



ASENNUSKAAPELIT

Erkka Virtanen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2012
Sähkötekniikka
Talotekniikan
suuntautumisvaihtoehto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

VIRTANEN, ERKKA:
Asennuskaapelit

Opinnäytetyö 53 sivua, josta liitteitä 10 sivua
Toukokuu 2012

Opinnäytetyn tavoitteena oli koostaa asennuskaapeleiden ominaisuuksia ja niiden valinnassa huomioon otettavia seikkoja käsittelevä materiaali, jota voidaan käyttää sähköalan opiskelijoiden tietopakettina. Yleisimpien sisäasennuskaapeleiden lisäksi työssä on käsitelty myös kiinteistöjen sähköasennuksiin soveltuvat voima- ja verkonrakennuskaapelit.

Sähköasennuksissa käytettäviä kaapeleita valittaessa tulee niiden rakenteelliset ominaisuudet ottaa huomioon. Näin varmistetaan siitä, että asennus on mahdollisimman pitkäikäinen, täyttää sille asetetut vaatimukset ja on turvallinen.

Kaapeleiden ominaisuuksien esittelyn lisäksi työtä varten koostettiin kaapeleiden ominaisuustaulukot, joista ilmenee yleisimmin käytettyjen kaapelityyppien perusominaisuudet. Taulukoita voi käyttää apuna kaapelityyppiä valittaessa.

Työn tekemisessä on käytetty pääasiassa SFS-600 ja SFS-650 käsikirjoja, kaapelivalmistajien esitteitä ja datalehtiä. Näiden lisäksi on käytetty yksittäisiä kaapeleita koskevia SFS-standardeja ja D1-2009 käsikirjaa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Electrical Engineering
Building Services Engineering

VIRTANEN, ERKKA:
Installation Cables

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 10 pages
May 2012

The main goal in this thesis was to put together a solid information package about installation cables and their features. It can be used as a teaching material for electrical engineering students. This thesis contains general information about cables' features, such as fire resistance and mechanical duration.

When selecting which cables to use in installation, the cables' features must be taken in consideration. By doing that, it can be made sure that installation is long-lasting and meets the rules and regulations concerning the installation.

In addition of representing the main features of installation cables, tables that contain main features of the most commonly used installation cables were made for this thesis. The idea is that the feature tables can be used for reference when selecting cables.

Key words: cable, wire, installation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KESKEISET KÄSITTEET JA SÄÄDÖKSET	7
2.1	Kaapeleiden ominaisuuksiin liittyvät keskeiset käsitteet.....	7
2.2	Kaapelin valintaan vaikuttavat standardit.....	8
3	KAAPELIT	11
3.1	Kaapeleiden nimeäminen.....	11
3.2	Johtimien värimerkinntät	19
3.3	Johtimien materiaalit ja rakenne	20
3.4	Eristys ja vaippa.....	22
3.5	Asennustapa	24
3.6	Palosuojaus	25
3.7	Halogeenittomuus	26
3.8	EMC–suojaus.....	26
3.9	UV–kestoisuus	27
3.10	Asennusvaiheessa huomioitavia seikkoja.....	28
3.10.1	Käsittelylämpötila	28
3.10.2	Taivutussäde.....	28
3.10.3	Asennusvetovoima	31
4	YLEISIMPIÄ KAAPELEITA	32
4.1	MMJ.....	32
4.2	MKMJ.....	33
4.3	MJAM.....	33
4.4	MPLM.....	34
4.5	ML	35
4.6	MK 90	36
4.7	MCMK.....	36
4.8	AMCMK.....	37
4.9	AXMK	38
4.10	VSK	39
4.11	VSN	39
4.12	MMO	40
4.13	Kaapeleiden ominaisuustaulukot	41
5	POHDINTA.....	42
	LÄHTEET.....	43
	LIITTEET	44
	Liite 1. Asennuskaapeleiden ominaisuustaulukko 1	44

Liite 2. Asennuskaapeleiden ominaisuustaulukko 2	45
Liite 3. Voimakaapeleiden ominaisuustaulukko 1	47
Liite 4. Voimakaapeleiden ominaisuustaulukko 2	48
Liite 5. Kumikaapeleiden ominaisuustaulukko 1	50
Liite 6. Kumikaapeleiden ominaisuustaulukko 2	51
Liite 7. Ohjauskaapeleiden ominaisuustaulukko 1	52
Liite 8. Ohjauskaapeleiden ominaisuustaulukko 2	53

1 JOHDANTO

Tämän tutkintotyön tavoitteena on koota tietopaketti asennuskaapeleista ja niiden ominaisuuksista, jotka tulee ottaa huomioon ennen kuin valitaan asennuskohteeseen soveltuva kaapelityyppi. Aineistoa voidaan käyttää esimerkiksi sähköalan koulutuksessa opimateriaalina.

Kaapelit ovat merkittävä osa jokaista sähköurakkaa. Nykypäivän standardit asettavat kaapeleille entistä tiukempia vaatimuksia mm. palosuojauksen muodossa. Rakennuskohteeseen kaapeleita valittaessa tuleekin kiinnittää perinteisten sähkötekniisten ominaisuuksien lisäksi erityistä huomiota kaapeleiden rakenteellisiin ominaisuuksiin. Asennusolosuhteet vaikuttavat siihen, minkälaisia ominaisuuksia kaapelilta vaaditaan mm. kestävyuden kannalta. Työssä pyritään selostamaan mitä kaapeleiden ominaisuudet tarkoittavat, ja miten ne tulisi huomioida kaapeleita valittaessa. Tutkintotyössä käsitellään nykyään yleisimmin käytössä olevia sisäasennuskaapeleita, ja kiinteistöjen sähköasennuksiin soveltuvia verkonrakennuskaapeleita. Työssä ei keskitytä kaapeleiden sähkötekniseen mitoittamiseen.

Ominaisuuksien esittelyn lisäksi työssä pyritään esittämään kaapeleiden ominaisuustaulukot, joihin koostetaan yleisimpien kaapelityyppien perusominaisuudet. Taulukoiden tarkoituksena on, että lukija voi niistä katsoa mikä kaapeli täyttää asennuskohteen vaatimukset.

2 KESKEISET KÄSITTEET JA SÄÄDÖKSET

2.1 Kaapeleiden ominaisuuksiin liittyvät keskeiset käsitteet

Kaapeleiden valinnassa on tärkeää mitoitaa kaapelit oikein käyttökohteen mukaan. Tämän lisäksi on myös tärkeää, että kohteeseen valittava kaapeli täyttää fyysisiltä ominaisuuksiltaan asennuskohteen asettamat vaatimukset, kuten palosuojaus, halogeenittomuus, EMC-suojaus ja UV-kestoisuus. Lisäksi kaapelin on kestävä asennuspaikan ulkoisten tekijöiden vaikutukset, kuten ympäristön lämpötila, vesi ja vieraat kiinteät aineet, korroosiota aiheuttavat aineet ja mekaaniset rasitukset. Niiden lisäksi tulee ottaa huomioon myös asennustavan vaikutus. (D1-2009: 2010, 180)

Nykyiset sähköasennusten standardit asettavat palosuojaukselle merkittäviä vaatimuksia. Kaapeleiden ominaisuudet tulipalossa ovatkin yksi merkittävimmistä seikoista, jotka tulee ottaa huomioon. Palosuojauksen lisäksi tulipalon kannalta oleellinen seikka on kaapeleiden halogeenittomuus. Halogeenittomat kaapelit eivät palaessaan levitä myrkyllisiä syövyttäviä kaasuja huoneilmaan.

Suurissa kohteissa, joissa kaapeloinnin määrä on runsasta, voi muodostua sähkömagneettista säteilyä joka häiritsee sille herkkiä laitteistoja. Sähkömagneettista säteilyä muodostuu virran kulkiessa kaapeleissa. Joissain kohteissa tämä voi sähkönsiirron ominaisuuksista johtuen muodostua haitaksi. Kaapeleiden EMC-suojaus tarkoittaa sitä, että kaapeli ei päästä sähkömagneettisia häiriöitä leviämään ympäristöönsä eivätkä ne myöskään vaikuta siihen.

Asennettaessa kaapeleita paljaana ulkotiloihin ne altistuvat auringonpaisteelle. Auringonpaisteessa oleva UV-säteily haurastuttaa kaapelin eristettä, ja lyhentää näin kaapelin käyttöikää. Tällaisissa kohteissa täytyy varmistua siitä, että käytetty kaapeli omaa riittävän UV-kestoisuuden.

Asennusolosuhteiden määräämien ominaisuuksien lisäksi täytyy ottaa huomioon kaapeleiden kestävyys asennusvaiheessa. Kaapeleille onkin määrätty suurin taivutussäde, jonka ne kestävät hajoamatta. Tämän lisäksi täytyy ottaa huomioon kaapeleille määritet-

lyt asennuslämpötilat, sekä suurin sallittu asennusvetovoima. Näitä seikkoja miettimällä varmistetaan siitä, että kaapelit ovat käyttöönottovaiheessa ehjiä.

2.2 Kaapelin valintaan vaikuttavat standardit

Ensisijaisesti kaapelia kohteeseen valittaessa tulee ottaa huomioon vallitsevat ulkoiset olosuhteet, jotka voivat vaikuttaa kaapelin kestävyys- tai ominaisuuksiin. SFS-käsikirja 600:n standardissa 6000-5-52 kappaleessa 522 on esitetty vaatimuksia johtojärjestelmien ulkoisten olosuhteiden kestolle. Alla on lueteltu pääasiassa kaapeleiden ominaisuuksiin liittyvät vaatimukset.

- ”Ympäristön lämpötila ja ulkoiset lämmönlähteet: Johtojärjestelmien osat mukaan luettuna kaapelit ja tarvikkeet saa asentaa ja käsitellä ainoastaan niissä lämpötiloissa, jotka on määritelty tuotestandardeissa tai jotka valmistaja on ilmoittanut.” (SFS-600: 2007, 251)
- ”Veden esiintyminen: Jos kiinteän asennuksen kaapeleiden vaippa ja eristys ovat vahingoittumattomia, niiden katsotaan suojaavan kosteudelta. Jos johtojärjestelmään voi kertyä vettä tai sitä voi tiivistyä, on veden poistuminen varmistettava.” (SFS-600: 2007, 251–252)
- ”Vieraat kiinteät aineet: Johtojärjestelmä on valittava ja asennettava siten, ettei vieraita kiinteitä aineita pääse haitallisesti tunkeutumaan järjestelmään.” (SFS-600: 2007, 252)
- ”Korroosiota tai likaantumista aiheuttavat aineet: Silloin kun korroosiota tai likaantumista aiheuttavat aineet tai vesi voivat aiheuttaa korroosiota tai muuta vahinkoa johtojärjestelmän osille, ne on suojattava sopivalla tavalla tai osat on valmistettava tällaiset vaikutukset kestävästä materiaalista. Materiaaleja, jotka voivat toistensa vaikutuksesta vahingoittua tai heikentyä vaarallisella tavalla, ei saa asentaa kosketuksiin toistensa kanssa.” (SFS-600: 2007, 252)

- ”Iskut: Johtojärjestelmä on valittava ja asennettava siten, että mekaanisten vaikutusten esim. iskujen. lävistyksen tai puristuksen seurauksena syntyvät vauriot jäävät mahdollisimman vähäisiksi.” (SFS–600: 2007, 252)
- ”Värähtelyt: Johtojärjestelmien, erityisesti kaapelien ja niiden liittimien jotka on tuettu tai kiinnitetty keskimääräiselle tai voimakkaalle värähtelyille alttiisiin rakenteisiin, on sovittava näihin olosuhteisiin. Kiinteästi asennetut ripustetut kulu- tuslaitteet, esim. valaisimet, on liitettävä käyttäen taipuisilla johtimilla varustet- tua kaapelia. Jos kuitenkin ei ole odotettavissa liikettä tai värähtelyä, voidaan käyttää muita kuin taipuisilla johtimilla varustettuja kaapeleita.” (SFS–600: 2007, 252–253)
- ”Muut mekaaniset rasitukset: Johtojärjestelmät on valittava siten, että vältetään kaapelien vaipan ja eristyksen sekä liitäntälaitteiden mekaaninen vahingoittumi- nen asennuksen, käytön ja huollon aikana. Johtojärjestelmien taivutussäteiden on oltava sellaisia, etteivät johtimet ja kaapelit vahingoitu. Jos johtojärjestelmä joutuu jatkuvan vetorasituksen alaiseksi (esim. pystysuorissa asennuksissa oman painonsa takia), on valittava sopiva kaapelin tai johtimen tyyppi, poikkipinta ja asennustapa, etteivät johtimet ja kaapelit vahingoitu oman painonsa takia.” (SFS–600: 2007, 253)
- ”Kasvillisuus ja/tai homekasvustot: Jos olosuhteiden odotetaan tai oletetaan aiheuttavan kasvillisuuden tai homekasvuston vaaraa, johtojärjestelmä on valittava vastaavalla tavalla tai on käytettävä erityistä suojaa.” (SFS–600: 2007, 253)
- ”Eläimistön esiintyminen: Jos olosuhteiden odotetaan tai oletetaan aiheuttavan vaaraa, johtojärjestelmä on valittava vastaavalla tavalla tai on käytettävä erityistä suojaa.” (SFS–600: 2007, 254)
- ”Auringon säteily: Jos johtojärjestelmä on tai sen oletetaan olevan alttiina huo- mattavalle auringonsäteilylle, tämä on otettava huomioon johtojärjestelmää va- littaessa ja asennettaessa tai on käytettävä sopivaa suojaa.” (SFS–600: 2007, 254)

- ”Seismiset ilmiöt: Johtojärjestelmä pitää valita ja asentaa ottaen huomioon asennuspaikan seismisten vahinkojen riskit.” (SFS–600: 2007, 254)
- ”Rakennusten rakenteet: Liikkuvissa ja epävakaissa rakenteissa on käytettävä taipuisia johtojärjestelmiä.” (SFS–600: 2007, 254)
- ”Johtojärjestelmien valinta palon leviämisen minimoimiseksi: Kaapelit, jotka täyttävät standardisarjan IEC 60332 osan 1 mukaiset yksittäin asennettujen kaapelien palonkestävyysvaatimukset ja tarvikkeet, jotka ovat standardisarjojen SFS–EN 50085 ja SFS–EN 61386 ja muissa standardeissa esitetyn mukaisia paloa levittämätöntä rakennetta, voidaan asentaa ilman erityistoimenpiteitä. Kaapeleita, jotka eivät täytä standardisarjan IEC 60332 osa 1 vaatimuksia, saa käyttää ainoastaan lyhyillä etäisyyksillä liitettäessä sähkölaite kiinteään asennukseen. Tällaisia kaapeleita ei saa viedä palo-osastosta toiseen.” (SFS–600: 2007, 258–259)
- ”Sähkölaitteistojen läheisyys: Jännitealueisiin I ja II kuuluvia virtapiirejä ei saa asentaa samaan johtojärjestelmään, ellei kaapeleiden eristys vastaa johtojärjestelmän suurimmalta jännitteeltä vaadittua eristystä.” (SFS–600: 2007, 260)

3 KAAPELIT

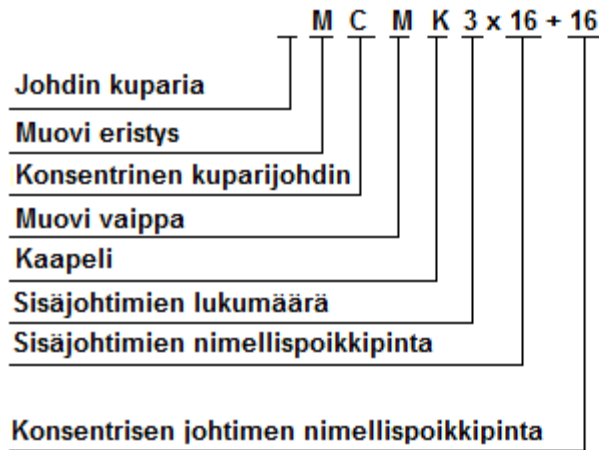
Seuraavassa osassa on esitetty kaapeleiden ominaisuuksia, jotka vaikuttavat kaapelin valintaan, ja jotka tulee ottaa huomioon kun valitaan kaapeleita asennuskohteeseen. Lisäksi kerrotaan kaapeleiden merkintä- ja nimeämistavoista, sekä erilaisista kaapeleiden nimeämisstandardeista.

3.1 Kaapeleiden nimeäminen

”Suomalaisissa kaapelituotteissa esiintyy perinteisiä kansallisia tyyppimerkkejä, jotka perustuvat valmistajien omaksumaan, valtaosin yhtenäiseen mutta SFS-standardisoimattomaan koodijärjestelmään.” (SFS 4680: 2000, 6) Tämä vanha suomalaiskansallinen nimeämiskäytäntö on edelleen käytössä kaapeleiden kaupallisissa nimityksissä esim. MMJ, MCMK, AXMK jne. Nimitykset muodostuvat kirjainyhdistelmistä, jotka ilmaisevat kaapelin lajin. Tässä lajimerkinnässä peräkkäiset kirjaimet kuvastavat kaapelin rakenneosia ja niiden materiaaleja johtimesta lähtien, eli sisältä ulospäin. Aikoinaan pidettiin itsestään selvänä, että johdin on kuparia, joten se jätettiin merkitsemättä. (Voimakaapelien valinta ja asennus 1978, 25) Taulukossa 1 on esitetty kirjaimien merkitys kaapelin nimessä. Taulukossa on käytetty esimerkkeinä erilaisia kaapelityyppejä, mutta niistä osa ei ole enää käytössä tai ovat harvinaisia. Kuviossa 1 on esitetty merkinnän muodostuminen MCMK 3x16+16 – kaapelille.

TAULUKKO 1. Kirjainten merkitys vanhassa merkintätavassa (Voimakaapelien valinta ja asennus 1978, 52)

Kirjain	MERKITYS VOIMAKAAPELISSA	MERKITYS ASENNUSKAAPEISSA
A	Alumiinia yleensä -1. kirjaimena=alumiinijohdin <u>AXMK</u> -muualla= Al-vaippa <u>APAMK</u> , tai AL-lanka-armeeraus <u>AHMCKA</u> tai AL-seoskannatin <u>AMKA</u>	Alumiinia yleensä, alumiinivaippa <u>MAMO</u>
C	Konsentrinen kupari, nolla- tai suojajohdin <u>MCMK</u>	Konsentrinen kuparijohdin <u>MCMO</u>
D	Poimutettu, korruoitu vaippa tai suojajohdin <u>OHPADKM</u> , <u>HMDMK</u>	
E		Erikoinen, johto poikkeaa vakiotyypistä -MK, johdin monilankainen -MKEM, johdin erittäin monilankainen
F	Litteälanka-armeeraus <u>MFMK</u>	
H	Hohtosuojattu, yleensä suurjännitekaapeli <u>HMCMK</u> , <u>AHMDMK</u>	Hissikorijohto <u>VH</u> , <u>VHL</u>
J	Juuttikerros, 1 kerros <u>PLKVJ</u> 2 kerrosta <u>PLKPJJ</u>	Johto kuuluu asennusjohtoihin <u>MMJ</u>
K	Kaapeli (voimakaapeli) <u>MMK</u> , kannatin- eli riippukaapeli <u>AMKK</u>	Kerrattu johdin <u>MK</u> , kevyt <u>VSK</u> , kannatin <u>MMJK</u>
L	Lyijyvaippa <u>PLK</u>	Lanka <u>ML</u> , lämmityskaapeli <u>LVSSM</u> , laivakaapeli <u>LJN</u>
M	Muovi, muovieristys, muovivaippa <u>MMK</u>	Muovi, muovieristys <u>ML</u> , muovivaippa <u>MMJ</u>
N		Neopreenikumi <u>VSKN</u>
O	Öljytäyteinen <u>OHPLKM</u>	Ohjauskaapeli <u>MMO</u> , ohut, <u>MSO</u>
P	Paperieristys <u>APAKM</u> , pyörölanka-armeerattu <u>PLKPJJ</u>	Palttisaumattu vaippa <u>MPLV</u>
PR		Pronssilankapalmikko <u>LVSPRN</u>
R		Vannerauta-armeeraus <u>MLJRM</u>
S	Suurjännite, suojattu <u>SAMKA</u>	Siirrettävä <u>VSV</u> , silkoni <u>SSJ</u> , suojapalmikko <u>VSS</u>
T	Juuttinauha <u>APYAKMT</u>	Lämmityskaapeli <u>TASH</u> , lämmönkestävä <u>MKTJ</u> , kaksoisjohdin <u>MST</u>
V	Vannerauta-armeeraus <u>PLKVJ</u>	Vulkanoitu eristys <u>VSV</u> , vahva <u>VSV</u> , valkoinen <u>MPLV</u> , valoputkijohto <u>MVJ</u>
X	Siloitettu (vulkanoitu) polyeteeni <u>AHXCMK</u>	
Y	Yksittäisvaipattu, erilliset vaihat jokaisella vaihejohtimella <u>APYAKMM</u>	Ympyräinen, pyöreä <u>MSOY</u>



KUVIO 1. Vanhan merkinnän muodostuminen MCMK 3x16+16 –kaapelille

Tavallisten kaapeleiden erikoisempien versioiden nimeämiseen käytettiin lisämerkintöjä nimen perässä. Esimerkiksi MMJ on yleisesti käytetty muovieristeinen sisäasennuskaapeli, sen halogeeniton ja vähän savuava versio on MMJ–LSZH. Alla olevassa luettelossa on esitetty tyypillisimpiä lisämerkintöjä joita käytetään vanhan merkintätavan yhteydessä. Niitä käytetään jos kaapeli poikkeaa palokäyttäytymiseltään tavanomaisesta rakenteesta. (Sähköiset paloriskit ja niiden hallinta 2003, 47).

- **LS** Low Smoke: ”vähän savuava, itsestään sammuva kaapeli”
- **LSZH** Low Smoke Zero Halogen: ”vähän savuava, halogeeniton itsestään sammuva kaapeli”
- **HF** Halogen Free: ”vähän savuava, halogeeniton nippuna itsestään sammuva kaapeli”
- **FR** Fire Resistant: ”palonkestävä kaapeli” Yleensä käytetään lyhennettä: FRHF, mikä on FR:n ja HF:n yhdistelmä

Vanhan tavan lisäksi on olemassa eurooppalaista CENELEC–standardia noudattava käytäntö. Tämä käytäntö on otettu käyttöön, koska se on yhteneväinen paitsi eurooppalaisen, myös kansainvälisen IEC–standardin kanssa. Taulukko 2 on poiminta SFS 4680 –standardista, siinä on esitetty yleiskatsaus kaapeleiden tyyppimerkintöjen periaatteeseen. CENELEC–standardin mukainen merkintä koostuu kolmesta osasta. Osa 1 sisältää viitteen käytettyihin standardeihin ja ilmoittaa kaapelin nimellisjännitteen. Osa 2 sisältää kaapelin rakenteen, yleensä järjestyksessä eristeestä ulospäin. Osa 3 taas sisältää

johtimien lukumäärän ja nimellispoikkipinnan. Taulukoissa 3,4 ja 5 on esitetty kirjainten merkitys. Taulukoissa 6 ja 7 on esimerkkejä muutamista CENELEC-merkinnän ja vanhan suomalaiskansallisen tyyppimerkinnän vastaavuuksista. Lisäksi kuviossa 2 on esitetty miten eurooppalaisen standardin mukainen merkintä on koodattu kotimaiselle MCMK 3x16+16 – kaapelille. Merkintöihin ei tässä työssä paneuduta tämän tarkemmin, kirjaimien merkitykset ja lisää tietoa merkintätavoista on esitetty standardissa SFS 4680.

TAULUKKO 2. Tyyppimerkinnöissä käytettävät merkit ja niiden järjestys (SFS 4680: 2000, 5)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TYYPPIMERKINNÄN OSA 1		TYYPPIMERKINNÄN OSA 2						TYYPPIMERKINNÄN OSA 3		
Suhde standardeihin	Nimellisjännite	Eristysmateriaali	Metallipäällykset ²⁾	Ei-metalliset vaipat ²⁾	Rakennesosat ja erityisrakenteet	Johdinmateriaali	Johtimen muoto	Johtimien lukumäärä	Kertomerkki	Johtimen poikkipinta-ala
Taulukoiden mukaiset merkit										
1a	1b	2a	2b	2a	2c ja 2d	2e	2f	3		
H	01	B	C	B	D3	Ei	-D	1	X	Y
A	03	G	C4	G		kupari	-E	2	G	0,5
							-F	3		
	05	J	J	J	Ei	-A	-H	4	0,75	
							-K	5		
	07	M	N, N4	N, N2, N4, N8	H	pyöreä kaapelirakenne	-R	jne.	1	
							-U	1,5		
							-Y			2,5
										6
								10		
	16									
		25								
	Z, Z1		Z, Z1	Z, Z1						jne.

¹⁾ Jos tyyppimerkintä edellyttää kahden samassa sarakkeessa esitetyn merkin käyttämistä, on niiden oltava peräkkäin rakennesosan sijainnin mukaisessa järjestyksessä, näitä säteetään kaapelin tai johtimen keskipisteestä ulospäin luettaessa.

²⁾ Merkit voivat olla eri kohdissa tyyppimerkintää kaapelin rakenteen mukaisesti.

TAULUKKO 3. Osan 1 kirjainten merkitys

OSA 1			
Merkki	Yhteys standardeihin	Merkki	Nimellisjännite
H	Kaapeli täyttää harmonisoidun kaapelityypin standardin vaatimukset	01	$100/100\text{ V} \leq U_0/U < 300/300\text{ V}$
A	Tunnustettu Kansallinen Kaapelityyppi (Recognized National Type)	03	300/300 V
		05	300/500 V
		07	450/750 V

TAULUKKO 5. Osan 3 kirjainten merkitys

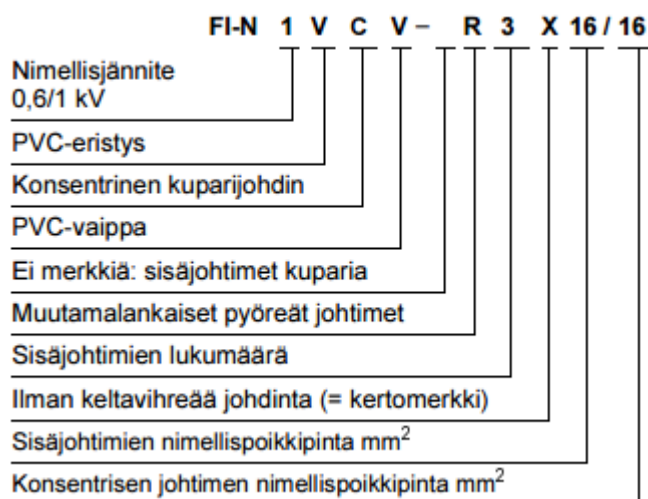
OSA 3	
Merkki	Johtimien lukumäärä ja nimellispoikkipinta
(numero)	Johtimien lukumäärä n
X	Kertomerkkinä kun kaapelissa ei ole kelta-vihreää johdinta
G	Kertomerkkinä kun kaapelissa on kelta-vihreä johdin
(numero)	Johtimen nimellispoikkipinta-ala, neliömillimetriä
Y	Kehräjohdin (tinsel-johdin), jonka poikkipinta-alaa ei ole määritelty

TAULUKKO 6. Kiinteän asennuksen kaapeleita (SFS 4680: 2000, 6)

Nimitys	CENELEC-merkintä	Kansallinen (vanha) merkintä
Muovieristeinen kytkentäjohdin	H05V-U	MKJE
Muovieristeinen kytkentäjohdin	H05V-K	MKJ
Kumieristeinen 180 °C lämmönkestävä johdin	H05SJ-K	VSS

TAULUKKO 7. Taipuisia liitántäkaapeleita (SFS 4680: 2000, 6)

Nimitys	CENELEC-merkintä	Kansallinen (vanha) merkintä
Erittäin taipuisa muovieristeinen tinselkaapeli	H03VH-Y	MSTE
Vaipaton taipuisa muovikaapeli	H03VH-H	MST
Ohut taipuisa muovikaapeli (pyöreä)	H03VV-F	MSOY
Ohut taipuisa muovikaapeli (litteä)	H03VVH2-F	MSO
Kevyt taipuisa muovikaapeli (pyöreä)	H05VV-F	MSK
Kevyt taipuisa muovikaapeli (litteä)	H05VVH2-F	MSK
Silitysrautakaapeli	H03RT-F	VST
Kevyt taipuisa kumikaapeli	H05RR-F	VSK
Kevyt öljynkestävä taipuisa kumikaapeli	H05RN-F	VSKN
Taipuisa öljynkestävä kumikaapeli	H07RN-F	VSN
Kevyt pakkasen- sekä lämmönkestävä taipuisa kumikaapeli	H05BB-F A05BB-F	VSKB
Taipuisa pakkasen- sekä lämmönkestävä kumikaapeli	H07BB-F A07BB-F	VSB



KUVIO 2. CENELEC-merkinnän muodostuminen MCMK 3x16+16 – kaapelille (SFS 4680: 2000, 6)

3.2 Johtimien värimerkinnät

Johtimien tunnistamiseen käytetään värimerkintöjä, koska johtimien tunnistamisen täytyy täyttää SFS-EN 60446 – standardin vaatimukset. Vuosien saatossa värijärjestelmät ovat muuttuneet, mutta tässä työssä keskitytään ainoastaan nykyään käytössä olevaan järjestelmään. (SFS-600: 2007, 221)

SFS-käsikirja 600:n standardissa 6000-5-51 kappaleessa 514.3 on määritelty kuinka johtimet täytyy merkitä. Yksittäisten johtimien tapauksessa käytetään seuraavaa värijärjestelmää:

- Nolla- tai keskipistejohdin tulee olla koko pituudeltaan tunnistettavissa sinisellä värillä.
- Suojajohdin on tunnistettava koko pituudeltaan kelta-vihreällä värillä, eikä tätä väriyhdistelmää saa käyttää mihinkään muuhun tarkoitukseen.
- PEN-johtimen on oltava kelta-vihreä koko pituudeltaan ja lisäksi johtimen päät on merkittävä sinisellä lisämerkinnällä, esimerkiksi teipillä.
- Äärijohtimissa käytetään väreinä ruskeaa, mustaa ja harmaata sekä tarvittaessa numeromerkintöjä. (SFS-600: 2007, 221)

Edellisestä poiketen sinistä johdinta voidaan poikkeuksellisesti käyttää äärijohtimena ja muihin tarkoituksiin edellyttäen, ettei ole sekaantumisen mahdollisuutta eikä käytössä ole nollajohdinta. Sinistä johdinta ei kuitenkaan saa käyttää suojajohtimena. (SFS-600: 2007, 222)

Monijohdinkaapeleissa käytetään samaa merkitsemistapaa kuin yksittäisissä johtimissa. Nollajohdin tulee tunnistaa koko pituudeltaan sinisellä värillä, ja suojajohdin kelta-vihreällä värillä. Äärijohtimissa käytetään väreinä ruskeaa, mustaa ja harmaata. Jos käytössä on enemmän äärijohtimia kuin kolme, käytetään edelleen niille osoitettuja värejä noudattaen ruskea-musta-harmaa -järjestystä. Tarvittaessa voidaan käyttää numeroita lisämerkintänä. Kaapeleissa käytettävää värijärjestelmää on havainnollistettu taulukoissa 8 ja 9. Taulukot on otettu SFS-käsikirja 600:n standardista 6000-5-51 liitteestä 51C. Poikkeuksen värijärjestelmään tekevät ohjauskaapelit, joissa voi parhaimmillaan olla useita kymmeniä johtimia. Ne ovat yleensä kaikki samanvärisiä ja numeroituja. (SFS-600: 2007, 221)

TAULUKKO 8. Johdinvärit kaapeleissa, joissa on kelta-vihreä johdin (SFS-600: 2007, 239)

Johtimien lukumäärä	Johtimien ^b värit				
	suojajohdin	jännitteiset johtimet			
3	kelta-vihreä	sininen	ruskea		
4	kelta-vihreä	–	ruskea	musta	harmaa
4 ^a	kelta-vihreä	sininen	ruskea	musta	
5	kelta-vihreä	sininen	ruskea	musta	harmaa

^a Vain joihinkin käyttötarkoituksiin
^b Tässä taulukossa eristämätöntä konsentrista johdinta, kuten metallivaipan, armeerauksen tai sähköisen verhouksen lankoja ei pidetä johtimina. Konsentrinen johdin tunnistetaan sijoituksensa perusteella, eikä sitä ole tarpeen tunnistaa värin avulla

TAULUKKO 9. Johdinvärit kaapeleissa, joissa ei ole kelta-vihreää johdinta (SFS-600: 2007, 239)

Johtimien lukumäärä	Johtimien värit ^b				
2	sininen	ruskea			
3	–	ruskea	musta	harmaa	
3 ^a	sininen	ruskea	musta		
4	sininen	ruskea	musta	harmaa	
5	sininen	ruskea	musta	harmaa	musta

^a Vain joihinkin käyttötarkoituksiin
^b Tässä taulukossa eristämätöntä konsentrista johdinta, kuten metallivaipan, armeerauksen tai sähköisen verhouksen lankoja ei pidetä johtimina. Konsentrinen johdin tunnistetaan sijoituksensa perusteella, eikä sitä ole tarpeen tunnistaa värin avulla

3.3 Johtimien materiaalit ja rakenne

Johtimet ovat tavallisesti kuparia tai alumiinia ja niiden erityis kumia tai muovia. Aiemmin on käytetty eristeenä myös öljyllä imeytettyä paperia. Kaapelin vedenpitävä vaippa voi olla metallia (esim. lyijyä tai kuparia) tai eristettä (kumi tai muovi). Virtajohtimet sijaitsevat yleensä kaikki vaipan sisäpuolella, tai vaipan ollessa hyvin johtavaa metallia, esimerkiksi kuparia tai alumiinia, voi vaippa toimia kaapelin konsentrisena suoja-, PEN- tai nollajohtimena. Konsentrinen johdin voi olla myös muodostettu kierretyistä kuparilangoista tai -nauhoista, jolloin sitä ympäröi erillinen kuminen tai muovinen vaippa. (D1-2009: 2010, 203)

Kuparin hinnan nousun vuoksi alumiini on nykyään entistä suositumpi johdin materiaali, varsinkin suuren poikkipinnan omaavissa kaapeleissa. Johtimet jaetaan yleensä yksilankaisiin, muutamalankaisiin ja hienolankaisiin. Nimensä mukaisesti muutamalankai-

nen johdin koostuu muutamasta kupari- tai alumiinikarvasta. Hienolankaisessa taas on useita ohuita kupari- tai alumiinikarvoja. Käytännössä hienolankaisemmat kaapelit kestävät parhaiten toistuvaa taivuttelua ja tärinää, ja soveltuvatkin siksi hyvin liikuteltaviin asennuksiin. Kuvassa 1 on esitetty tyypillinen esimerkki yksilankaisesta johtimesta. Kuvassa 2 taasen on muutamalankainen johdin, ja kuvassa 3 hienolankainen johdin.



KUVA 1. Yksilankainen johdin (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

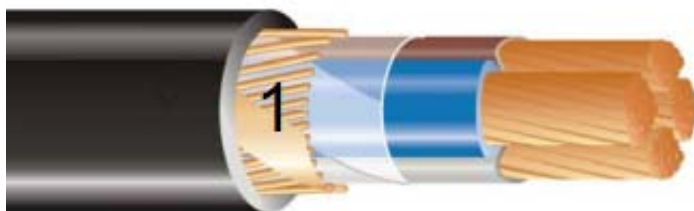


KUVA 2. Muutamalankainen johdin (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)



KUVA 3. Hienolankaisia johtimia (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

Joissain kaapeleissa on vaipan alle asennettu kuparisesta verhouksesta tehty konsentrisen johdin. Konsentrista johdinta voidaan käyttää nolla-, PE- tai PEN-johtimena. Kaapelia kytkettäessä konsentrisen johdin kierretään tavallisen johtimen muotoon ja teipataan oikean värisellä teipillä (maadoitusjohdin kelta-vihreällä, nollajohdin sinisellä) koko siltä matkalta minkä se on näkyvissä. Konsentrisen johdin on kuvassa 4 olevan kaapelin vaipan alla näkyvä, numerolla 1 merkitty kupariverhous. (SFS-650: 2009, 8)



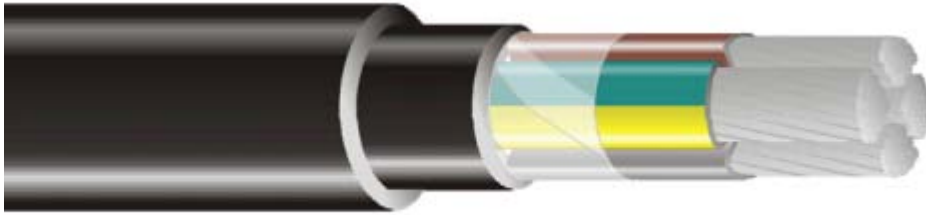
KUVA 4. Konsentrisen johdin kaapelissa, merkitty numerolla 1 (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

3.4 Eristys ja vaippa

Kaapeleissa on aina uloimpana kerroksena muovista tai kumista tehty vaippa, jonka tarkoitus on suojata johtimia kosteudelta ja mekaanisilta rasituksilta. Useimmiten muovivaipat on tehty PVC, PEX, PE tai PP-muovista. Kumikaapeleiden eristeenä käytetään esimerkiksi EPDM-kumia, mutta muitakin materiaaleja on käytössä. Kumipäällysteiset kaapelit ovat usein myös öljynkestäviä. Lisäksi on käytössä erilaisia tulipalojen varalle suunniteltuja eristemateriaaleja, kuten HFFR-seos. Joissain kaapeleissa ulkovaippa on nykyään kaksikerroksinen mekaanisen suojauksen parantamiseksi. Lisäksi jokaisen johtimen ympärillä on oma eristys. Johtimet on päällystetty erivärisillä eristeillä tunnistamista varten. Ulkovaipan ja johtimien eristysten lisäksi kaapeleissa on yleensä joko muovinauhasta, tai kumimaisesta massasta tehty välikerros.

Muovipäällysteiset sisäasennuskaapelit soveltuvat parhaiten kiinteisiin asennuksiin, joissa niihin ei kohdistu suurta mekaanista rasitusta. Puolikiinteissä ja siirrettävissä asennuksissa, kuten jatkojohdoissa, kannattaa käyttää hienosäikeisiä ja kumipäällysteisiä johtimia. Hienosäikeiset johtimet kestävät jatkuvaa taivuttelua ja tärinää katkeamatta paljon pidempään kuin yksilankaiset johtimet. Kumivaippa kestää taivuttelua, lämpötilan vaihteluita ja haurastuttavia kemikaaleja muovivaippaa paremmin.

Joihinkin kovaan käyttöön tarkoitettuihin maakaapeleihin laitetaan lisäksi nk. armeeraus. Se on usein teräksinen nauha, joka kulkee kaapelin vaipan sisässä. Sen tarkoitus on parantaa kaapelin suojausta mekaanisia rasituksia vastaan, ja lisäksi se tarjoaa suojaa sähkömagneettisia häiriöitä vastaan. Kuvassa 5 on esitetty AXMK–HD – kaapelin rakenne. Lisäksi kuvassa 6 on esitetty yleisesti käytössä olevan MMJ–kaapelin rakenne.



KUVA 5. AXMK–HD – kaapelin rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

AXMK–HD – kaapelissa on kaksikerroksinen ulkovaippa rakenne. Ulompi kerros on kovaa säänkestävää PE–muovia. Sisempi kerros on lyijytöntä PVC–muovia, ja johtimien ympärillä oleva eristys on PEX–muovia. Johtimet ovat hehkutettua alumiinia. Johtimien ja vaipan välissä oleva muovinauha estää johtimia tarttumasta vaippaan valmistusvaiheessa sekä helpottaa kuorimista. (Draka NK Cables Oy 2008)



KUVA 6. MMJ–kaapelin rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

MMJ:n ulkovaippa on valkoista lyijytöntä PVC–muovia. Johtimien ja vaipan välissä on joustava muovinen täytevaippa. Johtimien eristykset ovat myös lyijytöntä PVC–muovia, johtimet ovat muutamalankaista hehkutettua kuparia. (Draka NK Cables Oy 2008)

3.5 Asennustapa

Ensimmäiseksi, kun valitaan kaapeleita tai johtimia asennuksessa käytettäväksi, täytyy miettiä, mitä asennustapaa aiotaan käyttää. Lisäksi täytyy ottaa huomioon mahdolliset ulkoisten tekijöiden vaikutukset ja niiltä suojaaminen. Jos kiinteistön nousukaapeli asennetaan maahan, sen tulee tietenkin olla maaperään asennukseen soveltuva. Sisäasennuskaapeleissa tulee taas ottaa huomioon käytetäänkö pinta- vai uppoasennusta, ja jos asennetaan uppona, käytetäänkö putkitusta. Pinta-asennuksissa käytetään niihin soveltuvia kaapeleita, esimerkiksi MMJ:tä. Sitä voidaan käyttää myös uppoasennuksissa sekä putkeen, että ilman putkitusta, mutta yleensä putkeen asennuksissa suositaan erillisiä johtimia, kuten ML:ää.

Standardissa määritellään johtojärjestelmien asennustavasta seuraavaa: ”Johtojärjestelmän asennustapa on valittava ottaen huomioon käytettävät kaapelit ja johtimet taulukon 52-1 mukaisesti. Lisäksi edellytetään, että ulkoisten tekijöiden vaikutukset on otettu huomioon asianmukaisten rakennestandardien vaatimuksissa.” (SFS–600: 2007, 243) Taulukko 10 on poiminta standardissa mainitusta taulukosta 52-1. Siinä on esitetty, mitkä kaikki asennustavat standardi sallii erityyppisille johtojärjestelmille.

TAULUKKO 10. Johtojärjestelmän valinta (SFS–600: 2007, 244)

Johtimet ja kaapelit		Asennustapa							
		kiinnittä- mättä	kiinni- tettynä	putkessa	avatta- vassa johtoka- navassa	umpi- naisessa johtoka- navassa	kaapeli- hyllyllä, -tikkailla tai -kannattimilla	eristimillä	kannatin- köyden kanssa
Paljaat johtimet		–	–	–	–	–	–	+	–
Eristetyt johtimet		–	–	+ ²	+ ^{1, 2}	+ ²	–	+	–
Vaipalliset kaapelit	monijohti- miset	+	+	+	+	+	+	0	+
	yksijohti- miset	0	+	+	+	+	+	0	+
+sallittu									
–ei sallittu									
0ei käytetä									
¹ Virtapiiriin kuuluvat jännitteiset johtimet on sallittu vain, jos johtokanava tarkoitettu tällaiseen asennustapaan, johtokanavajärjestelmän kotelointiluokka on IP4X tai IPXXD ja kansi voidaan ottaa pois työkalulla tai voimakkaalla käsiotteella ² Suojajohtimina tai potentiaalintasausjohtimina käytettäviä eristettyjä johtimia ei tarvitse sähköasennuksissa sijoittaa putken tai johtokanavan sisään									

3.6 Palosuojaus

Tulipaloissa kaapelit muodostavat merkittävän palokuorman johtuen siitä, että niiden eristeet ovat usein herkästi syttyvää materiaalia. Kaapeleiden palosuojaus voidaan jakaa kaapeleihin, jotka ovat palonkestäviä – eli säilyttävät toimintakykynsä tulipalossa tietyn ajan – sekä kaapeleihin, jotka eivät levitä tulipaloa eli sammuvat itsestään. Kaapelia valittaessa tulisikin ottaa huomioon tilan mahdolliset erityisvaatimukset palosuojauksen suhteen.

Kaapeleiden palosuojaukset jaetaan karkeasti kahteen pääryhmään: yksittäisenä itsestään sammuviin ja nippuna itsestään sammuviin. Yksittäisenä itsestään sammuvaksi luokiteltavan kaapelin tulee täyttää IEC 60332-1 – standardin mukainen yksittäisen kaapelin polttokoe. Nippuna itsestään sammuvaksi luokiteltavan kaapelin taasen tulee täyttää IEC 60332-3 – standardin mukainen nippupolttokoe. Kaapeli luokitellaan palonkestäväksi jos se täyttää IEC 60331 – standardin mukaisen polttokokeen. Polttokokeessa kaapelin tulee säilyttää toimintakykynsä vähintään 3 tunnin ajan vähintään 750 °C lämpötilassa. (SFS 5545: 1989, 3)

Rakennuksiin kiinteästi asennettavien kaapeleiden tulee olla vähintään itsestään sammuvia, esim. MMJ ja MCMK. Ulkokaapeleille voidaan sallia paloa ylläpitäviä ominaisuuksia. Joissain tapauksissa myös ulkokaapelin tulee olla itsestään sammuva, esimerkiksi jos lähellä olevien rakennusten välille on asennettu ilmakaapelointi. Asennettaessa kaapeleita uppona seinään, parhaaseen ja halvimpaan tulokseen päästään käyttämällä tavanomaisia itsestään sammuvia kaapeleita. Tiloissa, joissa kaapeleita tulee runsaasti esimerkiksi kaapelihyllylle, tulee käyttää nippupolton kestäviä kaapeleita. Joissain tiloissa kaapeleiden tulee säilyttää toimintakykynsä tulipalon aikana. Tällaisia ovat esimerkiksi savunpoistoon tarkoitetut moottorit ja turvavalaisukset. Tällöin tulee käyttää palonkestäviä kaapeleita, esimerkiksi FRHF–MMJ ja FRHF–XCCMK. (Sähköiset paloriskit ja niiden hallinta 2003, 46–47).

Omiksi palo-osastoihinkin rakennettavissa tiloissa vaaditaan kaapelilta normaalia parempaa suojausta tulipaloa vastaan. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi uloskäytävät, jotka hyvin usein rakennetaan omiksi palo-osastoihinkin. Uloskäytäviin voidaan sijoittaa ilman erityistä suojausta ainoastaan johtojärjestelmiä, jotka syöttävät uloskäytävässä sijaitsevia laitteita kuten valaisimia ja pistorasioita. Jos jostain pakottavasta syystä ulos-

käytävään joudutaan sijoittamaan muita johtojärjestelmiä, ne on suojattava tulipaloa vastaan. Yksi tapa on käyttää kaapeleita, jotka täyttävät standardien EN 50266-2, EN 50267 ja EN 61034 vaatimukset, eli ovat vähintäänkin nippuna itsestään sammuvia ja halogeenittomia. (SFS-600: 2007, 151) Palo-osastosta toiseen siirryttäessä voidaan asentaa ilman erityistoimenpiteitä kaapeleita, jotka täyttävät standardisarjan IEC 60332 osan 1 mukaiset yksittäin asennettujen kaapeleiden vaatimukset, eli ovat vähintäänkin yksittäisenä itsestään sammuvia. Läpivienteihin täytyy myös tehdä asianmukaiset palokatkot. Kaapeleita, jotka eivät täytä standardisarjan IEC 60332 osan 1 vaatimuksia, ei saa viedä palo-osastosta toiseen. Niitä saa käyttää ainoastaan lyhyillä etäisyyksillä liitettäessä sähkölaite kiinteään asennukseen. (SFS-600: 2007, 258–259)

3.7 Halogeenittomuus

Kaapelin halogeenittomuus on yksi tärkeä osatekijä paloturvallisuuden kannalta. Sisäasennuskaapeleissa PVC-muovi on yleinen vaipan materiaali. PVC:n palaessa syntyy suolahappoa, joka höyrystyy kuumuudessa. Höyrystynyt suolahappo on myrkyllinen kaasu, joka aiheuttaa korroosiota monille laitteille ja materiaaleille, sekä vaaraa ihmisille. PVC-muovi on luonteeltaan itsestään sammuvaa, joten se ei levitä tulipaloa, mutta muodostuvat syövyttävät aineet tekevät siitä vaarallisen tulipalossa. Sisäasennuskaapeleissa voidaan käyttää halogeenitonta ja itsestään sammuvaa HFFR-seosta. Se ei poltettaessa synnytä syövyttäviä kaasuja ja lisäksi niistä vapautuva savumäärä on pienempi kuin PVC:stä. (Sähköiset paloriskit ja niiden hallinta 2003, 43–44)

Halogeenittomia kaapeleita tulee käyttää niissä tiloissa ja rakennuksissa, joissa pienikin kaapelipalo normaaleilla halogeenisilla kaapeleilla aiheuttaa merkittäviä taloudellisia vahinkoja korroosioherkissä laitteistoissa. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi sairaalat ja tietoliikennekeskukset. (Sähköiset paloriskit ja niiden hallinta 2003, 47)

3.8 EMC-suojaus

Joissakin asennuksissa vaaditaan suojausta sähkömagneettisia häiriöitä vastaan. Kaapeleissa syntyy virran kulkiessa sähkömagneettisia häiriöitä. Ideaalisesti täysin symmetrisesti kuormitetun kaapelin vaihejohtimissa syntyvät magneettikentät kumoavat toistensa

vaikutukset. Näin ei kuitenkaan käytännössä tapahdu, koska kaikkien vaiheiden kuormitus tai johtimien sijoitus ei aina ole täysin symmetrinen. Myös yliaallot aiheuttavat turhaa kuormaa. Yliaallot johtuvat verkon komponenteista ja laitteista, joiden verkosta ottama teho ei ole sinimuotoista.

Magneettikentät aiheuttavat ongelmia erityisesti asennuksissa, joissa on sekä tietoliikenne-, että voimakaapeleita. Magneettikentät voivat vääristää tiedonsiirtoa eli aiheuttaa häiriöitä signaaliin. Lisäksi jotkut sähkölaitteet ovat herkkiä sähkömagneettisille häiriöille. SFS-käsikirja 600:n standardissa 6000-4-44 on kerrottu toimenpiteitä niiden vaikutusten pienentämiseksi:

- Vältetään induktiivisia silmukoita käyttämällä voima- ja tietoliikennekaapeleille samoja kaapelireittejä.
- Voima- ja tietoliikennekaapelit pidetään erillään ja risteilyt tehdään mahdollisuuksien mukaan suorassa kulmassa.
- Käytetään konsentrisella johtimella varustettuja kaapeleita, joilla vähennetään suojaajohtimeen indusoituvia virtoja.
- Käytetään EMC-vaatimusten mukaisia tietoliikennekaapeleita ja asennetaan ne valmistajan ohjeiden mukaisesti. (SFS-600: 2007, 192)

Standardissa on kerrottu muitakin keinoja häiriöiden välttämiseksi, mutta yllä luetellut seikat liittyvät kaapelin valintaan. EMC-suojattujen kaapeleiden käyttämisen tarve täytyy suunnittelijan miettiä tapauskohtaisesti. Asennuksissa, joissa on runsaasti tietoliikennekaapeleita, mutta vähän voimakaapeleita, saattaa olla taloudellisesti järkevää käyttää EMC-suojattuja voimakaapeleita EMC-suojattujen tietoliikennekaapeleiden sijaan.

3.9 UV-kestoisuus

Jos johtojärjestelmän oletetaan olevan alttiina huomattavalle auringonsäteilylle, tämä on otettava huomioon johtojärjestelmää valittaessa tai on käytettävä sopivaa suoja. (SFS-600: 2007, 254) Suuressa osassa kaapeleita UV-kestoisuus on vähintäänkin tyydyttävä. Joissain asennuksissa kaapeli joutuu alttiiksi auringonvalolle, esimerkiksi kiinteistön nousukaapeli suojaamattomana seinällä. Tällöin tulee varmistua kaapelin UV-kestoisuuden riittävydestä, koska auringonvalo haurastuttaa kaapelin vaipan. Hauras-

tunut vaippa altistaa kaapelin kosteudelle ja mahdollisesti tekee siitä vaarallisen, jolloin kaapeli pitää uusia. Esimerkiksi kiinteistön nousukaapeli, joka on asennettu ulkoseinälle, tulee olla UV-suojaukseltaan mielellään A-luokkaa. Tällöin kaapeli on mahdollisimman pitkäikäinen eikä aiheuta turhia ongelmia käytön aikana.

3.10 Asennusvaiheessa huomioitavia seikkoja

Aikaisemmin esitellyt kaapelin ominaisuudet on otettava huomioon kaapelia kohteeseen valittaessa. Tässä kappaleessa esitellään kaapelin ominaisuuksia, jotka eivät vaikuta kaapelin valintaan, mutta täytyy ottaa huomioon kaapelia asennettaessa.

3.10.1 Käsittelylämpötila

Johtojärjestelmien osat, kuten kaapelit ja tarvikkeet saa asentaa ja käsitellä ainoastaan tuotestandardeissa tai valmistajan määrittelemissä lämpötiloissa. (SFS-600: 2007, 251) Kaapelille suositeltua asennuslämpötilaa tulee noudattaa. Liian kylmissä olosuhteissa asentaessa muovimateriaalit menettävät joustavuuttansa, ja saattavat vaurioitua. Kaapeli jonka eriste tai vaippa on vaurioitunut, ei ole enää käyttökelpoinen. Jos kaapelit ovat niiden alinta sallittua asennuslämpötilaa kylmempiä, ne tulee lämmittää vähintään alimpaan asennuslämpötilaan. (SFS-650: 2009, 14)

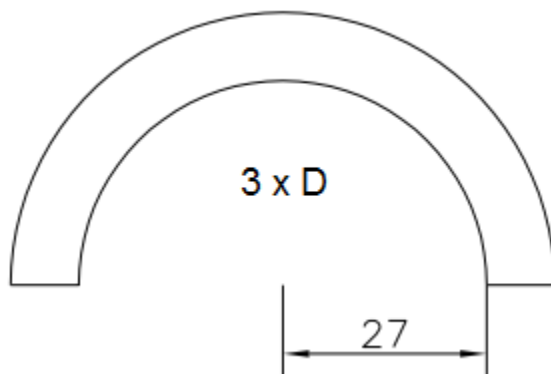
Kaapelivalmistajat eivät yleensä määrittele ylärajaa käsittelylämpötilalle. Tämä johtuu siitä, että Suomessa harvemmin saavutetaan olosuhteita, joissa lämpötila nousee niin korkeaksi, että kaapeli voisi asentaessa vaurioitua. Kumikaapelit kestävät kylmiä olosuhteita parhaiten, joten niillä on yleensä reilusti kylmempi sallittu asennus- ja käsittelylämpötila kuin muilla kaapeleilla.

3.10.2 Taivutussäde

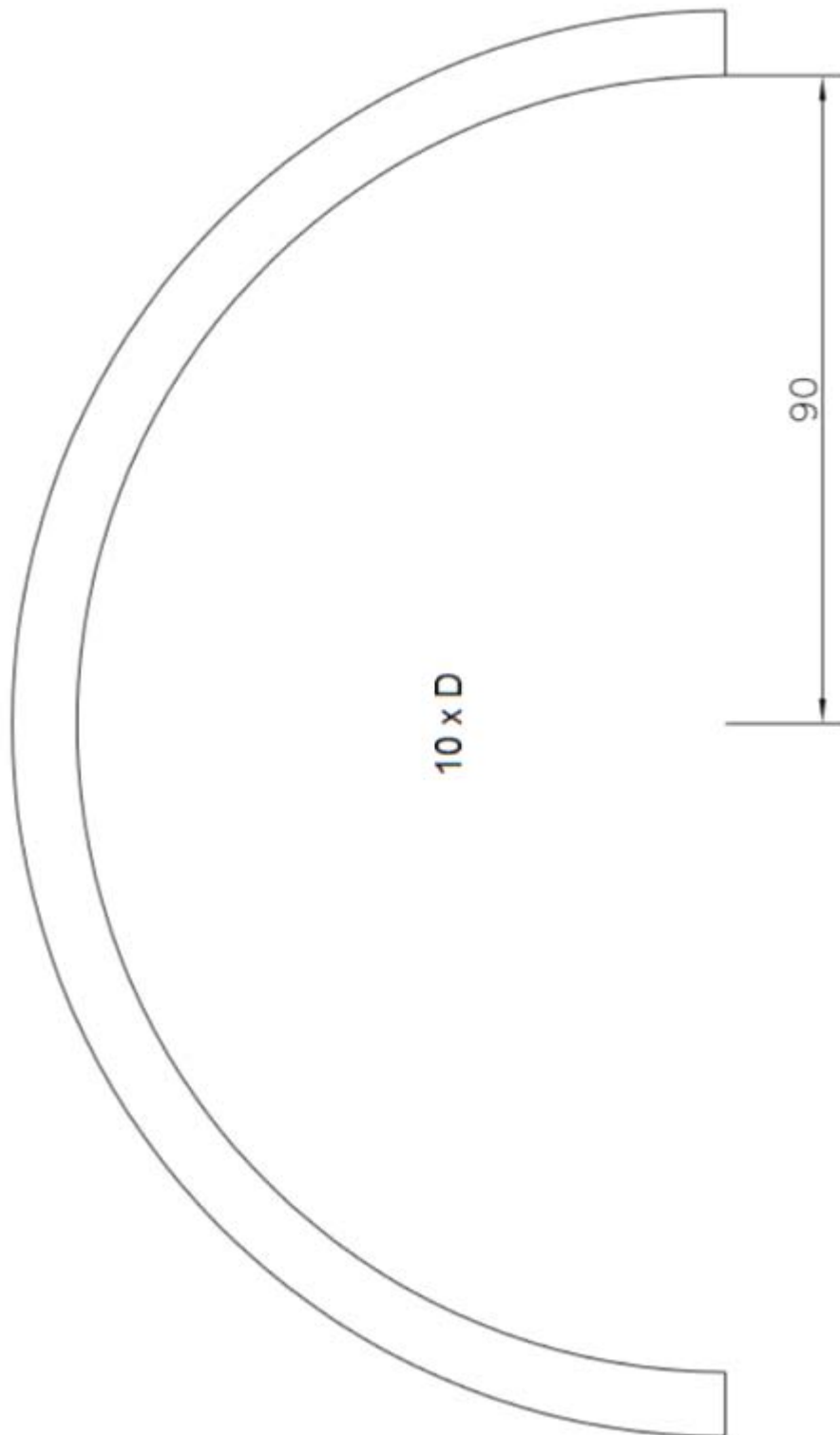
Johtojärjestelmät tulee valita siten että vältetään kaapeleiden vaipan ja eristyksen vahingoittuminen asennuksen, käytön ja huollon aikana. Taivutussäteiden on oltava sellaisia, etteivät johtimet ja kaapelit vahingoitu. (SFS-600: 2007, 253) Kaapelivalmistaja määrit-

telee kullekin kaapelityypille pienimmän taivutussäteen sekä asennuksen, että käytön aikana. Taivutussäteet on mitoitettu siten, että jos sallittua taivutussädettä ei ylitetä, kaapeli ei vahingoitu. Lopullinen taivutussäde tarkoittaa lopullista taivutusta, joka on tehty varovaisena kertataivutuksena yhteen suuntaan lopulliseen asentoon ilman vastakkaisuuntaista taivutusta. Asennuksen aikainen pienin sallittu taivutussäde taas tarkoittaa sitä, kuinka paljon kaapelia saa toistuvasti taivutella eri suuntiin asennusvedon aikana.

Taivutussäteet ilmoitetaan yleensä suhteessa kaapelin halkaisijaan, esimerkiksi $3 \times D$, $10 \times D$ jne. Kuviossa 3 on havainnollistettu lopullisen taivutussäteen suuruutta MMJ 3x1.5 – kaapelille. Lopullisen taivutussäteen sallima taivutus täytyy tehdä kertataivutuksena. Kuviossa 4 on esitetty samaisen kaapeli suurin sallittu asennuksen aikainen taivutussäde. Molemmat kuvat ovat 1:1 mittakaavassa.



KUVIO 3. MMJ 3x1.5 lopullinen taivutussäde



KUVIO 4. MMJ 3x1.5 asennuksen aikainen taivutussäde

3.10.3 Asennusvetovoima

Kuten taivutussäteen, kaapelinvalmistajat määrittelevät kaapelityypeille myös suurimman sallitun asennusvetovoiman. Tämä tarkoittaa sitä, ettei asennusvaiheessa saa käyttää tarpeetonta voimaa vedettäessä kaapelia esimerkiksi seinän sisään, tai maahan kaapeliojaan. Suurin sallittu vetorasitus tarkoittaa yleensä rasitusta, joka tulee vetämällä vetosukalla vaipan päältä, taikka rasitusta vedettäessä yhtäaikaisesti kaikista eristetyistä sisäjohtimista. Kaapelia vedettäessä tulee käyttää sopivaa vetolaitetta ja varmistua, että vetovoima jakaantuu tasaisesti kaikille kaapelin johtimille. (SFS–650: 2009, 14)

Kaapelin katkaisemiseen vetämällä vaaditaan huomattavan suuria voimia, mutta suurimmat sallitut asennusvetovoimat ovat huomattavasti näitä voimia pienempiä. Tämä johtuu siitä, että liiallinen vetovoima asennusvaiheessa voi vaurioittaa kaapelia sisäisesti esimerkiksi katkaisemalla johtimen säikeitä, tai vaurioittamalla eristettä ja vaippaa. Nämä sisäiset vauriot voivat lyhentää kaapelin elinikää, tai aiheuttaa sähköpalo- ja turvallisuusriskejä. Lisäksi on huomioitava, että jos johtojärjestelmä joutuu jatkuvan vetorasituksen alaiseksi – esimerkiksi pystysuorissa asennuksissa oman painonsa takia – on valittava sopiva kaapelin tai johtimen tyyppi, tai kiinnitettävä kaapeli asianmukaisella tavalla sopivin välein, etteivät johtimet ja kaapelit vahingoitu oman painonsa takia. (SFS–600: 2007, 253)

4 YLEISIMPIÄ KAAPELEITA

Seuraavassa on esitelty Suomessa yleisimmin käytettyjä kaapeli- ja johdintyyppejä ja niiden käyttötarkoituksia. Kiinteistöjen sähköasennuksissa käytettävien kaapeleiden lisäksi on esitelty usein kiinteistöjen nousukaapeleina käytettäviä verkonrakennuskaapeleita. Kaapeleiden sähkötekniset ominaisuudet sekä yksityiskohtaisemmat tiedot löytyvät valmistajien datalehdistä.

4.1 MMJ

MMJ on kiinteistöjen sisäasennuksissa yleisimmin käytetty kaapeli. Se soveltuu pinta- ja uppoasennukseen. Uppoasennus voidaan tehdä joko putkittain tai ilman putkitusta. Ei voida asentaa maahan, eikä betonivaluun ilman erillistä suojausta. Kaapelin rakenne on esitetty kuvassa 7. (Draka NK Cables Oy 2008)

- Kiinteään pinta- ja uppoasennukseen sisälle ja ulos
- Lyijytön PVC-muovi vaippa, myös johtimien eristys PVC:tä
- Johtimet yksilankaista hehkutettua kuparia
- Itsestään sammuva
- Kolme, neljä tai viisi johdinta
- Ei sovellu maa-asennukseen eikä betonivaluun ilman erillistä suojaputkea
- Ei sovellu häiriöalttiiseen asennukseen
- Halogeeniton versio MMJ-LSZH (vaippa ja eristys polymeeriä)
- Palonkestävä versio FRHF-MMJ (vaippa ja eristys polymeeriä) (Draka NK Cables Oy 2008)



KUVA 7. MMJ-kaapelin rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

4.2 MKMJ

MKMJ on kuten MMJ, mutta sen johtimet eivät ole yksilankaisia, vaan muutamalankaisia. MMJ:n tavoin voidaan asentaa pinta-asennuksena ja uppoasennuksena putkittaen tai ilman putkitusta. Myöskään MKMJ:tä ei voi asentaa maahan tai betonivaluun ilman erillistä suojausta. Kaapelin rakenne on esitetty kuvassa 8. (Draka NK Cables Oy 2008)

- Kiinteään pinta- ja uppoasennukseen sisällä ja ulkona, erityisesti tärinä alttiisiin kohteisiin
- Lyijytön PVC-muovi vaippa, myös johtimien eristys PVC:tä
- Johtimet muutamalankaista hehkutettua kuparia
- Itsestään sammuva
- Kolme tai viisi johdinta
- Ei sovellu maa-asennukseen eikä betonivaluun ilman erillistä suojaputkea
- Ei sovellu häiriöalttiiseen asennukseen (Draka NK Cables Oy 2008)



KUVA 8. MKMJ-kaapelin rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

4.3 MJAM

MJAM on myös MMJ:n kaltainen kaapeli, se voidaan asentaa kiinteästi pinnalle tai uppoon. MJAM:ssa on AL-PE laminaatti – eli alumiinista ja PE-muovista tehty – suoja-kerros sähköisiä häiriöitä vastaan, joten se soveltuu asennuksiin joissa tarvitaan parempaa EMC-suojausta. Kaapelin rakenne on esitetty kuvassa 9. (Draka NK Cables Oy 2008)

- Sähkölaitteiden ohjaus-, mittaus- ja merkinantopiirien sekä elektronisten laitteiden syöttöverkkojen kaapeli
- Kiinteään pinta- ja uppoasennukseen sisälle ja ulos kohteissa, joissa vaaditaan parempaa sähköistä suojaa (EMC)
- Vaippa PE-muovia tai lyijytöntä PVC-muovia, johtimien eristys PVC:tä
- Johtimet yksilankaista hehkutettua kuparia
- AL-PE laminaatti suojaus sähköisiä häiriöitä vastaan
- Kolme tai viisi johdinta
- Itsestään sammuva
- Halogeeniton versio MJAM-LSZH (vaippa ja eristys polymeeriä)
- Vaipan alla oleva maadoituslanka on tarkoitettu ainoastaan metallivaipan maadoittamiseen (Draka NK Cables Oy 2008)



KUVA 9. MJAM-kaapelin rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

4.4 MPLM

MPLM on sisätilojen pinta-asennukseen tarkoitettu kaapeli. Se voidaan asentaa myös suihku- ja pesutiloihin. Kuoren alla olevasta metallivaipasta huolimatta se ei ole EMC-suojattu. Metallivaippa on aina suojamaadoitettava. Kaapelin rakenne on esitetty kuvassa 10. (Draka NK Cables Oy 2008)

- Kiinteään pinta-asennukseen sisätiloissa, myös suihku- ja pesutiloissa
- Lyijytön PVC-muovi vaippa, johtimien eristys PVC:tä
- Johtimet yksilankaista hehkutettua kuparia
- Metallivaippa pitkittäistä alumiininauhaa
- Kolme, neljä tai viisi johdinta
- Itsestään sammuva

- Vaipan alla oleva maadoituslanka on tarkoitettu ainoastaan metallivaipan suo-
jamaadoittamiseen, metallivaippa on suojamaadoitettava
- Metallivaipasta huolimatta ei ole suojattu sähköisiä häiriöitä vastaan (Draka NK
Cables Oy 2008)



KUVA 10. MPLM-kaapelin rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

4.5 ML

ML on yleisimmin kiinteistöjen asennuksissa käytettävä asennusjohdin. Sitä käytetään rakennuksen sähköistämiseen kiinteänä putkiasennuksena. Käytetään myös laitteiden ja sähkökeskusten sisäisissä johdotuksissa. Johtimen rakenne on esitetty kuvassa 11. (Draka NK Cables Oy 2008)

- Kiinteään asennukseen asennusputkessa sekä sisäiseen johdotukseen laitteissa ja keskuksissa
- Eristys lyijytöntä PVC-muovia
- Johdin yksilankaista hehkutettua kuparia
- Itsestään sammuva (Draka NK Cables Oy 2008)



KUVA 11. ML-johtimen rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

4.6 MK 90

MK 90 – johdinta käytetään ML:n tapaan rakennusten, sekä sähkökeskusten ja laitteiden sähköistämiseen. ML:stä poiketen se on muutamalankainen, joten se soveltuu paremmin tärinä alttiisiin asennuksiin. Johtimen rakenne on esitetty kuvassa 12. (Draka NK Cables Oy 2008)

- Kiinteään asennukseen asennusputkessa sekä sisäiseen johdotukseen laitteissa ja keskuksissa
- Eristys lyijytöntä lämmönkestävää PVC–muovia
- Johdin muutamalankaista hehkutettua kuparia
- Itsestään sammuva (Draka NK Cables Oy 2008)



KUVA 12. MK 90 – johtimen rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

4.7 MCMK

Kuparinen asennuskaapeli, joka voidaan asentaa sisälle, ulos ja maahan. Maahan asennettaessa on varmistettava riittävästä rasituskestävyydestä käyttämällä tarvittaessa lisäsuojauksia. Voidaan käyttää kiinteistön nousukaapelina, sekä nousukaapelina pääkeskukselta jakokeskuksille. Kuparin kallistumisen vuoksi nykyään suositaan kuitenkin alumiinisia nousukaapeleita. Voidaan käyttää myös koneiden ja laitteiden syöttökaapelina. Kaapelissa on konsentrisen johdin PE/PEN–johtimena. Kaapelin rakenne on esitetty kuvassa 13. (Draka NK Cables Oy 2008)

- Kiinteään asennukseen sisällä, ulkona ja maahan
- Vaippa lyijytöntä PVC–muovia, johtimien eristys PVC:tä
- Johtimet muutamalankaista hehkutettua kuparia
- Neljä johdinta, sekä kerros kuparilankoja ja kuparinauhasidos PE/PEN–johtimena

- Itsestään sammuva, ja nippuna itsestään sammuva
- Ei sovellu häiriöalttiisiin asennuksiin
- EMC-suojasta vaativiin asennuksiin soveltuu MCCMK
- Halogeeniton versio MCMK–LSZH (vaippa ja eristys polymeeriä)
- Ohjausjohtimilla varustettu versio MCMK–O, ohjausjohtimet mustia ja varustettu numeromerkinnöin (Draka NK Cables Oy 2008)



KUVA 13. MCMK-kaapelin rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

4.8 AMCMK

Kuten MCMK, mutta johtimet ovat alumiinia kuparin sijaan. Konsentrinen johdin on kuitenkin kuparia. Samat käyttökohteet kuin MCMK:lla. Voidaan asentaa sisälle, ulos ja maahan. Kaapelin rakenne on esitetty kuvassa 14. (Draka NK Cables Oy 2008)

- Kiinteään asennukseen sisällä, ulkona ja maahan
- Ei sovellu häiriöalttiisiin asennuksiin
- Vaippa lyijytöntä PVC-muovia, johtimien eristys PVC:tä
- Johtimet hehkutettua alumiinia
- Kolme tai neljä johdinta, sekä kerros kuparilankoja ja kuparilanka- tai kuparilankasidos PE/PEN-johtimena
- Nipussa itsestään sammuva
- Saatavilla myös kaksivaippainen auraukseen soveltuva AMCMK–HD – versio (ei itsestään sammuva, asennus sisälle ainoastaan erillisellä palosuojauksella) (Draka NK Cables Oy 2008)

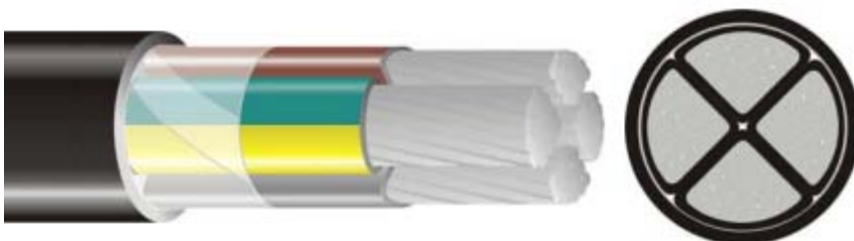


KUVA 14. AMCMK-kaapelin rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

4.9 AXMK

Soveltuu kiinteään asennukseen sisälle, ulos ja maahan. Maahan asennettaessa on varmistettava riittävästä rasituskestävyydestä käyttämällä tarvittaessa lisäsuojauksia. Käytetään useimmiten kiinteistöjen ja jakokeskusten nousukaapelina. Rakenteeltaan kuten AMCMK, mutta PE/PEN-johdin on normaali johdin konsentrisen johtimen sijaan. Kaapelin rakenne on esitetty kuvassa 15. (Draka NK Cables Oy 2008)

- Kiinteään asennukseen sisällä, ulkona ja maahan
- Johdin eristykset UV-suojattuja
- Vaippa lyijytöntä PVC-muovia, johtimien eristys säänkestävää PEX-muovia
- Johtimet hehkutettua alumiinia
- Neljä johdinta
- Itsestään sammuva
- Saatavilla myös kaksivaippainen auraukseen soveltuva AXMK-HD – versio (ei itsestään sammuva, asennus sisälle ainoastaan erillisellä palosuojauksella) (Draka NK Cables Oy 2008)



KUVA 15. AXMK-kaapelin rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

4.10 VSK

Kumieristeinen kaapeli, jota käytetään kevyeen käyttöön tarkoitetuissa siirrettävissä laitteistoissa. Soveltuu kosteisiin ja märkiin sisä- ja ulkotiloihin. Hienolankaisten johtimien ansiosta kestää taivuttelua ja tärinää. Kaapelin rakenne on esitetty kuvassa 16. (Draka NK Cables Oy 2008)

- Liitäntäkaapeli kuiviin, kosteisiin ja märkiin sisä- ja ulkotiloihin kevyeen käyttöön tarkoitetuissa siirrettävissä laitteistoissa
- Ei sovellu räjähdysvaarallisiin tiloihin
- Vaippa ja johtimien eristys kumia.
- Johtimet hienolankaista hehkutettua kuparia
- 2-5 johdinta
- Halogeeniton (Draka NK Cables Oy 2008)



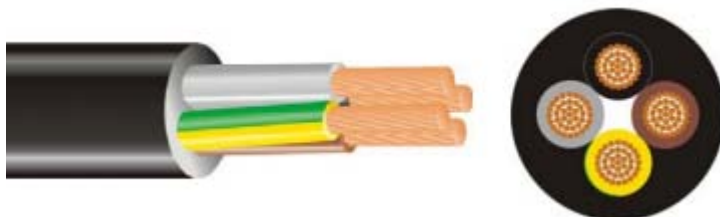
KUVA 16. VSK-kaapelin rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

4.11 VSN

Kuten VSK, mutta vaipan eriste on öljyn- ja säänkestävää. Käytetään liitäntäkaapelina keskiraskaissa mekaanisissa rasituksissa. Voidaan käyttää kuivissa, kosteissa, märissä ja palovaarallisissa tiloissa. Soveltuu hyvin liikuteltaviin asennuksiin. Kaapelin rakenne on esitetty kuvassa 17. (Draka NK Cables Oy 2008)

- Liitäntäkaapelina keskiraskaissa mekaanisissa rasituksissa. Kuiviin, kosteisiin, märkiin ja palovaarallisiin sisä- ja ulkotiloihin
- Soveltuu myös räjähdysvaarallisiin tiloihin
- Vaippa sään- ja öljynkestävää kumia, johtimien eristys EPDM-kumia
- Johtimet hienolankaista hehkutettua kuparia

- 1-5 johdinta
- Itsestään sammuva (Draka NK Cables Oy 2008)



KUVA 17. VSN-kaapelin rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

4.12 MMO

Soveltuu pinta- ja uppoasennukseen sisällä ja ulkona. Ei voida asentaa maahan, eikä suoraan betonivaluun ilman erillistä suojaa. Käytetään sähkölaitteiden mittaus-, ohjaus- ja merkinantokaapelina laitteistoissa joissa tarvitaan useita johtimia. Ei ole tarkoitettu suurille kuormille, joten ei voida käyttää laitteiden ja laitteistojen syöttökaapelina. Kaapelin rakenne on esitetty kuvassa 18. (Draka NK Cables Oy 2008)

- Sähkölaitteiden ohjaus-, mittaus- ja merkinantopiirien kaapelina. Pinta- ja uppoasennukseen sisällä ja ulkona
- Ei sovellu häiriöalttiin asennukseen. Vaippa ja johtimien eristykset lyijytöntä PVC-muovia
- Johtimet hehkutettua yksilankaista kuparia
- 7-37 johdinta
- Itsestään sammuva
- Konsentrisella johtimella varustettu versio MCMO
- EMC-suojattu versio MCCMO (Draka NK Cables Oy 2008)



KUVA 18. MMO-kaapelin rakenne (Draka NK Cables Oy 2008, muokattu)

4.13 Kaapeleiden ominaisuustaulukot

Tutkintotyötä varten koostettiin ominaisuustaulukot asennus-, voima-, ohjaus- ja kumi-kaapeleista. Jokaisesta kaapeliluokasta on kaksi taulukkoa, ensimmäisessä on listattuna kaapeleiden yleiset ominaisuudet kuten asennustapa, palosuojaus ja EMC-suojaus. Toisessa taulukossa on taas kaapeleiden rakenteellisia ominaisuuksia, kuten eristemateriaalit, käsittelylämpötilat ja johtimien määrät. Taulukot ovat liitteet 1-8.

5 POHDINTA

Pyrkimyksenä oli tuottaa kaapelityypin valintaopas sähköalan insinööriopiskelijoille. Tavoitteena oli että työhön tutustumalla lukija ymmärtää, että kaapelin valinta on muutakin kuin pelkkää sähköteknistä mitoittamista, ja että kaapelin fyysiset ominaisuudet huomioimalla asennuksesta tulee pitkäikäinen ja turvallinen. Turvallisuus on tärkeä seikka, koska asennuksista halutaan tehdä käyttäjälle turvallisia niin käytön, kuin vikatilanteenkin aikana. Nykyiset standardit asettavat varsinkin asennusten paloturvallisuudelle tiukkoja vaatimuksia.

Kaapeleiden fyysisten ominaisuuksien ja niiden vaikutuksen esittelyn lisäksi, työhön tehtiin kaapeleiden ominaisuustaulukot. Taulukoissa esiteltiin yleisimmin käytettyjen kaapelityyppien keskeisimmät ominaisuudet, jotta lukija voi käyttää taulukoita apuna kaapelityyppiä valitessaan.

Työssä onnistuttiin kokoamaan hyvä tietopaketti kaapelinvalinnan avuksi, sekä parantamaan lukijan käsitystä kaapeleihin liittyvistä ominaisuuksista. Tietopakettia voisi kehittää edelleen lisäämällä siihen yksityiskohtaisempia esimerkkejä eri kaapelityyppien käyttökohteista, ja käytännön sovellutuksista.

LÄHTEET

D1–2009. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 17. painos 2010. Espoo: Sähköinfo Oy.

Draka NK Cables Oy. 2008. Tuotteet. Luettu 14.2.2012.
<http://www.draka.fi>

SFS 4680. Energiakaapelit. Voima- ja asennuskaapeleiden tyyppimerkinnot, 5. painos 2000. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto ry.

SFS 5545. Asennuskaapelit. Palonkestävät halogeenittomat nippuna itsestäänsammuttavat asennuskaapelit. 1989. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto ry.

SFS–käsikirja 600. Pienjännitesähköasennukset, 1. painos 2007. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto ry.

SFS–käsikirja 650. Kaapeleiden käyttöohje, 1. painos 2009. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto ry.

SÄTY–julkaisu 3, Sähköiset paloriskit ja niiden hallinta, 2. painos 2003. Sähkötarkastusyhdistys SÄTY ry.

Voimakaapelien valinta ja asennus, 500. painos 1978. Helsinki: Insinööritieto Oy

LIITTEET

Liite 1. Asennuskaapeleiden ominaisuustaulukko 1

Asennuskaapelit										
	Sisäkäyttö	Ulkokäyttö	Maahan asennus	Palonkestävä	Palosuojaus	Halogeeniton	EMC-häiriösuojaus	UV-kestoisuus	Jännitealue	Jatkuva max. käyttölämpötila (°C)
ML	X	-	-	-	1	-	-	C	450/750 V	70
MK 90	X	-	-	-	1	-	-	B	450/750 V	90
MK-LSZH	X	-	-	-	1	X	-	D	450/750 V	70
MKEM 90	X	-	-	-	1	-	-	B	450/750 V	90
MKEM-LSZH	X	-	-	-	1	X	-	D	450/750 V	70
MKEMT 90	X	-	-	-	1	-	-	B	450/750 V	90
MMJ (300/500 V)	X	X	-	-	1	-	-	B	300/500 V	70
MMJ (450/750 V)	X	X	-	-	1	-	-	B	450/750 V	70
MMJ-LSZH	X	-	-	-	1	X	-	C	300/500 V	70
MKMJ	X	X	-	-	1	-	-	B	450/750 V	70
MKMJ-LSZH	X	X	-	-	1	X	-	C	450/750 V	70
FRHF-MMJ	X	X	-	X	3	X	-	C	300/500 V	70
MPLM	X	-	-	-	1	-	-	B	300/500 V	70
MJAM	X	X	-	-	1	-	X	B	450/750 V	70
MJAM-LSZH	X	X	-	-	1	X	X	C	450/750 V	70

Palosuojaus: 1=Itseään sammuva (IEC 60332-1), 3=Nippuna itseään sammuva (IEC 60332-3)

Palonkestävä: IEC 60331, EN 50200 & 50362

UV-kestoisuus: A=hyvä, B=tyydyttävä, C=heikohko, D=huono

Liite 2. Asennuskaapeleiden ominaisuustaulukko 2

1 (2)

Asennuskaapelit											
	Alin suositeltu käsitteilylämpötila (°C)	Pienin suositeltu taiputusääde (D=Kaapelin halkaisija)	Rakenne								
			Asemusvedossa	Lopullisessa asennuksessa kertataivutuksena	Johdin	Eristys	Välikerros/Täyte/Nauhoitus	PE/PEN-johdin	Vaippa	Sisäjohtimet	Muuta
ML	-25	8xD	8xD	3xD	Hehkutettua kuparia, yksilankainen	Lyijytön LINYL PVC-muovi	-	-	-	-	Yksittäinen asennusjohdin
MIK 90	-25	8xD	8xD	3xD	Hehkutettua kuparia, muutamalankainen	Lyijytön lämmönkestävä PVC	-	-	-	-	Yksittäinen asennusjohdin
MIK-LSZH	-25	8xD	8xD	kts. Datalehti	Hehkutettua kuparia, muutamalankainen	Halogeeniton palosuojattu polymeeri	-	-	-	-	Yksittäinen asennusjohdin
MIKEM 90	-25	8xD	8xD	3-4xD	Hehkutettua kuparia, taipuisa hienolankainen	Lyijytön lämmönkestävä PVC	-	-	-	-	Yksittäinen asennusjohdin
MIKEM-LSZH	-25	8xD	8xD	kts. Datalehti	Hehkutettua kuparia, taipuisa hienolankainen	Halogeeniton, palosuojattu polymeeri	-	-	-	-	Yksittäinen asennusjohdin
MIKEMT 90	-25	8xD	8xD	3xD	Hehkutettua, tinattua kuparia, taipuisa hienolankainen	Lyijytön lämmönkestävä PVC	-	-	-	-	Yksittäinen asennusjohdin
MMMJ (300/500 V)	-15	10xD	10xD	3xD	Hehkutettua kuparia, yksilankainen	Lyijytön PVC	Täytevaippa	Kuten vaihejohtimet	Valkoinen lyijytön LINYL PVC-muovi. Metrimerkintä.	2, 3, 4 tai 5 -johdinta	
MMMJ (450/750 V)	-15	10xD	10xD	4xD	Hehkutettua kuparia, muutamalankainen	Lyijytön PVC	Täytevaippa	Kuten vaihejohtimet	Valkoinen lyijytön LINYL PVC-muovi. Metrimerkintä.	3, 4 tai 5 -johdinta	

Asennuskaapelit										
	Alin suositeltu käsittelylämpötila (°C)	Pienin suositeltu taivutus säde (D=Kaapelin halkaisija)	Rakenne							Muuta
			Asennusvedossa asennuksessa kertataivutuksena	Lopullisessa asennuksessa	Johdin	Eristys	Välikerros/Täyte/Nauhoitus	PE/PEN-johdin	Vaippa	
MMJ-LSZH	-15	10xD	4xD	Hekikutettua kuparia, yksi- tai muutamalankainen	Halogeeniton polymeeri	Täytevaippa	Kuten vaihejohtimet	Valkoinen halogeeniton polymeeri. Metrimerkintä.	3 tai 5 -johdinta	
MKMJ	-15	10xD	3xD	Hekikutettua kuparia, muutamalankainen	Lyijytön PVC	Täytevaippa	Kuten vaihejohtimet	Valkoinen LINYL PVC-muovi. Metrimerkintä.	3 tai 5 -johdinta	
MKMJ-LSZH	-15	10xD	3xD	Hekikutettua kuparia, muutamalankainen	Halogeeniton polymeeri	Täytevaippa	Kuten vaihejohtimet	Valkoinen halogeeniton polymeeri. Metrimerkintä.	3 tai 5 -johdinta	
FRHF-MMJ	-15	10xD	5xD	Hekikutettua kuparia, muutamalankainen	Kiillennauha ja halogeeniton polymeeri	-	Kuten vaihejohtimet	Oranssi halogeeniton polymeeri. Metrimerkintä.	2,3 tai 5 -johdinta	Pitkittäinen alumiininauha metallivaippana, lisäksi vaipan maadoitusta varten tinattu kuparilankkoja
MPLM	-5	12xD	6xD	Hekikutettua kuparia, yksilankainen	PVC-muovi	Täytevaippa	Kuten vaihejohtimet	Valkoinen PVC-muovi	3,4 tai 5 -johdinta	
MJAM	-15	12xD	6xD	Hekikutettua kuparia, yksilankainen	Lyijytön PVC	Täytevaippa	Kuten vaihejohtimet	Valkoinen PE/lyijytön PVC-muovi. Metrimerkintä.	3,5 tai 7 -johdinta	EMC-SUOJAUS: AL-PE laminaatti ja 1.0 mm ² maadoitusjohdin
MJAM-LSZH	-15	12xD	6xD	Hekikutettua kuparia, Muutamalankainen	Halogeeniton polymeeri	Halogeeniton täytevaippa	Kuten vaihejohtimet	Valkoinen halogeeniton polymeeri. Metrimerkintä.	3,5 tai 7 -johdinta	EMC-SUOJAUS: AL-PE laminaatti ja 1.0 mm ² maadoitusjohdin

Liite 3. Voimakaapeleiden ominaisuustaulukko 1

Voimakaapelit AL											
	Sisäkäyttö	Ulkokäyttö	Maahan asennus	Palonkestävä	Palosuojaus	Halogeeniton	EMC-häiriösuojaus	UV-kestoisuus	Jännitealue	Jatkuva max. Käyttölämpötila (°C)	Muuta
AMCMK	X	X	X	-	3	-	-	A	0.6/1 kV	70	
AMCCMK	X	X	X	-	3	X	X	B	0.6/1 kV	70	
AXCMK-LSZH	X	X	X	-	1	X	-	B	0.6/1 kV	90	
AXMK	X	X	X	-	1	-	-	A	0.6/1 kV	90	
AMCMK-HD	(X)	X	X	-	-	-	-	A	0.6/1 kV	70	Voidaan asentaa sisälle erikseen palosuojattuna
Voimakaapelit CU											
MCMK	X	X	X	-	1/3	-	-	A	0.6/1 kV	70	
MCMK (yli 35 mm ²)	X	X	X	-	3	-	-	A	0.6/1 kV	70	
MCMK-O	X	X	X	-	1	-	-	A	0.6/1 kV	70	
XMJ-HF	X	X	-	-	3	X	-	C	0.6/1 kV	90	
MCCMK	X	X	X	-	1/3	-/X	X	A/B	0.6/1 kV	70	
FRHF-XCCMK	X	X	X	X	3	X	X	C	0.6/1 kV	70	
XMK	X	X	-	-	1	-	-	A	0.6/1 kV	90	

Palosuojaus: 1=Itsestään sammuva (IEC 60332-1), 3=Nippuna itsestään sammuva (IEC 60332-3)
Palonkestävä: IEC 60331, EN 50200 & 50362
UV-kestoisuus: A=hyvä, B=tyydyttävä, C=heikohko, D=huono

Liite 4. Voimakaapeleiden ominaisuustaulukko 2

1 (2)

Voimakaapelit AL										
	Alin suositeltu käsittelylämpötila (°C)	Pienin suositeltu taivutussäde (D=Kaapelin halkaisija)		Rakenne						Muuta
		Asennusvedossa	Lopullisessa asennuksessa kertataivutuksena	Johdin	Eristys	Välikerros/Täyte/Nauhoitus	PE/PEN-johdin	Vaippa	Sisäjohtimet	
AMCMK	-15	12xD	8xD	Hehkutettu alumiinjohdin, yksilankainen tai tiivistetty	Lyijytön PVC	Täytevaippa tai limitetty nauhoitus	Kerros kuparilankoja ja kuparilanka- tai kuparinauhasidos	Musta lyijytön PVC. Metrimerkintä	3 tai 4 -johdinta	
AMCCMK	-15	12xD	8xD	Hehkutettu alumiinjohdin, yksilankainen tai tiivistetty	Lyijytön PVC	Täytevaippa tai limitetty nauhoitus	Kerros kuparilankoja ja kuparilanka- tai kuparinauhasidos	Musta lyijytön PVC. Metrimerkintä	3 tai 4 -johdinta	
AXCMK-LSZH	-15	12xD	8xD	Hehkutettua alumiinia, muutamalankainen sektori	Halogeeniton polymeeri	Nauhoitus	Kerros kuparilankoja ja kuparilanka- tai kuparinauhasidos	Musta halogeeniton polymeeri. Metrimerkintä	5-johdinta	
AXMK	-15	12xD	8xD	Hehkutettu tiivistetty alumiinjohdin	Säänkestävä PEX	Limitetty nauhoitus	-	Musta lyijytön PVC. Metrimerkintä	1 tai 4 -johdinta	
AMCMK-HD	-15	12xD	8xD	Hehkutettua alumiinia, tiivistetty muutamalankainen	Lyijytön PEX	Täytevaippa tai nauhoitus	Kerros kuparilankoja ja kuparinauhasidos	Kaksoismuovi-vaippa. Sisäkerros: Musta lyijytön PVC Ulkokerros: Musta kova säänkestävä PE	3-johdinta	Sisäasennus ainoastaan erikseen palosuojattuna

Voimakaapelit CU										
	Alin suositeltu käsitteilylämpötila (°C)	Pienin suositeltu taivutussäde (D=Kaapelin halkaisija)		Rakenne						Muuta
		Asennusv edossa	Lopullisessa asennuksessa kertataivutuksena	Johdin	Eristys	Välikerros/Täyte/ Nauhoitus	PE/PEN-johdin	Vaippa	Sisäjohtimet	
MCMK	-15	12xD	8xD	Hehkutettua kuparia, muutamalankainen	Lyijytön PVC	Täytevaippa	Kerros kuparilankoja ja kuparinauhassidos	Musta lyijytön PVC. Metrimerkintä	1,4 tai 4 -johdinta	
MCMK (yli 35 mm ²)	-15	12xD	8xD	Hehkutettua kuparia, muutamalankainen	Lyijytön PVC	Täytevaippa tai nauhoitus	Kerros kuparilankoja ja kuparinauhassidos	Musta lyijytön PVC. Metrimerkintä	3 tai 4 -johdinta	
MCMK-O	-15	12xD	8xD	Hehkutettua kuparia, yksilankainen	Lyijytön PVC	Täytevaippa	Kerros kuparilankoja ja kuparinauhassidos	Musta lyijytön PVC. Metrimerkintä	3-johdinta + 2 Ohj.	2 Ohjausjohdinta
XMU-HF	-20	12xD	8xD	Hehkutettua kuparia, yksi- tai muutamalankainen	PEX-muovi	Palosuojattu täytemassa	Kuten vaihejohtimet	Harmaa palosuojattu halogeeniton muovi	5-johdinta	
MCCMK	-15	12xD	8xD	Hehkutettua kuparia, yksi- tai muutamalankainen	Lyijytön PVC	Täytevaippa	Kuparifolio, kerros kuparilankoja ja kuparilankasidos	Musta lyijytön PVC. Metrimerkintä	3 tai 4 -johdinta	
FRHF-XCCMK	-15	12xD	8xD	Hehkutettua kuparia, muutamalankainen	Kiillennauha ja halogeeniton PEX	Halogeeniton täytevaippa tai nauhoitus	Kuparifolio ja kerros kuparilankoja	Oranssi halogeeniton polyolefiini. Metrimerkintä	2 tai 4 -johdinta	
XMK	-15	15xD	10xD	Hehkutettu tiivistetty kuparijohdin	Säänkestävä musta PEX	Limitetty muovinauhoitus	-	Musta lyijytön PVC. Metrimerkintä	1-johdin	

Liite 5. Kumikaapeleiden ominaisuustaulukko 1

Kumikaapelit										
	Sisäkäyttö	Ulkokäyttö	Maahan asennus	Palonkestävä	Palosuojaus	Halogeeniton	EMC-häiriösuojaus	UV-kestoisuus	Jännitealue	Jatkuva max. käyttölämpötila (°C)
VSB	X	X	-	-	1	X	-	A	450/750 V	60
VSKB	X	X	-	-	1	X	-	A	300/500 V	60
VSN	X	X	-	-	1	-	-	A	450/750 V	60
VSKN	X	X	-	-	1	-	-	A	300/500 V	60
VSK	X	X	-	-	-	-	-	A	300/500 V	60

Palosuojaus: 1=Itsestään sammuva (IEC 60332-1), 3=Nippuna itsestään sammuva (IEC 60332-3)

Palonkestävä: IEC 60331, EN 50200 & 50362

UV-kestoisuus: A=hyvä, B=tyydyttävä, C=heikohko, D=huono

Liite 6. Kumikaapeleiden ominaisuustaulukko 2

Kumikaapelit									
	Alin suositeltu käsittelylämpötila (°C)	Pienin suositeltu taivutussäde (D=Kaapelin halkaisija)		Rakenne					
		Asennusvedossa	Lopullisessa asennuksessa kertataivutuksena	Johdin	Eristys	Välikerros/Täyte/Nauhoitus	Konsentrinen johdin (PE/PEN)	Vaippa	Sisäjohtimet
VSB	-50	6 tai 8xD	4xD	Hehkutettua kuparia, hienolankainen	EPDM-kumi	-	Sama kuin vaihejohtimet	Sään ja öljynkestävä halogeeniton TARMO-kumi	2, 3, 5 tai 7 - johdinta
VSKB	-50	6xD	6xD	Hehkutettua kuparia, hienolankainen	EPDM-kumi	-	Sama kuin vaihejohtimet	Sään ja öljynkestävä halogeeniton TARMO-kumi	3,5 tai 7 -johdinta
VSN	-25	6 tai 8xD	4xD	Hehkutettua kuparia, hienolankainen	EPDM-kumi	-	Sama kuin vaihejohtimet	Sään ja öljynkestävä kumi	1-5 -johdinta
VSKN	-25	6xD	6xD	Hehkutettua kuparia, hienolankainen	EPDM-kumi	-	Sama kuin vaihejohtimet	Sään ja öljynkestävä kumi	2 tai 3 -johdinta
VSK	-25	6xD	6xD	Hehkutettua kuparia, hienolankainen	Kumi	-	Sama kuin vaihejohtimet	Musta kumi	2-5 -johdinta

Liite 7. Ohjauskaapeleiden ominaisuustaulukko 1

Ohjauskaapelit										
	Sisäkäyttö	Ulkokäyttö	Maahan asennus	Palonkestävä	Palosuojaus	Halogeeniton	EMC-häiriösuojaus	UV-kestoisuus	Jännitealue	Jatkuva max. Käyttölämpötila (°C)
MCMO	X	X	X	-	1	-	-	A	450/750 V	70
MCCMO	X	X	X	-	1	-	X	A	450/750 V	70
MMO	X	X	-	-	1	-	-	B	450/750 V	70
MKMO-LSZH	X	X	-	-	1	X	-	C	450/750 V	70
FRHF-XCCMO	X	X	X	X	3	X	X	C	450/750 V	70
FRHF-KJMA 250V	X	X	-	X	3	X	X	C	-	70

Palosuojaus: 1=Itsestään sammuva (IEC 60332-1), 3=Nippuna itsestään sammuva (IEC 60332-3)

Palonkestävä: IEC 60331, EN 50200 & 50362

UV-kestoisuus: A=hyvä, B=tyydyttävä, C=heikohko, D=huono

Liite 8. Ohjauskaapeleiden ominaisuustaulukko 2

Ohjauskaapelit									
		Pienin suositeltu taivutussäde (D=Kaapelin halkaisija)				Rakenne			
	Alin suositeltu käsittelylämpötila (°C)	Asennus- vedossa	Lopullisessa asennuksessa kertataivutuksena	Johdin	Eristys	Välikerros/Täyte/ Nauhoitus	Konsentrinen johdin (PE/PEN)	Vaippa	Sisäjohtimet
MCMO	-15	10xD	8xD	Hehkutettua kuparia, yksilankainen	Lyijytön PVC	Täytevaippa	Kerros kuparilankoja ja kuparilanka sidos	Musta lyijytön PVC. Metrimerkintä	7-37 -johdinta
MCCMO	-15	10xD	8xD	Hehkutettua kuparia, yksilankainen	Lyijytön PVC	Täytevaippa	Kuparifolio, kerros kuparilankoja ja kuparilankasidos	Musta lyijytön PVC. Metrimerkintä	7-19 -johdinta
MMO	-15	10xD	8xD	Hehkutettua kuparia, yksilankainen	Lyijytön PVC	Nauhoitus	-	Valkoinen lyijytön LINYL PVC-muovi. Metrimerkintä.	7-37 tai 6 -johdinta +KEVI
MKMO-LSZH	-15	10xD	8xD	Hehkutettua kuparia, kerattu muutamalankainen	Halogeeniton HFFR-muovi	Nauhoitus	-	Valkoinen halogeeniton HFFR- muovi. Metrimerkintä.	7-37 tai 6 -johdinta +KEVI
FRHF-XCCMO	-15	12xD	8xD	Hehkutettua kuparia, muutamalankainen	Kiillennauha ja valkoinen halogeeniton polymeeri	Halogeeniton täytevaippa	Kuparifolio ja kerros kuparilankoja	Oranssi halogeeniton polyolefiini. Metrimerkintä	7-19 -johdinta
FRHF-KJMA 250V	-15	10xD	5xD	Hehkutettua, tinattua kuparia, muutamalankainen	Kiillennauha ja EPDM-kumi	SUOJAUS: Alumiini/polyesteri nauha ja maalanka yhteisenä suojana	-	Oranssi halogeeniton polymeeri. Valmistusaika- ja metrimerkintä.	2,4 tai 8 -johdinta