

Johtosarjan suunnittelun kehittäminen

Case: Teknoware Oy

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Suunnittelupainotteinen
mekatroniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Viljami Syyrakki

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

SYYRAKKI, VILJAMI:

Johtosarjan suunnittelun
kehittäminen
Case: Teknoware Oy

Suunnittelupainoiteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 38 sivua

Kevät 2016

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda uusi ja yhtenäinen johtosarjan suunnittelutyökalu sekä työkalun käyttöohjeistus Teknoware Oy yritykselle. Työ sisältää myös erilaisten komponenttien teknisten tietojen selvittämistä sekä koulutuksen suunnittelijoille. Varsinainen työ tehtiin Microsoft Excel- ja SolidWorks-ohjelmalla.

Aiempi johtosarjan suunnittelutyökalu oli Microsoft Word-ohjelmassa, mikä teki työkalusta kömpelön. Uusi suunnittelutyökalu on SolidWorks-pohjalla. Tämä helpottaa yritystä myös siksi, että suurin osa tiedostotyypeistä on SolidWorks-pohjaisia.

Johtosarjan suunnittelulla ei ole ollut aiemmin selviä ohjeita, vaan kaikki suunnittelijat ovat suunnitelleet johtosarjan omalla tyylillään. Uuden suunnittelutyökalun ja ohjeiden ansiosta johtosarjojen suunnittelusta tulee helpompaa ja virheet vähenevät.

Työn teoriaosuudessa käydään läpi johtojen ja kaapeleiden kannalta keskeisimpiä asioita sekä kaapeleiden paloturvallisuuteen liittyviä vaikutuksia.

Asiasanat: ohjeistus, suunnittelutyökalu, yhtenäisyys, johdot, kaapelit

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in production and manufacturing Technology

SYYRAKKI, VILJAMI: The development of wire harness desing
Case: Teknoware Oy

Bachelor's Thesis in mechatronics, 38 pages

Spring 2016

ABSTRACT

The goal of this Bachelor's thesis was to create new and solid harness design tool and briefing to use new design tool for company named Teknoware Oy. The work also includes clearing technical data of different components and training for designers. The proper work was made with Microsoft Excel- and SolidWorks programs.

The old design tool was made with Microsoft Word program, which compared to new tool was significantly clumsy. New SolidWorks based design tool is much easier to the company also because majority of the fileformats used in the company is SolidWorks based.

There were not any clear instructions how to use the old design tool and all designers had their own style to design harness. New design tool and instructions will make designing harness easier and less mistakes will be made.

The theory is an overview of the main issues related to wires and cables and in addition effects of fire safety cables.

Key words: insturctions, designingtool, integrity, wires, cables

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	YRITYS	2
2.1	Teknower-konserni	2
2.2	Teknoware Oy	2
2.3	Liiketoiminta	3
3	KAAPELIT JA JOHDOT	4
3.1	Johtojen koot ja kuormitettavuus	5
3.2	Johtojen värit ja merkinnät	10
3.2.1	Kaapeleiden tyyppimerkinnät	10
3.2.2	Johtojen värit	14
3.3	Johtojen ja kaapeleiden asennus valaisimiin	17
3.4	Kaapeleiden paloturvallisuus	19
3.4.1	Kaapelipalojen syyt	20
3.4.2	Kaapeleiden palo-ominaisuudet	21
3.4.3	Kaapelipalojen ehkäisy	24
4	CASE: TEKNOWARE	26
4.1	Opinnäytetyönprosessin alkutilanne	26
4.1.1	Ohjeistusten puuttuminen	26
4.1.2	Palaverit tuotannon kanssa	26
4.2	Komponenttien tietojen selvittäminen	27
4.3	Suunnittelutyökalun tekeminen	28
4.4	Ohjeistus ja koulutus	35
5	YHTEENVETO	36
	LÄHTEET	37

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Teknoware Oy. Opinnäytetyö tehtiin marraskuun 2015 ja maaliskuun 2016 välisenä aikana. Opinnäytetyön päätyö oli suunnitella ja tehdä yhtenäinen suunnittelutyökalu valaisimien johtosarjojen suunnittelulle. Johtosarjat luodaan erillisessä solussa, josta ne kuljetetaan valaisimien kokoonpanotuotantoon.

Opinnäytetyöhön kuului myös eri komponenttien teknisten tietojen selvittäminen, suunnittelutyökalun ohjeistus ja uuden työkalun kouluttaminen suunnittelijoille. Opinnäytetyössä oli otettava huomioon tuotannon vaatimukset sekä työkalun helppokäyttöisyys suunnittelijoita varten. Opinnäytetyön aloitusvaiheessa johtosarjojen suunnitteluun ei ollut yhtä tiettyä toteutustapaa suunnitella johtosarjoja eikä suunnittelijoille ollut ohjeistusta tähän.

Uuden suunnittelutyökalun yhdeksi tärkeimmistä teemoista tulisi sen helppokäyttöisyys ja yhteneväisyys kuvissa. Kun uusi työkalu tulee käyttöön ja on ollut käytössä jonkin aikaa, ovat työntekijät tottuneet siihen. Kun kaikki suunnittelijat suunnittelevat johtosarjoja ohjeiden mukaan, virheiden määrä minimoituu ainakin suunnittelijoiden puolesta. Tämän johdosta myös taloudelliset kustannukset vähenevät. Uusi suunnittelutyökalu on Solidworks-ohjelmassa, johon on liitetty Excel-taulukko.

Työn teoriaosuus kertoo johdoista ja kaapeleiden käytöstä sekä standardeista pääosin teollisuudesta ja talotekniikasta. Ajoneuvopuolen säädöksistä on mainintoja erikseen.

2 YRITYS

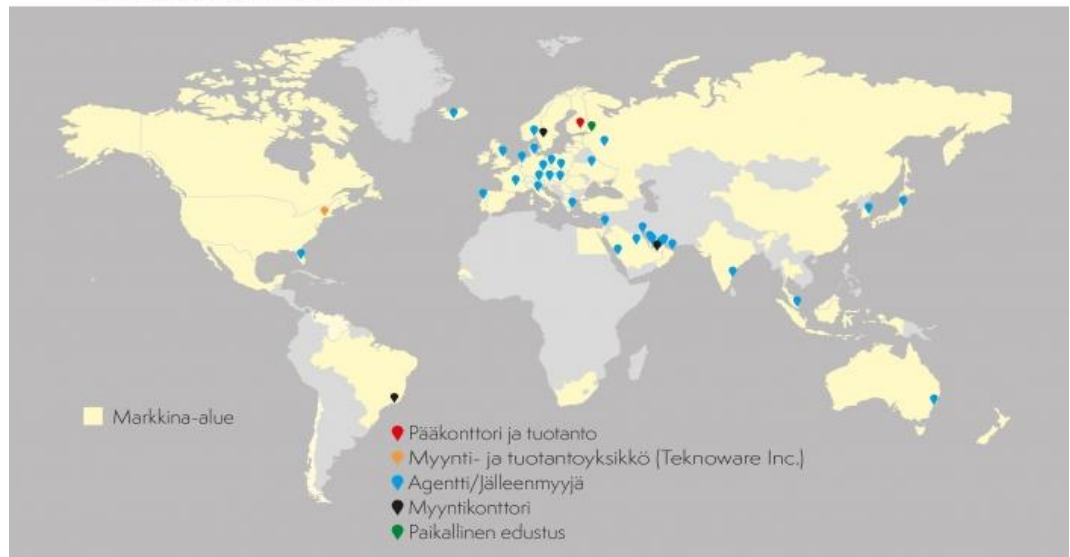
2.1 Teknower-konserni

Teknoware Oy kuuluu Teknower-konserniin, johon Teknowaren lisäksi kuuluu FLS Finland ja Atexor. FLS-Finland tuottaa räätälöityjä LED-näyttökokonaisuuksia pysäköintioperaattoreille, huoltoasemaketjuille ja muille teollisuuden aloille. Atexor kehittää, suunnittelee ja valmistaa ladattavia käsivalaisimia ammattikäyttöön ja vaativiin ympäristöihin. (Teknoware Oy 2016a.)

2.2 Teknoware Oy

Teknoware Oy on vuonna 1972 perustettu julkisen liikenteen ajoneuvojen valaistusjärjestelmien sekä laivojen ja kiinteistöjen turvavalaisusjärjestelmien suunnitteluun, myyntiin ja valmistamiseen erikoistunut perheyritys. Pääkonttori ja tuotanto sijaitsevat Lahdessa ja yritys työllistää yli 250 henkilöä. Yhdysvalloissa toimii junien ulko- ja sisävalaistukseen sekä linjakilpiin keskittynyt myynti- ja tuotantoyksikkö, joka työllistää yli 50 henkilöä. Erillinen kokoonpanoyksikkö sijaitsee Venäjällä paikallisia markkinoita varten. Suurin osa yrityksen tuotteista menee vientiin yli 40 maahan. Liikevaihto vuonna 2015 oli 42,6 miljoonaa euroa. (Teknoware Oy 2016c.)

Teknoware maailmalla



KUVA 1. Teknoware maailmalla (Teknoware Oy 2016b)

2.3 Liiketoiminta

Liiketoiminta jakaantuu kahteen eri pääalueeseen: laivojen ja kiinteistöjen turvalaistusratkaisut ja valaistusratkaisut julkisiin kulkuneuvoihin, esimerkiksi metrot, raitiovaunut, junat, linja-autot sekä erilaiset hälytysajoneuvot. Tuotteissa yhdistellään elektroniikkaa sekä mekaniikkaa. Mekaniikkasuunnittelijat ja elektroniikkasuunnittelijat tekevät tiivistä yhteistyötä tuotteiden suunnittelussa. Elektroniikkalaitteiden komponentit, tuotteiden metalliosat ja tuotteiden lopullinen kokoonpano tehdään omilla tiloilla yrityksen sisällä. (Teknoware Oy 2016c.)

3 KAAPELIT JA JOHDOT

Johdot ja kaapelit siirtävät sähköä, joka on yksi kolmesta energiansiirtotavasta. Johdot ovat yksittäisiä johtimia, joita käytetään muun muassa keskuksissa ja valasimien sisäisissä johdotuksissa.

Johdinaineena voi olla alumiini, tinattu kupari tai kupari, näistä yleisimmät ovat alumiini ja kupari. Johtimen muoto on useimmissa tapauksissa pyöreä. (Mäkinen & Kallio 2004, 53.)

Kaapelit ovat isompi kokonaisuus, jotka sisältävät kaapelivaipalla suojattuja johtoja. Kaapelivaipan materiaalina käytetään yleensä kumia tai muovia. Muovikaapeleille käyttökohteina ovat yleensä kiinteät asennukset (esimerkiksi kolmivaihepistorasia). Kumille käyttökohteita ovat siirrettävä asennustapa (esimerkiksi erilaiset työkoneet, jotka kytketään kiinteisiin asennuksiin, kuten pylväsporakoneet tai hitsauslaitteet). Kaapeleissa voi olla joitain erikoisominaisuuksia, kuten tulipalon hyvä kesto tai öljynkestävyys. (Mäkinen & Kallio 2004, 52.)

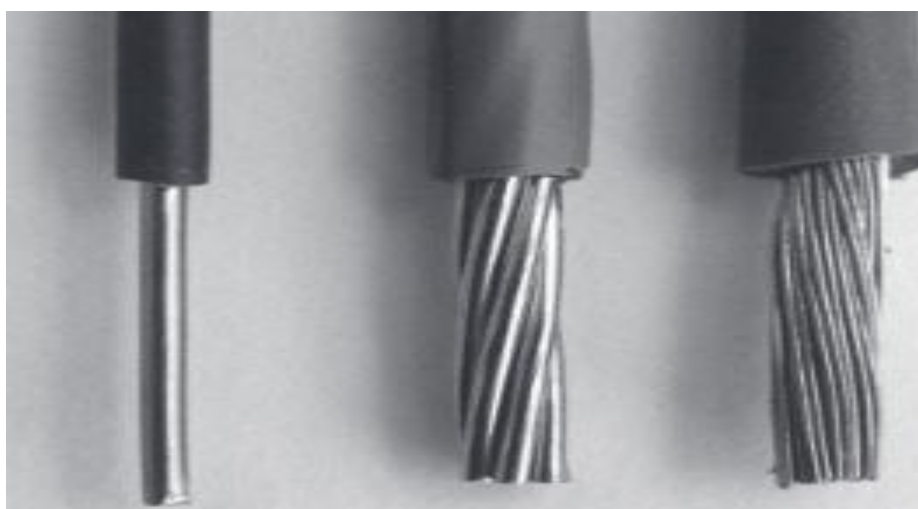
Ulkotiloissa kaapeli voidaan upottaa maahan kaivetulle kaapelireitille joko suojaputkessa tai ilman suojaputkea. Ilmakaapelit voidaan ripustaa pylväisiin. Ilmakaapeliasennukset ovat kuitenkin nykyään korvattu maakaapeliasennuksilla. Kaapelit voidaan laskea myös vesistöön, näissä tapauksissa kaapeli tulee olla hyvin suojattu (KUVA2). Sisätiloissa tai katoksissa voidaan kaapelit asentaa kaapelihyllyille tai erilaisille pinnoille. (Mäkinen & Kallio 2004, 53.)



KUVA 2. Suojattu merenalainen kaapeli (Nexans 2016)

3.1 Johtojen koot ja kuormitettavuus

Johdon paksuus osoitetaan poikkipinta-alana/mm² tai halkaisijan mukaan. Paksuuksista yleisimmät ovat 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 6; 10; 16; 25 ja 35 mm². 4 mm²:n paksuista johtoa käytettiin ennen usein, mutta nykyään tämän poikkipintaiset johdot ovat tilaustarvikekokoa. Johtimia on kolmenlaisia, eli lankamaisia, muutamalankaisia ja hienolankaisia (KUVA 3). Saman poikkipintaisen johtimen halkaisija on pienempi lankamaisella johtimella kuin muutamalankaisella ja hienolankaisella. (Ahoranta 2005, 221 – 222.)



KUVA 3 Lankamainen, muutamalankainen ja hienolankainen johdin (Sähköasennustekniikan perusteet 2016, 1)

Kuparijohdoilla on parempi sähkönjohtokyky kuin alumiinijohdoilla, joten kaapeleita mitoittaessa kuparijohdot ovat ohuempia kuin alumiinijohdot samalla kuormitettavuudella. Samalla kuormitettavuudella alumiinijohtojen poikkipinta-ala on 1,6 kertaa suurempi kuin kuparijohdolla. Kuparin huonompana puolena alumiiniin nähden on kuparin huomattavasti kalliimpi materiaalihinta. (Ahoranta 2005, 222.)

Jännitteisen johtimen poikkipinnan koon määrittää ensi-sijaisesti kuormitusvirta ja virran aiheuttama lämpeneminen johtimessa. Jännitteellä ei ole mitään tekemistä johtimen poikkipinnan koon kanssa. Johtimen kuormitettavuus määritellään johtimelle kuormitusvirtojen sekä suurimman sallitun lämpötilan mukaan. Ylintä lämpötilaa ei saa ylittää, koska tulipaloriski kasvaa sekä johtimen käyttöikä lyhenee. Kuormitettavuuteen vaikuttaa johtimen sekä eristeen materiaali, asennustapa, ympäristön lämpötila ja useissa tapauksissa myös muiden eri virtapiirien läheisyys. (Tiainen 2010, 43.)

Kun johdineristeenä on polyvinyylidikloridi (PVC), johtimen suurin lämpötila saa olla 70 °C. Sillotettua polyeteenieristettä (PEX) käytettäessä suurin lämpötila saa olla 90 °C (Mäkinen & Kallio 2004, 101). Seuraavalla sivulla (taulukko 1) on osoitettu PVC-eristettyjen kuparijohtojen ja (taulukko 2) PVC- ja PEX-eristettyjen alumiinijohtojen erot oikosulkusuojana toimivan sulakkeen suurimpaan sallittuun nimellisvirtaan nähden. Nämä taulukot (Taulukko 1 – taulukko 2) koskevat ainoastaan oikosulkusuojaa – eivät ylikuormitussuojia, joissa sulakkeen koko on pienempi. Oikosulkusuojan lisäksi on oltava myös ylikuormitussuojaus.

TAULUKKO 1. Kuparijohdon oikosulkusuoja toimivan sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta (Hovatta, Härkönen, Kauppi, Koivisto, & Tiainen 2014, 76)

Johdon poikkipinta mm ² .	Sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta A.	
	gG-sulake	aM-sulake
Kuparijohdin, PVC-eristys		
0,75	10	-
1,0	16	-
1,5	25	10
2,5	32	16
4	40	25
6	63	40
10	80	63
16	125	100
25	200	160
35	250	200
50	315	315
70	400	400
95	500	500
120	630	630
180	800	800
185	1000	1000
240	1000	1250
300	1250	1250

TAULUKKO 2. Alumiinijohdon oikosulkusuoja toimivan sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta (Hovatta 2014 ym. 77)

Johdon poikkipinta mm ²	Sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta A	
	gG-Sulake	aM-Sulake
Alumiinijohdin, PVC-eristys		
16	100	63
25	125	100
35	200	125
50	250	200
70	315	250
95	400	315
120	500	400
150	630	500

185	630	630
240	800	800
300	1000	1000
400	1000	1250
500	1250	1250
630	1250	1250
800	1250	1250
Alumiinijohdin, PEX-eristys		
16	100	80
25	125	125
35	200	200
50	250	250
70	315	315
95	500	500
120	630	630
150	630	630
185	800	800
240	1000	1000
300	1000	1000
400	1000	1250
500	1250	1250
630	1250	1250
800	1250	1250

SFS 6000-standardin mukaisia asennustapoja on 4: A, C, D sekä E (taulukko 3). Johtojen kuormitettavuudet SFS-standardin asennustapojen mukaan (taulukko 4).

TAULUKKO 3. Kaapeleiden asennustavat (Tiainen 2010, 45 – 46)

Asennustapa	Merkitys
A	Monijohdinkaapeli tai eristetyt johtimet seinän sisään upotetussa putkessa
C	Yksi- tai monijohdinkaapelit pintaan asennettuna puuseinällä
D	Monijohdinkaapelit 0.7 metrin syvyydessä maassa
E	Yksi- tai monijohdinkaapeli ilmassa

TAULUKKO 4. Johtojen kuormitettavuudet (A) erilaisilla asennustavoilla
(Tiainen 2010, 45)

Johtimen nimellispoikkipinta (mm ²)	SFS 6000:n mukaiset asennustavat			
	A	C	D	E
Kupari				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
300	316	492	550	527
Alumiini				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	73
35	69	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	225	224
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	257	372	430	404

3.2 Johtojen värit ja merkinnät

Kaapeleilla ja johdoilla on erilaisia värikoodeja sekä erilaisia tyyppimerkintöjä. Tyyppimerkintöjä on kahdenlaisia: Kansallisia-tyypimerkintöjä sekä Cenelec-tyypimerkintöjä. Tyyppimerkintöjen tarkoitus on ilmoittaa kaapelin tyyppi, joissa mainitaan esimerkiksi johtimen materiaali sekä kaapelin suojavaipan materiaali. Tyyppimerkinnät koskevat lähinnä asennus- ja voimakaapeleita, mutta myös heikkovirtakaapeleille ja ohjauskaapeleille on omia merkintätapoja. (Ahoranta 2005, 219.)

Värimerkinnät johtimissa ovat tunnistamista varten. Kumikaapelit ovat useimmiten mustia. Yleisimmät muovivaippaiset asennuskaapelit, joissa johtimien poikkipinta-ala on alle 35mm^2 , ovat väritään valkoisia. Valkoisia muovivaippaisia kaapeleita käytetään useimmiten talotekniikassa. Jos tarvittavan johdonpoikkipinta-ala on 35mm^2 tai suurempi niin käytetään näissä kohteissa maakaapeleita. Maakaapelit ovat väritään mustia, johtojen poikkipinta-alan koosta riippumatta. Teollisuudessa ja talotekniikassa kumi- ja muovivaippaisien kaapelien johtimilla on samat värikoodit. (Ahoranta 2005, 218.)

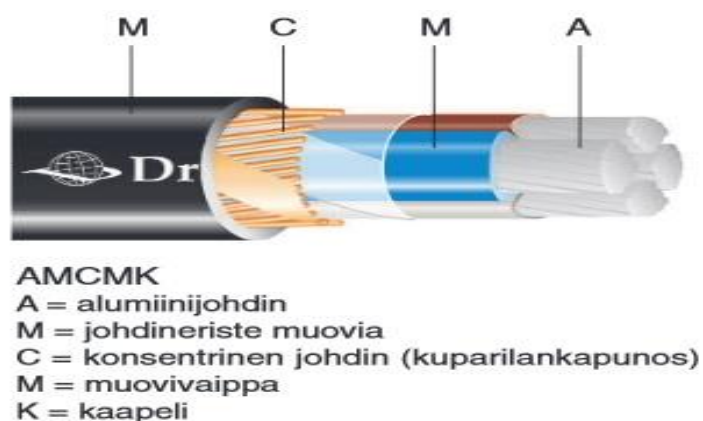
3.2.1 Kaapeleiden tyyppimerkinnät

Kansalliset tyyppimerkinnät perustuvat eri valmistajien käyttöön ottamaan koodijärjestelmään. Tämän koodijärjestelmän pohjalta on laadittu kansalliset tyyppimerkinnät, joita eri kaapelinvalmistajat ovat käyttäneet. Koodijärjestelmä luotiin 1970-luvulla, jolloin kaapelityyppejä sekä vaippa- ja eristemateriaaleja oli käytössä huomattavasti vähemmän kuin nykyään. Tyyppimerkintäjärjestelmän alkuperäinen yksiselitteisyys on hankaloitunut, koska kaapeleilla on nykyään huomattavasti enemmän asennusmenetelmiä sekä käyttötarkoituksia. (Sähköasennustekniikan perusteet 2016, 3.)

Taulukossa 5 on esimerkkejä Suomessa käytetyn kansallisen tyyppimerkintäjärjestelmän kirjainten käytöstä. Kuvassa 4 on AMCMK-kaapeli, josta nähdään kuinka kansallisia tyyppimerkintöjä käytetään.

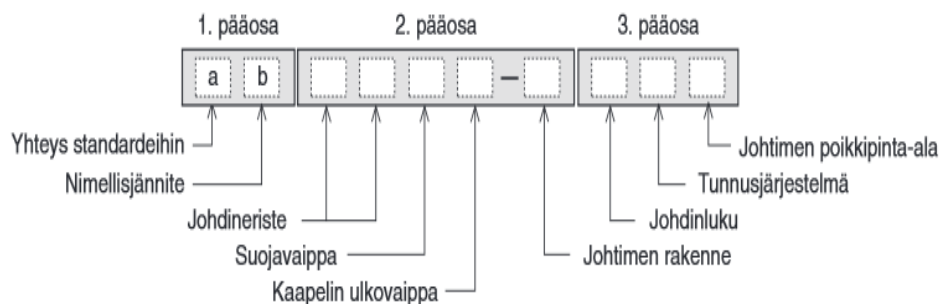
TAULUKKO 5. Tyyppimerkintäjärjestelmä Suomessa,
(Sähköasennustekniikan perusteet 2016, 3-4)

Tunnus	Merkitys
A	Tyyppimerkinnän alussa alumiinijohdinta, muualla Al-vaippaa
C	Konsentrinen kupari, suoja- tai nollajohdin
E	Hienosäikeinen kaapelin johdin (esim. MKEM)
J	Johto, esimerkiksi muovivaippajohtoa MKJ tai muovivaippakaapelia MMJ.
K	Kerratun kaapelin kannattimen ja johtimen tunnus. (Esim MK, MKEM)
L	Lankamainen johdin
M	Kaapelin muovivaipan tunnus ja johtimen muovieristeen tunnus
O	Ohut kaapeli esim ohjauskaapeli MMO.
P	Pinta-asennuskaapeli
S	Siirrettävän/taipuisan kaapelin tunnus esim kalustekaapeli MSK.
U	Ulko-kaapeli
V	Vulkanoidun kumin tunnus
X	PEX-muovieriste
Y	Tarkoittaa johdon pyöreää muotoa.



KUVA 4. Tyypimerkintöjen käyttö Suomessa (Sähköasennustekniikan perusteet 2016, 3)

Kansallisen tyypimerkinnän lisäksi on Cenelec-tyypimerkintä. Kansallinen tyypimerkintäjärjestelmä on Suomessa paljon tutumpi. Cenelec-tyypimerkintä ilmoittaa kolmella merkintäosalla kaapelinosien raaka-aineet ja sen rakenteen. Tällä merkinnällä voidaan osoittaa kansallisten standardien ja harmonisoitujen standardien mukaisen kaapelin tyypimerkintä. (Ahoranta 2005, 222.)



KUVA 5 Cenelec-tyypimerkintäjärjestelmän rakenne (Sähköasennustekniikan perusteet 2016,4)


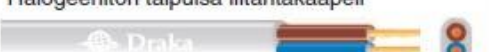
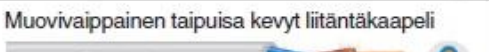







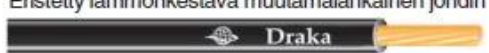
Kuvassa 5 nähdään Cenelec-tyypimerkintäjärjestelmän rakenne, jossa ensimmäinen pääosa osoittaa kaksi osaa A-osa sekä B-osa. A-osa ilmoittaa kaapelin standardin. Standardeja ovat FI-N (kaapelityyppi on suomalainen), H (harmonisoitujen standardien mukainen) ja A (Cenelecin hyväksymä kansalliseksi). B-osa ilmoittaa kaapelin nimellisjännitteen. Taulukko 6 osoittaa esimerkkejä Cenelec-tyypimerkinnän kirjainten

käytöstä toisessa ja kolmannessa pääosassa. Kolmas pääosa osoittaa johtimien lukumäärän, johtimien koon eli johdinpoikkipinta-alan ja sen, että onko kaapelissa keltavihreää suojajohdinta. Jos johdinpoikkipinta-alan ja johdinluvun välissä on kirjain G, kaapelissa on suojajohdin, jos taas X, suojajohdinta ei ole. (Ahoranta 2005, 224.) Kuvassa 6 on esimerkkejä yleisimmistä kaapelityypeistä ja niiden merkinnöistä.

TAULUKKO 6. Cenelec-tyyppimerkintä, (Ahoranta 2005, 224)

Eristyksen raaka-aine	
Tunnus	Merkitys
B	Eteenipropeenikumi (EBR)
R	Eteenipropeenikumi, jolla korkein käyttölämpötila 60°C
S	Silikonikumi
V	Polyvinyylikloridi (PVC)
X	PEX-muovi
Armeeraukset ja metallipäällykset	
C	Konsenttrinen kuparijohdin
A	Konsenttrinen alumiinijohdin
A5	Alumiininauhavaippa
Suojaavaippa	
V	Polyvinyylikloridi (PVC)
R	Styreenibutadieenikumi
B	Eteenipropeenikumi
S	Silikonikumi
N	Polokloropeenikumi
T	Tekstiilipalmikko
Kaapelin ulkovaippa (Eritysrakenne)	
H2	Litteä jaettava kaapeli
H	Litteä, ei-jaettava kaapeli
Johtimen rakenne	
A	Johdinaineena alumiini (Jos johdinaineena kupari niin ei merkintää.)
D	Taipuisa hitsauskaapelin johdin
F	Taipuisan kaapelin muutamalankaiset johtimet
H	Taipuisan kaapelin hienolankaiset johtimet

K	Kiinteään asennuksen kaapelin muutamalankaiset johtimet
R	Muutamalankainen pyöreä johdin
U	Yksilankamainen pyöreä johdin

Kaapelin rakenne	Tyyppimerkintä		Johdinluku ja poikki- pinta-ala
	Kansallinen	CENELEC	
Muovivaippainen taipuisa kevyt liitäntäkaapeli 	MSO 300/300 V	H03VVH2-F	2 0,75
Halogeeniton taipuisa liitäntäkaapeli 	MSO-LSZH 300/300 V	H03Z1Z1H2-F	2 0,75
Muovivaippainen taipuisa kevyt liitäntäkaapeli 	MSOY 300/300 V	H03VV-F	2 0,75
Halogeeniton taipuisa liitäntäkaapeli 	MSOY-LSZH 300/300 V	H03Z1Z1-F	2 ja 3 0,75
Muovivaippainen taipuisa liitäntäkaapeli 	MSK 300/500 V	H05VV-F	2...5 0,75...2,5
Halogeeniton taipuisa liitäntäkaapeli 	MSK-LSZH 300/500 V	H05Z1Z1-F	2...5 0,75...2,5
Eristetty lämmönkestävä hienolankainen johdin 	MKJ 90 300/500 V	H05V2-K	1 0,75 ja 1,0
Eristetty yksilankainen johdin 	ML 450/750 V	H07V-U	1 1,5 ja 2,5
Eristetty lämmönkestävä muutamalankainen johdin 	MK 90 450/750 V	H07V2-R	1 1,5...120
Halogeeniton eristetty muutamalankainen johdin 	MK-LSZH 450/750 V	H07Z1-R	1 16...120
Eristetty lämmönkestävä hienolankainen johdin 	MKEM 90 450/750 V	H07V2-K	1 1,5...300

KUVA 6. Kaapeleiden ja johtojen tyyppimerkintätapoja
(Sähköasennustekniikan perusteet, 2016)

3.2.2 Johtojen värit

Johdot on merkittävä tavalla, jolla ne tunnistetaan. Merkkaukseen käytetään usein värejä, ja joissain ohjauskaapeleissa johtimissa on numerot tunnistamista varten. Teollisuudessa on eri standardit johtimien väreillä kuin mekatroniikassa. Näissä kummassakin pätee kuitenkin se,

että suojajohdin eli PE-johdin täytyy aina olla kelta-vihreä, eikä tätä johdinta saa käyttää mihinkään muuhun tarkoitukseen. Talotekniikassa ja teollisuuden sähköasennuksissa on mukana suuria voimakaapeleita, minkä konsentrista johdinta saa käyttää suojajohtimena. Konsentrisen johdin on kuitenkin merkittävä kelta-vihreällä teipillä tai letkulla. Ohjauskaapeleissa voidaan käyttää samaa tapaa kuin konsentrisessa johdossa suojajohtona, jos kaikki johtimet ovat samanvärisiä. Nollajohdinta käytetään virran paluujohtimena, kun virta on epäsymmetrinen. Kun sähkölaitteen kytkentä on symmetrinen, nollajohdinta ei tarvita kuten esimerkiksi moottoriasennuksissa. Nollajohtimen voi tarvittaessa muuttaa vaihejohtimeksi, mutta tämä pitää merkata vaiheen värisellä teipillä. (Ahoranta 2005, 228.) Taulukossa 7 nähdään asennus- ja voimakaapeleiden värimerkinnät sekä käyttötarkoitukset. Näitä värejä käytetään talotekniikan sekä teollisuuden sähköasennuksissa

TAULUKKO 7. Värimerkinnät asennus- ja voimakaapeleissa, (Ahoranta 2005, 229)

Merkintä	Väri	Käyttö
L1	Ruskea	Äärijohdin
L2	Musta	Äärijohdin
L3	Harmaa	Äärijohdin
N	Sininen	Nollajohdin
PE	KeVi	Suojamaadoitusjohdin
PEN	KeVi	Suojamaadoitus/Nolla-Johdin

PEN-johdinta käytetään suojajohtimena sekä nollajohtimena samanaikaisesti. Tätä johdinta ei käytetä kuin voimakaapeleissa. Johdinta mitoittaessa pitää huomioida nollajohtimen sekä suojamaadoitusjohtimen mukaiset mitoitusvaatimukset. Johtimen tulee olla väritään keltavihreä, mutta sen

molempiin päihin tulee merkitä sininen lisämerkintä, kuten sininen teipin pala. Nollajohdinta käytetään virran paluujohtimena ja normaalitilanteissa myös PEN-johdinta käytetään tähän tarkoitukseen. PEN-johdin kytketään keskuksessa olevaan suojaajohtimeen tarkoitettuun liittimeen. (Hovatta 2014, 174.)

Kuvassa 7 on esimerkkejä asennus- ja voimakaapeleiden sekä muovien ja kumisien liitäntäjohtojen väreistä. N-järjestelmässä ei ole suojasuojohdinta. S-järjestelmässä on suojaohdin. Esimerkkinä MMJ-kaapeli, jossa on 5 johdinta ja johtimet ovat poikkipinnaltaan 2.5mm^2 . N-järjestelmässä huomataan, että suojaohdin on korvattu toisella mustalla johtimella. Tätä kaapelia merkitään MMJ $5 \times 2,5\text{N}$. S-järjestelmässä olevaa kaapelia merkitään MMJ $5 \times 2,5\text{S}$. Liitäntäjohtoissa N-järjestelmä on harvinaisempi.

Asennus- ja voimakaapelit				Muoviset ja kumiset liitäntäjohtot			
N-järjestelmä		S-järjestelmä		N-järjestelmä		S-järjestelmä	
Nykyinen	Edellinen	Nykyinen	Edellinen	Nykyinen	Edellinen	Nykyinen	Edellinen

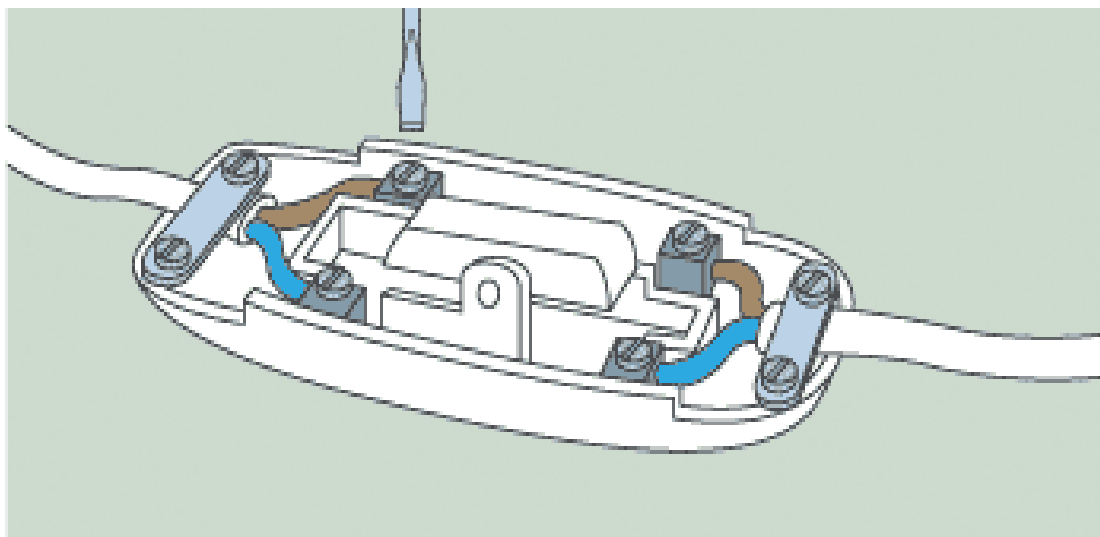
KUVA 7. Johtimien värit (Sähköasennustekniikan perusteet 2016, 9)

Mekatroniikassa 24VDC-järjestelmissä johdinväriä käytetään keskuksen sisäisissä johtimissa tumman sinistä, olkoon johto sitten + tai -. (SFS-EN 60204-1 2006.)

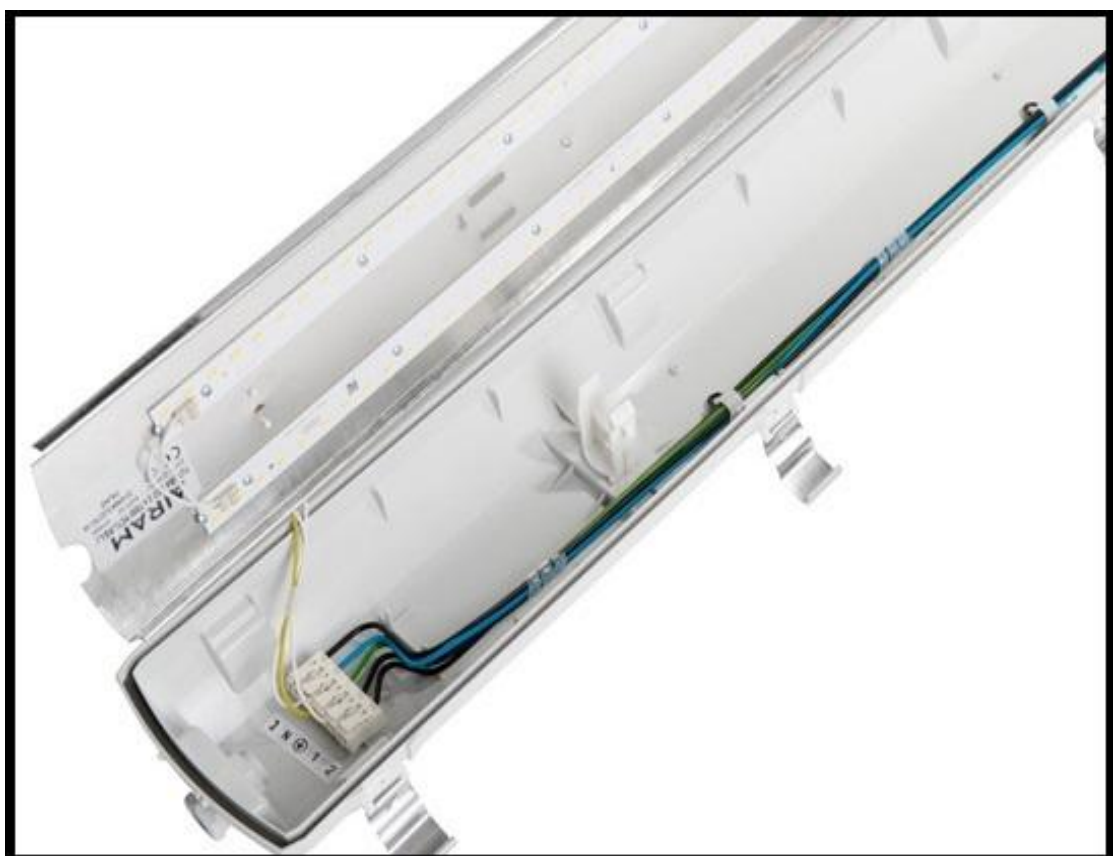
3.3 Johtojen ja kaapeleiden asennus valaisimiin

Valaisimien sisäisissä johdotuksissa yleisin johdinmateriaali on PVC:tä tai kumia. Turvavalojen ja poistumistievalojen sisäisien johtimien johdinmateriaalit ovat paremmin lämpöä kestäviä, mutta ei kuitenkaan palonkestäviä. Valaisimen sisäisen johdotuksen nimellispoikkipinta PVC- tai kumi-johdoilla kuuluu olla vähintään 0.5mm^2 ja eristyksen nimellispaksuuden 0.6mm^2 . Erikoistilanteet sallivat ohuemmat johdot. Tästä esimerkkinä valaisimet, joissa on pienelektroniikkaa, jossa johtimen poikkipinnat ovat pienempiä kuin 0.5mm^2 . (Ahponen 1999, 244.)

Valaisimen sisäisessä johdotuksessa on aina otettava huomioon, että johdintiessä ei ole johdon vioittumiseen vaikuttavia tekijöitä. Johdin ei saa koskettaa esimerkiksi teräviä särmiä. Asennuksessa tulee myös huomioida, että johtimet eivät kosketa osia, jotka ovat kuumempia kuin johtimen eristys kestää. Ajoneuvovalaisimissa ilman suojasukkaa oleva johdin ei saa koskettaa metalliosien päätyjä, joissa se pidemmällä aikavälillä voi hankauksen takia vioittua. Ajoneuvovalaisimissa johdot tulee kiinnittää valaisimeen niin, että johdot eivät heilu eli kiinnitysväli ei saa olla liian suuri. Valaisinta suunnitellessa on hyvä laittaa johdinreittiin ylimääräisiäkin kiinnittimiä tai kiinnitysreikiä. Kiinnitykseen voi käyttää esimerkiksi johdinkiinnikkeiksi tarkoitettuja klemmareita (KUVA 9) tai vaihtoehtoisesti nippusiteitä. Ajoneuvovalaisimissa johdinkiinnikkeet toimivat myös vedonpoistona, mikäli kiinnike on tarpeeksi lähellä kytkentäpistettä. Jos kiinnikkeet eivät ole lähellä kytkentäpistettä, olisi tässä hyvä olla erikseen vedonpoisto (KUVA 8). (Ahponen 1999, 244.)



KUVA 8. Esimerkki vedonpoistosta (Tukes 2016)



KUVA 9. Valaisimen johdinreitti (Airam 2016)

Valaisinta johdotettaessa tulee myös huomioida valaisimessa olevat rajoituslaitteet. Rajoituslaitteilla tarkoitetaan esimerkiksi valaisimen kantta joka ei avaudu kuin tietyn verran. Pelkkiä johtoja ei saa käyttää rajoituslaitteena, vaan tällaisissa kansitapauksissa käytetään tietynlaisia ketjuja tai niveliä. Teleskooppirakenteissa johto voi kiertyä. Johto ei saa

kiertyä yli 360 astetta, joten tämä tulee estää valaisimen nivelissä mekaanisen rajoittimen tai lukituslaitteen avulla. Kuvassa 9 nähdään, että johtojen mennessä valaisimen nivelillä kiinnitettyyn liikkuvaan osaan, tulee johdot mitoittaa tämän liikkuvan osan ääriasennossa. (Ahponen 1999, 244.)

3.4 Kaapeleiden paloturvallisuus

Sähkölaitteiden ja erilaisten sähköisten järjestelmien lisääntymisen myötä teollisuuteen sekä talotekniikkaan on kaapeleiden aiheuttama tulipaloriski kasvanut merkittävän paljon. Useimpien eri järjestelmien kaapeloinnit kulkevat yleensä rakennusten kerroksien ja huoneiden läpi, jolloin kaapelit muodostavat koko rakennuksen mittaisen yhteyden. Palotilanteessa nämä kaapelit levittävät paloa nopeasti huoneesta toiseen, jolloin ne aiheuttavat omaisuudelle ja henkilöturvallisuudelle suuren lisäriskin. (Autio 2004, 7)

Kaapelipalon voi aiheuttaa jokin ulkopuolinen lämmönlähde tai sähkö. Sähkön aiheuttama tulipalo nimetään yleensä sähköpaloksi. Vuosina 1999-2003 sähkölaitteet aiheuttivat 17 % kaikista ilmoitetuista paloista. (Autio 2004, 10.)

”Sähkölaitteistossa voi esiintyä vuorovirtoja, vikavirtoja, yliaaltojännitteitä ja – virtoja, sähköpurkauksia, sähkökipinöitä sekä valokaaria, joiden seurauksena pahimmissa tapauksessa voi olla sähköpalo.”(Autio 2004, 7.)

Eristeiden liiallinen värinä, vaurioituminen, lämpeneminen, suuret lämpötilavaihtelut jne. voivat johtaa vuotovirtoihin, jotka edistävät kaapeleiden eristeiden vaurioitumista. Ajan myötä kaapelin eristeiden ominaisuudet heikkenevät eli kaapelin eriste haurastuu. Kaapelin UV-säteilyn saaminen nopeuttaa haurastumista. Kaapelissa syntyvä valokaari, lämpötilan nousu tai kipinä voi sytyttää kaapelin eristemateriaalin tai läheisyydessä olevan paloaran materiaalin kuten puupölyn. (Autio 2004,8.)

Suomessa sähköiskun aiheuttamia kuolemia on vuosittain muutamia. Sähköpalon aiheuttamia kuolemia taas on karkeasti sanottuna kaksinkertainen määrä sähköiskuun kuolleisiin verrattuna. Kaapelipalot syttyvät yleensä hitaasti ja tuottavat paljon savua. Sähkökaapelit on yleensä asennettu piiloon ihmisten silmistä pois näkyvistä (esimerkiksi kaapelikanavaan), jolloin palon syttyminen huomataan yleensä liian myöhään, koska näitä tiloja ei yleensä käytetä. Henkilövahingot ovat vähentyneet kun paloturvallisuuteen on tullut tiukempia määräyksiä. (Autio 2004, 7,10.)

3.4.1 Kaapelipalojen syyt

Kaapelit itsessään eivät aiheuta suurta palokuormaa, mutta jo syttyneen tulipalon levittäjänä tai syttymislähteenä kaapelit edesauttavat paloherkissä tiloissa palon leviämistä ja edistymistä. Kaapelipalon edistymiseen ja syntymiseen vaikuttavia syitä ovat jauheet, pölyt, höyryt, kaasut ja helposti syttyvät nesteet. Näistä pöly saattaa jopa räjähtää kipinöinnin tai lämpenemisen takia. Leviämistä edistää puutteellinen läpivientiaukkojen tiivistäminen ja kaapeleiden suuri määrä johtoreitillä (Autio 2004, 8.). Taulukosta 8 nähdään kaapelipalojen yleisimmät syyt ylimmällä rivillä ja niiden alapuolella tarkempi kuvaus.

TAULUKKO 8. Kaapelipalojen syyt (Autio 2004, 8-9)

Suunnittelu ja asennusvirhe	Eristysvika	Huonot liitokset ja jatkokset	Ulkoiset tekijät
Kaapelin mitoitus ja suojaus	Eristysmateriaalin normaali vanhentuminen	Huono kosketus liitoskohdissa	Hitsauskipinä tai muu tulityö kaapelireitin läheisyydessä
Liian suuret kaapeliniiput	Liian korkeat ympäristö-/käyttölämpötilat	Liittimien alimitoitus	
Paksu läpivienti	Kaapelin painuma hyllyn kulmiin	Kosketuspintojen hapettuminen ja likaantuminen	Tulipalo
Umpinainen kaapelireitti	Valmistusvirhe kaapelissa	Liittimien kosketuspintojen huono asento	Sähkölaitevika
Jälkiasennusten suuri määrä	UV-säteily		

Kaapelin pintalämpötila saattaa nousta niin suureksi, että se voi sytyttää lähiympäristössä sijaitsevia laitteistoja, herkästi syttyviä rakenteita sekä herkästi syttyviä materiaaleja palamaan ennenkuin kaapeli syttyy.

Varsinkin puuteollisuudessa pitäisi kaapelireitit pitää puhtaana puupölyltä, sillä hieno puupöly syttyy hyvin herkästi ja palo tätä kautta kulkee hyvin nopeasti. (Autio 2004, 10.)

Kaapelit jotka täyttävät standardi EN 60332-1-2 (yksittäisen kaapelin itsestään sammuvuusvaatimukset) voidaan asentaa ilman erikoistoimenpiteitä palo-osastosta toiseen. Kaapeleita, jotka eivät täytä standardi EN 60332-1-2 vaatimuksia, saa käyttää ainoastaan lyhyillä etäisyyksillä liittäen sähkölaite kiinteään asennukseen. Tällaisia kaapeleita ei saa viedä palo-osastosta toiseen. (SFS 6000 2012, 227.)

3.4.2 Kaapeleiden palo-ominaisuudet

Kaapelit ovat itsessään harvoin suoranaista syynä palon syttymiseen. Kaapeleissa on kuitenkin paljon palavaa materiaalia, jonka takia ne ovat tulipaloissa merkittävä tekijä. Voima- ja asennuskaapeleissa yleisin vaippamateriaali on PVC-sekoite (polyvinyylikloridi-sekoitteita). Myös johtojen eristyksenä on usein PVC-sekoite tai PE-muovi (Polyeteeni). PE-muovi voi olla ristosilloitettuna versiona (PEX) tai ihan sellaisenaan. Palon kannalta PE ja PVC eroavat toisistaan merkittävästi. Molemmat näistä materiaaleista ovat polymeereja. (Autio 2004, 29)

Muovien valmistajat luokittelevat materiaaleja happiindeksin avulla. Happi-indeksi on se suhteellinen hapen määrä, joka juuri ja juuri riittää ylläpitämään palamista huoneenlämmössä. Ilman happipitoisuus on 21 %. Jos muovin happiindeksi on suurempi kuin 21 se ei ylläpidä palamista mutta jos se on pienempi se ylläpitää. (Autio 2004, 30)

PE:ssä ei ole mitään paloa estävää mekanismia. Se palaa helposti ja nopeasti. Syttyttyään se jatkaa palamista jopa huoneenlämmössä. Samalla se sulaa ja seurauksena syntyy tippuvia palavia pisaroita. PE:n happi-

indeksi on 17 %, joten se ylläpitää paloa hyvin, eikä näin ollen ole paras vaihtoehto paloturvallisuuden kannalta.(Autio 2004, 29.)

PVC-polymeerista 57 % on klooria, joka pilkkoo paloketjua tehden materiaalista vaikeasti syttyvän ja huonosti palavan. PVC-polymeerin happi-indeksi on noin 45 %. Kuitenkin PVC-polymeeri on liika kovaa käytettäväksi sellaisenaan kaapeleissa ja johtimissa, minkä takia siihen sekoitetaan pehmittintä. Tällöin klooripitoisuus tippuu noin 25 %:iin. Pehmittimet ovat myös huomattavasti helpommin palavia kuin PVC-polymeerit. Kun lämpötila nousee, pehmittimet alkavat haihtua, minkä takia PVC-sekoitteet saattavat syttyä melko alhaisissa lämpötiloissa. Vaikka PVC-sekoitteisiin on sekoitettu pehmittimiä, eivät ne ylläpidä paloa huoneenlämmössä, sillä niiden happi-indeksi vaihtelee 22...23 % välillä. (Autio 2004, 31.)

Kun tehdään asennuksia joissa on erityisvaatimukset paloturvallisuudelle, parannetaan ja korostetaan kaapeleiden paloturvallisuutta, esimerkkinä turva- ja hätäpoistumistie valot.

*”Tällöin noudatetaan kansainvälisten IEC- ja niistä johdettujen eurooppalaisten EN-standardien vaatimuksia sekä pienjännitesähkösennuksien standardia SFS 6000”
(Mäkinen & Kallio 2004, 61)*

Materiaalisesti palonkestävät kaapelit eroavat normaaleista kaapeleista siten, että ne ovat halogeenittomia. Asennus-, ohjaus- ja voimakaapeleissa käytetään vaipan- ja johdineristeenä materiaalina halogeenitonta palosuojattua polyolefiinimuovia (Mäkinen & Kallio 2004, 62). Seuraavalla sivulla taulukosta 9 nähdään eri kaapeliryhmien palo-ominaisuuksia.

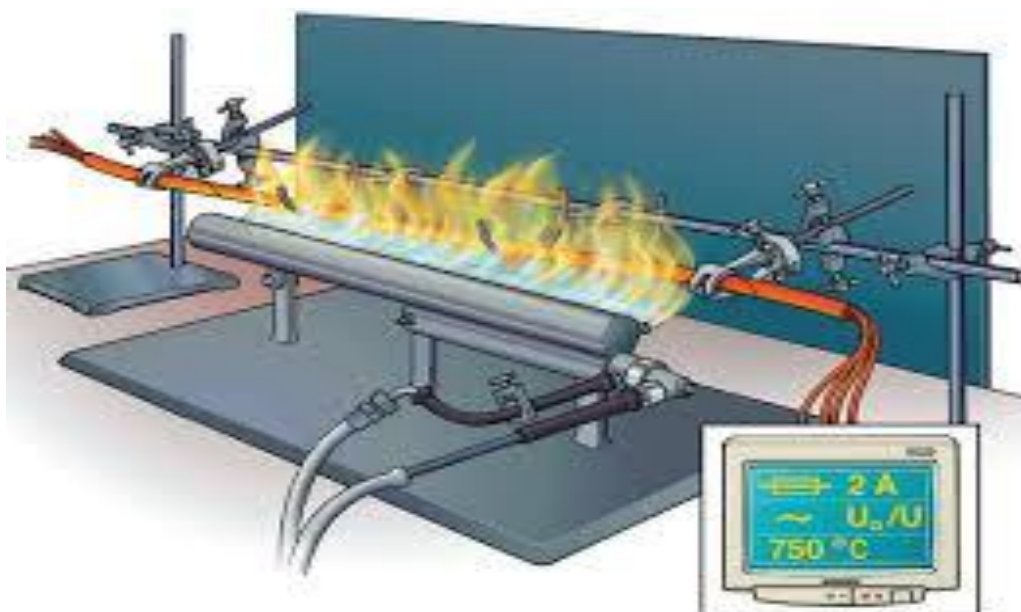
TAULUKKO 9. Kaapeliryhmien palo-ominaisuudet, (Autio 2004, 40)

Ominaisuus	PE- vaippaiset kaapelit Drydex	Vakio- kaapelit Reko	Halogeenittomat kaapelit Rekoclean	Palonkestävät halogeenittomat kaapelit Flamerex
Vähäinen savunmuodostus	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä
Halogeenittomuus, savukaasujen alhainen syövyttävyys	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä
Yksittäisen kaapelin palon levittämättömyys	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Nippuun asennetun kaapelin palon levittämättömyys	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä
Toimintakyky palossa	Ei	Ei	Ei	Kyllä

Kuvassa 10 on yleinen palonkestävä ja halogeeniton asennuskaapeli FRHF, jossa ulkovaippana halogeeniton UV-suojattu polyolefiinimuovi, Ulkovaipan ja johtimien välissä oleva suoja on halogeeniton täytevaippa, johtimien eristeet ovat halogeenitonta PEX-muovia ja johtimissa suojana mica-nauha. (Reka 2016.)



KUVA10. FRHF 3x1.5mm (Reka 2016)



KUVA 11. Kaapelin palonkestävyyden testaus (Palonkestävät asennukset 2016, 9)

3.4.3 Kaapelipalojen ehkäisy

Palojen syttymiset voidaan minimoida tehokkaimmin jo suunnittelu- ja asennusvaiheessa. Tässä vaiheessa tulee kiinnittää huomiota palon syttymisen kannalta komponenttien suojausvaatimukseen sekä materiaalien paloa heikentäviin ominaisuuksiin. Kaapeleita asennettaessa tulee noudattaa tarkasti valmistajan antamia kaapelin asennus-, käsittely ja käyttöohjeita. Sähkösuunnittelussa tulee ottaa huomioon myös tulevaisuuden tarpeet kuten esimerkiksi laajennustöihin liittyvät riskit. (Autio 2004, 71.)

Kaapelipalojen ja savukaasujen leviäminen huoneesta toiseen estetään palokatolla, joka laitetaan esimerkiksi kaapelihyllylle tai läpivienteihin (KUVA 12). Palokatkoissa on oltava palokatkon tekijän nimi sekä päivämäärä, jolloin palokatko on tehty. Kun kaapeleita lisätään hyllyille ja joudutaan kaapelireitti toteuttamaan palokatkojen kautta, tulee tähän tehdä kaapelille reikä. Kun kaapeli on paikoillaan, tulee reikä täyttää uudestaan paloaeristävällä massalla. (Paleva 2016.)



KUVA 12. Palokatko kaapelireitillä (Paleva 2016)

Kaapelit eivät varsinaisesti kulu käytössään, mutta on niiden kuntoa hyvä tarkkailla ja tarvittaessa vaihtaa uuteen. Mikäli tietyn kaapelin vaihtaminen on työlästä, tulee tällöin harkita useammankin kaapelin vaihtamista samalla. Kaapelit ja kaapelihyllyt tulisi pitää puhtaana herkästi syttyviltä aineilta kuten erilaisilta pölyiltä. Kaapeleiden liitoksia tulisi myös tarkkailla. Liitokset löystyvät ja hapettuvat vuosien mittaan, vaikka liitokset olisikin tehty huolella ja oikeaoppisesti. Liitosten löystyminen aiheuttaa pidemmällä aikavälillä niiden lämpenemistä. Lämpeneminen saattaa olla muutenkin sähkölaitteistossa alkava vika. Sähkökeskukset ja kaapeleiden liitokset kuuluisi lämpökuvata tietyin aikaväleihin, jos tulipaloriski halutaan pitää pienenä. (Autio 2004, 75.)

4 CASE: TEKNOWARE

4.1 Opinnäytetyönprosessin alkutilanne

Projekti aloitettiin selvittämällä toimeksiantaja teknowarelta, että minkälaisia kehityskohteita yrityksessä on. Tein listan kehityskohteista ja toimitin sen esimiehelleni. Pidimme esimieheni kanssa syksyllä 2015 palaverin opinnäytetyöhöni liittyen, jossa kävimme läpi mikä tulisi olemaan aihe laatimastani listasta ja päädyimme yksimielisesti siihen, että aiheeni tulisi olemaan johtosarjan suunnittelutyökalun kehittäminen.

Puhuimme ensimmäisessä palaverissa alustavasti, että tämä tulisi toteuttaa ainakin osittain Microsoft Excel -ohjelmalla. Ennen kuin pääsin aloittamaan itse työtä, perehdyin Excel-ohjelmaan kirjojen avulla ja kysyin eri opettajilta neuvoja sen käyttöön. Ohjelman käyttöön oli vähäinen tietämys tietotekniikan tuntien ansiosta.

4.1.1 Ohjeistusten puuttuminen

Suurimpia ongelmia aiemmassa johtosarjan suunnittelutyökalussa oli, että johtosarjoille ei ollut tiettyä suunnittelutapaa, vaan kaikki tekivät omalla tyylillään. Tällöin jokaisen suunnittelijan suunnittelemat johtosarjat olivat erilaisia, ja näin ollen myös johtosarjojen tekijöillä virheitä sattui helposti. Vuonna 2015 virheellisiä johtosarjoja oli yli 500. Tämä tarkoitti sitä, että johtosarjat tuli tehdä uudestaan, jolloin syntyi huomattava määrä lisäkustannuksia niin materiaalin kuin työtuntienkin puolesta. Kävin myös keskusteluja eri suunnittelijoiden kanssa ja kysyin heidän ideoitaan uudenlaisen työkalun kehittämiseen.

4.1.2 Palaverit tuotannon kanssa

Ennen kuin aloitin työn, pidimme palaverin, jossa oli tuotannon edustajia paikalla. Silloin sain käsityksen, millä tavalla johtosarja tulisi suunnitella ja mikä oli suurin syy viallisiin johtosarjoihin. Kävin myös haastettelemassa

tuotannossa johtosarjojen tekijöitä selvittääkseni missä olisi parannettavan varaa.

Kun sain uusia ideoita ja sain tehtyä uudenlaisia raakaversioita uusista johtosarjojen kokoamisohjeista, kävin esittelemässä niitä tuotannossa. Kun tuotannossa hyväksyttiin uusi tapa, pystyin aloittamaan suunnittelutyökalun kehittämisen. Oli myös otettava huomioon, että johtosarjojen tuli olla mahdollisimman yksinkertaiset ja nopeat suunnitella, jotta suunnittelijoilla ei menisi liikaa aikaa.

4.2 Komponenttien tietojen selvittäminen

Jotta johtosarjan suunnittelusta saataisiin yhtenäinen sekä mahdollisimman virheetön käytäntö, täytyi selvittää eri komponenttien teknisiä tietoja. Komponenttien selvittämisessä meni suurin osa ajasta opinnäytetyöprosessin käytännön toteutuksessa, sillä johtosarjoihin liittyviä komponentteja oli yli 2000. Komponentteihin kuului johtojen ja kaapeleiden lisäksi liittimiä, liittimien kontakteja ja erilaisia johdonsuojasukkia. Selvitin komponentteja yrityksen toiminnanohjausjärjestelmässä, josta näkyy kuinka paljon ja milloin näitä on käytetty. Mikäli joitain komponentteja ei ollut käytetty pitkään aikaan tai komponentin nimike oli poistumassa, en käyttänyt aikaa näiden komponenttien teknisten tietojen selvittämiseen.

Erytisen tärkeä selvittämisen tarve oli liittimillä, sillä suurin osa johtosarjan suunnitteluun liittyvistä virheistä johtui vääristä kuorinnoista tai kontakteista liittimille. Jos liittimen kuorinta on liian lyhyt, voi tämä irrota liittimestä. Toisaalta kuorinta ei saa olla liika pitkäkään. Ajoneuvopuolella tämä asia on erityisen tärkeä ja tästä ollaan hyvin tarkkoja. Suurin osa komponenttien selvittämiseen varatusta ajasta kului liittimien kuorinnan tai kontaktin tarkistamiseen ja selvittämiseen.

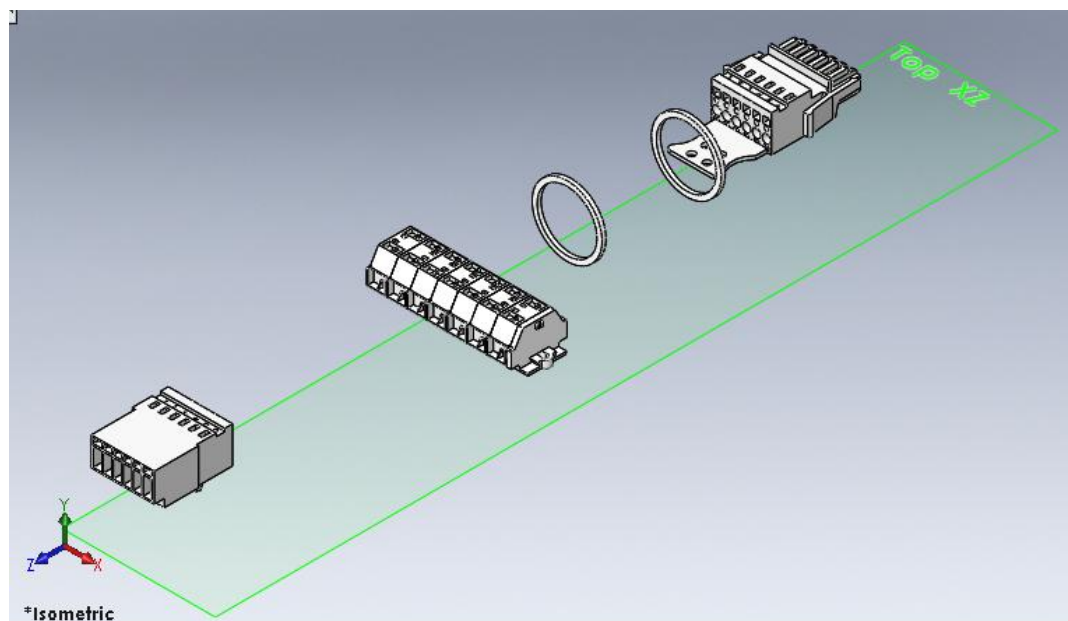
Osa liittimien kuorintatiedoista näkyy yrityksen toiminnanohjausjärjestelmässä, mutta suurin osa liittimien teknisistä tiedoista oli puutteellisia. Etsin tietoja internetistä eri liitinvalmistajien sivuilta ja valmistajien esitteistä. Jos en löytänyt joidenkin liittimien tietoja

internetistä, testasin liittimien kuorintapituudet käsin eli kuorin nipun johtoja, joissa kuorinnat olivat 4...12 millimetrin välillä ja asensin niitä liittimiin. Suurimman osan liittimien kuorintapituuksien tarkistamisesta jouduin tekemään käsin.

Samalla kun selvittelin komponenttien tietoja, ylläpidin Word-tiedostoa, johon kirjasin komponenttien epäselvyydet. Epäselvyyksistä isoin osa oli komponenttien kuorintoja. Kun olin saanut suurimman osan liittimien kuorinnoista selvitettyä, laitoin sähköpostina kokoamani tiedoston komponenttien teknisiä tietoja yrityksessä hoitavalle henkilölle.

4.3 Suunnittelutyökalun tekeminen

Kun tuotannon ja suunnittelijoiden kanssa oli päästy yhteisymmärrykseen siitä, minkälainen uuden työkalun tulisi olla, alkoi sen tekeminen. Työkalusta tulisi SolidWorks-pohjainen, jossa on Excel-taulukko upotettuna piirustukseen. Ensimmäisellä sivulla olisi Excel-taulukko, joka sisältää kaikki tarvittavat tiedot johdoille ja kaapeleille ja toisella sivulla olisi kuva johtosarjan kokoajille. Johtosarjan kokoajille tuleva kuva mallinnetaan ensin SolidWorks kokoonpanossa (KUVA 13), jonka jälkeen se tuodaan piirustus pohjalle.



KUVA 13. Johtosarjan mallinnus SolidWorksilla

Excel-taulukossa solut C2-C21 sisältävät haettavia alaspöytävalikkoja (KUVA 14), joille on tietynlainen koodi (KUVA 15 – KUVA 17).

Alaspöytävalikko toimii niin, kun kirjoittaa joko värin (tässä tapauksessa harmaan), niin se löytää kaikki harmaan väriset johdot. Jos tähän valikkoon kirjoittaisi 1.5mm, niin löytäisi se kaikki 1.5mm² paksuiset johdot.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Kpl	Pituus [cm]	Johto/Kaapeli	Pää1	Print1	Pää2	Print2	Huom.
2			harm					
3			JEO03 1.94mm ² harm.					
4			JEO09 1.5mm ² harm.					
5			JEO10 1.0mm ² harm.					
6			JEO11 1.0mm ² harm.					
7			JEO12 1.5mm ² harm.					
8			JEO14 2.5mm ² harm.					
9			JEO15 4mm ² harm.					
10			JEO19 1.0mm ² harm.					
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								

KUVA 14. Alaspöytävalikko

Kun olin tehnyt yhden alaspöytävalikon, kokeilin tuoda Excel-tiedoston SolidWorksin piirustus pohjaan. SolidWorksin 2014 versioon tämä ei onnistunut, sillä tämä versio ei pysty käsittelemään pidempiä koodeja Excel-taulukoissa. Kokeilin 2015-versiolla ja tämä toimi mainiosti. Kun olin tehnyt kaikki tarvittavat alaspöytävalikot, toimi tämä silloinkin moitteettomasti.

Seuraavalla sivulla (KUVA 15 - KUVA 17) nähdään kaikki vaativimmat työvaiheet Excel-taulukossa. Alaspöytävalikoiden luomisessa käytin seuraavia funktioita: Etsi, Onluku, Jos, Maks, Rivit, Phaku, Josvirhe, Siirtymä, Laske.jos, käy.läpi. Kaikki koodit on esitetty taulukossa 2.

	A	B	C	D	E
1		Nimet. 1sarake.(Taul1 C2)	Final step	Auto suggestion	
2	=JOS(ONLUKU	JE001 4XAWG28-26	JE003 1.94mm² harm.	JE003 1.94mm² harm.	
3	0	JE001B 4X0.14			
4	0	JE002 2X0.50mm²			
5	1	JE003 1.94mm² harm.			

KUVA 15. Solun A2 koodi

Niin kuin yllä olevasta kuvasta 15 huomataan, tässä viitataan tiettyyn soluun, jossa alasettovalikko on. Tähän koodin on lisätty kaikki johdot, jotka alasettovalikossa on (solut B2-B400).

	A	B	C	D	E	F
1		Nimet. 1sarake.(Taul1 C2)	Final step	Auto suggestion		
2	0	JE001 4XAWG28-26	JE003 1.94mm² harm.	=JOSVIRHE(PHAKU(RIVIT(\$D\$2:D2);A2:B400;2;0);"		
	0	JE001B 4X0.14		JOSVIRHE(arvo; arvo_jos_virhe)		

KUVA 16. Solun D2 koodi

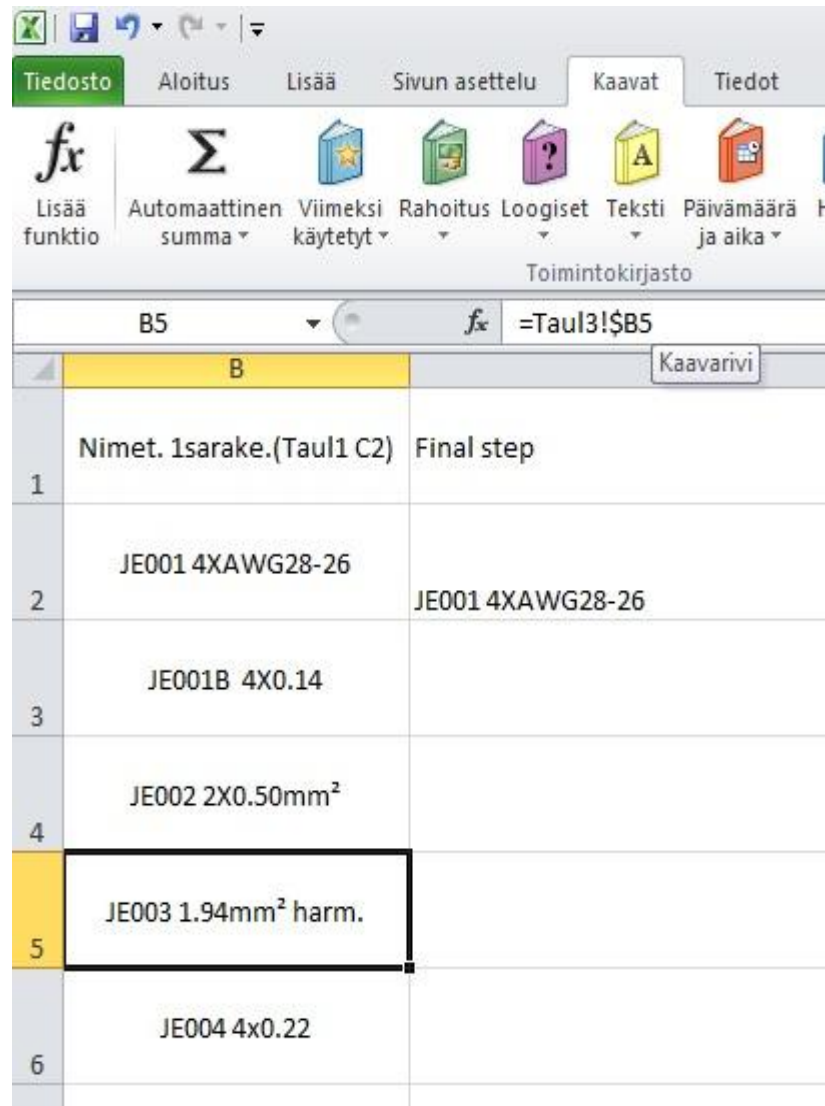
Solun D2 koodin tarkoitus on ehdottaa tiettyjä johtoja. Esimerkiksi kun kirjoitetaan alasvetovalikkoon harm, D-sarakkeeseen tulee kaikki harmaat johdot. Selvyyden vuoksi kirjoitin soluun D1 Auto suggestion.

	A	B	C	D
1		Nimet. 1sarake.(Taul1 C2)	Final step	Auto suggestion
2	0	JE001 4XAWG28-26	=SIIRTYMÄ(D2;;;LASKE.JOS(D2:D400;"?*))	
3	0	JE001B 4X0.14		
4	0	JE002 2X0.50mm ²		

KUVA 17. Solun C2 koodi

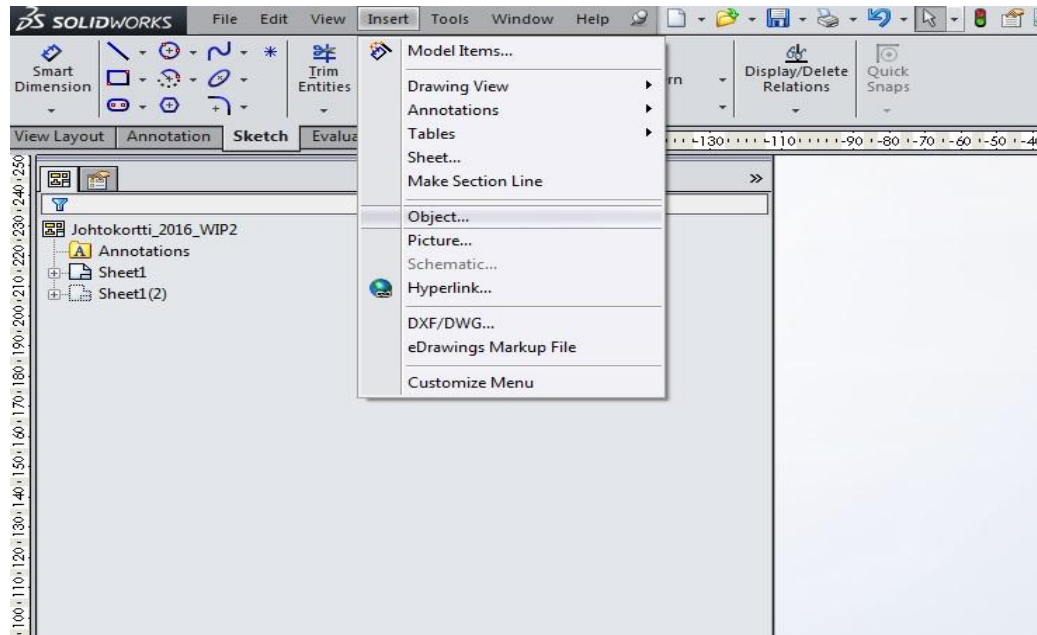
Soluun C2 tulee valittu johto alasvetovalikossa.

Koska alasvetovalikoita on 20, tuli nämä koodit tehdä 20 kertaa. Makrojen kanssa olisi onnistunut tehdä vain kerran, mutta tällöin uutta suunnittelutyökalua ei olisi voitu toteuttaa SolidWorksin avulla. Taulukossa 3 on kaikki johdot ja paikka, johon lisätään johtoja, mikäli uusia johtoja tulee. Kopioin taulukossa 3 olevat solut, joissa on johtoja ja liitin ne Taulukkoon 2 Nimet-sarakkeeseen, jotta johtoja ei tarvitsi lisätä 20 eri kohdasta. Seuraavalla sivulla olevasta kuvasta 18 nähdään, että solut on kopioitu taulukosta 3.



KUVA 18. Solujen kopiointi

Kun Excel oli valmis, tuotiin Excel-taulukon SolidWorksin piirustus pohjaan Insert object -toiminnolla (KUVA 19).



KUVA 19. Taulukon tuonti Solidworksiiin

Minimoin kaikki mahdolliset ohjelmalliset riskit. Soitin Cadworksin tukipalveluun, jossa saa tarvittaessa apua muun muassa SolidWorksille. Soitin Cadworksiiin selvittääkseni toimisiko tämä seuraavissa versioissa SolidWorksilla ja eri Office-versioilla. Lähetin tiedoston asiakaspalvelijalle ja tämä toimi moitteettomasti Solidworks 2016-versiollakin.

Kun kaikki työt oli tehty MS Excelissä ja SolidWorksissa oli johtosarjan suunnittelutyökalu valmis. Kuvassa 20 ja kuvassa 21 nähdään johtosarjan uusi pohja. Ensimmäisellä sivulla (KUVA 20) on kaikki tarvittavat tiedot johdoille ja kaapeleille. Yhdellä rivillä on paikka yhdelle johdolle tai kaapelille. Sarakkeissa on tiedot siitä, minkälaista tietoa taulukkoon kuuluu syöttää. Toiselle sivulle (KUVA 21) tuodaan SolidWorks-kokoonpanossa tehty malli. Tämä sivu on tarkoitettu johtosarjan kokoamista varten. Toisella sivulla on tehty tarvittavat asetukset valmiiksi, jotta säästetään suunnittelijoiden aikaa.

4.4 Ohjeistus ja koulutus

Kun itse suunnittelutyökalu oli valmis ja komponenttien tiedot oli selvitetty, tein ohjeet työkaluun käyttöön liittyen suunnittelijoille. Esittelin työkalun yrityksessä järjestetyssä SolidWorks 2015 -koulutuksen yhteydessä ja pidin samalla pienimuotoisen koulutuksen. Samassa yhteydessä vastasin uuteen työkaluun liittyviin kysymyksiin.

Suunnitteluohjeissa on tarkasti määritelty kuinka uutta työkalua käytetään. Ohjeissa on muutama esimerkki erilaisista johtosarjoista, jotta ymmärrys menisi paremmin perille. Ohjeisiin on lisätty myös suunnittelutyökaluun tulevat mahdolliset lisäykset tulevaisuutta varten.

Ohjeissa on tietoa myös komponenttien tiedoista, jotta esimerkiksi tietynlaiselle liittimille menevään johtoon ei laiteta väärän pituista kuorintaa. Kun ohjeet olivat valmiit, laitettiin ne yrityksen intranet-sivustolle, jotta kaikki yrityksen työntekijät pääsevät lukemaan niitä.

Koulutustilaisuudessa suunnittelin yhden johtosarjan esimerkkinä. Kerroin samalla mitä uudistuksia työkaluun on tullut ja miten se poikkeaa vanhasta johtosarjan suunnittelutyökalusta.

5 YHTEENVETO

Johtosarjan suunnittelutyökalun kehittäminen on ollut onnistunut projekti. Suunnittelutyökalu on nyt SolidWorks-pohjalla. Tekemiäni ohjeita noudattaen johtosarjoista tulee yhtenäiset uuden työkalun myötä, joka helpottaa niin johtosarjan tekijöitä kuin suunnittelijoita. Uuden suunnittelutyökalun myötä johtosarjojen virheet tulevat vähenemään huomattavasti.

Ryhdyin tekemään uutta työkalua marraskuussa 2015. Tutustuin Exceliin liittyvään kirjallisuuteen ja kysyin vinkkejä Exceliin yrityksessä. Uuden työkalun pohja valmistui tammikuussa 2016 ja kehitelin sitä muiden työvaihtojen ohessa helmikuun loppuun asti. Maaliskuussa 2016 aloin tekemään ohjeita suunnittelijoille. Valmiit ohjeet laitettiin yrityksen intranet-sivustolle.

Itse Excel-osuus täytti kaikki määritellyt vaatimukset. Ohjelman ohjelmointi ja kehittäminen oli aluksi haastavaa ja eri komponenttien tietojen selvittäminen työlästä, mutta kun työ oli valmis ja yritys oli tyytyväinen työhöni, oli tämä kaikki vaivan arvosta.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Ahoranta, J. 2005. Sähköasennustekniikka. 1.-4.painos. Helsinki: WSOY.

Ahponen, V. 1999. Lamput ja valaisimet. Jyväskylä: Sähköinfo Oy.

Autio, I. 2004. Kaapeleiden paloturvallisuus. Espoo: Sähköinfo Oy.

Hovatta, Härkönen, Kauppi, Koivisto, & Tiainen T. 2014. Sähköteknisiä taulukoita. 4. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Mäkinen, J. J. & Kallio, R. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Keuruu: OTAVA.

SFS 6000, 2012. Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 pienjännitesähköasennukset. Helsinki: Suomen standarditoimistoliitto Ry.

Tiainen, E. 2010. Johdon mitoitus ja suojaus. 3. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Elektroniset lähteet

Airam. 2016. Valaisimet ja lamput [viitattu 24.2.2016]. Saatavissa: <http://www.airam.fi/kuluttajille/lamput/>

Datwyler. 2016. Palonkestävät asennukset [viitattu 2.3.2016]. Saatavissa: http://www.pistesarjat.fi/files/pdf/pyro/Datwyler_pyro_k%C3%A4sikirja.pdf

Nexans. 2016. Kaapeleita suojaava armeeraus [viitattu 26.2.2016]. Saatavissa: http://www.nexans-fi.com/eservice/Finland-fi_FI/navigatepub_288490_-31434/Kaapeleita_suojaava_armeeraus.html

Paleva Oy. 2016. Palokatkot [viitattu 16.2.2016]. Saatavissa: <http://www.paleva.fi>

Reka. 2016. Palonkestävä halogeeniton asennuskaapeli [viitattu 26.2.2016]. Saatavissa: <http://www.reka.fi/palonkestavat-kaapelit/palonkestava-ja-halogeeniton-asennuskaapeli-frhf-450750-v>

SFS-EN 60204-1. 2006. Koneturvallisuus.Osa 1: Yleiset vaatimukset
2006. Saatavissa:

<http://www.sfs.fi/files/1478/koneturvallisuusstandardit2015web.pdf>

Sähköasennustekniikan perusteet. 2016. [viitattu 6.2.2016]. Saatavissa.

<https://peda.net/poke/aikuiskoulutus/sja/sjap2/sjap/stjk/opiskelumateriaali/asennuskaapelit/ajj:file/download/bbec64085d68beb96f212a5c12e5b07f741da7f9/Asennuskaapelit.pdf>

Teknoware Oy. 2016a. Teknopower group [viitattu 12.2.2016]. Saatavissa:

<http://www.teknoware.com/fi/yrityksemme/teknopower>

Teknoware Oy. 2016b. Teknowaren oma automatisoitu tuotanto [viitattu

13.2.2014]. Saatavissa: <http://www.teknoware.com/fi/yrityksemme/tuotanto>

Teknoware Oy. 2016c. Teknoware Oy [viitattu 12.2.2016]. Saatavissa:

<http://www.teknoware.com/fi/yrityksemme>

Tukes 2016. Välikytkimen asentaminen [viitattu 7.3.2016]. Saatavissa:

http://www.tukes.fi/kodinsahkoturvallisuus/popup/valikytkimen_asennus.htm