

RAITIOVAUNUN SÄHKÖSUUNNITTELUN
TARKISTUSLISTA

Juhani Kähkönen

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

2017

Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

| | | | |
|--------------------------------|---|-------|------|
| Tekijä | Juhani Kähkönen | Vuosi | 2017 |
| Ohjaaja | Ins. (AMK) Marko Kukkola | | |
| Toimeksiantaja | Citec Oy Ab | | |
| Työn nimi | Raitiovaunun sähkösuunnittelun tarkistuslista | | |
| Sivu- ja liitesivumäärä | 36 | | |

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä tarkistuslista sähkösuunnittelua varten. Sähkösuunnittelutehtävien ollessa varsin moninaisia tarvitaan suunnittelulistaa, jotta tehdyt suunnitelmat ja dokumentit saadaan systemaattisesti tarkastettua.

Työn raporttiosuuteen on koottu kiskokaluston sähkösuunnitteluun liittyviä vaatimuksia, joten teoriaosuutta sekä itse tarkistuslistaa voidaan käyttää myös osana uusien työntekijöiden perehdytystä. Raporttiosuus koostuu pääasiallisesti julkisesti käytössä olevien lähteistä kuten standardeista ja lakipykälästä. Työn raporttiosuuden ollessa julkinen, ei tällä hetkellä tehtävien projektien asiakasvaatimuksia kirjattu työhön, vaikka ne tullaankin huomioiman käytännön osuudessa. Tarkistuslistan teossa apuna käytettiin myös kokemuksia nykyisistä suunnittelukäytännöistä sekä niissä vastaan tulleista virheistä sekä puutteista.

Työn lopputuloksena syntyi tarkistuslista, johon on kerätty tärkeimpiä huomioitava seikkoja. Lisäksi työn tuloksena syntyi uusia kehitys- ja parannusideoita systemaattisen suunnittelukäytäntöjen kehittämiseksi.

Technology, Communication and Transport
Electrical Engineering
Bachelor of Engineering

| | | | |
|--------------------------|---------------------------------------|------|------|
| Author | Juhani Kähkönen | Year | 2017 |
| Supervisor | Marko Kukkola B.Eng | | |
| Commissioned by | Citec Oy Ab | | |
| Subject of thesis | Electrical Design Checklist of a Tram | | |
| Number of pages | 36 | | |

The purpose of this thesis was to develop electrical design checklist of a tram project. As there are quite various tasks when designing a tram electrification, checklist, it is important that designers would systematically check all the documents made during the project.

This thesis work contains some key points from standards which shall usually be followed when designing trams. When new employees are joining projects, this thesis can be used as part of the introduction process.

As this thesis is public, all customer and project specified information is left out from this work as it contains only information available in public sources. In addition, the checklist itself was left out from the public version. The checklist was made by merging requirements from standards as well from actual design work.

Key words

Electrical engineering, circuit diagram, tram

SISÄLLYS

| | | |
|------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 7 |
| 1.1 | Työn tausta | 7 |
| 1.2 | Citec Oy Ab..... | 7 |
| 1.3 | Transtech Oy | 7 |
| 1.4 | Matalalattiaraitiovaunu Artic..... | 8 |
| 2 | LAINSÄÄDÄNTÖ | 9 |
| 2.1 | EU-lainsäädäntö | 9 |
| 2.2 | Kansallinen lainsäädäntö | 10 |
| 2.3 | Viranomaisten ohjeet ja määräykset | 11 |
| 3 | STANDARDIT | 12 |
| 3.1 | Kiskokalustostandardit | 12 |
| 3.2 | Yleiset standardit | 13 |
| 4 | TÄRKEIMMÄT SUUNNITTELUN VAATIMUKSET | 15 |
| 4.1 | Perusperiaatteet | 15 |
| 4.2 | Asiakasvaatimukset | 15 |
| 4.3 | Raitiovaunusuunnittelun erityispiirteet | 15 |
| 4.4 | Jännitealueet | 16 |
| 4.5 | Kosketussuojaus..... | 18 |
| 4.6 | Varoituskyltit | 18 |
| 4.7 | Suojamaadoitus ja suojaava potentiaalintasaus | 18 |
| 4.8 | Syötön automaattinen poiskytkentä | 19 |
| 4.9 | Kaapelointi | 20 |
| 4.10 | Muita vaatimuksia..... | 21 |
| 4.11 | EMC | 21 |
| 4.12 | Palosuojaus | 23 |
| 4.13 | RAMS | 24 |
| 4.14 | Dokumentointi..... | 25 |
| 5 | TARKASTUSLISTA | 31 |
| 6 | POHDINTA..... | 32 |
| | LÄHTEET | 33 |

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

| | |
|-------|---|
| AC | Alternative current, vaihtovirta |
| DC | Direct current, tasavirta |
| EMC | Sähkömagneettinen yhteensopivuus |
| IP | Laitteiden koteloiluokka |
| PELV | Maadoitettu pienoisjännite |
| RAMS | Luotettavuus, käytettävyys, kunnossapidettävyys ja turvallisuus |
| SELV | Maasta erotettu pienoisjännite |
| SFS | Suomen Standardisoimisliitto SFS ry |
| TRAFI | Liikenteen turvallisuusvirasto |

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Työ sai alkunsa osana laajempaa suunnittelun laadun kehittämisprojektia. Kiskokalustosuunnittelun ollessa projektivetoista ja kohtuullisen suurta suunnittelutuntimäärää vaativaa nähtiin Citec Oy:ssä hyödylliseksi kehittää suunnittelun avuksi erilaisia tarkastuslistoja sekä suunnittelun muistisääntöjä, jotta uusien suunnittelijoiden integrointi projekteihin onnistuisi helpommin. Lisäksi näistä työkaluista on hyötyä myös nykyisille suunnittelijoille, jotta voidaan varmistua siitä, että kaikki tarpeelliset seikat on huomioitu suunnitelmia tehtäessä.

1.2 Citec Oy Ab

Työn tilaajana toimiva Citec Oy Ab on Vaasassa monikansallinen ja –alainen teknisen alan yritys. Yritys tarjoaa monipuolisia teknisiä ratkaisuja ja informaation hallintapalveluita eri teollisuudenaloille. Citecillä on maailmanlaajuisesti n. 1300 työntekijää joista Suomessa noin 500. Citecin pääkonttori sijaitsee Vaasassa ja muita Suomen toimipisteitä on muun muassa Helsingissä, Turussa, Tampereella ja Oulussa. Citecin Suomen kiskokalustoliiketoiminta on keskittynyt Ouluun ja sen pääasiallisin asiakas on Transtech Oy. (Citec Oy Ab 2017).

1.3 Transtech Oy

Transtech Oy on suomalainen kiskokalustotoimittaja ja konepajatuotteiden sopimusvalmistaja. Kiskokaluston osalta Transtech on erikoistunut kaksikerroksisten junavaunujen sekä matalaraitiovaunujen valmistamiseen. Transtechin päätoimipisteet ovat Oulussa ja Otanmäessä. Lisäksi Transtechilla on varikkotoimintaa pääkaupunkiseudulla. Elokuussa 2015 Tsekkiläinen Skoda Transportation osti Transtechin osake-enemmistön (Transtech 2017.)

1.4 Matalalattiaraitiovaunu Artic

Transtechin pääraitiovaunutuote opinnäytetyön kirjoitushetkellä on Helsinkiin suunniteltu matalalattiaraitiovaunu Artic, jonka havainnekuva on esitetty alla. Vaunu on suunniteltu yhteistyössä Helsingin kaupungin liikennelaitoksen kanssa Helsingin haastavalle rataverkostolle. Helsingin rataverkon mutkaisuudesta johtuen raitiovaunut on varustettu kääntyvällä telillä, joka vähentää huomattavasti mutkista tulevia iskuja. Raitiovaunu on myös suunniteltu helposti huollettavaksi ja käyttövarmaksi, mikä näkyy muun muassa ulkopaneelien kiinnitysratkaisuissa sekä tiettyjen kriittisten komponenttien kahdentamisena. Lisäksi raitiovaunussa on huomioitu energiatehokkuus muun muassa led valaistuksessa sekä jarrutusenergian talteen otossa ja käytössä lämmitysenergiana. (Kaappola 2011.)



Kuva 1. Havainnekuva raitiovaunu Articista. (Kaappola 2011.)

2 LAINSÄÄDÄNTÖ

2.1 EU-lainsäädäntö

EU-tasolla on sekä koneturvallisuutta, että raideliikennettä koskevia säädöksiä kuten konedirektiivi ja direktiivi rautatiejärjestelmien yhteentoimivuudesta yhteisössä eli niin sanottu yhteentoimivuusdirektiivi, jonka tavoitteena on rautatiejärjestelmien teknisen yhteentoimivuuden edistäminen EU:n sisällä. Yhteentoimivuusdirektiivin nojalla EU-komissio voi antaa asetuksina tai päätöksinä tekniset vaatimukset sisältävän yhteentoimivuuden teknisen erittelyn (YTE). Komission tavoitteena on yhdenmukaistaa EU:n laajuinen rautatiejärjestelmä, jossa mahdollistetaan rautatieliikenteen sisämarkkinat. Kaupunkiliikenteen paikallisen luonteensa vuoksi metrot, raitiotiet ja muu kevyt raideliikenne on kuitenkin jätetty soveltamisalan ulkopuolelle. Myös EU:n rautatieturvallisuudsdirektiivi jättää kaupunkiraideliikenteen soveltamisalueen ulkopuolelle. (Liikenne ja viestintäministeriö 2013; Riipinen 2015)

Konedirektiivissä rautatieliikenteen liikennevälineistä soveltamisalan ulkopuolelle jäävät koneet, jotka on tarkoitettu ihmisten ja/tai tavaroiden kuljettamiseen kansainvälisillä, kansallisilla, alueellisilla taikka kaupunkiseutujen tai kaupunkien sisäisillä rataverkoilla tai tällaisiin rataverkkoihin kytketyillä radoilla. Toisaalta konedirektiivin soveltamisalaan kuuluvat kuitenkin koneet, jotka on tarkoitettu käytettäväksi radoilla, joita ei ole liitetty tällaisiin rataverkkoihin, kuten omalla käyttövoimalla liikkuvat raiteilla kulkevat maanalaiseen työhön tarkoitetut koneet. (Fraser 2010, 52.)

Konedirektiivin soveltamisalaan kuuluvat muuhun tarkoitukseen kuin henkilö- tai tavarakuljetuksiin rataverkossa käytettävät koneet, esimerkiksi raiteilla kulkevat radan ja ratarakenteiden rakentamiseen, huoltoon ja tarkastamiseen tarkoitetut koneet. Sama koskee raiteilla kulkeviin liikennevälineisiin kiinnitettyjä koneita, kuten kuormausnostureita ja henkilönostimia. (Fraser 2010,52.)

Tällä hetkellä on siis tilanne, että kaupunkiraideliikennettä ei määritetä EU:n tasolla muuten kuin palvelusopimusasetuksen osalta. Konedirektiiviä noudatetaan vain kaupunkiraideliikenteessä olevien koneiden osalta.

EU:ssa on ollut valmisteilla oma kaupunkiraideliikennettä koskeva direktiivi, jonka laatimisesta päätettiin yhteentoimivuusdirektiivin valmistelun yhteydessä. Direktiivi eteni luonnosasteelle, minkä jälkeen Euroopan komissio päätti kuitenkin luopua direktiivin valmistelusta. Direktiivin sijasta komissio päätti erillisen vapaaehtoisuuteen perustuvan eurooppalaisen standardijärjestelmän kehittämisestä ja olennaisten vaatimusten määrittelystä eurooppalaisen kaupunkiliikenteen kehittämiseksi. Työlle annettiin kaksi EU-mandaattia, M/486 ja M/487. Päätöstä erillisestä direktiivistä luopumisesta perusteltiin näkemyksellä, että vapaaehtoisuuteen perustuva standardointi olisi riittävä kaupunkiraideliikenteen yhteentoimivuuden kannalta. (Liikenne ja viestintäministeriö 2013.) Mandaattien pohjalta muotoutui CEN CENELEC Guide 26 -opas, johon on koottu olennaiset vaatimukset kaupunki-raideliikennejärjestelmän kehittämiseksi (CEN-CENELEC 2013). Vaatimukset on kuitenkin kuvattu varsin yleisellä tasolla.

2.2 Kansallinen lainsäädäntö

Suomessa kiskokalustoliiketoimintaa säätelee rautatielaki (Rautatielaki 8.4.2011/304) sekä valtioneuvoston asetus. (Valtioneuvoston asetus rautatiejärjestelmän yhteensopivuudesta ja turvallisuudesta 28.4.2011/372). Edelleen on huomioitavaa, että rautatielaki ja rautatiejärjestelmän yhteensopivuusasetus eivät koske kaupunkiliikennettä (Trafi 2016.)

Vuonna 2015 on tullut voimaan laki kaupunkiraideliikenteestä. Laki ei kuitenkaan suoraan ota kantaa kaupunkiraideliikenteen kaluston suunnitteluun poislukien muutamat yleiset kohdat viestintävälineisiin sekä onnettomuustutkintaa varten oleviin tallenteisiin liittyen. (Laki kaupunkiraideliikenteestä 1412/2015.)

Sähköturvallisuuslainsäädännön osalta raitiovaunusuunnittelua sähköturvallisuuslaki (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016). Sähköturvallisuuslain mukaisesti sähkölaitteiden ja -laitteistot on suunniteltava ja valmistettava sekä käytettävä siten, että niistä ei aiheudu kenenkään terveydelle, omaisuudelle tai etenkin hengelle vaaraa. Ne eivät myöskään saa aiheuttaa sähköisiä tai sähkömagneettisia häiriötä eivätkä saa häiriintyä vastaavista häiriöistä. Sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta määrätään myös valtioneuvoston asetuksessa 1436/2016.

2.3 Viranomaisten ohjeet ja määräykset

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi antaa myös omia määräyksiään. Entisen rautatieviraston, nykyisen Trafian määräys rautatiekaluston sähköjärjestelmistä (Rautatievirasto 2009) koskee vain kalustoa jonka käyttäminen edellyttää käyttöolettolupaa. Raitiovaunu ja metrolinno eivät nykyisen lainsäädännön puitteissa tarvitse käyttöolettolupaa viranomaisilta vaan liikennöitsijä hoitaa kaluston hyväksynnän, joten määräys ei koske kyseisiä kalustoja (Trafi 2016).

Trafi on myös antanut määräyksen 55722 joka perustuu lakiin kaupunkiraideliikenteestä. Määräyksessä todetaan yleisesti, että turvallisuusnäkökulmat on otettava huomioon kaikissa toiminnoissa ja organisaatioissa. Lisäksi tavoitteena on, että kenenkään ei tarvitse kuolla tai vakavasti loukkaantua kaupunkiraideliikenteessä eikä ympäristölle aiheudu vakavia vahinkoja. (Trafi 2015.)

Näiden edellytyksenä on, että ihmisten erehdysten määrää ja niiden seurauksia pyritään minimoimaan ja rataverkko sekä liikkuva kalusto ovat turvallisesti käytettävissä sekä asianmukaisesti tarkastettu ja kunnossapidetty. (Trafi 2015.)

Määräyksessä toiminnanharjoittajan vastuulle määritetään liikkuvan kaluston turvallinen hallinnointi, kunnossapito ja käyttö sisältäen käyttöolettoto- ja hyväksymismenettelyt. Lisäksi toiminnanharjoittajan on tunnistettava rataverkon ja kaluston suunnittelua, hallintaa ja käyttöä koskeva lainsäädäntö, määräykset ja standardit. Lisäksi tulee huomioida tekniikan muuttuminen ja kehittyminen. (Trafi 2015.)

Käytännössä määräys sysää paljon vastuuta toiminnanharjoittelijalle joka määrittää standardit joita on noudatettava ja toimii kaluston katsastusviranomaisena. Huomioitavaa on myös se, että kattavien direktiivien ja -standardien puuttuessa kaluston turvallisuus määritetään riskien tunnistamisen kautta. Toiminnanharjoittajan ollessa samalla myös hyväksyntäviranomaisena voi se myös edellyttää muidenkin kuin kiskokalustostandardien sekä liikennöitsijän omien vaatimusten noudattamista, jotta kalusto saa hyväksynnän.

3 STANDARDIT

3.1 Kiskokalustostandardit

Standardi EN 50153 Railway applications - Rolling stock - Protective provisions relating to electrical hazards määrittää kuinka sähköiskulta suojaaminen pitäisi toteuttaa kiskokalustossa. Tätä standardia avataan yksityiskohtaisemmin tämän opinnäytetyön luvussa 4. Standardi koskee kiskokalustuotteita mutta myös linja-autoja joita syötetään kiskokaluston tavoin virroittimesta.

Standardissa EN 50215 Railway applications – Rolling stock. Testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service määritellään kiskokalustolle tehtävät testit ennen kuin kalusto otetaan käyttöön.

Sähkökaapeloinnin vaatimukset määritellään standardissa EN 50343 Railway applications. Rolling stock. Rules for installation of cabling. Tämän standardin vaatimuksia on avattu yksityiskohtaisemmin luvussa 4.

Kiskokalustuotteiden laitteistojen ympäristöolosuhteet määritetään standardissa EN 50125-1 Railway applications - Environmental conditions for equipment - Equipment on board rolling stock.

RAMS standardissa EN 50126-1 Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) - Part 1: Basic requirements and generic process määritellään menettelytavat, joilla voidaan saavuttaa asetetut vaatimukset luotettavuudessa, käytettävyydessä, huollettavuudessa sekä turvallisuudessa kiskokalustossa. Standardin toimintatavat ovat tärkeässä roolissa todistettaessa raitiovaunun turvallisuutta.

Kiskokalustossa käytettävien sähköisten laitteiden tulee toteuttaa standardin EN 50155 Railway applications Electronic equipment used on rolling stock vaatimukset. Vaikkei sähkösuunnittelussa suoranaisesti yksittäisiä laitteita suunniteltaisikaan, on laitteistovalintavaiheessa syytä tiedostaa kyseisen standardin voimassaolo.

EN 60332-sarjan standardit jotka määrittävät kiskokalustuotteissa käytettävien kaapeleiden palotestit ovat syytä olla vaatimuksina, kun kaapelivalintoja tehdään.

Kiskokaluston sähkömagneettista yhteensopivuutta käsittelee standardi EN 50121-3-2 Railway applications - Electromagnetic compatibility Part 3-2: Rolling stock – Apparatus.

Standardissa EN 50124-1+A1+A2 Railway applications - Insulation coordination Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment määritellään eristekoordinaatio kiskokalustossa.

Standardisarjassa EN 45545 1-7 Railway applications. Fire protection on railway vehicles käsitellään kiskokaluston palosuojausvaatimuksia. Standardin osat 1,2 ja 4 ovat tärkeimpiä raitiovaunusuunnittelun kannalta.

Standardi EN 45545 on korvaamassa standardin DIN 5510-2 Preventive fire protection in railway vehicles - Part 2: Fire behaviour and fire side effects of materials and parts - Classification, requirements and test methods, jossa käydään läpi kiskokaluston palosuojausvaatimuksia.

Mikäli suunnitellaan kiskoilla toimivia koneita, koneturvallisuusdirektiiveihin perustuvia sovellettavia standardeja ovat esimerkiksi SFS-EN 12100 sekä SFS-EN 60204-1. Tarkempiakin standardeja löytyy tiettyihin osa-alueisiin, esimerkiksi nostovälineisiin liittyen. Vaikkei koneturvallisuusstandardeja suoraan käytettäisiin, niissä esiintyviä hyviä suunnittelukäytäntöjä voidaan soveltaa myös kiskokalustojen sähkölaitteisiin.

3.2 Yleiset standardit

Suomessa käytetään sähköasennusstandardeina SFS6000 standardisarja joka perustuu HD 60364 standardisarjaan. Vaikka standardisarjaa ei suoraan sovelleta liikkuvaan kalustoon, on kiskokalustostandardeissa viittauksia kyseisen sarjan eri osiin. Esimerkkinä EN 50153 Railway applications - Rolling stock - Protective provisions relating to electrical hazards viittaa sähköasennusstandardiin HD 60364-4-41:2007 jonka viimeisin suomalainen versio on SFS 6000-4-41:2017. On myös syytä huomioida, että tuotteen tilaaja tai myyjä voi kuitenkin määrittää tuotteelle vaatimuksena myös SFS6000 sarjan standardeja, vaikkei standardin

laatija ole niitä ko. tuotteelle velvoittavaksi tarkoittanutkaan. SFS6000 standardisarjaa käytettäessä kannattaa huomioida, että standardisarjan osista julkaistiin uudet versiot vuoden 2017 syksyllä.

Sähkötyöturvallisuusstandardin SFS 6002:2015 eurooppalaista esikuvaa (EN 50110-1:2013) ei ole erityisesti laadittu sovellettavaksi sähkörautateiden liikkuvaan kalustoon mutta kansallisella lisämääräyksellä on todettu, että suomalaista versiota sovelletaan myös kiskokalustoon kuitenkin huomioon ottaen sekä standardin SFS-EN 50153 Railway applications – Rolling stock – Protective provisions relating to electrical hazards, että Liikenneviraston määräykset ja ohjeet (SFS 6002 2015).

4 TÄRKEIMMÄT SUUNNITTELUN VAATIMUKSET

4.1 Peruseriaatteet

Lakiin, yleisiin asiakasvaatimuksiin sekä hyviin suunnitteluperiaatteisiin perustuen seuraavia käytäntöjä tulisi noudattaa: Raitiovaunun valmistuksen, käytön, huollon sekä siinä matkustamisen tulisi olla kaikissa olosuhteissa turvallista. Lisäksi raitiovaunun on oltava turvallinen myös muille tielläliikkuville (Trafi 2016.)

4.2 Asiakasvaatimukset

Käytännössä raitiovaunu- ja metrokaluston osalta lainsäädäntö ja standardisointi ovat varsin väljää, joten kaluston myyvä toimittaja ja kaluston ostava asiakas ovat viime kädessä ne jotka päättävät, mitä määräyksiä ja standardeja noudatetaan. Asiakasvaatimuksien ollessa projektikohtaisia ja salassa pidettävää tietoa jää lista asiakasvaatimuksista projektin sisäiseen käyttöön eikä niitä tässä työssä erikseen käsitellä.

4.3 Raitiovaunusuunnittelun erityispiirteet

Raitiovaunukaluston suunnitteluvaatimuksia voidaan tarkastella tuotteen käyttötarkoituksen kautta. Esimerkiksi Helsingin keskustassa raitiovaunut kulkevat varsin haastavaa rataverkkoa pitkin vuoden jokaisena päivänä. Rataverkon mutkat ja töyssyt aiheuttavat erilaisia tärinöitä ja heilahduksia jotka rasittavat liitoksia ja huonosti kiinnitettyjä kaapeleita ja laitteita. Suomen sääolosuhteista johtuen kalustossa tulee varautua sekä pakkaseen, että helteeseen sekä lumi- ja vesisaasteeseen unohtamatta ajoittain metallipintoihin kondensoituvaa vettä. Ympäristöolosuhteita tarkemmin määritettäessä voi tutustua standardiin EN 50125-1 (EN 50125 2014). Esimerkkinä standardista nähdään taulukko 1, jossa on määritetty lämpötilaluokat. Luokan valinnalla on vaikutusta komponenttien valintaan sekä lämpenemistarkasteluihin laitteiden ja kaapeleiden osalta.

Taulukko 1. Ilman lämpötilaluokat (EN 50125-1 2014, 6).

| Luokka | Ulkopuolisen ilman lämpötila [°C] | | Sisäpuolisen ilman lämpötila [°C] | |
|--------|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| T1 | -25 | +40 | -25 | +50 |
| T2 | -40 | +35 | -40 | +45 |
| T3 | -25 | +45 | -25 | +55 |
| TX | -40 | +50 | -40 | +60 |

Raitiovaunuja koskevien standardien ja määräyksien ollessa vähäisiä tulee turvallisuuslähtökohdat huomioida ja todentaa suunnittelussa. Tässä työkaluna on RAMS menetelmä (Reliability, Availability, Maintainability, and Safety) jota koskevaa standardia esitellään lyhyesti luvussa 4.13. Termin RAMS mukaisesti suunnittelussa on otettava huomioon luotettavuus, käytettävyys, kunnossapito sekä turvallisuus.

Raitiovaunujen ollessa tarkoitettu ihmisten kuljettamiseen tulee sähkömagneettisten häiriöiden välttämiseen sekä paloturvallisuuteen kiinnittää erityistä huomiota. Häiriöiden välttämistä on käsitelty luvussa 4.11 ja palosuojauksista luvussa 4.12.

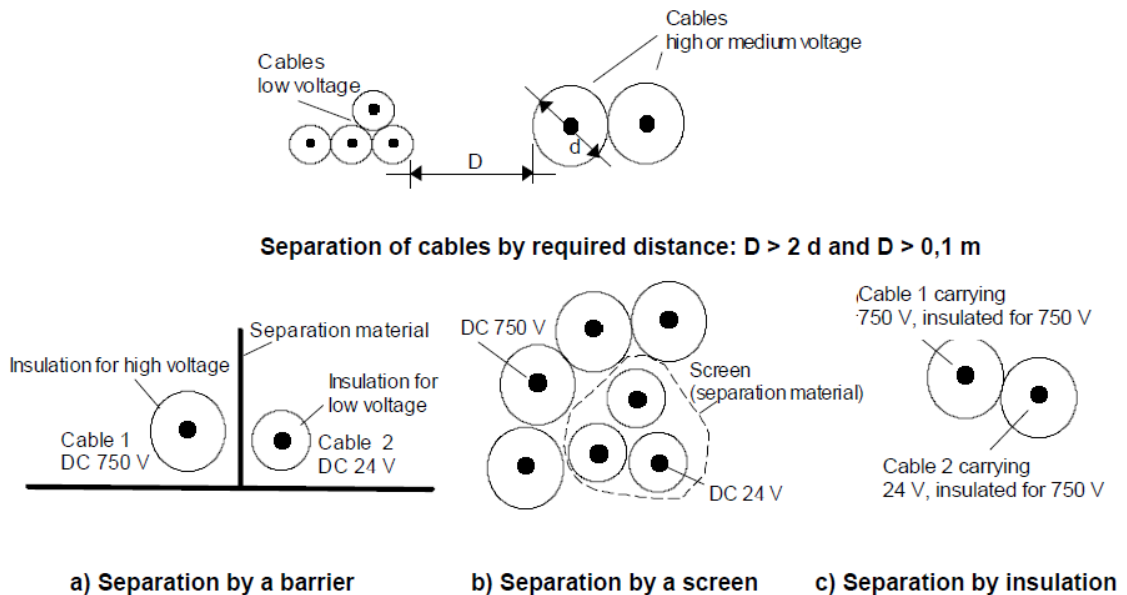
4.4 Jännitealueet

Jännitealueet rajataan taulukon 2 mukaisesti. Jännitealueet 1 ja 2 ovat niin sanottuja pienoistöjännitteitä ja täten turvallisempia. Jännitealue 3 vaatii jo enemmän huomiointia henkilöturvallisuudessa ja alue 4 vaatii jo erityistä huomiota turvallisuuden osalta.

Taulukko 2. Jännitealueiden luokittelu (EN50153 2014)

| Jännitealue | Nimellisjännite (U_n) | |
|-------------|---------------------------|---------------------|
| | AC [V] | DC [V] |
| 1 | $U \leq 25$ | $U \leq 60$ |
| 2 | $25 < U \leq 50$ | $60 < U \leq 120$ |
| 3 | $50 < U \leq 1000$ | $120 < U \leq 1500$ |
| 4 | $U > 1000$ | $U > 1500$ |

Suunnittelussa on huomioitava, että eri jännitealueiden piirit on pidettävä erillään. Käytännössä tämä tarkoittaa, että kaapeloinnit ja laitteiden sijoittelut on tehtävä siten, ettei jännitteitä pääse siirtymään piirien välillä läpilyönnillä eikä indusoitu-malla. Eri tapoja erottaa eri jännitealueen kaapelit toisistaan on esitetty kuvassa 2. Jännitetason 4 sähköistyksiä suunniteltaessa on huomioitava, että sähköisku-vaaralta suojautumiseen on suotava kiinnittää erityistä huomiota. Mikäli jännite-tason 3&4 sähköiskuvaaraa ei voida täysin poistaa esimerkiksi sähkökaapin oveen kiinnitetyn piirin katkaisun avulla tulee sähköiskuvaarasta varoittaa. (EN 50153 2014.)



Kuva 2. Tapoja erottaa eri jännitealueen kaapelit toisistaan. (EN 50153 2014, 24.)

4.5 Kosketussuojaus

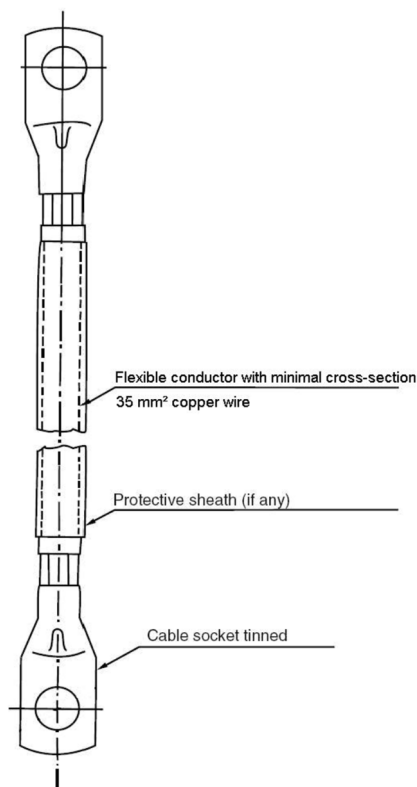
Standardin EN 50153 mukaan tavallisten ihmisten ulottuvilla oleville laitteille pitää olla vähintään IP4X tason suojaus, eli suojaus lankamaisilta esineiltä. Alueilla jotka ovat vain ammattilaisten päästävissä riittää IP2X tason suojaus, eli suojaus sormelta. Mikäli matkustajien ulottuvilla on pistorasioita, tulee niissä olla suoja-läpät tai niiden on oltava niin sanottuja turvapistorasioita. (EN 50153 2014.)

4.6 Varoituskyltit

Käytettävien varoituskylttien on oltava SFS-EN 61310-1 mukaisia. Jos laitteen luokse pääsyn yhteydessä avattavat lukitukset ja muut suunnittelukäytännöt eivät poista vaaratekijöitä, esimerkiksi riskiä sähköiskuvaarasta, tulee jäännösvaaraa varoittaa varoituskylteillä ja mahdollisilla muulla lisäinformaatiolla. Varoituskylttien on oltava selkeästi näkyvillä ja niiden on kestettävä koko tuotteen käyttöajan ajan. (EN 50153 2014.)

4.7 Suojamaadoitus ja suojaava potentiaalintasaus

Kaikki osat jotka voivat aiheuttaa sähköiskun induktiivisen tai kapasitiivisen johtumisen tai vikatilanteen seurauksena on maadoitettava. Maadoitusjohtimien on kestettävä ympäristön rasitukset mukaan lukien mekaaniset, kemialliset sekä termiset elementit. Maadoitusjohtimet voivat olla paljaita tai eristettyjä ja ne on kyettävä tunnistamaan muodon, sijainnin tai keltavihreän värin perusteella. Maadoitusjohtimet on mitoitettava riittävän vahvasti, jotta ne toimivat oikein vikatilanteessa. (EN 50153 2014, 15-16.) Kuvassa 3 on esitelty eräs maadoituskaapeli-tyyppi.



Kuva 3. Esimerkki maadoituskaapelista. (EN 50153 2014, 23.)

Jos sähkökaapin metallisessa ovesta tai metallisen sähkökotelon kannessa on sähköisiä laitteita, on ne maadoitettava erillisellä johtimella. Mikäli sähköisiä laitteita ei ole kiinnitetty metalliseen kanteen tai oveen voidaan maadoitus hoitaa tarvittaessa kiinnitysruuvien sekä saranoiden kautta, kunhan ne ovat kyseiseen käyttöön soveltuvia.

Mikäli johtava osa ei voi missään vikatapauksessa joutua jännitteelle alttiiksi, voidaan sen potentiaalintasausvaatimusta lieventää. Myös jänniteluokan 2 PELV ja SELV piirien parissa olevien osien sekä kaksoiseristettyjen tai vahvennetusti eristettyjen laitteiden osalta vaatimusta voidaan lieventää. (EN 50153 2014, 18-19.)

4.8 Syötön automaattinen poiskytkentä

Syöttöpiirit tulee suunnitella siten, että kaikki virrat palaavat syöttölähteeseen ilman vaaraa sähköiskusta. Syöttöpiirit tulee varustaa syötön automaattisella poiskytkennällä, tai muulla vikavirran rajoitustavalla jolla estetään vaarallisten

kosketusjännitteiden muodostuminen vikatilanteissa. Syötön poiskytkentä voidaan suunnitella SFS EN 6000-4-41 kappaleen 411 mukaisesti. (EN 50153. 2014, 16.)

4.9 Kaapelointi

Kaapeleiden valinnassa on huomioitava, että kaapelit täyttävät palokäyttötymiseltään standardit SFS-EN 45545 osat 2,3 ja 5 (EN 50343 2014).

Kaapelit on mitoitettava siten, että nimelliskuorma on pienempi kuin johtoa suojaavan laitteen toimintavirtaraja joka on pienempi tai yhtä suuri kuin johtimen virrankantokyky asennusolosuhteet huomioiden. Lisäksi on huomioitava kaapelin kesto oikosulkutilanteessa (EN 50343 2014.)

Kaapeleiden ja johtimien lämpenemistä tarkastellessa kannattaa huomioida, että standardissa esitetyt kertoimet ovat yleispäteviä, tiettyjä kaapelityyppejä käytettäessä voi olla hyödyllistä tarkistaa kaapeleiden valmistajalta tarkemmat mitoitusarvot.

Johtimen virrankantokyky asennusolosuhteissa saadaan määritettyä kaavalla:

$$I_{Korjattu} = I_{Kaapeli} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

(1)

Missä

$I_{Kaapeli}$ on kaapelivalmistajan määrittelemä kaapelin virrankesto vakio-olosuhteissa.

K_1 on korjauskerroin ympäröivälle lämpötilalle

K_2 on asennustapakerroin.

K_3 on kerroin kaapelin pienemmälle eliniälle

K_4 on kerroin lyhytkestoiselle kuormitusjaksolle, jossa kaapeli pääsee jäähtymään välillä.

K_5 on kerroin monijohdinkaapeleita käytettäessä.

Kertoimien muodostumista ei tässä työssä tarkemmin käsitellä mutta se on nähtävillä alkuperäisestä lähteestä. (EN 50343 2014, 14-19.)

Mekaanisesta kestästä ja jännitteen alenemasta johtuen voi olla perusteltua valita paksumpi kaapeli kuin mitä virrankeston mukaan olisi vähintään tarvittava.

Myös standardit tai asiakasvaatimukset voivat määrittää yksittäisille johtimille käytettävän minimipinta-alan.

Kaapelinippuja ja johtoreittejä suunniteltaessa on hyvä huomioida muunmuassa seuraavat tekijät: Lämpötilavakiot, EMC vaatimukset, eri jännitealueet, mekaaniset seikat kuten asennettavuus sekä nipun paino. Lisäksi yli kymmenen johtimen nippuihin olisi syytä jättää noin 10 % johtimista varalle mutta kuitenkin vähintään kaksi kappaletta (EN 50343 2014.)

Johtimet ja kaapelit sekä liittimet tulee merkitä siten, että ne ovat selkeästi erotettavissa toisistaan ja sekaantumisen vaaraa ei ole.

4.10 Muita vaatimuksia

Raitiovaunun valmistettavuuden pitää olla paitsi turvallista myös mahdollisimman helppoa, jotta raitiovaunujen valmistuskustannukset saadaan pidettyä alhaisina. Myös käyttöönoton sekä huollon pitää pystyä työskentelemään raitiovaunun parissa selkeästi ja tehokkaasti. Näiden seikkojen toteutumista edesauttaa se, että raitiovaunun sähköistys suunnitellaan loogisesti ja jaetaan tarvittaessa selkeisiin kokonaisuuksiin. Suunnittelun aikana pidetään yhteyttä organisaation eri toimintoihin, joiden antamien kommenttien perusteella voidaan kehittää suunnitelmia eri ryhmiä palvelevaksi.

Myös raitiovaunun käytettävyyden pitää olla korkealla tasolla. Sähkösuunnittelun osalta erilaisten hallintalaitteiden, nappien ja kytkimien looginen käyttötapa sekä sijoittelu helpottavat kuljettajien arkea. Lisäksi eri toimintojen looginen käyttäytyminen sekä eri vikaantumistapojen vaikutus raitiovaunun toimintoihin on otettava huomioon suunnittelussa. Jos suunnittelija ei ole varma jonkin toiminnon parhaasta käyttöliittymästä, monesti asiakkaan edustajat kommentoivat asioita mielellään.

4.11 EMC

Suojautumisessa elektromagneettisilta häiriöiltä tulisi huomioida seuraavat seikat. Kaapeloinnin tulisi täyttää standardien EN 50121-3-1 sekä EN 50121-3-2 vaatimukset. Suuria virtoja siirtävien kaapeleiden sijoittelussa tulee kiinnittää

huomiota siihen, etteivät virrasta muodostuvat magneettikentät häiritse matkustajien lääketieteellisiä laitteita, kuten sydämentahdistimia. Tällaiset kaapelit tulisi myös reitittää mahdollisimman lähellä toisiaan, esimerkiksi kolmion muodossa kolmivaiheiselle syötölle. Huomioitavaa on myös paluuvirtakaapelin sijoittaminen syöttökaapelin viereen niin lähelle kuin vain mahdollista. (EN 50343 2014.) Tarvittaessa lisäsuojauksia voidaan tehdä mekaniikkasuunnittelun avulla, esimerkiksi lisäämällä metallisia suojuuksia, joskin näiden suojausvaikutus lisääntyneeseen vaunun painoon nähden tulee harkita huolellisesti.

Standardin EN 50343 mukaan kaapelit voidaan jakaa kolmeen EMC kategoriaan alla olevan taulukon mukaisesti. Taulukossa on huomioitava, että kategoria A on jaettu kahteen osaan, jotta voidaan korostaa eri jännitealueiden erottelua toisistaan turvallisuussyistä (EN 50343 2014.)

Taulukko 3. EMC kategoriointi (EN 50343 2014)

| EMC kategoria | Kaapeloinnin tyyppi |
|--------------------------|---|
| A | Tehonsyöttö 1: Virroittimen kaapelointi, apukäytön ja lämmityksen pääsyötöt Tehonsyöttö 2: Moottorikaapelointi, jarruvastusten kaapelointi |
| B | Akuston kaapelointi, releohjaukset |
| C | Antennikaapelit, kaiutinkaapelit, väyläkaapelit |

Eri EMC luokkien kaapelit tulisi asentaa etäälle toisistaan. Sopiva etäisyys riippuu eri tekijöistä kuten tehosta, signaalien taajuuksista, kaapeleiden tyypeistä ja niin edelleen. Mikäli kaapeleiden pitää ylittää toisensa, on ylitys suositeltavaa tehdä suorassa kulmassa (EN 50343 2014.) Samansuuntaisesti kulkevien kaapeleiden suositeltavat minimietäisyydet nähdään taulukosta 4.

Taulukko 4. Suositeltavat minimietäisyydet (EN 50343 2014)

| Kaapeleiden EMC luokat | Minimietäisyys [m] |
|------------------------|--------------------|
| A&B | 0,1 |
| A&C | 0,2 |
| B&C | 0,1 |

Valittaessa EMC alttiille signaaleille kaapeleita niiden valinnassa tulee suosia kaapeleita, joissa on kierretyt parit ja häiriösuojat. Reititys tulisi tehdä mahdollisimman lähellä johtavia pintoja (esimerkiksi metallista seinää), jotta mahdolliset häiriöt vaimenisivat johtavasta pinnasta tulevan vasta-aallon avulla. Kaapeleiden häiriösuojat tulisi maadoittaa mahdollisimman monesta kohtaa, mutta vähintäänkin molemmista päistä. Maadoitus tulisi tehdä mahdollisimman leveällä kontaktilla ja kaapelin suojuksien punomista johtimeksi tulisi välttää etenkin yli 100kHz taajuuksilla. Suojasta punottu johdin ei saisi olla yli 5 cm pitkä. Väyläkaapelit tulisi vetää omina linjoinaan siten, että niille olisi omistettu omat liittimensä. (EN 50343 2014.)

4.12 Palosuojaus

Raitiovaunujen ollessa tarkoitettu julkisen liikenteen henkilökuljetukseen on erityisen tärkeää huolehtia matkustajien turvallisuudesta. Tulipalo on yksi potentiaalinen matkustajien turvallisuutta vaarantava tekijä. Suunnittelulähtökohdista riskin pienentäminen onnistuu muun muassa seuraavin tavoin.

Kaapeleiden suojaus on tehtävä siten, että ne eivät pääse kuumenemaan liiaksi. Lisäksi kaapeleiden valinta on tehtävä siten, että ne ovat tarkoitettuja rautatiekäyttöön ja ne täyttävät paloturvallisuusvaatimukset palon etenemisen ja savun myrkyttömyyden osalta.

Sähkölaitteiden valinnassa ja sijoituksessa on huomioitava laitteiden lämpenemisen aiheuttamat riskitekijät, jotta laitteiden lämpö ei aiheuta paloriskiä. Palostandardien mukaisten suunnitteluperiaatteiden mukaisesti palavan materiaalin määrää on syytä minimoida ja materiaalien on oltava sellaisia, joiden savunmuodostus palotilanteessa on vähäistä.

Mikäli sähkölaitteet on sijoitettu tiiviiseen koteloon, voidaan tietyissä tilanteissa niiden paloturvallisuudesta joustaa olettaen, että tulipalo ja savu eivät pääse etenemään kotelon ulkopuolelle.

Paloturvallisuuden ollessa laaja alue kannattaa siitä kiinnostuneen lukijan perehtyä asiaan tarkemmin sitä käsittelevän opinnäytetyön (Paavola Mika. 2016) tai

alkuperäisten SFS-EN 45545-1 2013 sekä SFS-EN 45545-2 2013 avulla. Standardisarjaa ei ole välttämätön soveltaa raitiovaunusuunnitteluun. Mikäli sitä halutaan soveltaa, esimerkiksi asiakasvaatimuksista johtuen on huomioitava, että standardisarjan osa 5 ottaa kantaa myös sähkösuunnitteluratkaisuihin. Tässä työssä osan 5 vaatimuksia ei kuitenkaan tarkemmin avata.

4.13 RAMS

Standardi EN 50126-1 sekä sen soveltamisohjeet CLC/TR 50126-2 ja -3 määrittävät tavat joita käyttämällä voidaan huomioida kiskokalustotuotteiden luotettavuuden, käytettävyyden kunnossapidon sekä turvallisuuden näkökulmat (RAMS) (EN 20126-1. 1999)

Standardin ja soveltamisohjeiden ollessa varsin laaja-alaisia, ei niitä käydä tässä työssä tarkemmin lävitse. Sähkösuunnittelun näkökulmassa tärkeää on sisäistää näiden näkökulmien ja vaatimusten olemassaolo sekä tarve pystyä osoittamaan vaatimusten täyttyminen.

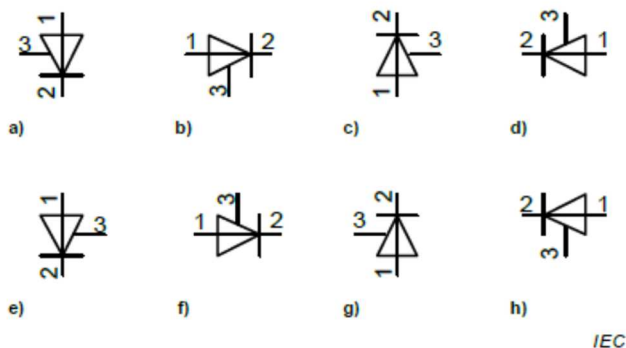
Turvallisuuskäsitteiden esimerkkinä mainittakoon soveltamisohjeen 2-osan sähköisten tekijöiden tarkistuslistasta seuraavat kohdat:

- Elektromagneettinen yhteensopivuus ja häiriöiden sieto
- Tulipalo- ja räjähdysvaarat
- Eristysten pettäminen
- Salamaniskut
- Sähkönsyötön katkeaminen
- Ajovirta
- Suojaus maavioilta
- Suojaus suoraa ja epäsuoraa kosketusta vastaan
- Hätäpysäytys ja piirien eristys
- Suojaus ylivirralla ja kytkentäilmiöiltä
- Virrankestoisuuksien huomiointi. (CLC/TR 50126-2. 2007. 93)

4.14 Dokumentointi

Sähkötekniset dokumentit on suotavaa tehdä SFS-EN 61082-1:2015 mukaisesti ellei muuta ole sovittu asiakkaan kanssa. Standardin ollessa varsin laaja ja yleispätevä, esitetään tässä työssä vain muutamia kohtia ko. standardista.

Piirikaavioissa käytettävien piirrosmerkkien suunta tulisi olla siten, että piirit voidaan piirtää joko vaaka- tai pystytasossa siten, että kuva on luettavissa sivu alareunan tai oikean reunan puolelta. On suositeltavaa, että symboleihin liitetyt tekstit esimerkiksi liittintunnukset sijoitetaan liittimen vasemmalle puolelle kun liitin esitetään pääasiassa pystysuorin viivoin tai yläpuolelle kun se esitetään vaakasuorin viivoin. Tämä on huomioitava käytettäessä suunnitteluohjelmiston symbolin tuontia. Tarvittaessa symbolia on kääntämisen lisäksi myös peilattava Y- tai X-akselin mukaisesti. Kuva 4 havainnollistaa symbolin kääntämistä ja peilaamista (SFS-EN 61082-1 2015.)



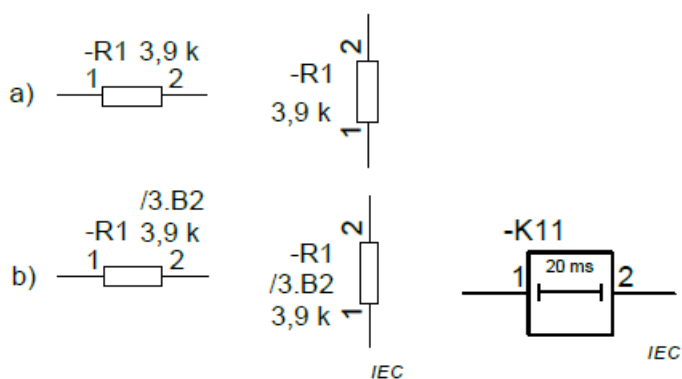
Kuva 4. Standardin IEC 60617 piirrosmerkin S00055 kääntäminen ja/tai esittäminen peilikuvana (SFS-EN 61082-1 2015, 28)

Ristiviitteiden sijoittamisesta on huomioita, että ristiviitteitä ei saa esittää laitteen välittömässä läheisyydessä sen yläpuolella tai vasemmalla. (SFS-EN 61082-1. 2015, 35). Kuva 5 esittää suositeltavan sijoituspaikan.



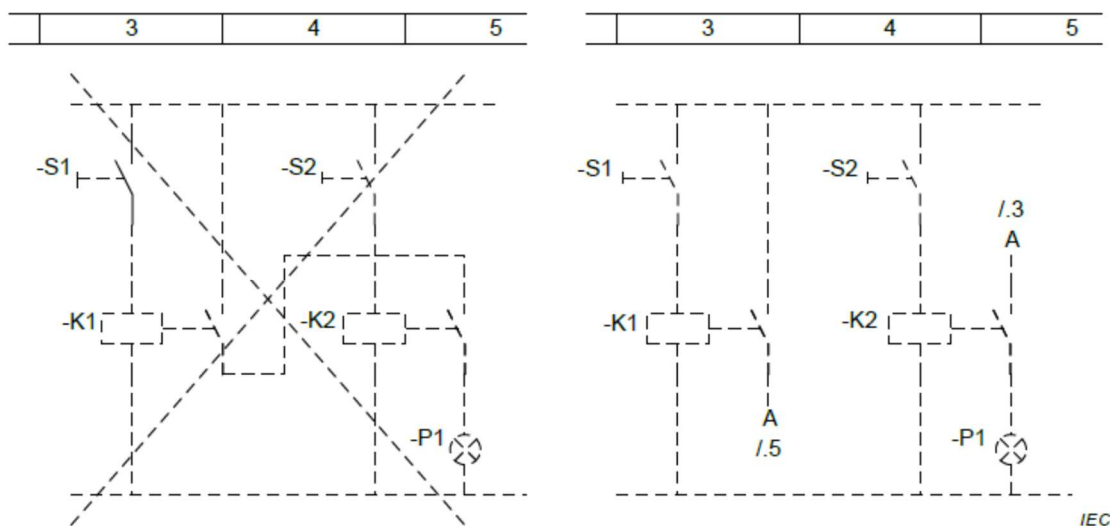
Kuva 5. Esimerkki ristiviitteiden soveltaminen vapaassa esitystavassa (SFS-EN 61082-1. 2015 35).

Piirrosmerkissä kuvatun kohteen tekniset tiedot on esitettävä piirrosmerkin läheisyydessä, mahdollisen viitetunnuksen alapuolella tai oikealla (SFS-EN 61082-1. 2015, 36). Tekniset tiedot voidaan esittää myös piirrossymbolin ääri viivojen sisäpuolella. Kuva 6 havainnollistaa teknisten tietojen esittämistä.



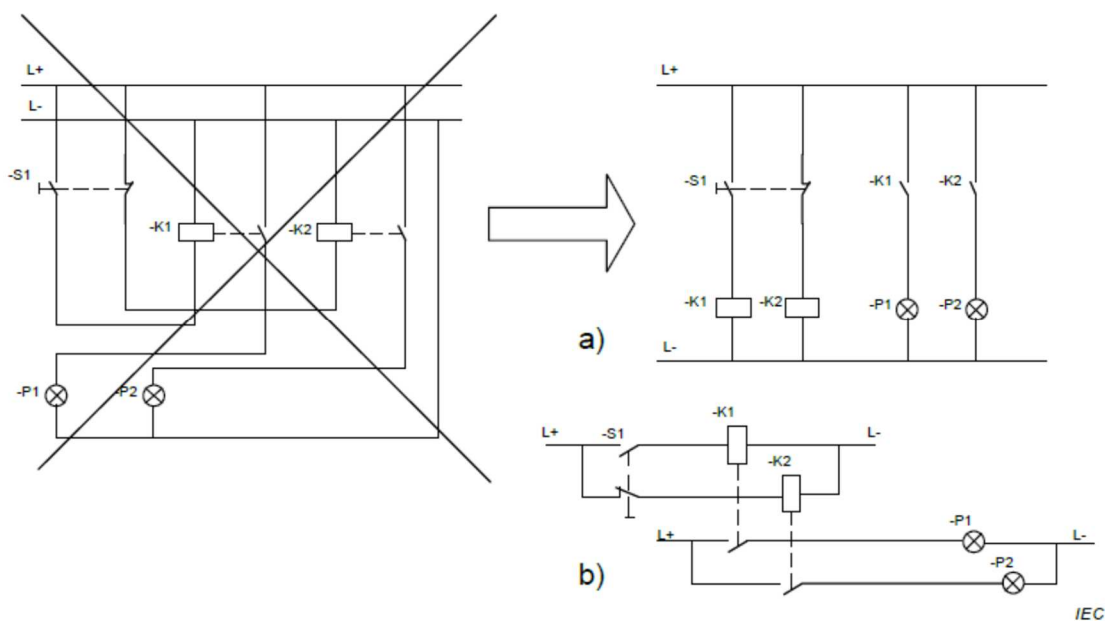
Kuva 6. Esimerkki piirrosmerkkiin liitetystä teknisistä tiedoista (SFS-EN 61082-1 2015, 35)

Symbolien tekstien sijoittelun ohella eräs piirikaavioita selkeyttävä tekijä on johdovetojen pitäminen mahdollisimman suorana. Turhia risteämiä ja käännoiksi pitäisi välttää. Kuva 7 havainnollistaa suorien viivojen merkitystä piirikaavion selkeässä esitystavassa.



Kuva 7. Esimerkki käynnösten ja risteämien välttämiseksi (SFS-EN 61082-1 2015, 39).

Selkeyttä voi yrittää lisätä myös jaottelemalla piirrosmerkit riviin. Lisäksi syöttö- ja paluulinjat olisi hyvä sijoittaa piirustusarkin reunoille mahdollisuuksien mukaan. Kuva 8 esittää vältettävää sijoittelutavan sekä vaihtoehtoiset ratkaisut.



Kuva 8. Piirrosmerkkien asettaminen riviin (SFS-EN 61082-1 2015, 56)

Laitteiden viitetunnukset määritellään standardisarjojen SFS-EN 15380 sekä SFS-EN 81346 mukaisesti. Standardien mukaan laitetunnus muodostuu fyysisestä sijainnista, komponentin luokan sekä tuoteryhmän perusteella (SFS-EN 15380-1 2006, SFS-EN 81346-1 2006).

Komponenttien luokat määritetään standardin SFS-EN 81346 mukaisesti. Standardin 2. osan taulukon 1 perusteella voidaan kertoa laitteen luokan kirjain sen toiminnon perusteella (SFS-EN 81346-2 2009). Kuvan 9 perusteella nähdään, että kuvan 5 K1 sekä K2 ovat releitä ja vastaavasti P1 sekä P2 merkkilamppuja.

Taulukko 1 (jatkuu, koodit K...P)

| Koodi | Kohteen aiottu tarkoitus tai tehtävä | Kohteiden aiottua tarkoitusta tai tehtävää kuvaavia esimerkkitermejä | Esimerkkejä tyyppillisistä mekaanisista/hydraulisista/pneumaattisista tuotteista | Esimerkkejä tyyppillisistä sähkökomponenteista |
|-------|--|--|---|---|
| K | Signaalien tai informaation prosessointi (vastaanottaminen, käsitteleminen ja tuottaminen) (ei kuitenkaan suojaustarkoituksen kohteet, ks. luokka F) | Sulkeminen (ohjauspiirien) Jatkuva ohjaaminen Hidastaminen Avaaminen (ohjauspiirien) Pitkittäminen Kytkeminen (ohjauspiirien) Tahdistaminen | Nesteen takaisinkytkentäinen säädin Valvontaventtiili | Kytkinrele Analoginen mikropiiri Binaarinen mikropiiri Apukontaktori Keskusyksikkö Viivästyslinja Elektroninen venttiili Elektroniputki Takaisinkytkentäsäädin Suodatin (tasa- tai vaihtovirta) Induktiosekoitin Mikroprosessori Ohjelmoitava logiikka Tahdistuslaite Aikarele Transistori |
| L | Varattu tulevaa standardointia varten | | | |
| M | Mekaanisen energian (pyörimisliikkeen tai lineaarisen mekaanisen liikkeen) tuottaminen tarkoituksena pitää käynnissä | Vaikuttaminen Käynnissä pitäminen | Polttomootori Nestesylinteri Lämpövoimakone Hydraulinen turbiini Mekaaninen käyttölaite Jousikuormitus Höyryturbiini Tuuliturbiini | Kelatoimilaite Toimilaite Sähkömoottori Lineaarimoottori |
| N | Varattu tulevaa standardointia varten | | | |
| O | Ei sovi käytettäväksi | --- | --- | --- |
| P | Informaation esittäminen | Hälyttäminen Välittäminen Näyttäminen Osoittaminen Tiedottaminen Mittaaminen (muuttujien esittäminen) Esittäminen Tulostaminen Varoittaminen | Vaaka (punnitusta varten) Hälytyskello Kello Kello Virtausmittari Painemittari Tulostin Tekstinäyttö Lämpömittari | Ampeerimittari Soitokello Kello Viivapiirturi Tapahtumalaskuri Geiger-laskuri Loistediodi (LED) Kaiutin Tulostin Tallentava jännitemittari (pääasiassa esittämistarkoituksiin) Merkkilamppu Signaalivärähtelijä Synkronoskooppi Tekstinäyttö Jännitemittari Wattimittari Energiamittari |

Kuva 9. Esimerkki laiteluokkataulukosta (SFS-EN 81346-2 2009)

Laitteiden tuoteryhmät voidaan määrittää standardin SFS-EN 15380-2 mukaisesti. Standardin mukaan esimerkiksi pääkatkaisijan tuoteryhmäksi muodostuisi kuvan 10 mukaisesti FB. (SFS-EN 15380-2 2006)

| MPG | SPG | Name | Examples of SPG |
|-----|-----|----------------------------|--------------------------------------|
| E | G | | Safety shackle |
| E | G | | Snow clearing machine |
| E | G | | Underride bar |
| E | G | | Wheel guard cover |
| F | A | Power system, drive unit | Power unit |
| F | A | | Prime mover |
| F | B | Power supply | Current collector for conductor rail |
| F | B | | Current collector |
| F | B | | Disconnecter |
| F | B | | Earthing switch |
| F | B | | Higher voltage circuit |
| F | B | | High-voltage cable |
| F | B | | High-voltage converter |
| F | B | | Insulators |
| F | B | | Lightning arrester |
| F | B | | Lightning protection |
| F | B | | Main fuse |
| F | B | | Main switch |
| F | B | | Main transformer |
| F | B | | Roof cable |
| F | B | | Roof disconnecter |
| F | B | | Roof pantograph |
| F | B | | System changeover switch |
| F | C | | Power generation |
| F | C | Generator | |
| F | C | Internal combustion engine | |
| F | C | Starter | |
| F | C | Starter-generator unit | |
| F | D | Power conversion | Brake chopper |
| F | D | | Brake current circuit |
| F | D | | Brake resistor |
| F | D | | Direction switch |
| F | D | | Drive |
| F | D | | Gears |
| F | D | | Net filter |
| F | D | | Power converter |
| F | D | | Power transformer |
| | | | |

| MPG | SPG | Name | Examples of SPG |
|-----|-----|--|--|
| F | D | | Rubber cardan drive |
| F | D | | Switchgear |
| F | D | | Traction circuit |
| F | D | | Traction motor |
| F | D | | Traction-brake resistor |
| F | D | | Voltage selection device |
| F | E | Power dissipation | Earthing facility |
| F | E | | Return current bar |
| F | E | | Return current transformer |
| F | E | | Short-circuiting device |
| F | E | | Waste gas facility |
| F | F | Power storage | Flywheel |
| F | F | | Fuel unit |
| F | F | | Traction battery |
| G | A | Control apparatus for train operation | |
| G | B | Power supply controls | Main switch control |
| G | B | | Pantograph control |
| G | C | Driving and braking controls | Auxiliary master controller |
| G | C | | Brake control device |
| G | C | | Control converter |
| G | C | | Controller |
| G | C | | Drive control device |
| G | C | | General driving and braking control device |
| G | C | | Master controller |
| G | C | | Operating control |
| G | C | | Shunting switch |
| G | C | | Train control device |
| G | C | Wheel slide and slip protection | |
| G | D | Power generation controls | Internal combustion engine control |
| G | E | System data acquisition | Contact line measuring device |
| G | E | | Current measurement |
| G | E | | Data logging system |

Kuva 10. Esimerkki laitteiden tuoteryhmätaulukosta. (SFS-EN 15380-2 2006)

Laitteen asennuspaikkamerkintä voidaan katsoa standardista SFS-EN 15380-3. Paikkatunnus muodostuu vakiomerkestä + sekä kolmesta kirjaimesta joista ensimmäinen on R, joka kertoo kyseessä olevan rautatiekalustoa. Seuraava merkki kertoo rautatiekaluston tyyppin. Raitiovaunun tapauksessa merkinä käytetään standardin mukaan kirjainta E. Viimeisen osan määrittely voidaan tehdä vapaasti. Raitiovaunun tapauksessa selkeintä on se, että tällä kirjaimella erotellaan vaunut toisistaan. (SFS-EN 15380-3 2006.) Lopuksi voidaan antaa tarkentava numero esimerkiksi kuvan 11 mukaisesti.

| Main group | Subdivision | Name of the location |
|------------|-------------|---|
| 00 | | Roof, outside |
| | 01 to 09 | Roof, outside; subdivision according to the situation |
| 10 | | Driver's cab |
| | 11 | Driver's desk |
| | 12 | Cubicle in the driver's cab, left-hand side |
| | 13 | Cubicle in the driver's cab, right-hand side |
| 10 | 14 | Driver's cab, rear wall, left-hand side |
| | 15 | Driver's cab, rear wall, right-hand side |
| | 16 | Driver's cab, floor |
| | 17 | Driver's cab, ceiling |
| | 18 | Vehicle head, left-hand side |
| | 19 | Vehicle head, right-hand side |
| 20 | | Side wall, right-hand side (with cove) |
| | 21 to 29 | Subdivision according to the situation (e.g. windows) |
| 30 | | Side wall, left-hand side (with cove) |
| | 31 to 39 | Subdivision according to the situation |
| 40 | | Interior, right-hand side |
| | 41 to 49 | Subdivision according to the situation |
| 50 | | Interior, left-hand side |
| | 51 to 59 | Subdivision according to the situation |
| 60 | | Interior ceiling |
| | 61 to 69 | Subdivision according to the situation, e.g. intermediate ceiling in double-decker coaches |
| 70 | | Underframe (framework of a locomotive) |
| | 71 to 79 | Subdivision according to the situation |
| 80 | | End wall, rear wall, intercommunication gangway, driver's cab 2 of single-unit vehicles (e.g. in locomotives) |
| | 81 to 89 | Subdivision according to the situation |
| 90 | | Reserved |

Kuva 11. Laitesijainnin määrittely (SFS-EN 15380-2 2006)

Esimerkiksi laitteen sijaintitunnus +REA.11 kertoo laitteen olevan kuvitteellisen raitiovaunuprojektin A-vaunun ohjaamossa. Laitteen position kokonaismäärittely saadaan kuin yhdistetään nämä seikat. Esimerkkitapauksessa laitteen tunnus olisi =FB+REA.11-P2.

5 TARKASTUSLISTA

Työssä tehtiin raitiovaunusuunnitteluun tarkistuslista. Tarkistuslista koostettiin keräämällä raitiovaunusuunnittelua koskevista standardeista tärkeimpiä kohtia. Lisäksi listaan kerättiin kokemusperäistä tietoa jo tehdystä sekä työn kirjoitushetkellä työn alla olevasta projektista. Tarkistuslista tehtiin Word-dokumenttiin ja jaoteltiin eri osa-alueisiin siten, että erilaiset suunnittelutehtävät erotettiin toisistaan, jotta eri osa-alueiden tekijät voivat huomioida vain kyseistä tehtävää koskevat osat.

Aluksi tarkastuslistat on ajateltu jäävän suunnittelijoiden ja tarkastajien oman työn tueksi. Suunnittelijat voivat käyttää niitä pitkin eri suunnitteluvaiheita mutta suotavaa olisi tehdä tarkistukset viimeistään ennen tarkistusvaiheeseen laittoa. Myös mahdollisissa suunnittelukatselmuksissa olisi hyvä tiedostaa tarkistuslistan olemassaolo.

Tällä hetkellä listan käyttöä ei valvota mitenkään, eikä täytettyjä listoja tarvitse arkistoida mihinkään. Tämä vaihtoehto on kuitenkin toteutettavissa, mikäli se jossain välissä halutaan toteuttaa esimerkiksi laatujärjestelmän vuoksi.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää tarkistuslista raitiovaunun sähkösuunnitteluun helpottamaan tarkastusprosessia. Työn teoriaosuuden tavoitteena oli perehtyä vallitseviin julkisiin lähteisiin kuten standardeihin ja lakeihin, jotta niissä olevat suunnitteluvaatimukset saatiin selville. Työn teoriaosuutta tehdessä vahvistui näkemys siitä, että pääasiallisesti kaluston suunnittelukriteerit ovat sähkösuunnittelun osalta muutaman päästandardin varassa. Raitiovaunuja koskevien lakien ja direktiivien ollessa vähäisiä ja suppeita, on kaluston hallinnoijan sekä valmistajan riskienarvioinnilla suuri merkitys kalustoa suunniteltaessa.

Suunnittelutyötä ohjaa myös tuotteen valmistajan sekä asiakkaan vaatimukset. Näitä ei kuitenkaan työn työhön sisällytetty johtuen siitä, että projektikohtaiset seikat haluttiin jättää työstä pois. Koska nykyisissä ja seuraavissa projekteissa käytettävät suunnitteluohjelmistot ovat tiedossa tarkistuslistaan lisättiin myös suunnitteluohjelmistokohtaisia kohtia. Kohdat myös jaoteltiin erikseen nykyisen ja vanhan suunnitteluohjelmiston mukaisesti, jotta listaa voidaan soveltaa myös vanhojen projektien muutossuunnittelussa.

Jatkokehitysehdotuksena tarkastuslista kannattaa kehittää pitkin suunnittelutoimintaa. Todennäköisesti suunnittelun edetessä eri projekteissa vastaan tulee asioita, joita on syytä lisätä listaan. Lisäksi tarkistuslistaa voi käyttää pohjana projektikohtaista tarkistuslistaa kehitettäessä. Projektikohtainen lista lisättynä nykyiseen listaan toisi selkeästi lisää etuja tarkastukseen.

LÄHTEET

EN 50125-1. 2014. Railway applications - Environmental conditions for equipment - Part 1: Rolling stock and on-board equipment. Bryssel. Cen-Cenelec

EN 50126-1. 1999. Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) - Part 1: Basic requirements and generic process. Bryssel. Cen-Cenelec

EN 50153. 2014. Railway applications - Rolling stock - Protective provisions relating to electrical hazards. Bryssel: Cen-Cenelec

EN 50343. 2014. Railway applications. Rolling stock. Rules for installation of cabling. Bryssel: Cen-Cenelec

CEN-CENELEC 2013. Guide 26: Railway applications – Preparation of standards for urban rail systems design, construction, manufacture, operations and maintenance. 2013. Bryssel

Citec Oy Ab 2017. Citec Finland. Viitattu 26.7.2017. http://www.citec.fi/en-US/Locations/Citec_Finland

CLC/TR 50126-2 2007 Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) - Part 2: Guide to the application of EN 50126-1 for safety

Fraser, I. 2010. Konedirektiivin 2006/42/EY soveltamisopas. 2. painos. Euroopan komissio, yritys- ja teollisuustoiminta. Viitattu 1.8.2017. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/9483/attachments/1/translations/fi/renditions/pdf>

Kaappola, E. 2011. HKL:n uudet raitiovaunut. Suomen paikallisliikenneliiton vuosikokousseminaari 17.3.2011. 1.8.2017 Saatavissa http://www.raitio.org/ratikat/helsinki/hkl/hkl_transtech/uudet_vaunut_transtech.pdf

Laki kaupunkiraideliikenteestä 1412/2015

Liikenne ja viestintäministeriö 2013. Metroliikenteen valvonta ja sääntely. Metroliikenteen valvontatyöryhmän ehdotus. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 32/2013.

Paavola, M. 2016. Standardissa SFS-EN 45545 asetetut palamiskäyttäytymisvaatimukset kiskokalustossa käytettäville materiaaleille ja komponenteille. Oulun yliopisto. Konetekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.

Rautatielaki 2011. L 8.4.2011/304

Rautatievirasto 2009. Rautatiekaluston sähköjärjestelmä. Määräys. RVI/376/411/2008

Riipinen, L. 2015. Viranomaisen rooli kaupunkiraideliikenteessä. Aalto-yliopisto. Liikenne- ja tietekniikka. Diplomityö.

SFS 6002. 2015. Sähkötyöturvallisuus.

SFS-EN 15380-1. 2006. Kiskoliikenne. Kiskokaluston merkintäjärjestelmä. Osa 1: Yleiset periaatteet.

SFS-EN 15380-2. 2006. Kiskoliikenne. Kiskokaluston merkintäjärjestelmä. Osa 2: Tuoteryhmät

SFS-EN 15380-3. 2006. Kiskoliikenne. Kiskokaluston merkintäjärjestelmä. Osa 3: Asennuspaikkojen ja –sijaintien merkintä

SFS-EN 45545-1. 2013. Railway applications. Fire protection on railway vehicles. Part 1: General.

SFS EN 45545-2. 2013. Railway applications. Fire protection on railway vehicles. Part 2: Requirements for fire behavior of materials and components.

SFS-EN 61082-1. 2015. Sähkötekniikassa käytettävien dokumenttien laatiminen. Osa 1: Säännöt

SFS-EN 81346-1. 2010. Teollisuuden järjestelmät, asennukset ja laitteet sekä teollisuustuotteet. Jäsentelyn periaatteet ja viitetunnukset. Osa 1: Perussäännöt

SFS-EN 81346-2. 2009. Teollisuuden järjestelmät, asennukset ja laitteet sekä teollisuustuotteet. Jäsentelyn periaatteet ja viitetunnukset. Osa 2: Kohteiden luokittelu ja luokkia vastaavat koodit.

Sähtöturvallisuuslaki 1135/2016

Trafi 2015. Kaupunkiraideliikenne. Määräys. TRAFI/55722/03.04.02.00/2015

Trafi 2016. Kaupunkiraideliikenne. Perustelumuistio. 1.2.2016

Transtech Oy. 2017. Yrityksen internet-sivut. Viitattu 26.7.2017. <http://www.transtech.fi>

Valtioneuvoston asetus rautatiejärjestelmän turvallisuudesta ja yhteentoimivuudesta 28.4.2011/372

LIITTEET

LIITE 1: Tarkistuslista (Luottamuksellinen)