilat voivat vaihdella -40 °C pakkasesta +85 °C kuumuuteen, joten kaapeleiden ja asennuskalusteiden tulee kestää suuria lämpötilan vaihteluista. (ISO 6722:2002.)

Testausjärjestelmät sisältävät paljon erilaista tekniikkaa, jotka voivat aiheuttaa erilaisia häiriöitä, joten häiriösuojaukseen tulee kiinnittää huomiota, jotta vältetään esimerkiksi mittauksien häiriöiltä. Mittaukset ovat todella tärkeässä osassa testatessa erilaisia tuotteita, joista halutaan tarkkaa dataa, joiden perusteella tuotteita voidaan kehittää paremmiksi. Tämän takia mittaukset tulee olla tarkkoja, eikä niissä saa esiintyä häiriöitä. (SFS 6000-4-44:2022.)

Testausjärjestelmissä on kaapeleita todella laajalla skaalalla, eli kaapeleita on aina isosta syöttökaapeleista pieniin signaalikaapelointeihin asti. Rajallisten tilojen takia kaapeleiden sijoittelu on joskus hieman hankalaa, koska esimerkiksi virta- ja signaalikaapelit olisi hyvä pitää erillään, jotta vältetään turhilta häiriöiltä signaaleissa. Tilojen rajallisuuden takia, käytetään kaapeloinneissa usein kaapelikouruja tai kansilla varustettuja kaapeli hyllyjä, jolloin saadaan eroteltua virta- ja signaalikaapelit erilleen toisistaan, näin pystytään vähentämään sähkömagneettisia häiriöitä. (SFS 6000-4-44:2022.)

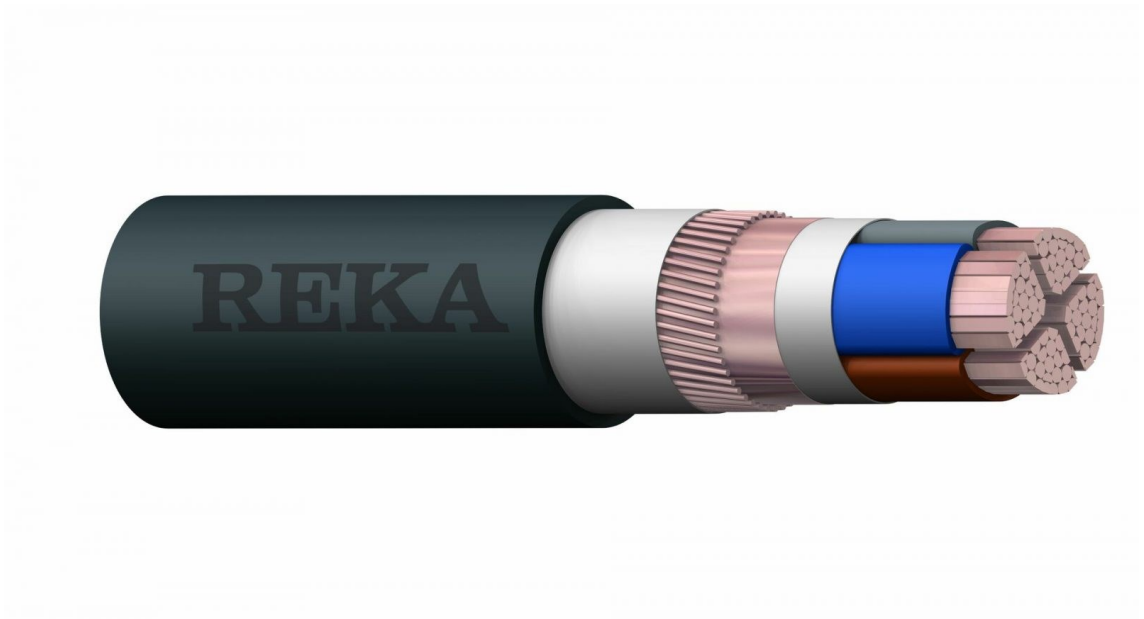
## 4 TESTAUSJÄRJESTELMISSÄ KÄYTETTÄVÄT KAAPELIT JA JOHTIMET

Kaapeleita on moneen käyttötarkoitukseen, siisteistä sisäjohtoasennuksista aina merenpohjassa kulkeviin siirtokaapeleihin. Kaapeleita valmistetaan yksijohtimista ylöspäin, yläraja johtimien määrässä riippuu tarpeesta. Kaapelit jaetaan ryhmiin, yleensä niiden käyttötarkoitusten mukaan. Saman ryhmän kaapeleissa on kuitenkin eri käyttötarkoituksiin tehtyjä kaapeleita, yleensä kaapelit eroavat käyttötarkoitusten mukaan eristeensä perusteella. Yleisimpiä eristemateriaaleja ovat PVC, PE, kumi, polyolefiini ja polytetrafluorieteeni eli teflon. Toiset eristeet kestävät esimerkiksi lämpöä, kun taas toiset kestävät paremmin öljyä tai UV-säteilyä. (Reka 2023a.)

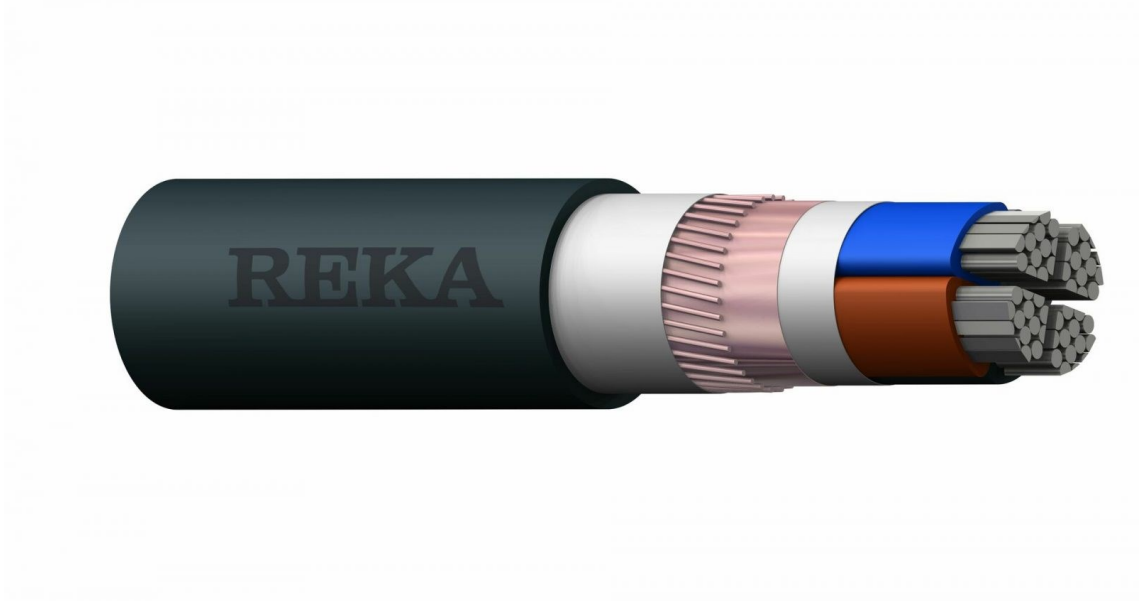
Ajoneuvojen testausjärjestelmissä käytetään kaapeleita ihan kuin asuntotuotannossa tai teollisuudessakin, eli testausjärjestelmät eivät itsessään sisällä ajoneuvokaapeleita. Testausjärjestelmillä testattavien tuotteiden liittämiseen asiakas käyttää omien spesifikaatioidensa mukaisia kaapelointeja sekä liittimiä, eikä niihin oteta kantaa tässä työssä. Jos asiakas kuitenkin haluaa testausjärjestelmän mukana esimerkiksi ajoneuvoihin liittyviä johtosarjoja, niin ne toimitetaan asiakkaan omien spesifikaatioiden mukaan.

### 4.1 Testausjärjestelmissä käytettävät kaapelit

Kaapelit jakautuvat tuoteryhmien sisällä esimerkiksi johdinmateriaalien perusteella, yleisimpiä johdinmateriaaleja ovat kupari ja alumiini. Yleisimmin käytetty johdinmateriaali on kupari, koska se johtaa sähköä todella hyvin (Kuva 3). Toinen hyvin sähköä johtava materiaali on alumiini. Alumiinia käytetään varsinkin erittäin pitkissä kaapelivedoissa, koska se on halvempaa kuin kupari, johtavuutensa takia alumiinijohdin tulee kuitenkin olla poikkipinnaltaan suurempaa kuin kupari (Kuva 4). (Reka 2023b.)



Kuva 3. Kuparivoimakaapeli (Reka 2023b)



Kuva 4. Alumiinivoimakaapeli (Reka 2023b)

Testausjärjestelmien syöttökaapeleina käytetään esimerkiksi EMCMK-HF C tyyppisiä voimakaapeleita (Kuva 3), yleensä käytetään kuparia, jotta kaapelin johtimien poikkipinta-ala saataisiin pidettyä hieman pienempänä. Koska sähkönsyötön kaapelivedot eivät yleensä ole pitkiä, voidaan kustannuksia ajatellenkin käyttää kuparikaapeleita. Jos käytettäisiin alumiinisia johtimia sisältäviä kaapeleita, kustannukset olisivat hieman pienemmät mutta johtimien poikkipinta-ala kasvaisi suuremmaksi, joka aiheuttaisi ongelmia tilojen rajallisuuden takia.

Ohjaus- ja virransyöttökaapeleina käytetään hienolankaisilla kuparijohtimilla varustettuja kaapeleita (Kuva 5). Signaalikaapeleina käytetään parikierrettyjä hienolankaisia kuparijohtimia sisältäviä kaapeleita (Kuva6). (LAPP Automaatio 2023b.)



Kuva 5. Ohjaus- ja virransyöttökaapeli (LAPP Automaatio 2023b)



Kuva 6. Signaalikaapeli (LAPP Automaatio 2023b)

#### 4.2 Testausjärjestelmien johtimet

Kaapeleiden johtimien poikkipinta-ala vaihtelee pienistä signaalikaapeleista suuriin virransyöttökaapeleihin. Johtimia valmistetaan eri materiaaleista, yksilankaisista johtimista EN/IEC 60228 luokka 1, erittäin hienolankaisiin johtimiin EN/IEC 60228 luokka 6. Mitä taipuisampi kaapelista halutaan, sen hienolankaisemmat johtimet siihen valitaan. Eli hienolankaisia johtimia sisältävä kaapeli on huomattavasti taipuisampi kuin yksilankaisia johtimia sisältävä kaapeli. (LAPP Automaatio 2023b.)

Johtimia voidaan käyttää myös yksistään, eli aina ei tarvita kaapelia. Johtimia voidaan asentaa esimerkiksi putkeen, jolloin niiden mekaaninen suojaus hoideetaan suojaputkella. Johtimia käytetään myös koneiden, laitteiden sekä keskusien sisäisissä johdotuksissa, koska niissä kaapeleiden kuoret veisivät liikaa tilaa ja johtimet on suojattu mekaaniselta rasitukselta esimerkiksi kouruilla. Koneissa, laitteissa ja keskuksissa on yleensä vain rajallisesti tilaa, jolloin johtimilla toteutetut sisäiset kytkennät ovat kaapeleita järkevämpi vaihtoehto.

Yksilankaiset johtimet ovat poikkipinnaltaan pieniä johtimia, jotta johtimien asentaminen olisi helppoa sekä niiden mekaaninen kestävyys taitettaessa pysyy hyvänä. Yksilankaisia johtimia käytetään kiinteissä asennuksissa, koska yksilankainen johdin ei kestä jatkuvaa liikettä tai taivuttelua. Johtimien asennuksessa tulee noudattaa hyvää asennustapaa sekä valmistajan asennusohjeita. Asennusohjeissa ilmoitetaan johtimen suurimmat käyttölämpötilat, alin suositeltu käsittelylämpötila, pieni taivutussäde asennusvedossa ja kertataivutuksena sekä suurin sallittu asennusvetovoima ja sallitut asennustavat. (Kuva 7). (Prysmian group 2023a.)



Kuva 7. Yksilankainen kuparijohdin (Prysmian group 2023a)

Muutamalankaisia johtimia käytetään yleisesti suurempi poikkipintaisten kaapeleiden johtimina, sekä myös yksittäisinä asennusjohtimina. Muutamalankainen johdin on paremmin taipuva kuin yksilankainen johdin, tästä syystä sitä käytetään suuri poikkipintaissa johtimissa (Kuva 8). (Prysmian group 2023.)



Kuva 8. Muutamalankainen johdin (Prysmian group 2023a)

Hienolankaisia johtimia käytetään asennuksissa, joissa tarvitaan erityisen taipuisaa johdinta. Hienolankaisia johtimia käytetään keskuksien sisäisissä johdotuksissa, koska hienolankainen johdin taipuu hyvin ja ennen kaikkea pienemmässä tilassa, jolloin keskuksien sisäisten johdotusten tekeminen helpottuu huomattavasti, eivätkä ne vie liikaa tilaa keskuksissa. Hienolankaista johdinta voi käyttää myös kiinteissä asennuksissa (Kuva 9). (Prysmian group 2023a.)



Kuva 9. Hienolankainen johdin (Prysmian group 2023a)

#### 4.3 Testausjärjestelmien voima- ja ohjauskaapelit

Tässä opinnäytetyössä voima- ja ohjauskaapeleiksi kutsutaan kaapeleita, joita käytetään syöttämään sähköä toimilaitteille. Voimakaapeleilla tarkoitetaan joko isomman kokonaisuuden sähkönsyöttöä, tai yksittäistä ryhmää syöttävää kaapelia, esimerkiksi pistorasia ryhmä. Ohjauskaapelilla viedään ohjaussignaali toimilaitteelle, jolloin sillä voidaan ohjata kyseistä toimilaitetta.



Voimakaapelit on tarkoitettu kiinteään asennukseen sisällä ja ulkona, se voidaan asentaa myös suoraan maahan. EMC-suojalla varustettu voimakaapeli, on suunniteltu sähkömagneettisia häiriöitä vastaan. (Reka 2023b.)

Ohjauskaapelit ovat monijohtimisia kaapeleita, joilla on tarkoitus siirtää merkin-  
anto-, mittaus- ja ohjaussignaaleja. (SFS-IEC 60050-461.)

Voima- ja ohjauskaapeleita on monen kokoisia, kaapeleita on yksi johtimisista monijohtimisiin, johtimien poikkipinta-alat vaihtelevat aina pienistä 1,0 mm<sup>2</sup> suuriin 300 mm<sup>2</sup> johtimiin.

#### 4.4 Testausjärjestelmien signaalikaapelit

Signaalikaapeleiksi kutsutaan kaapeleita, joilla välitetään signaalia esimerkiksi mittaavalta laitteelta järjestelmälle. Signaalikaapeliksi voi myös kutsua kaapelia, jolla siirretään signaali valotornille, jolla kerrotaan laitteen käytössä olevaa toimintatilaa. Signaalikaapeleihin kuuluu myös kenttäväyläkaapelit, joilla rakennetaan väylä, esimerkiksi useiden logiikoiden välille. Signaalikaapeleihin lasketaan myös anturikaapelit, joilla kaapeloidaan nimensä mukaan järjestelmissä käytettävät anturit. (LAPP Automaatio 2023a.)

#### 4.5 Testausjärjestelmien maadoitus- ja suojajohtimet

Johdinta, jolla liitetään testausjärjestelmien johtavat osat maapotentiaaliin, kutsutaan suojajohtimeksi. Suojajohtimella laitteen runko tai kuori liitetään maahan, tällä suojataan laitteen käyttäjää vikatilanteissa, tätä kutsutaan suojamaadoitukseksi. Suojajohdin on siis normaalitilanteessa jännitteetön sekä virraton, mutta voi esimerkiksi eristysvian sattuessa tulla jännitteelliseksi tai virralliseksi. Suojajohdin on keltavihreä, eikä sitä saa käyttää mihinkään muuhun tarkoitukseen. (SFS 6000-5-54:2022.)

Johdin, jolla muodostetaan yhteys testausjärjestelmän ja maan välille, kutsutaan maadoitusjohtimeksi. Maadoitusjohtimella kytketään testausjärjestelmä maadoituselektrodiin. (SFS 6000-5-54:2022.)

## 5 KAAPELI HYVÄKSYNNÄT

Kaapeleiden erilaiset hyväksynnät tarkoittavat, että kaapelivalmistajien tulee hyväksyttää kaapelinsa valtuutetuissa laboratorioissa, jotta he saavat kaapelille hyväksyntätodistuksen ja oikeuden merkitä kaapeliinsa niin sanottu hyväksyntäleima. Laboratoriot testaavat kaapelit kansallisten standardien mukaan, jonka jälkeen antavat kaapelille hyväksynnän, jos kaapeli on läpäissyt laboratorion tekemät testit. Hyväksyntäleima kaapelin vaipassa tai kaapelin pakkauksessa merkitsee sitä, että kaapeli täyttää sille asetetut kansalliset kestävyys- ja turvallisuusvaatimukset, joten sitä on turvallista ja hyväksytyä käyttää leiman kertomilla alueilla. Esimerkiksi CE-merkittyä kaapelia on turvallista hyväksytyä käyttää Euroopan markkinoilla. (Nestor Cables 2022.)

Jotkut kaapelivalmistajat hankkivat kaapeleilleen useita hyväksyntä leimoja, näiden avulla kaapelivalmistajat varmistavat kaapeleidensa käytön eri markkina-alueilla. Kaapeleiden hyväksynnät on kuitenkin haettava kaapeleille eri hyväksyjä tahoilta, joita on useita eripuolilla maailmaa. Hyväksyjä tahot siis varmistavat, että kaapelit täyttävät kussakin paikassa olevat kestävyys- ja turvallisuusvaatimukset. (LAPP Automaatio 2023b.)

### 5.1 CE-merkintä

CE-merkinnällä kerrotaan, että kyseinen tuote täyttää tuotetta koskevien EU:n direktiivien ja asetusten olennaiset vaatimukset. CE-merkintää saa käyttää vain tuotteissa, joihin edellytetään CE-merkintää. Eli CE-merkintää ei saa laittaa tuotteisiin, joissa sitä ei tarvitse olla. Tällä halutaan välttää tilanteet, joissa tuotteen ostajat saattavat luulla CE-merkinnän tarkoittavan, että tuote olisi erityisen laadukas, tai että se olisi erityisen turvallinen. CE-merkintä ei siis tarkoita, että tuote olisi jotenkin parempi tai laadukkaampi kuin joku toinen, vaan ainoastaan että tuote täyttää sille asetetut vaatimukset. (Tukes 2023.)

Kaapeleissa CE-merkintä tarkoittaa käytännössä, että tuote täyttää sille asetetut paloteknisen käyttäytymisen vaatimukset EN50575. Kaapelin valmistajan tulee testata kaapelien käyttäytyminen tulipalossa, testauksen suorittaa EU:n hyväk-

symä testauslaitos. Testeissä testataan kaapeleiden käytös palotilanteissa, lämmön muodostuminen, savun muodostuminen, palavien pisaroiden muodostuminen, palon leviämättömyys sekä happamuus. Testituloksien perusteella saadaan selville kaapeleiden CPR-luokitus, jonka avulla kaapelit luokitellaan eri luokkiin. Nämä edellä mainitut testausmenetelmät ja niistä saadut paloluokitukset ovat samat koko EU:n alueella. (Nestor Cables 2022.)



Kuva 10. CE-marking (European Commission 2023)

## 5.2 UKCA-merkintä

Iso-Britannian EU-eron myötä, otettiin uusi UKCA-merkintä käyttöön 31.1.2020. Tällä uudella UKCA-merkinnällä osoitetaan, että tuote täyttää Iso-Britanniassa myytävien tuotteiden vaatimukset. Pelkällä CE-merkinnällä varustettuja tuotteita on saanut kuitenkin viedä Iso-Britanniaan 1.1.2022 asti, jonka jälkeen määräaika on jatkettu useampaan kertaan, tällä hetkellä siirtymä on voimassa 31.12.2024 asti. (Coverment UK 2022.)

UKCA-merkintä on käytännössä ihan sama kuin CE-merkintäkin, mutta ainoana erona on, että merkinnän pystyy myöntämään ainoastaan Iso-Britanniassa toimiva valtuutettu laitos. (Coverment UK 2022.)



Kuva 11. UKCA-merkintä (Coverment UK 2022)

### 5.3 UL-merkintä

UL eli Underwriters Laboratories Inc. on yhdysvaltalainen testaus ja sertifiointilaitos, joka myöntää UL-hyväksynnän Yhdysvaltain markkinoille. Kuten muissakin hyväksynnöissä, Yhdysvaltojen markkinoille toimitettavissa tai siellä myytävissä tuotteissa tulee olla UL-leima. Tällä varmistetaan, että markkinoilla on vain testattuja tuotteita, jotka täyttävät Yhdysvaltojen turvallisuus vaatimukset. (UL Solutions 2023.)



Kuva 12. UL-merkintä (UL Solutions 2023)

## 6 KAAPELEIDEN OMINAISUUKSIA

Markkinoilla on paljon eri kaapelinvalmistajia, joilla on mittava määrä erilaisia kaapeleita. Useilla valmistajilla on samoilla ominaisuuksilla varustettuja kaapeleita, joissa kuitenkin voi olla pieniä tai suuriakin eroja. Ulkoisesti kaapelit voivat näyttää täysin samalta, mutta ominaisuuksiltaan voivat poiketa toisistaan paljonkin. Kaapeleiden ominaisuuksia vertaillen, on otettava huomioon useita seikkoja. Tuleeko kaapeleiden olla halogeenittomia, tulevatko kaapelit ulos, eli tarvitaanko UV-suojaa, onko asennettavuus hyvä, onko kaapeli helppo kuoria. Kuinka paljon ja mitä ominaisuuksia kaapelilta vaaditaan, riippuu käyttökohteesta ja -tarpeesta, mutta käyttökokemusten sekä vaadittavien ominaisuuksien myötä, yleensä löytyy sopiva kaapeli, kuhunkin käyttötarkoitukseen.

### 6.1 Halogeeni vapaa

SFS 5546:2020 ja SFS 5547:2021 määrittää halogeenittomien ja paloa levittämättömien Suomessa käytettävien voimakaapeleiden rakenteen, testauksen ja käyttöohjeet. SFS 5544 ja SFS 5545 standardeissa kerrotaan halogeenittomien asennuskaapelien vaaditut ominaisuudet. Standardeissa SFS 6000-4-42, SFS 6000-5-56 sekä SFS 6000-7-710 kerrotaan käyttökohteet, missä tulee käyttää palonkestäviä halogeenittomia kaapeleita.

Halogeenittomuus on paloturvallisuuden kannalta merkittävä asia, koska halogeenittomilta kaapeleilta vaaditaan vähäistä savunmuodostumista, mutta myös että ne eivät levitä paloa ja ovat itsestään sammuvia. Koska halogeenittomien kaapeleiden savunmuodostuminen on vähäisempää, tulipalon sattuessa myös näkyvyys pysyy parempana ja mahdollinen rakennuksesta poistuminen on helpompaa. (SFS 5545.)

### 6.2 UV-suojaus

Liiallinen UV-säteily on haitallista kaapeleille. Jos kaapelit on asennettu ulkotiloihin tai muihin tiloihin, joissa esiintyy UV-säteilyä, täytyy kaapeleiden olla suojattu UV-säteilyltä. Kaapelit voidaan suojata esimerkiksi suojaputkella, joka kestää UV-valoa, mutta myynnissä on myös UV-suojattuja kaapeleita, jotka voidaan

asentaa UV-säteilyä sisältäviin tiloihin. UV-säteet ovat erittäin haitallisia kaapeleille, esimerkiksi auringon valo voi haurastuttaa kaapeleiden kuoret nopeasti, jonka jälkeen kuoret voivat murentua johtimien ympäriltä. Auringon valo haurastuttaa kaapelia suojaavan kuoren, jonka jälkeen auringon säteet pääsevät johtimia suojaavaan kuoreen. Kun kummatkin suojaavat kuoret haurastuvat ja murenevat pois, on erittäin todennäköistä, että johtimet menevät oikosulkuun ja aiheuttavat käyttökatkoksia, vaaratilanteita tai aiheuttavat häiriöitä mittauksiin. (LAPP Automaatio 2023d.)

UV-suojatun kaapelin tulee täyttää standardissa EN 50289-4-17, tapa A, mukainen testi. UV-suojatun kaapelin testaamisesta on kerrottu tarkemmin, esimerkiksi standardin SFS 5547:2021, liitteessä A, josta löytyy tarkemmat tiedot UV-tes-teille.

### 6.3 Häiriösuojaus

Häiriösuojaus on kaapeleille yhtä tärkeä ominaisuus kuin kaikki muutkin ominaisuudet, varsinkin ajoneuvojen testausjärjestelmissä. Etenkin tarkoissa mittauksissa ja tiedonsiirrossa, häiriösuojauksen merkitys korostuu, jotta lähetettävä ja vastaanotettava tieto olisi häiriötöntä. Analogisissa mittauksissa on erittäin tärkeää, että mittausdata ei saa mistään häiriötä, koska häiriöt voivat sekoittaa mit-tausdataa ja vääristää tuloksia.

Kaapeloinneissa esiintyvät sähkömagneettiset häiriöt voivat kytkeytyä muutamalla eri tavalla. Kapasitiivisesti sähkökentän välityksellä, tämä tapahtuu sähkökentän ja kaapeleiden välisten hajakapasitanssien välityksellä. Tällaista kapasitiivista kytkeytymistä saadaan estettyä kasvattamalla kaapeleiden välistä etäisyyttä ja käyttämällä häiriösuojattuja kaapeleita. Induktiivisesti kytkeytymällä, jolloin häiriöt siirtyvät kaapeleiden välillä niiden magneettikenttien ja keskinäisinduktanssin välityksellä. Induktiivista kytkeytymistä vastaan suojaudutaan parhaiten, käyttämällä parikierrettyjä kaapeleita ja kasvattamalla etäisyyttä kaapeleiden välille. Sähkömagneettiset häiriöt voivat siirtyä myös säteilemällä, tällöin häiriö siirtyy niin kutsutun antennin välityksellä lähteestä toiseen, kaapeli voi toimia esimerkiksi tässä tapauksessa antennina. Tällaisissa tapauksissa häiriöiden estämiseen toimii parhaiten, että kaapeleiden häiriösuojaus kytketään molemmista

päistä tai käytetään koaksiaalikaapelia. Myös kaapeleiden suojaaminen esimerkiksi metallisella putkella tai kanavalla, auttaa edellä mainittuihin häiriöihin. (SFS 6000-4-44:2022.)

Standardin SFS 6000-4-44:2022 mukaan seuraavat toimenpiteet pienentävät sähkömagneettisia häiriöitä. Toimenpiteitä on standardissa muitakin, mutta tässä kerrottiin kaapeleihin vaikuttavat seikat, jotka on standardissa mainittu:

- Kaapelien johtavat metallivaipat (esimerkiksi armeeraukset, sähköiset verhoukset) yhdistetään yhteiseen potentiaalintasausverkkoon CBN, jos se on käytössä.

- Vältetään induktiivisia silmukoita käyttämällä voima- ja tietoliikennekaapeleille samoja reittejä.

- Voima- ja tietoliikennekaapelit pidetään erillään ja risteilyt tehdään mahdollisuuksien mukaan suorassa kulmassa.

- Käytetään konsentrisella johtimella varustettuja kaapeleita, joilla vähennetään suojajohtimeen indusoituja virtoja.

- Käytetään taajuusmuuttajien ja moottoreiden välillä taajuusmuuttajan valmistajan ohjeiden mukaisia kaapeleita ja suodattimia.

- Käytetään EMC-vaatimustenmukaisia tietoliikennekaapeleita ja asennetaan ne valmistajan ohjeiden mukaisesti

- Jos käytetään metallivaipallisia tietoliikennekaapeleita, on huolehdittava kaapelien maadoitetun vaipan tai keskiosan kautta kulkevien energijärjestelmien vikavirtojen rajoittamisesta. Voi olla tarpeen käyttää lisäjohtimia esimerkiksi vaippojen vahvistamiseksi käytettäviä rinnakkaisjohtimia. (SFS 6000-4-44:2022.)

Ohjaus- ja virransyöttökaapelissa yleisin häiriösuojauksen toteuttamistapa on kaapelin kuoren alla oleva häiriösuojapunos (Kuva 13) tai häiriösuojanauha (Kuva 14), näillä pyritään minimoimaan kaapelin ulkopuolelle säteilevät häiriöt.



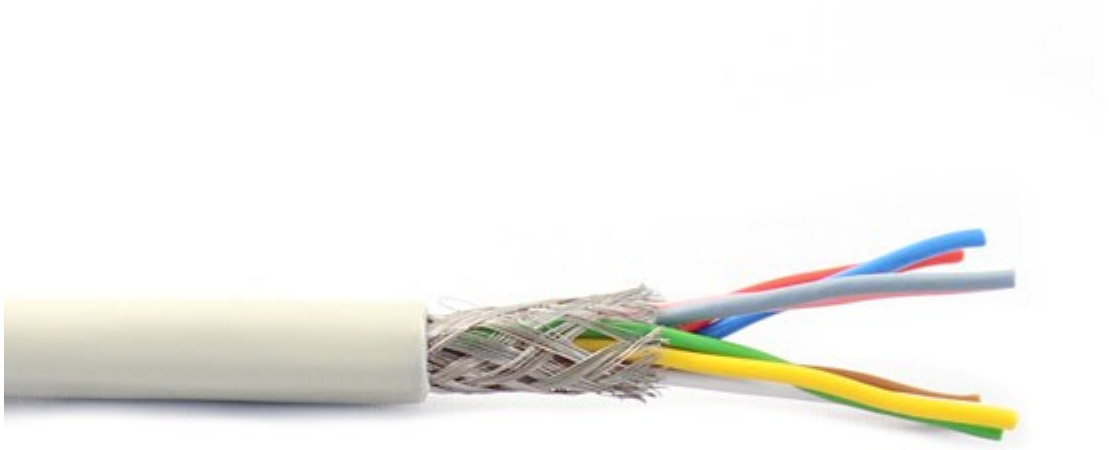
Kuva 13. Häiriösuojapunos (Hedengren 2023)



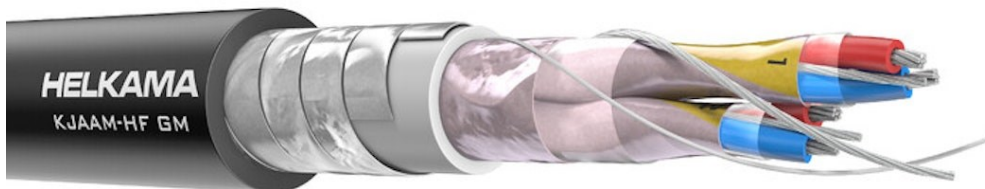
Kuva 14. Häiriösuojanauha (Prysmian group 2023b)

Signaalikaapeleiden häiriösuojauksessa käytetään häiriösuojapunosta kaapelin kuoren alla (Kuva 15), suojaamaan kaikkia kaapelin johtimia ulkoisilta häiriöiltä. Koko kaapelin häiriösuojauksen lisäksi, käytetään myös parikiertoa vähentämään kaapelin häiriöitä. Näiden edellä mainittujen häiriösuojien lisäksi, jokaisella parilla voi olla vielä oma häiriösuojauksensa, jotta häiriöt eivät johtuisi kaapelin sisällä parista toiseen (Kuva 16).





Kuva 15. Signaalikaapelin häiriösuojapunos (Tampereen Sähköpalvelu Oy 2023)



Kuva 16. Signaalikaapeli parihäiriösuojauksella (Helkama 2023)

#### 6.4 Lämpötilan kesto

Kaapeleiden kuoren yleisin materiaali on PVC (polyvinyylidikloridi), jota käytetään koska se on edullista, helposti kuorittavaa ja kuori on hyvin taipuvaa. PVC ei kuitenkaan kestä kovin korkeita lämpötiloja, vaan sen lämpötilan kesto rajoittuu 100 °C. Tyypillisesti PVC kuoriset kaapelit eivät kestä 100 °C lämpötiloja, vaan lämpötilan kesto on rajattu yleisimmin alle 80 °C. Lisäksi kaapeleiden lämpötilan keston vaikuttaa, onko asennus liikuteltava vai kiinteä asennus. (LAPP Automaatio 2023c.)

Kaapelien valinnassa lämpötilankeston lisäksi tulisi kiinnittää huomiota myös kylmän keston, koska varsinkin ulos asennettavat kaapelit joutuvat pohjoisella pallonpuoliskolla todella kylmiin olosuhteisiin. Pakkasen kestävyys vaihtelee todella paljon kaapeleiden välillä, mutta ulkokäyttöön tarkoitetuilla kaapeleilla kylmänkestävyys liikkuu kaapeleissa yleensä -30 °C kohdalla. Kaapeleita valitessa tulee kiinnittää huomiota kaapelin asennustapaan, eli onko kyseessä kiinteä- vai liikuteltava-asennus. Liikuteltaviin asennuksiin on valittava kyseiselle asennukselle suunniteltu kaapeli, jotta vältetään turhilta kaapelirikoilta.

Ajoneuvojen testausjärjestelmissä kaapeleiden tulee kestää -40 °C - +85 °C käyttölämpötilat. Kaapeleille annetaan myös käsittely- tai asennuslämpötilat, mutta tässä yhteydessä siihen ei tarvitse ottaa kantaa, koska kaapeleiden säilytys sekä asennukset tapahtuvat pääsääntöisesti lämpimissä sisätiloissa. (ISO 6722:2002.)

## 7 KAAPELEIDEN VERTAILU JA VALINTA

Kaapeleita vertailtaessa valittiin usealta toimittajalta kaapelit samantyyllisillä ominaisuuksilla, jotta saataisiin mahdollisimman kattava vertailu. Vertailusta jätettiin pois suuret syöttökaapelit, koska näiden mitoittaminen sekä muut ominaisuudet tulee tarkastella tapauskohtaisesti. Vertailuun valikoituja kaapeleita vertailtiin seuraavien tärkeimpien ominaisuuksien perusteella:

- häiriösuojaus
- lämpötilankesto
- kaapelin hyväksynnät
- UV-suojaus
- halogeeni vapaa
- saatavuus
- hinta
- asennettavuus (esim. taivutus säde)
- kaapelin työstettävyys (esim. kuoriminen).

Kaikilla vertailuun valituilta toimittajilla ei välttämättä löydy jokaista kaapeli tyyppiä, joita vertailussa on käytössä tai kaapeli ei täytä kaikilta osin vaatimuksia, joten joiltakin toimittajilta oli vain osa tarvittavista kaapeleista. Kaapeleita vertailtaessa kiinnitetään huomiota myös hintaan, jolloin yksi ja sama kaapeli ei välttämättä käy koko järjestelmän samanlaisiin asennuksiin. Tämä johtuu esimerkiksi kaapeleiden lämpötilan kestävydestä, tai vaikka kaapelin UV-suojauksesta. Jos pyritään spesifioimaan vain yksi kaapeli tyyppi koko järjestelmän tietyille asennuksille, voi kaapelin hinta nousta korkeaksi, koska kaapelilta vaaditaan todella paljon ominaisuuksia. Tästä syystä, jotkin asennukset voivat olla tehty kahdella kaapelityypillä, joista esimerkiksi sisällä ja ulkona kulkeva osuus on eri kaapelityyppejä.

Saatavuuteen kiinnitettiin erityistä huomiota, koska kaapelit eivät ole valmistajien yleisimpiä valmistuksessa olevia kaapeleita. Saatavuuden tärkeys korostuu, koska tarkoituksena on käyttää samoja kaapeleita pitkän aikaa, jotta ei tarvitse valita kaapeleita uudestaan taas seuraavassa projektissa. Saatavuus vaikuttaa myös projektien sujuvuuteen, koska joskus kaapelit voivat loppua kesken, jolloin on pikaisesti hankittava lisää kaapelia. Tällaisissa tilanteissa saatavuuden merkitys korostuu todella paljon, jos yritys ei ole itse varautunut jollain suunnitelmalla kaapeleiden riittävyteen.

Kaapeleiden valinnassa yksittäinen hinta ei ole ratkaisevin asia, mutta tuki hinnalla on merkitystä. Kaapeleiden valinnassa tulee kiinnittää huomiota myös kaapeleiden käyttömahdollisuuksiin, jolloin saa optimoitua kaapeliskaalan pienemmäksi. Tällä voidaan saada aikaan säästöjä, koska erilaisia kaapeleita ei tarvitse olla niin montaa, vaan voidaan käyttää samaa kaapelia useammassa paikassa. Vertailtaessa hintoja, tulee kiinnittää huomiota myös siihen, onko kaapeli helposti kuorittavissa ja muutenkin työstettävissä. Tämä vaikuttaa paljon asennusaikaan, jolloin esimerkiksi hieman kalliimpi kaapeli, jota on helpompi työstää, on kustannustehokkaampi ratkaisu. Suuri poikkipintaisten kaapeleiden asennuksissa tulee ottaa huomioon niiden asennettavuus, erityisesti taivutussäteet. Jos kaapeleilla on suuret taivutussäteet, voi suurten kaapeleiden asentaminen olla erityisen vaikeaa. Tällöin myös asennuskustannukset voivat nousta korkeiksi, koska asennuksissa tarvitaan paljon asennushenkilöstöä.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kaapeli valintoja tehdessä, tulee ottaa huomioon useita seikkoja, jotka vaikuttavat ajoneuvojen testausjärjestelmissä käytettäviin kaapeleihin. Yhtenäistetäänkö kaapelit siten, että sijoittuipa testausjärjestelmä mihin päin maailmaa tahansa, on käytössä yhdet ja samat kaapelit, eli tällöin käytetään kaapeleita, joilla on hyväksynnät joka puolelle maailmaa. Tässä vaihtoehdossa kaapelit ovat kalliimpia ja hankalammin saatavia, sekä kaapelivalmistajien ja -toimittajien määrä on pieni. Hyvänä puolena on se, että suunnittelussa ei tarvitse miettiä ovatko kaapelit sopivia tulevan projektin sijoitus kohteeseen. Lisäksi kun kaapelit yhtenäistetään siten, että ne käyvät kaikkiin mahdollisiin toimituspaikkoihin, voidaan kaapeleita ostaa isompia määriä, jolloin hintaa saadaan alaspäin.

Toisena vaihtoehtona on tehdä kaapeli valinnat hyväksyntöjen osalta siten, että ne käyvät useimpiin kohteisiin joihin projekteja on mahdollisesti tulossa. Enemmän tai erilaisia hyväksyntöjä tarvittaessa, tehdään kaapeli valinnat kohteen vaatimuksiin perustuen. Tässä vaihtoehdossa suunnitteluhenkilöstö joutuu tekemään hieman enemmän töitä, jotta saadaan kohde alueen hyväksynnät täyttävät kaapelit valituiksi. Tämän vaihtoehdon hyvänä puolena on, kaapeleiden edullisempi hinta, sekä saatavuus on huomattavasti parempi. Lisäksi tässä vaihtoehdossa kaapelivalmistajia ja -toimittajia on huomattavasti suurempi määrä.

Seuraavana seikkana kaapeleita valittaessa on, käytetäänkö ominaisuuksiltaan yhtä vai useampaa kaapelia. Kaapeleiden valinta voidaan tehdä siten, että yksi kaapeli tyyppi sopii kaikkiin asennusolosuhteisiin. Eli ei ole väliä tuleeko kaapeli sisälle vai ulos, tarvitaanko kaapelille kuinka laaja lämpötilankestä alue, tarvitaanko häiriösuojauksia, tai tuleeko kaapelin olla halogeeni vapaa. Tällainen kaapeleiden ominaisuuksien tarkastelu vaikuttaa kaapeleiden valintaan paljon.

Jos päädytään hyväksyntöjen ja ominaisuuksien puolesta useisiin kaapeleihin, saadaan todennäköisesti projektin kustannuksia laskettua ja vaihtoehdot kaapelien tyypeille ja toimittajille laajenevat. Toinen puoli asiassa on, että kaapeli valikoima on laaja ja valintaan joudutaan käyttämään enemmän suunnittelu-aikaa.

## 9 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä spesifioitiin toimeksiantajalle yrityksen ajoneuvoteollisuuden testausjärjestelmissään käytettävät kaapelit. Tämän opinnäytetyön tuloksena syntyneet tarkemmat tiedot näistä kaapeleista ovat luottamuksellista tietoa, eikä niitä esitetä tässä julkisessa opinnäytetyössä.

Kaapeleiden spesifioimisen tarkoituksena oli löytää kaapelit, jotka täyttävät yrityksen tarpeet kaapelointien osalta. Näillä toimilla helpotetaan ja nopeutetaan suunnittelua ja tuotantoa, koska yrityksellä on tiedossa käytettävät kaapelit, joita tullaan tarvitsemaan ajoneuvoteollisuuden testausjärjestelmien suunnittelussa ja tuotannossa.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin kaapeleiden ominaisuuksia, joista valittiin ne ominaisuudet, joilla kaapeleita lähdettiin vertailemaan. Kaapeleiden vertailemisen jälkeen, toimeksiantajalle kerrottiin, minkälaisia ominaisuuksia kaapeleilla tulee olla. Tämän perusteella pyydettiin tarjoukset kaapeleiden toimittajilta, joista tehdään vallinnat käytettävistä kaapeleista. Tarjouksien perusteella, toimeksiantaja määritteli käyttöönsä tarvittavat kaapelit, joita tullaan käyttämään tulevilla projekteilla.

Kaapeleiden ominaisuuksien vertaileminen oli haastavaa mutta mielekästä, koska siinä sai laaja-alaista tietoa kaapeleiden ominaisuuksista. Työn tavoitteena oleva kaapeleiden spesifointi onnistui odotetusti ja yritykselle saatiin valittua ominaisuuksiltaan ja käytettävyydeltään sopivimmat kaapelit.

## LÄHTEET

Coverment UK 2022. Using the UKCA marking. Viitattu 28.02.2023 <https://www.gov.uk/guidance/using-the-ukca-marking>.

European Commission 2023. CE-marking. Viitattu 02.05.2023 [https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/ce-marking\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/ce-marking_en).

Hedengren 2023. GAMAFLEX JZ CY häiriösuojattu taipuisa ohjauskaapeli. Viitattu 29.04.2023 <https://www.hedengren.com/fi/tuote-gamaflex10jzcy-gamaflex-jz-cy-hairiosuojattu-taipuisa-ohjauskaapeli>.

Helkama 2023. Instrumentation Cables. Viitattu 01.05.2023 <https://helkamabica.com/telecommunication-industrial/instrumentation-cables/>.

ISO 6722:2002 Road vehicles-60V and 600V single-core cables-Dimensions, test methods and requirements.

LAPP Automaatio 2023a. Datakaapelit ja signaalikaapelit. Viitattu 02.05.2023 [https://lappautomaatio.fi/lapp/\\_datakaapelit](https://lappautomaatio.fi/lapp/_datakaapelit).

LAPP Automaatio 2023b. Kaapelit ja johtimet. Viitattu 29.04.2023 [https://lappautomaatio.fi/lapp/\\_kaapelit-johtimet](https://lappautomaatio.fi/lapp/_kaapelit-johtimet).

LAPP Automaatio 2023c. Lämmönkestävät kaapelit ja ääriämpötiloihin tarkoitetut johtimet. Viitattu 13.03.2023 [https://lappautomaatio.fi/lapp/\\_lammonkestavat-kaapelit-ja-aarilampotiloihin-tarcoitetut-johtimet](https://lappautomaatio.fi/lapp/_lammonkestavat-kaapelit-ja-aarilampotiloihin-tarcoitetut-johtimet).

LAPP Automaatio 2023d. UV-säteilyn kestävät kaapelit ulkokäyttöön. Viitattu 07.03.2023 [https://lappautomaatio.fi/lapp/\\_UV-sateilyn-kestavat-kaapelit-ulkokayttoon](https://lappautomaatio.fi/lapp/_UV-sateilyn-kestavat-kaapelit-ulkokayttoon).

Nestor Cables 2022. Nestor Cablesin blogi. Viitattu 26.02.2023 <https://www.nestorcables.fi/ajankohtaista/blogi/rakennustuoteasetus-cpr-parantaa-kaapeleiden-paloturvallisuutta.html>.

Proventia 2023a. Akkutestaussolu. Viitattu 27.4.2023 [https://www.proventia.com/modular\\_test\\_solutions/ev\\_battery\\_test\\_solutions/climatic\\_battery\\_test\\_chamber](https://www.proventia.com/modular_test_solutions/ev_battery_test_solutions/climatic_battery_test_chamber).

Proventia 2023b. Proventian testausjärjestelmiä. Viitattu 27.4.2023 <https://www.proventia.com/index.php?id=507>.

Proventia 2023c. Testausjärjestelmät. Viitattu 19.02.2023 <https://www.proventia.com/testausjarjestelmat>.

Proventia 2023d. Yritys. Viitattu 18.02.2023 <https://www.proventia.com/yritys>.

Prysmian group 2023a. Asennusjohdot. Viitattu 29.04.2023 <https://fi.prysmiangroup.com/tukut-urakoitsijat/asennusjohdot>.

Prysmian group 2023b. 1kV Voimakaapelit. Viitattu 29.04.2023 <https://fi.prysmiangroup.com/tukut-urakoitsijat/1kV-voimakaapelit>.

Reka 2023a. Tuotteet. Viitattu 29.04.2023 <https://www.reka.fi/tuotteet>.

Reka 2023b. Voimakaapelit. Viitattu 25.02.2023 <https://www.reka.fi/tuoteryhma/voimakaapelit/>.

SFS 5546:2020 0,6/1 kV voimakaapelit. Halogeenittomat paloa levittämättömät kaapelit. Rakenne, testaus ja käyttöohjeet.

SFS 5547:2021 0,6/1 kV voimakaapeli. Palonkestävät halogeenittomat nippuna paloa levittämättömät kaapelit. Rakenne, testaus ja käyttöohjeet.

SFS 6000-4-44:2022 Pienjänniteasennukset. Osa 4-44: Suojausmenetelmät. Suojaus jännitehäiriöiltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä.

SFS 6000-5-54:2022 Pienjänniteasennukset. Osa 5-54: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojajohtimet.

SFS-EN 50575 Energia-, ohjaus- ja tietoliikennekaapelit. Rakennuskohteissa käytettävien yleisiin käyttötarkoituksiin tarkoitettujen kaapelien palotekninen käyttäytyminen.

SFS-IEC 60050-461 Sähköteknilinen sanasto. Osa 561: Energiakaapelit.

Tampereen Sähköpalvelu Oy 2023. LiHCH TP - kaapelit (HF). Viitattu 01.05.2023 <https://www.tsp.fi/fi/tuotteet/60332671/lihch-tp-kaapelit-hf/1>.

Tukes 2023. Tuotteet ja palvelut: CE-merkintä. Viitattu 26.02.2023 <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta>.

UL Solutions 2023. UL Listing and Classification Marks. Viitattu 19.4.2023 <https://marks.ul.com/about/ul-listing-and-classification-marks>.