



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Perttu Laakso

# Sähkökytkennät ja kaapelointi auto- maattiventtiileiden ympärillä öljy- ja kaasuteollisuudessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

4.1.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Perttu Laakso Sähkökytkennät ja kaapelointi automaattiventtiileiden ympärillä öljy- ja kaasuteollisuudessa 46 sivua + 6 liitettä 4.1.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	lehtori Kristian Junno instrumentoinnin päällikkö Tapani Markus
<p>Insinöörityön tarkoituksena oli tuottaa Neles Oyj:lle ohje sähkökytkentöihin ja kaapeloinnin ratkaisuihin instrumentointisuunnittelun tueksi globaaliin käyttöön. Työn idea sai alkunsa, kun huomattiin, että yhtenäistä ja selkeää ohjetta sähkökytkentöihin ja kaapelointiin ei instrumentointisuunnittelun tukena ollut.</p> <p>Työssä käytiin läpi sähkökytkentöjen ja kaapeloinnin eri osa-alueita, mikä liittyi prosessiteollisuudessa käytettävien automaattiventtiileiden instrumentointiin. Työssä perehdyttiin kytkentöjen ja kaapeloinnin lisäksi sähködynamiikan perusteisiin, sähköturvallisuuteen sekä räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviin laitteisiin ja sitä kautta myös Ex-rakenteisiin ja vaatimuksiin prosessiventtiiliympäristössä. Työn tarkoituksena oli kehittää myös omaa osaamista liittyen sähkökytkentöihin, kaapelointiin sekä räjähdysvaarallisuuteen prosessiteollisuudessa.</p> <p>Työn tuloksena saatiin tehtyä kattava perusta, jota voidaan hyödyntää lopullisen ohjeen tekemisessä. Lopullinen ohje tullaan tekemään yhteistyössä instrumentointisuunnittelutiimin kanssa. Ohjeeseen tullaan keräämään työstä oleelliset asiat ja esittämään ne mahdollisimman yksiselitteisesti, jotta sitä olisi helppo hyödyntää ja tulkita. Työ kehitti omaa osaamista liittyen sähkökytkentöihin, kaapelointiin sekä räjähdysvaarallisiin tiloihin ja rakenteisiin.</p>	
Avainsanat	sähkökytkentä, kaapelointi, prosessiautomaatio, atex, sähköturvallisuus, läpivienti, holkkitiiviste, piirikaavio

Author Title Number of Pages Date	Perttu Laakso Electrical Connections and Cabling around Automatic Valves in the Oil and Gas Industry. 46 pages + 6 appendices 4 January 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Automation engineering
Instructors	Kristian Junno, Senior Lecturer Tapani Markus, Instrumentation Manager
<p>The purpose of this thesis was to create a guide to electrical connections and cabling for the process industry. The guide is aimed for global use. The work was done in collaboration with Neles Oyj and instrumentation engineering team. The idea of the work originated when it was noticed that there was no uniform and clear instruction for electrical connections and cabling to support the instrumentation engineering.</p> <p>The thesis work covered various aspects of electrical connections and cabling related to the instrumentation of automatic valves used in the process industry. In addition to connections and cabling, the work also covered the basics of electrodynamics, electrical safety and equipment used in potentially explosive atmospheres, and thus also Ex structures in the process valve environment. The aim was also to develop my own expertise related to electrical connections, cabling and Ex structures.</p> <p>As a result of the work, a comprehensive basis was created, which can be utilized to make the final guide. The final actual guide will be done in collaboration with the instrumentation engineering team. The guide will collect the most relevant issues from the thesis and present them as unambiguously as possible, so that it is as easy to use and interpret as possible.</p>	
Keywords	electrical connection, cabling, process automation, atex, electrical safety, conduit entry, cable gland, circuit diagram

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähködynamiikka	3
2.1	Virtapiiri	3
2.2	Suureet	4
2.3	Ohmin laki	7
2.4	Sähköteho	9
3	Sähköasennukset- ja laitteet	12
3.1	Lainsäädäntö	12
3.2	Sähkön vaarat	14
3.3	Sähkölaitteiden valinta	15
3.4	Laittevalmistajan ohjeet	16
3.5	Vakiintuneet käytännöt	16
3.6	Asennuksen ulkoasu ja siisteys	16
4	Komponenttien kaapelointi ja kytkentä	17
4.1	Kaapelin valinta ja paloturvallisuus	17
4.2	Johdon mitoitus	19
4.3	Jännitteenalenema	20
4.4	Kaapelin suojaus	21
4.5	IP-luokitus	23
4.6	Läpiviennit	24
4.7	Kaapelin asennus	26
5	Räjähdyksivaaralliset tilat	29
5.1	ATEX ja IECEx	30
5.2	Muut Ex-sertifikaatit	31
5.3	Ex-laitteiden vaatimukset	32
5.4	Suojausluokitukset	32

5.5	Laitteen Ex-merkintä	37
6	Sähköpiirustukset	39
6.1	Piirikaavio	39
6.2	KytKentä- ja päätekaavio	40
6.3	Pohjakaavio	40
6.4	KytKentäkaaviokirjasto	40
7	Yhteenveto	42
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1. Johtimen poikkipinta-ala AWG-standardissa	
	Liite 2. Laitevalmistajan ohje ja Ex-merkitty laite	
	Liite 3. Sähkökaaviot	
	Liite 4. Sähkökytkennät	
	Liite 5. Räjähdyssuojaurakenteet	
	Liite 6. IP- ja NEMA-suojautasot	

## Lyhenteet

AC	Alternating Current. Vaihtovirta.
ATEX	Atmosphères Explosibles. Räjähdyksvaarallisten tilojen suojaamiseen käytetty direktiivi EU-alueella.
AWG	American Wire Gauge. Pohjois-Amerikassa sähköjohtimien mitoitukseen käytetty standardi.
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
CC	Courant Continu. Ranskassa käytetty nimitys tasavirrasta.
DC	Direct Current. Tasavirta.
Ex	Räjähdyksvaaraa kuvaava merkintä.
IEC	International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen sähkötekniikan komissio.
IP	Ingress Protection/International Protection Code. Sähkölaitteiden- ja koteloiden tiiveyden määrittämiseen käytetty järjestelmä.
NEMA	National Electrical Manufacturers Association. Pohjois-Amerikassa käytetty järjestelmä sähkölaitteiden ja koteloiden tiiveyden määrittämisen.
NPT	National Pipe Thread. Kartiomainen putkikierre.
PE	Polyeteeni. Kaapelissa käytetty muovilaatu.
PVC	Polyvinyylikloridi. Kaapelissa käytetty muovilaatu.

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda perehdyttävä ohje, mikä liittyy sähkökytkentöihin sekä kaapeloinnin ratkaisuihin Neles Oyj:n automaattiventtiileiden ympärille globaaliin toimintaympäristöön ja näin ollen parantaa maakohtaisen suunnittelun välisiä eroja. Työssä käsiteltyjen tietojen pohjalta on tarkoituksena lähitulevaisuudessa tehdä englantinkielinen ohje sähkökytkentöihin ja kaapelointiin instrumentointisuunnittelun tueksi. Yksi suurin syy aiheen valinnalle oli siksi, että huomattiin, että yhtenäistä ohjetta sähkökytkentöihin ja kaapeloinnin ratkaisuihin ei suunnittelun käytössä ollut. Tarvittiin perustietämystä automaattiventtiileihin liittyviin sähkökytkentöihin, kaapelointiin, asennustarvikkeisiin ja hyviin asennustapoihin, jotka kattavat normaalit sekä räjähdysvaaralliset tilat.

Automaattiventtiileillä tarkoitetaan virtauksen säädössä käytettäviä venttiileitä, jotka säätelevät ja ohjaavat prosessin virtauksia tuotantolaitoksissa. Nelesin venttiileitä ohjataan toimilaitteen ja instrumentoinnin avulla pneumaattisesti sekä sähköisesti ja ne optimoidaan aina asiakkaan käyttöön sopiviksi niin toiminnan kuin käyttöympäristönkin kannalta. Tässä työssä perehdytään automaattiventtiilin instrumentoinnin sähkölaitteiden kytkentöihin sekä kaapelointiin. Käytän tässä työssä automaattiventtiilistä nimitystä venttiilyhdistelmä. Instrumentoinnin sähköisten laitteiden piiriin kuuluvat esimerkiksi asennoitimet, rajakytkimet, asentolähtimet, magneettiventtiilit ja ohjauskaapit. Työssä käydään läpi myös sähködynamiikan perusteita, sähkölaitteiden lainsäädäntöä, sähköturvallisuutta, räjähdysvaarallisia tiloja sekä sähköpiirustuksia, mitkä liittyvät piiri- ja kytkentäkaavioihin.

Neles Oyj syntyi 1.7.2020 konepajayhtiö Metson osittaisjakautumisessa, missä Metso Minerals fuusioitui kaivosteknologiaan keskittyneen Outotecin kanssa ja virtauksensäädön palveluihin erikoistunut Metso Flow Control puolestaan erkaantui omaksi yritykseksi ja jatkoi toimintaansa Neles-nimen alla. Neles on yksi alan johtavimmista virtauksensäätöratkaisujen ja -palveluiden toimittajista, sillä on yli 65 vuoden kokemus venttiileiden suunnittelusta ja työllistää noin 2850 ihmistä globaalisti. Se tarjoaa venttiileitä ja venttiili-

liautomaattioratkaisuja koko prosessiteollisuudelle ympäri maailmaa ja palvelee asiakkaita tällä hetkellä 115 maassa. Suurimmat toimialat ovat öljy- ja kaasuteollisuus sekä sellu, paperi ja bioteollisuus. [1.]



## 2 Sähködynamiikka

Esimieheni kanssa keskustellessa koettiin, että pieni perehdyttäminen sähködynamiikan perusteisiin ja laskukaavoihin olisi paikallaan. Vaikka nämä ovatkin sähkö- ja automaatiotekniikan opiskelijalle tuttuja asioita, niin isossa kansainvälisessä yrityksessä sähködynamiikan perusteet voivat olla monella unohtuneet tai niitä ei ole ollenkaan. Tämä ohjeistus on pääasiassa tarkoitettu instrumentointisuunnittelun tueksi, mutta sähkö- ja kaavojen ymmärtäminen olisi erityisen hyväksi myös kaikille niille, jotka työskentelevät sähköisten laitteiden ympärillä niin työelämässä kuin siviilissäkin.

Sähködynamiikalla tarkoitetaan sähköilmiöitä, joissa sähkö on liikkeessä. Voidaan sanoa, että päivittäin jokainen meistä käyttää liikkeessä olevaa sähköä, joten sähködynamiikan piirit ovat läsnä jokapäiväisessä elämässämme ja nyky-yhteiskunnassa olemme riippuvaisia sähköstä. Tarkoituksena on, että lukija ymmärtää sähködynamiikkaan liittyvät peruskäsitteet ja suureet, sekä kykenee laskemaan yksinkertaisia laskuja niiden avulla. [2, s. 36.]

### 2.1 Virtapiiri

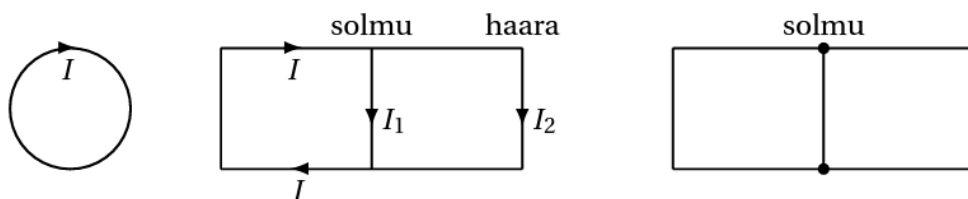
Sähkövirtapiiriksi kutsutaan johteista tehtyä sähkötieta, jossa sähkövirta kulkee virtapiirin ollessa suljettu. Suljetulla virtapiirillä tarkoitetaan piiriä, jossa sähkövirta pääsee kulkemaan vapaasti johdin aineessa. Virtapiiriin kuuluu yleisesti sähkölähde, johto, kulutuskoje, katkaisija ja ylivirtasuoja. Sähkö on yksi työn muodoista. Työllä tarkoitetaan energian muutosta. Sähkölähde virtapiirissä on energia- eli työnmuuntaja. Se muuntaa muun työn sähkötyöksi, joka synnyttää sähkövirran. Tällaisia sähkölähteitä ovat akut, sähköparit, generaattorit, valokennot ja lämpöelementit. Muunnettava energia voi olla kemiallista, mekaanista tai valo- ja lämpöenergiaa. Sähkölähteen energian siirtäminen kulutuskojeeseen vaatii sähköjohdon, jossa on vähintään kaksi johdinta: meno- ja paluujohdin. Kulutuskojeen tarkoituksena on muuntaa sähkötyö jonkin muun muotoiseksi työksi. Kulutuskoje voi sanana olla monelle tuntematon, mutta tällaisia ovat esimerkiksi kaikki sähköllä toimivat kodinkoneet, valaisimet ja moottorit. [2, s. 39–40.]

Sähkövirtapiiri on tarvittaessa pystyttävä sulkemaan ja katkaisemaan, eli tekemään piiri virralliseksi ja virrattomaksi kuormitustilanteesta riippumatta. Tähän käytetään yleisesti kytkinlaitetta, joka tunnetaan paremmin nimellä katkaisija. Katkaisija itsestään ei takaa vielä virtapiirin turvallisuutta, vaan siihen vaaditaan ylivirtasuoja, joka estää virran kasvamisen niin suureksi, että se voisi aiheuttaa johtimien vaarallisen lämpenemisen. Ylivirtasuojina käytetään yleisesti sulakkeita, jonka toiminta perustuu sulakkeen sisällä olevaan lankaan, joka sulaa poikki, kun virta saavuttaa sulakkeelle annetun maksimiarvon. [2, s. 39–40.]

## 2.2 Suureet

Sähkövirta ( $I$ ), SI-järjestelmässä yksikkönä ampeeri (A)

Sähkövirralla tarkoitetaan johtimen poikkileikkauksen läpi kulkevaa sähkövarausta aikayksikössä. Sähkövirta muodostuu varausten tai varauksenkuljettajien liikkeestä virtapiirissä. Virran kulkusuunta on määritetty kansainvälisessä sopimuksessa korkeammasta potentiaalista matalampaan, vaikka elektronit liikkuvat vastakkaiseen suuntaa ollessaan negatiivisesti varautuneita. Piirissä kulkevan virran liikettä voidaan verrata letkussa kulkevaan veteen, joka haarautuu letkun liitos- eli solmukohdissa eri reiteille (kuva 1).



Kuva 1. Sähkövirran solmukohdat. [3, s. 29.]

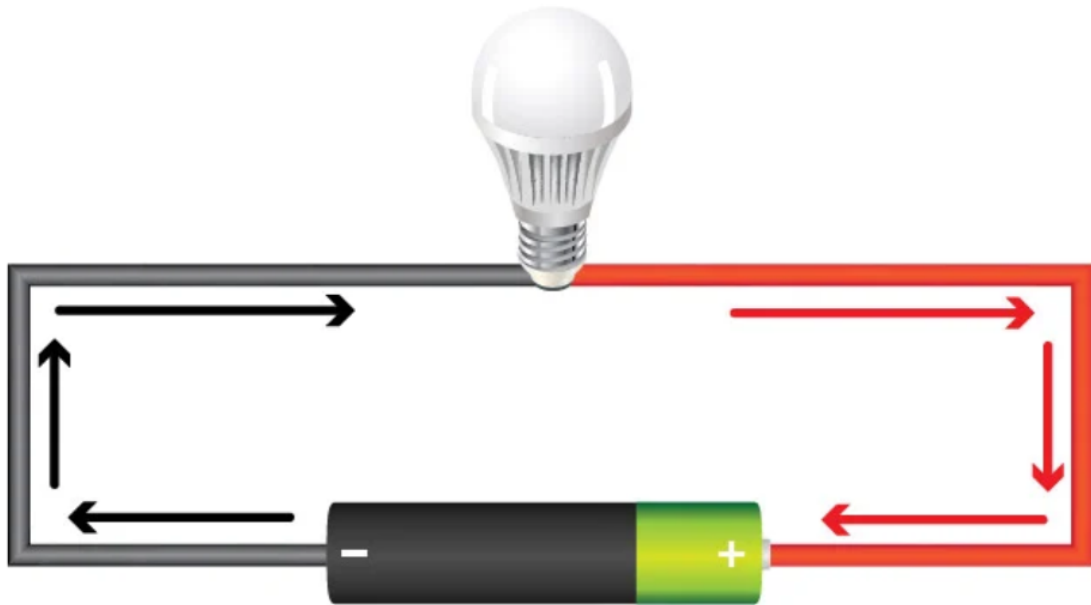
Voidaan siis sanoa, että virta kulkee aina yhden tai useamman suljetun silmukan kautta. Silmukat koostuvat piirissä olevien solmupisteiden eli solmujen kautta, solmupisteet yhdistävät piirissä olevat haarat, jokainen ruutu nähdään siis silmukkana ja niitä voi olla virtapiirissä useampikin. Selvyiden vuoksi solmut merkitään piiriin usein täplällä. [3, s. 29.]

Jännite (U), SI-järjestelmässä yksikkönä voltti (V)

Jännitteellä tarkoitetaan kahden eri pisteen välistä sähköistä potentiaaliero. Paremminkin se voidaan määritellä virtapiirissä kahden eri kohdan välisen potentiaalienergian erona. Jännitettä voidaan verrata paineeseen, jonka avulla saadaan työnnettyä varautuneita elektroneja suljetun virtapiirin läpi. [4.]

Jännite voi olla joko tasajännitettä tai vaihtojännitettä. Yleisimmin näistä käytetään nimitystä vaihtovirta (AC, Alternating Current) ja tasavirta (DC, Direct Current). Joskus tasavirrasta käytetään myös nimitystä CC, joka tulee ranskan kielen sanoista courant continu. Tasajännitteisessä piirissä sähkövirta kulkee vain yhteen suuntaan, kun taas vaihtojännitteissä sähkövirran suunta muuttuu säännöllisin väliajoin. Vaihtojännite tuotetaan generaattoreilla, missä pyörimisliike muutetaan sähköenergiaksi, joka aiheuttaa virran jaksottaisen suunnanmuutoksen. Suomessa pistorasiasta saatava sähkö on vaihtovirtaa, sen jännite on 230 V ja taajuus 50 Hz (hertsi). Taajuudella tarkoitetaan sitä, kuinka useasti virtalähteen navat vaihtavat suuntaansa. 50 Hz:n taajuudella napojen suunta vaihtuu 50 kertaa sekunnissa, eli sähkövirta muuttaa suuntaansa 100 kertaa sekunnissa. [4.]

Hyvänä esimerkkinä tasajännitelähteenä voidaan pitää kuvassa 2 esiintyvää paristoa tai akkua, jonka positiivisen navan ja negatiivisen navan välille syntyy potentiaaliero virtapiirin ollessa suljettu. Ero määrittelee, kuinka paljon potentiaalienergiaa on käytettävissä elektronien siirtämiseen paikasta toiseen. Mitä suurempi ero on, sitä suurempi potentiaalienergia on. Suuremmalla erolla tarkoitetaan sitä, että mitä suurempi jännite piirissä on, sitä enemmän elektroneja pystytään liikuttamaan. [4.]



Kuva 2. Tasajännitteisessä piirissä virta kulkee vain yhteen suuntaan. [4.]

Pariston kahden navan välinen potentiaaliero aktivoituu, joka synnyttää paineen, mikä saa elektronit kulkemaan virtana ulos pariston negatiivisesta liittimestä positiiviseen liittimeen. Virran kulkiessa valon läpi valo syttyy, jonka jälkeen virta palaa paristolle ja kierto alkaa uudestaan. [4.]

Resistanssi ( $R$ ), SI-järjestelmässä yksikkönä ohmi ( $\Omega$ )

Sähköistä vastusta kutsutaan resistanssiksi. Sen tarkoituksena on vastustaa sähkövirtaa piirissä tai sen osissa. Resistanssin suuruus vaikuttaa suoraan sähkövirran suuruuteen piirissä, mitä suurempi on vastus, sitä pienempi on sähkövirta. Toisaalta mitä pienempi on vastus, sitä suurempi on sähkövirta. Sähköpiireissä resistanssina käytetään yleensä erilaisia vastuksia, joko säätäviä tai kiinteitä. Yleisimpiä säätäviä vastuksia ovat termistorit, varistorit, trimmerit ja potentiometrit. Säätävien vastuksien vastusarvoihin vaikuttavat erilaiset tekijät. Termistorien vastusarvo on riippuvainen lämpötilasta, ja varistorien vastusarvo riippuu jännitteestä. Trimmerit ja potentiometrit ovat mekaanisesti säädettäviä. Ne säädetään käsin haluttuun arvoon. Kiinteissä vastuksissa vastusarvo on ennalta määriteltä. Tyypillisiä kiinteitä vastuksia ovat kalvovastus (kuva 3), massavastus ja lan-kavastus. Vastusarvo ja toleranssi ilmoitetaan vastuksessa joko värikoodilla tai painetuin numeroin. [5; 6.]



Kuva 3. Kalvovastuksia (muokattu) [6.]

Kaikki materiaalit vastustavat virran kulkua jossain määrin, mutta pääsääntöisesti materiaalit voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan: johtimiin ja eristeisiin. Johtimet ovat materiaalina nimensä mukaisesti hyvin johtavia, ja niissä resistanssi on pieni, jonka avulla elektronit pääsevät liikkumaan aineessa vapaasti. Yleisimpinä johtimina tunnetaan hopea, kupari, kulta ja alumiini. Eristeet ovat puolestaan materiaaleja, joiden resistanssi on suuri ja jotka rajoittavat elektronien kulkua aineessa. Hyviä eristeitä ovat kumi, muovi, lasi ja paperi. Eristeitä käytetään johtimien ympärillä eristämään sähkövirran siirtymistä muualle kuin sille tarkoitettuun paikkaan. [5.]

### 2.3 Ohmin laki

Yksi tunnetuimmista sähködynamiikan peruslaista on Ohmin laki. Sen avulla pystytään laskemaan jännitteen, virran ja resistanssin väliset suhteet sähköpiirissä. Se kuuluu luonnonlakeihin, jotka voidaan kokeellisesti todeta oikeiksi, mutta matemaattisesti sitä ei pystytä todistamaan. Ohmin laki on laskuteknisesti hyvin yksinkertainen, ja jokaisen sähkön parissa työskentelevän tai opiskelevan olisi syytä ymmärtää lain kaavat. Pääsääntöisesti lakia käytetään tasavirtapiirien laskuissa. Vaihtovirralla laskiessa on huomiotava, että resistanssin sijaan käytetään reaktanssia. Jännitteen, resistanssin ja sähkövirran riippuvuus toisistaan esitetään kaavan 1 mukaisesti. [2, s. 45.]

$$U = R \times I \quad (1)$$

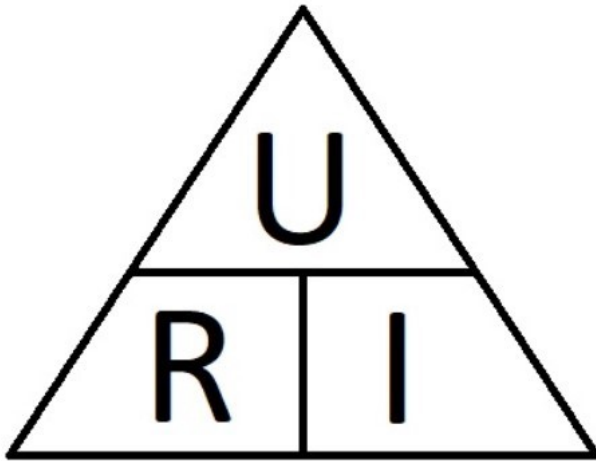
jossa

*U on piirissä kulkeva jännite*

*R on piirin resistanssi*

*I on piirissä kulkeva virta*

Tästä huomataan, että kun kaksi arvoista on tiedossa, voidaan kolmas arvo laskea Ohmin lain perusteella. Ohmin lain muistikolmio helpottaa havainnollistamaan, kuinka yhtälöä voidaan pyörittää peittämällä haluttu suure kolmiosta.



Kuva 4. Ohmin lain muistikolmio

Jos jännite (U) ja virta (I) ovat tiedossa, peittämällä kolmiosta R saadaan resistanssille kaava (2)

$$R = \frac{U}{I} \quad (2)$$

Kun tiedetään jännite (U) ja resistanssi (R) peittämällä kolmiosta I saadaan virralle kaava (3)

$$I = \frac{U}{R} \quad (3)$$

## 2.4 Sähköteho

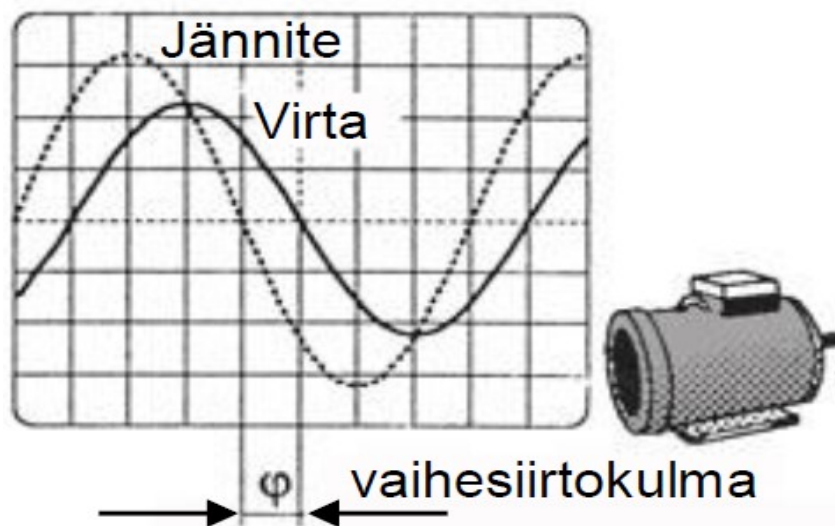
Teho on aikayksikössä tehty työ. Johtimen läpi kulkeva sähkövirta aiheuttaa sähkötehon. Sähköteho on riippuvainen jännitteestä ja virrasta. Se on laitteen jännitehäviön ja sen läpikulkevan sähkövirran tulo. Voidaan siis sanoa, että mitä suurempi jännite ja virta, sitä suurempi on teho. Tehon tunnus on  $P$  ja yksikkönä SI-järjestelmässä käytetään wattia ( $W$ ), tasavirralla se saadaan laskettua kaavalla 4 [2, s. 77.]

$$P = U \times I \quad (4)$$

jossa

$P$  on teho  
 $U$  on jännite  
 $I$  on virta

Vaihtosähkössä jännitteen ja virran välillä vallitsee usein vaihe-ero. Sen takia teho jaetaan pätötehoon ( $P$ ), loistehoon ( $Q$ ) ja näennäistehoon ( $S$ ). Vaihe-erolla tarkoitetaan sitä, että jännite ja virta ei kulje samassa tahdissa kuten kuvassa 5 on esitetty. Tämä on huomioitava vaihtovirralla tehoja laskettaessa ja lisättävä kerroin vaihesiirrolle. [7.]



Kuva 5. Jännitteen ja virran välinen vaihe-ero. [7.]

Pätötehon tunnus on  $P$ . SI-yksikkönä on watti (W) ja sillä ilmaistaan vaihtovirtapiirissä todellisuudessa kulutettu teho. Sähkölaitteissa sillä ilmaistaan tehtyä työtä. Se voidaan laskea jännitteen, virran ja vaihesiirtokulman huomioivalla tulolla, (kaava 5). [7.]

$$P = U \times I \times \cos \varphi \quad (5)$$

jossa

*P on pätöteho*  
*U on tehollinen jännite*  
*I on tehollinen virta*  
 *$\varphi$  on vaihesiirtokulma*

Näennäisteholla tarkoitetaan piirissä tehollisen vaihtojännitteen ja tehollisen vaihtovirran tuloa eli kokonaistehoa. Näennäisteho on pätötehon kanssa yhtä suuri, jos jännitteen ja virran välillä ei ole vaihe-eroa. Näennäistehon tunnus on  $S$  ja SI-yksikkönä volttilampeeri (VA). Se voidaan laskea kaavalla 6. [2, s. 198–199.]

$$S = U \times I \quad (6)$$

jossa

*S on näennäisteho*  
*U on tehollinen jännite*  
*I on tehollinen virta*

Näennäisteho pitää sisällään sekä pätötehon että sähkölähteen ja kulutuskojeen välillä edestakaisin liikkuvan tehon. Tätä kutsutaan loistehoksi eli reaktiiviseksi tehoksi. Loisteho ei ota osaa kulutuskojeessa pysyvään työsuoritukseen. Muuntajat ja oikosulkumootorit ovat esimerkiksi tällaisia laitteita. Näissä laitteissa varsinainen työ tehdään pätötehon avulla, mutta laitteen toimiessa tyhjäkäynnillä otetaan verkosta lähes puhtaasti pelkästään loisvirtaa. Loistehon tunnus on ( $Q$ ), jonka SI-yksikkönä käytetään varia (VAR). Loisteho voidaan laskea kaavalla 7. [2, s. 198–199; 8.]

$$Q = U \times I \times \sin \varphi \quad (7)$$



jossa

*Q on loisteho*  
*U on tehollinen jännite*  
*I on tehollinen virta*  
 *$\varphi$  on vaihesiirtokulma*

### 3 Sähköasennukset- ja laitteet

Tässä luvussa käydään läpi sähkölaitteiden yleistä lainsäädäntöä, hyviä asennustapoja, sähköturvallisuuden perusteita sekä sähkölaitteiden valintaa. Lähtökohtana sähköasennuksissa voidaan pitää sitä, että tekijä hallitsee asennuksen perustaidot ja suunnittelu on tehty säädösten vaatimalla tavalla ammattitaitoisesti hyviä asennustapoja noudattaen. Tekijän on osattava lukea asennukseen liittyviä suunnitelmia sekä toteutusasiakirjoja, myös asennustarvikkeiden tuntemus sekä johtimien ja kaapeleiden kuorinta ja päättäminen kuuluvat perustaitoihin. Hyvät asennustavat ja oikein valitut laitteet tuottavat sähköasennuksille riittävän teknisen turvallisuuden, haluttujen toimintojen toteutumisen sekä selkeän ja moitteettoman kokonaisuuden. Hyvässä asennustavassa asennus on selkeä, oikein merkitty, ja asennukseen liittyvät dokumentit vastaavat todellisuutta. Sähköturvallisuus ei vaaranna mitään osin noudattaessa hyviä ja selkeitä asennustapoja. Tekninen turvallisuus sähkölaitteistoissa on tärkein vaatimus ja se määritellään sähköalan lainsäädännössä. Sähköasennuksissa keskeisinä perussääntöinä on, että kenenkään hengelle, terveydelle ja omaisuudelle ei saa aiheutua vaaraa ja että laitteiston tulee täyttää sähkömagneettiselle yhteensopivuudelle asetetut vaatimukset laitteiston elinkaaren aikana. [9, s. 13–15.]

#### 3.1 Lainsäädäntö

Sähkölaitteiden turvallisuusvaatimukset määritellään Euroopan unionin direktiiveissä, asetuksissa ja päätöksissä sekä kansallisessa lainsäädännössä. Direktiivit, jotka koskevat sähkölaitteita sisältävät olennaiset vaatimukset ja arviointimenetelmät, joilla voidaan arvioida laitteiden vaatimustenmukaisuutta. Tekniset yksityiskohdat, joita sähkölaitteilta vaaditaan, esitetään eurooppalaisissa yhdenmukaistetuissa standardeissa. [10.]

Sähkölaitteen päätyminen kaupan hyllylle on pitkä prosessi, ja se kulkee yleensä pitkän toimintaketjun läpi. EU:n lainsäädännössä talouden toimijat jaetaan neljään eri ryhmään, valmistajiin, valtuutettuihin edustajiin, maahantuojiin ja jakelijoihin. Näillä kaikilla on oma tehtävänsä sähkölaitteen vaatimustenmukaisuuden varmistamiseksi. Talouden toimijoiden roolit ja velvollisuudet toimintaketjussa on hyvä tunnistaa, ja ne on listattu alle. [11.]

## Valmistaja

”Valmistajalla tarkoitetaan luonnollista henkilöä tai oikeushenkilöä, joka valmistaa, suunnitteluttaa tai valmistuttaa sähkölaitetta ja markkinoi sitä omalla nimellään tai tavaramerkillään.” Valmistajan tulee huolehtia, että kaikki sähkölaitetta koskevien direktiivien vaatimukset täyttyvät sekä suorittaa laitteelle tarvittavat menettelyt vaatimustenmukaisuuden varmistamiseksi. [11, s. 5–6.]

## Valtuutettu edustaja

”Valtuutetulla edustajalla tarkoitetaan EU:n alueelle sijoittautunutta luonnollista henkilöä tai oikeushenkilöä, jolla on valmistajan antama kirjallinen valtuutus hoitaa valmistajan puolesta tietyt tehtävät.” Valtuutettu edustaja on aina valmistajan kirjallisesti nimittämä edustaja. Edustaja voi huolehtia valmistajan puolesta ennalta määritellyistä hallinnollisista tehtävistä, kuten esimerkiksi laitteen CE-merkin kiinnittämisestä sekä EU:n vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laadinnasta. Edustajan valtuuksiin kuuluu myös taata markkinaviranomaisille laitteen EU:n vaatimustenmukaisuusvakuutus ja tekniset asiakirjat 10 vuoden ajan viimeisen laitteen saattamisesta markkinoille ja antaa valvontaviranomaisen pyynnöstä kaikki tarpeelliset tiedot ja asiakirjat laitteen vaatimustenmukaisuuden toteamiseksi sekä laitteen vaatimustenmukaisuuden varmistamiseksi tehdä yhteistyötä valvontaviranomaisten kanssa. [11, s. 5–8.]

## Maahantuojaja

”Maahantuojalla tarkoitetaan EU:n alueelle sijoittautunutta luonnollista henkilöä tai oikeushenkilöä, joka saattaa kolmannesta maasta tuotavan sähkölaitteen EU:n markkinoille.” Maahantuojan velvollisuutena on varmistaa, että valmistaja suorittanut sähkölaitteelle kaikki vaatimustenmukaisuuden varmistamiseksi tehtävät arviointimenettelyt ja laatinut vaadittavat tekniset asiakirjat sekä EU:n vaatimustenmukaisuusvakuutuksen. Maahantuojan on myös tarkistettava, että laitteessa on kaikki asianmukaiset merkinnät, kuten CE-merkintä. [11, s. 5–8.]

## Jakelija

”Jakelijalla tarkoitetaan luonnollista henkilöä tai oikeushenkilöä, joka asettaa EU:n alueella valmistetun tai EU:n markkinoille jo aikaisemmin saatetun sähkölaitteen saataville markkinoille.” Jakelijan vastuulle kuuluu tarkistaa, että sähkölaitteesta löytyy vaaditut merkinnät ja laitteen mukana toimitetut asiakirjat, ohjeet ja turvallisuustiedot ovat suomeksi, ruotsiksi tai muulla vaaditulla kielellä. Jakelijan on myös varmistettava, että laitteen varastointi- tai kuljetusolosuhteet eivät vaaranna vaatimustenmukaisuutta. [11, s. 5–9.]

### 3.2 Sähkön vaarat

Sähkön vaarat pääsääntöisesti syntyvät sähköiskuista ja sähköenergian aiheuttamista tulipaloista. Turvallisuus onkin yksi tärkeimmistä prioriteeteista nykyajan sähköasennuksissa. Siksi sähkölaitteiden käsittelyssä tulee noudattaa laitevalmistajan ohjeita ja sähköturvallisuusviranomaisen määrittämiä lakisääteisiä vaatimuksia sekä laitteiden tulee olla valittu käyttötarkoitukseen sopiviksi. [9, s. 30.]

Sähkövirran vaarallisuuden määrittää kehon läpi kulkevan virran suuruus ja sen kesto-aika. Virta määräytyy Ohmin lain mukaan jännitteen ja kehon resistanssin suhteesta. Muutaman milliampeerin (mA) virta on yleensä ihmiselle vaaraton, mutta ihmiskehon hermojärjestelmä on herkkä kehon ulkopuoliselle virralle. Siksi jo pienikin virta saattaa aiheuttaa häiriöitä elimistön normaaliin toimintaan ja aiheuttaa vaaratilanteita. Tällaisia vaaratilanteita voivat olla esimerkiksi säikäytyksen aiheuttama äkkinäinen liike, joka voi olla kohtalokas, jos työskennellään liikkuvan koneen lähellä tai tikkailla. Vaihtovirta on suhteessa vaarallisempaa kuin tasavirta. Vaihtovirralla tuntoraja on 0,5 mA, kun taas tasavirralla se on 2 mA. Yli 10 mA:n vaihtovirta voi puolestaan estää omatoimisen irrottautumisen jännitteisestä osasta ja aiheuttaa hengenvaarallisen tilan ja tarpeen ulkopuoliselle avulle. Tasavirralla tuo raja on yli 50 mA. [12, s. 217–218.]

Venttiilyhdistelmässä käytettävässä instrumentoinnissa saattaa monesti esiintyä vaihtovirralla toimivia laitteita, joiden käyttöjännite saattaa olla jopa 230 volttia. Siksi kaikki kytkentä ja asennustyöt tulee tehdä jännitteettömänä turvallisuuden takaamiseksi.

### 3.3 Sähkölaitteiden valinta

Sähkölaitteet tulee valita niin, että laitteen ominaisuudet sopivat arvoihin ja ulkoisten tekijöiden vaikutuksiin, joihin laite on suunniteltu. Laitteen on täytettävä sille annetut vaatimukset kaikissa tilanteissa, mitä voidaan odottaa. Sähkölaitteen ominaisuuksiin kuuluvat jännite, virta, taajuus ja teho. Näitä tarkastelemalla voidaan todeta laitteen toimivuus halutussa tilanteessa sekä taata turvallinen käyttö. [9, s. 30; 13.]

#### Jännite

Laitteen on kestävä sille tarkoitettu suurin jatkuva jännite, jolla laitetta syötetään, sekä ylijännitteet, joita voi mahdollisesti esiintyä. [9, s. 30; 13.]

#### Virta

Laitetta valittaessa on huomioitava suurin jatkuva virta, joka voi kulkea laitteen läpi normaalissa olosuhteessa ja käytössä. Poikkeustilanteissa on otettava huomioon laitteessa kulkeva virta sekä sen kestoaika. Virran kestoaika voi riippua esimerkiksi suojalaitteen toiminta-ajasta. [9, s. 30; 13.]

#### Taajuus

Jos taajuudella on vaikutusta laitteen ominaisuuksiin, on laitteen nimellistaajuuden vastattava virtapiirissä esiintyvää taajuutta. [9, s. 30; 13.]

#### Teho

Tehon perusteella laitteen on sovittava siihen käyttöön, johon ne valitaan. On huomiotava kuormitusaste sekä tavanomaiset käyttötilanteet. [9, s. 30; 13.]

### 3.4 Laittevalmistajan ohjeet

Laittevalmistajan ohjeiden noudattaminen on erityisen tärkeää sähköasennuksen turvallisuutta silmällä pitäen. Ne on kirjattu lainsäädännön olennaisiin turvallisuusvaatimuksiin sekä standardiin. Ohjeet perustuvat laitetestauksissa saatuihin tuloksiin, joiden perusteella ne on laadittu valmistajan toimesta. Tällaisia esimerkkejä ovat laitteiden asennus- ja huolto-ohjeet, jotka esimerkiksi määrittelevät asennukseen, käyttöönottoon ja huoltoon liittyviä asioita. [9, s. 16.] Liitteen 2 kuvassa 17 on esimerkki magneettiventtiilin asennus- ja huolto-ohjelmasta [14].

### 3.5 Vakiintuneet käytännöt

Vakiintuneella käytännöllä tarkoitetaan sitä menettelyä, joka on asentajien ammattikunnassa ajan saatossa muotoutunut ja saanut yleisen hyväksynnän. Varsinaisesti menettelyt eivät liity turvallisuustekijöihin, mutta vaikuttavat positiivisesti asennuksen selväpiirteisyyteen. Ne muodostavat yhteisymmärryksen ammattilaisen ja laitteistoa käyttävän välille. Tämä ei tarkoita sitä, että kaikki vakiintuneet käytännöt olisivat hyväksyttäviä. Soveltaessa on huomioitava, että tekniset järjestelmät eivät saa olla riippuvaisia toisistaan. Korjaukset ja huollot on pystyttävä tekemään ilman, että aiheutetaan häiriötä toiselle järjestelmälle. [9, s. 16–18.]

### 3.6 Asennuksen ulkoasu ja siisteys

Asennuksien ulkoasuun ja siisteyteen lainsäädäntö tai standardi eivät ota suoraan kantaa. Yleisimmin asennuksen siisteys muodostuu tekijän mukaan. Asennuksen lopputulokseen vaikuttavat työkokemus, käytännönkokemus, ammattilypeys sekä kyky nähdä oma asennustyö osana kokonaisuutta. Ennen asennuksen aloittamista tulisi aina pohtia asennustarvikkeiden ja työmenetelmien valintaa suhteessa ympäristöön ja sen arvokkuuteen. Siisteyteen ja yksinkertaisuuteen kannattaa asennuksissa panostaa, sillä ne ovat monesti myös teknisesti järkevämpiä sekä palvelevat asiakasta paremmin. [9, s. 21–22.]

## 4 Komponenttien kaapelointi ja kytkentä

Öljy- ja kaasuteollisuudessa käytettävien kaapeleiden, holkkitiivisteiden, tulppien ja kierresovittimien valinnassa on huomioitava tarkasti, mihin käyttötarkoitukseen ne ovat soveltuvia. Valmistaja määrittelee yleensä tuotteensa datalehdillä, mihin ja millä tavoin tuotteen saa asentaa. Kuitenkin on huomioitava, että tuotteiden valinnat tehdään pitkälti asiakasvaatimusten perusteella ja luotettava siihen, että asiakas on tietoinen tilasta mihin asennus tullaan tekemään. Kaapelointiin Neleksellä kuuluu pääasiassa venttiiliyhdistelmän komponenttien, instrumentoinnin ja erillisten ohjauskaappien kytkeminen toisiinsa. Neles ei ole vastuussa kaapeloinnista instrumentoinnin ja tuotantolaitoksen ohjausjärjestelmien välillä, vaan sen hoitaa loppuasiakas. Yleisimpiä Neleksen venttiiliyhdistelmissä ovat magneettiventtiilin ja rajakytkimen tai erillisten kytkentälaatikoiden ja ohjauskaappien väliset kaapeloinnit ja kytkennät. Tämä tehdään yleensä silloin, kun asiakas haluaa tuoda esimerkiksi kaapeloinnin vain yhteen paikkaan. Seuraavissa luvuissa käydään läpi olennaisia asioita kaapelointiin ja hyviin kytkentätapoihin liittyen.

### 4.1 Kaapelin valinta ja paloturvallisuus

Paloturvallisuus on öljy- ja kaasuteollisuudessa suuri tekijä ja kaapelia valittaessa on selvitettävä, mihin kaapeli tullaan asentamaan sekä millaisia toiminnallisia ominaisuuksia siltä vaaditaan. Sähkölaitteistossa voi esiintyä erilaisia vuoto- ja vikavirtoja, sähköpurkauksia, kipinöitä, sekä valokaaria, jotka voivat aiheuttaa pahimmassa tapauksessa sähköpalon. Kaapeleiden eristeiltä vaaditaankin termistä, mekaanista ja sähköistä lujuutta, jotta kaapelit eivät vikatilanteessa aiheuta henkilöturvallisuudelle ja omaisuudelle merkittävää lisäriskiä. Liiallinen lämpeneminen, suuret lämpötilavaihtelut, värinä ja vaurioituminen voivat heikentää kaapelin eristeiden ominaisuuksia ajan myötä. Eristeiden heikkeneminen voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa ympäristön paloaran materiaalin tai kaapelin eristemateriaalin syttymisen. [15, s. 7–8.]

Palojen sytymisyys on erittäin harvoin suoranaisesti kaapeleiden aiheuttama. Kaapelit eivät sellaisenaan aiheuta kovin suurta palokuormaa, mutta toimivat syttymislähteenä. Jo syttyneen palon levittäjänä kaapelit voivat edesauttaa palon nopeaa leviämistä paloherkässä ympäristössä. Kaapelit voivat palaessaan tuottaa erittäin voimakkaita savukaasuja, joiden koostumus on riippuvainen palavien kaapeleiden materiaalista. Siksi yksi

tärkeimmistä prioriteeteista venttiiliyhdistelmiin kaapelia valittaessa onkin, että kaapeli palaessaan ei saisi muodostaa myrkyllisiä savukaasuja, eikä olla helposti syttyvää ja palavaa materiaalia. Tavallisissa asennuskaapeleissa vaippa- ja eristemateriaalina käytetään yleensä PVC-sekoitteita sekä PE-muovia. Ne eroavat palon kannalta toisistaan merkittävästi. PE-eristeisessä kaapelissa ei ole mitään paloa estävää mekanismia, ja se palaa helposti, mutta puhtaasti. PVC-sekoitteita sisältävä kaapeli puolestaan on PE-eristeistä kaapelia vaikeammin syttyvä ja huonommin palava, mutta palaessaan se muodostaa myrkyllisiä kaasuja, ja palon aiheuttama savu on läpinäkymättömän mustaa. [15, s. 7–11, 30–31.]

Paloturvallisuutta voidaan nostaa käyttämällä halogeenittomia kaapeleita, jotka ovat PVC-sekoitteisia kaapeleita vaikeammin syttyviä ja palavia, mutta silti sen savukaasut ovat yhtä puhtaita kuin PE-eristeisen kaapelin. Halogeenittomat kaapelit parantavat paloturvallisuutta vakiokaapeleihin nähden siten, että palon eteneminen hidastuu, näkyvyys palopaikalla säilyy ja savukaasut eivät myrkytä ihmisiä tai syövytä ympäristöä. Jos kaapelilta halutaan hyvää palonkestoa, tulee käyttää palonkestävää kaapelia, joka pysyy säilyttämään toimintakykynsä palaneena jopa muutamia tunteja. Palonkestäviä kaapeleita käytetään yleensä sellaisissa kohteissa, joissa esimerkiksi sähkönsyöttö laitteille on turvattava myös tulipalon ajan. Palonkestävä kaapeli on yleensä väritykseltään oranssi tai punainen. [15, s. 43–44.] Kaapeleiden palonkestävyyttä voidaan parantaa vielä käyttämällä esimerkiksi kaapelin ympärille asennettavaa passiivista palosuojaa, jos ei haluta käyttää palonkestävää kaapelia. Mutta tämä on usein todella kallis ja tilaa vievä ratkaisu.

Valmistaja määrittelee kaapelien ja johtimien käyttötarkoituksen ja oikeaoppisen asennuksen. Seuraavana on listattu teknisiä määrittelyitä, joita kannattaa pohtia kaapelia valittaessa. [9, s. 33.]

- nimellisjännite, vaihejännite- ja pääjännitekestoisuus (V)
- suurin sallittu käyttölämpötila (°C)
- suurin sallittu lämpötila oikosulun aikana (°C)
- pienin sallittu asennuslämpötila (°C)
- kaapelin sallitut taivutussäteet (cm)
- kaapelin palon kestävyys
- kaapelin halkaisija (mm)
- johtimen poikkipinta-ala (mm<sup>2</sup>).



## 4.2 Johdon mitoitus

Johdon mitoitusta ja suojausta voidaan pitää yhtenä tärkeimmistä sähkösuunnitteluun kuuluvista asioista. Johdon mitoituksella tarkoitetaan perinteisesti johdon mitoitusta kuormitettavuuden kannalta ja suojauksella suojausta ylikuormituksia ja oikosulkuja vastaan. Johtimien poikkipinta-alan määrittää ensisijaisesti kuormitusvirta ja sen aiheuttama lämpeneminen. Periaatteessa kuormitettavuus tulee määritellä johtimen suurimman sallitun lämpötilan mukaan, mutta käytännössä kuormitettavuutta ei pystytä määrittelemään pelkästään johtimelle sallitun lämpötilan avulla, vaan tarvitaan tietoa sallituista kuormitusvirroista. [16, s. 43.]

Alla olevien kuormitustaulukoiden pohjana on käytetty standardia IEC 60364-5-523, jonka kuormitettavuusarvot ovat laskettu vastaaman suomessa käytettyjä arvoja ilman lämpötilan, maan lämpötilan sekä maan lämpöresistiivisyyden mukaan. Taulukoihin on listattu vain ”vapaasti ilmaan” tehtävät asennukset yksi ja monijohdin kaapeleilla, joka on lähimpänä Neleksen sähköasennuksissa käytettyä asennustapaa. Tässä asennustavassa kaapeli on tuettu niin, että lämmön haihtumista ei ole estetty ja kaapeli voi jäähtyä kaikkiin suuntiin. Taulukon 1 arvot on esitetty PVC-eristeisille kiinteän asennuksen kaapeleille. [16, s. 44–46.]

Taulukko 1. Kiinteiden asennusten johtojen kuormitettavuus vapaasti ilmaan asennustavalla [16, s. 45.]

Johtimen nimellispoikkipinta-ala (mm <sup>2</sup> )	Kuormitettavuus (A)
1,5	19
2,5	26
4	36
6	45
10	63
16	85

Taulukossa 2 on esitetty siirrettävissä asennuksissa käytettyjen PVC-kumieristeisten kaapeleiden yksivaiheiset kuormitusarvot poikkipinta-alaan nähden.

Taulukko 2. Siirrettävien asennusten johtojen kuormitettavuus vapaasti ilmaan asennustavalla [16, s. 51.]

Johtimen nimellispoikkipinta-ala (mm <sup>2</sup> )	Kuormitettavuus (A)
0,5	3
0,75	6
1,0	10
1,5	17
2,5	26
4	34
6	42
10	66

Poikkipinta-ala kaapelissa saattaa olla merkittynä merkillä AWG, joka viittaa Amerikassa käytettyyn American Wire Gauge -standardiin. Liitteen 1 taulukossa 7 voidaan verrata johtimien poikkipinta-alaa metrijärjestelmän ja amerikkalaisen AWG-standardin välillä. [17.]

#### 4.3 Jännitteenalenema

Jännitteenalenemalla tarkoitetaan jännitetason tippumista koko kaapelin matkalla. Tämä muodostuu yleensä ongelmaksi vain pitkillä kaapelivedoilla, ja tätä pystytään kompensoimaan johtimen suuremmalla poikkipinta-alalla. SFS 6000 -standardin mukaan jännitteenalenema sähkölaitteiston liittymiskohdan ja sähkölaitteen välillä ei saisi ylittää yli 4 % sähkölaitteen nimellisjännitteestä. Pitkät kaapelivedot, jotka voisivat aiheuttaa jännitteenalenemista, ovat todella harvinaisia venttiiliyhdistelmien kaapeloinnissa, mutta mahdollinen jännitteenaleneman laskemien on silti hyvä osata. Jännitteenaleneman laskemiseen tarvitaan tietoja johtimen ominaisresistanssista. Tiedot löytyvät yleensä kaapelin valmistajan datalehdiltä. Jännitteenalenema tasajännitteellä voidaan laskea kaavalla 8. [16, s. 111–112.]

$$\Delta U = I * 2 * r * s \quad (8)$$

jossa

$\Delta U$  on jännitteenalenema volteissa (V)

$I$  on kuormitusvirta (A)

$r$  on ominaisresistanssi ( $\Omega/m$ )

$s$  on johdon pituus (m)

Erityisen tärkeää on noudattaa valmistajan suosituksia asennusolosuhteista ja tavoista, jotka valmistaja on kaapeleille määrittänyt. Yleisimpiä huomionarvoisia seikkoja kaapelin valinnassa ovat tuotteen soveltuvuus ulko- tai sisäkäyttöön, sopiiko kaapeli käytettäväksi palo- ja räjähdysvaarallisissa tiloissa, pitääkö kaapeli suojata esimerkiksi suoralta auringonvalolta, mekaanisilta iskuilta ja rasitukselta tai sähköisiltä häiriöiltä. [9, s. 33.]

#### 4.4 Kaapelin suojaus

##### Armeeraus

Armeerattu kaapeli on paras vaihtoehto silloin, kun tiedetään, että käyttökohteena on sellainen paikka, jossa halutaan suojata kaapelia ulkoisilta rasituksilta sekä mekaanisilta iskuilta. Kaapelin armeerauksella tarkoitetaan, että kaapeliin on tehty kerroksellinen suojaus ulkovaipan alle, joka varmistaa kaapelin mekaanisen eheyden. Suojaus toteutetaan yleensä metallilangoilla tai nauhoilla sekä täyteaineella johtimien ympärillä. Armeeraus takaa kaapelille lähes täydellisen pyöreäyden, mikä estää esimerkiksi veden etenemisen kaapelin sisällä kaapelin vaurioituessa. [18.] Kuvassa 6 on esitetty erilaisia armeerattuja kaapeleita.



Teräslangalla armeerattu kaapeli



Teräsnauhalla armeerattu kaapeli



Teräsverkolla armeerattu kaapeli

Kuva 6. Erilaisia armeerattuja kaapeleita. [19.]

## Häiriösuojaus

Kaapelit ovat alttiita erilaisille sähköisille häiriöille ja etenkin prosessiteollisuudessa häiriöt voivat aiheuttaa virheitä ohjausviestiin ja näin ollen vaarantavat tuotannon turvallisuutta. Paras tapa häiriöiltä suojautumiseen olisi yksinkertaisesti sijoittaa ohjauskaapelit erilleen syöttökaapeleista, mutta tämä ei ole tilankäytön kannalta aina mahdollista, mikä aiheuttaa myös usein lisäkustannuksia kaapelointiin, kun kaapelia joudutaan vetämään pidempiä matkoja. Tällaisissa tilanteissa on hyvä käyttää häiriösuojattua kaapelia. Sen tarkoituksena on estää sähkömagneettisten häiriöiden pääsy kaapeliin tai päinvastoin. [20.]



Kuva 7. Häiriösuojattu ohjauskaapeli [21.]

Häiriösuojaus perustuu kaapelin rakenteeseen, johtimien parikiertoon ja häiriömaadoitukseen. Parikierrolla estetään häiriöiden siirtyminen parista toiseen. Parit voidaan vielä ympäröidä metallivaipalla ja langalla häiriöiden minimoimiseksi. Häiriösuojausmaadoitus tehdään perinteisesti suojaamalla ja merkitsemällä automaatiokaapelin parisuojien johtimet ja kaapelin yhteiset suojajohtimet mustalla muoviletkulla asennuksen ajaksi. Häiriömaadoitus merkitään yleensä tunnukselle TE tai IE. Häiriösuojausmaadoitus tulee kytkeä TE/IE-kiskoon vain keskuksessa tai mahdollisissa kenttäkoteloissa. Laitteen päästä häiriömaadoitus jätetään kytkemättä ja suojajohtimet eristetään. Tällä estetään kosketus laitteen runkoon ja muihin maadoitettuihin rakenteisiin mikä voi aiheuttaa laitteen ohjausviestiin häiriöitä. [9, s. 40; 21.]

## Ex-kaapelointi

Kaapelointi räjähdysvaarallisissa tiloissa vaatii erityisehtoja ja asennettavien kaapeleiden tulee olla soveltuvia käyttöpaikan ympäristöolosuhteisiin. Kiinteiden asennusten vaatimuksena kaapeleiden on oltava kestumovivaippaisia, kertamovivaippaisia tai

elastomeerivaippaisia. Taipuisina kaapeleina kiinteissä asennuksissa voidaan käyttää raskaan käytön kumivaippaisia, polykloropeenivaippaisia sekä muovieristeisiä kaapeleita, joiden rakenne vastaa lujuudeltaan raskaan käytön vahvoja kumivaippaisia kaapeleita. Kaapeleiden tulee olla pyöreitä, tiiviitä ja niissä on oltava suulakepuristettu täytekerros ja täyteaineen on oltava vettä imemätöntä. [22, s. 63.]

Kaapelit tulee asentaa mahdollisimman hyvin suojaan mekaanisilta rasituksilta, korroosiolta, kemiallisilta rasituksilta, lämpövaikutuksilta ja UV-säteilyn vaikutuksilta. Jos edellä mainittuja altistumisia ei voida välttää, niin kaapelit on suojattava olosuhteiden vaatimusten mukaisesti. Esimerkiksi mekaanisen vaurioin riskiä voidaan pienentää käyttämällä armeerattua kaapelia. Kiinteän asennuksen kaapeleilla tulee olla palo-ominaisuudet, jotka täyttävät standardien IEC 60332-1-2 tai 60332-3-22 asianmukaiset testivaatimukset tai ne on suojattu muulla tavoin liekkien leviämiseltä. [22, s. 64–65.]

#### 4.5 IP-luokitus

Sähkölaitteilta ja koteloilta vaaditaan yleensä jonkinlaista suojausta ulkoisia uhkia vastaan. Tällaisia uhkia ovat esimerkiksi vieraat esineet sekä pöly ja vesi, jotka saattavat vaarantaa tai heikentää laitteen toimintakykyä. Yleisesti Euroopassa on tiiveyden määrittämiseksi käytössä IP-luokitusjärjestelmä, joka määrittää laitteen kotelointiluokan. IP-luokituksen sisältö esitetään standardissa SFS-EN 60529 (IEC 60529). IP-merkintä koostuu kirjainyhdistelmästä IP ja kahdesta numerosta. Ensimmäinen numero määrittää laitteen suojauksen pölyä ja vieraita esineitä vastaan. Toinen puolestaan kertoo laitteen suojauksen vettä ja kosteutta vastaan. Tarvittaessa voidaan käyttää numeron tilalla kirjainta X, jos laitteen asennuspaikka ei aseta erityisiä vaatimuksia kyseiselle ominaisuudelle. [23.] Pohjois-Amerikassa käytetään IP-luokituksen sijaan NEMA-luokitusta, joka samalla tavalla määrittelee laitteen suojaustason ulkoisia uhkia vastaan. IP-suojaustason kuvaukset löytyvät liitteen 6 taulukosta 8 ja NEMA-suojaustason kuvaukset taulukosta 9.

#### 4.6 Läpiviennit

Kaikista sähkölaitteista löytyy yleensä jonkinlainen läpivienti, jonka tarkoituksena on viedä kaapelit tai johtimet sähkölaitteelle suojatusti ja antaa niille tarvittava kosketussuojaus sekä kotelointiluokka. Laitteen valmistaja yleensä ilmoittaa datalehdillä laitteen läpivientien tiedot. [9, s. 79.] Läpiviennit tulee valita niin, että ne vastaavat kaapelin halkaisijaa. Tällä tavoin estetään kaapelin "kylmämyödös". Kylmämyödöksellä tarkoitetaan sitä, että kaapelin vaippa pääsee liikkumaan puristusvoiman takia, joka aiheutuu läpiviennin tiivisteiden siirtymisestä kohdassa, jossa tiivisteiden puristusvoima on suurempi kuin kaapelivaipan muodonmuutokseen tarvittava voima. Tiivistysteippiä, kutistesukkaa tai muuta vastaavaa materiaalia ei saa käyttää kaapelia sovittaessa läpivientiin, vaan käytetään sopivan kokoista holkkitiivistettä. [22, s. 67.] Sähkölaitteiden tyyppikoodissa on yleensä ilmoitettu merkillä tai numerolla läpivientien koko ja kappalemäärä. Merkistä tai numerosta ei välttämättä pystytä päättelemään läpivientien kokoa ja määrää, vaan se pitää tarkistaa laitteen datalehdeltä. Kuvassa 8 on esimerkki StoneL Quartz -rajakytkimen tyyppikoodauksesta. [24.]

### 5 Conduit Entries

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
QX	2	V	K	05	H	D	M

5. sign	CONDUIT ENTRY
02	1 pcs 3/4" NPT and 1 pcs 1/2" NPT Not applicable to 4. sign "N", "J", "W"
03	1 pcs 3/4" NPT and 2 pcs 1/2" NPT Applicable to all enclosure options, 4.sign
05	2 pcs M20x1.5 Not applicable to 4. sign "N", "J", "W" Not applicable to 4.sign "B" or "P" when 1. sign is "QX" or "QN"
06	3 pcs M20x1.5 Not applicable to 4.sign "B" or "P" when 1. sign is "QX" or "QN"

Kuva 8. StoneL Quartz -läpivientien tyyppikoodaus. [24.]

Neleksen venttiilyhdistelmissä käytettävissä sähkölaitteissa on yleensä kierteelliset läpiviennit. Yleisimpinä kokoina voidaan pitää M20x1.5, M25x1.5, 1/2"NPT sekä 3/4"NPT.

Ensimmäinen arvo kertoo läpiviennin reiän koon ja toinen kierteen koon/tyypin. Holkkitiiviste valitaan siis läpiviennin koon, kaapelin koon ja tyyppin mukaan (armeerattu/ei armeerattu) sekä mahdollisen suojaus- ja kotelointiluokan perusteella. Holkkitiivisteitä valmistetaan eri muoveista ja metalleista ja niillä on mahdollista saavuttaa jopa IP69-kotelointiluokka. Holkkitiiviste pitää sisällään kaapelin tiivistekumin kiristysprikkoineen ja muttereineen sekä ulkokierreosan, joka liitetään laitteen läpiviennin sisäkierteeseen. Jos laitteesta ei löydy kierteellistä läpivientä, voidaan käyttää vastamutteria. [9, s. 80.] Kuvassa 9 on IP68-suojausluokan omaava muovista valmistettu holkkitiiviste ja vastamutteri. Tällainen sopii kaapeliläpivienniksi silloin, kun kaapeli ei ole armeerattu ja kotelolla tai laitteella ei ole erikoisvaatimuksia.



Kuva 9. Muovinen M20x1.5-holkkitiiviste vastamutterilla [24.]

Räjähdyksvaarallisten tilojen komponenttien holkkitiivisteitä, sulkutulppia ja kierresovitteita valittaessa on huomioitava laitteen suojausluokka ja niiden on täytettävä standardin IEC 60079-0 räjähdysuojarakenteen mukaiset vaatimukset. Taulukossa 3 on listattu yleisimmät räjähdysuojarakenteet, joita Neleksellä käytetään holkkitiivisteissä, sulkutulpissa ja kierresovitteissa sekä niiden valinta kotelon räjähdysuojarakenteen mukaisesti. [22, s. 68.] Kuvassa 10 on esitetty Ex-holkkitiivisteet armeeratulle ja ei-armeeratulle kaapelille.

Taulukko 3. Kaapeliläpivientien, kierresovitteiden ja sulkutulppien valinta kotelon räjähdysuojarakenteen mukaisesti (muokattu) [22, s.68.]

Laitteen räjähdys- suojarakenne	Läpiviennin, sovitteen ja sulkutulpan räjähdysuojarakenne		
	Ex "d"	Ex "e"	Ex "n"
Ex "d"	x		
Ex "e"	x	x	
Ex "i"	x	x	x

Merkillä "x" tarkoitetaan, että käyttö on sallittu



Kuva 10. Ex"d"/Ex"e" holkkitiiviste armeeratulle (vas.) sekä ei-armeeratulle kaapelille.

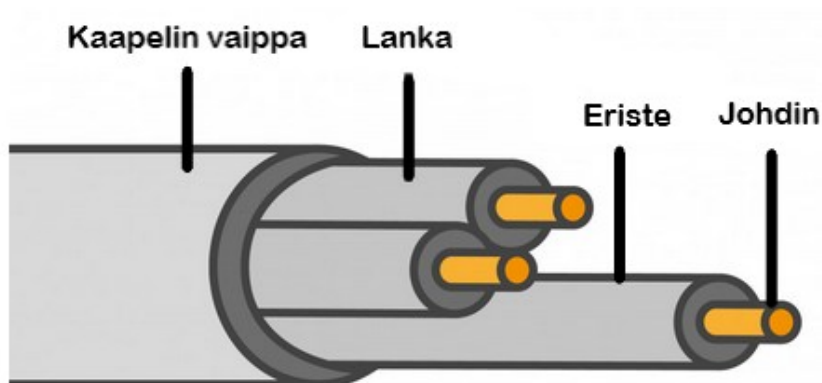
Kaapeliläpiviennit ja sulkutulpat tulee asentaa niin, että ne ovat irrottavissa tai purettavissa vain työkalua käyttäen, ja kotelointiluokan tiiveyden takaamiseksi on tarpeen vaatiessa käytettävä tiivistettä kaapeliläpiviennin ja kotelon välissä. Käyttämättömät läpivientiaukot on suljettava taulukon 3 vaatimukset täyttävillä sulkutulpilla. Huomioitava on myös se, että Exd-koteloissa saa holkkitiivisteiden kanssa käyttää yhtä sovitetta, mutta sulkutulppien kanssa sovitteita ei saa käyttää. [22, s. 69.]

#### 4.7 Kaapelin asennus

Ennen kuin kaapeli voidaan liittää sähkölaitteen riviliittimiin tai kytkentärimaan, tulee kaapeli valmistella asianmukaisesti. Kaapeli tulee katkaista sopivan mittaiseksi, jotta kaapeli saadaan suunnattua läpiviennistä suoraan. Tällä tavoin vältetään sivuttainen vääntö, joka voi heikentää tiiveyttä kaapelin ja läpiviennin ympärillä. Hyvänä asennustapana on jättää asennusvaiheessa halkaisijaltaan 10–20 cm:n kierros ylimääräistä kaapelia siltä varalta, että asiakkaalla olisi mahdollisuus tehdä tarvittaessa muutoksia kytkentöihin. Katkaisu onnistuu yleensä sivuleikkureilla tai kaapelin katkaisuun tarkoitetulla työkalulla. Kaapelin katkaisun jälkeen kuoritaan kaapelin vaippa, jotta päästään käsiksi kaapelin lankoihin. Kaapelin vaipan kuorintaan kannattaa käyttää siihen tarkoitettua työkalua.



Tällä tavoin voidaan estää langan eristeen vaurioituminen. Viimeisenä vaiheena poistetaan eristettä johtimen ympäriltä liitintään tarvittavalla pituudella käyttäen eristeenpoistotyökalua. Kuvassa 10 on yksinkertaistettu näkymä kaapelin rakenteesta. [22, s. 69; 25.]



Kuva 11. Kaapelin rakenne (muokattu) [26.]

Johdintyyppejä on erilaisia. Niitä tehdään yksilankaisina, kerrattuina sekä monisäkeisinä. Monisäkeisten johtimien kanssa on hyvä käyttää kaapeliholkkia tai päteholkkia, mikä estää säikeiden erkaantumisen toisistaan ja samalla suojaa johdinta. Se myös helpottaa johtimen asennusta riviliittimeen. Holkkia käytettäessä on huomioitava, että johtimen eristettä poistetaan vain holkin pituuden verran, jotta johdin pysyy suojattuna. Paljas johdin voi aiheuttaa vaaratilanteen, jos johdin pääsee kosketuksiin esimerkiksi laitteen rungon kanssa. Paras vaihtoehto on käyttää eristettyä päteholkkia riviliitin kytkennöissä, sillä se suojaa johdinta parhaiten. Kuvassa 11 on esimerkki eristetystä päteholkista.



Kuva 12. Eristetty päteholkki 1,5 mm<sup>2</sup> poikkipinta-alan johtimelle [25.]

Paljas johdin tungetaan holkin sisälle, ja holkki puristetaan johtimen ympärille tiukasti käyttäen siihen tarkoitettua työkalua. Työnkalun käyttö on tarpeen, sillä löysä liitos voi aiheuttaa johtimen lämpenemistä, mikä voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa tulipalon. Suojamaadoituksen keltavihreäraitaisessa johtimessa kannattaa käyttää kaapelikenkää tai rengasliitin tyyppistä kaapeliholkkia, jos johdin kiinnitetään esimerkiksi maadoitusruuvien alle eikä riviliittimeen. Suojamaadoitusta asentaessa on huomioitava, että keltavihreäraitaista johdinta ei saa käyttää mihinkään muuhun tarkoitukseen kuin suoja- maadoitukseen, eikä sitä ei saa merkitä nollajohtimeksi tai vaihejohtimeksi. Suojamaadoitusjohdin on myös hyvä jättää muita johtimia pidemmäksi. Tällä tavoin varmistetaan suoja- maadoituksen pysyminen kiinni mahdollisen kaapeliin kohdistuvan mekaanisen vedon aikana. [9, s. 38.]

Kaapeleiden ja johtimien tunnistaminen on tärkeä osa sähköasennusta ja niiden pitää olla tunnistettavissa jokaisessa liitännäkohdassa teknisen dokumentaation mukaisesti. Yleensä johtimet ovat erotettavissa johtimen eristeenvärin tai numeroinnin perusteella, mutta asennuksissa, joissa käytetään useita saman tyyppisiä kaapeleita ja johtimia, on moniselitteisyyden takia käyttö lisämerkinnöille perusteltua. Johtimien ja riviliittimien yhtenäinen numerointi tai merkitseminen vähentää asennusvaiheen virheitä, ja vianetsintään kuluva aika pienenee sekä tuo varmuuden piuhojen yhdistämisestä korvattaessa komponentteja, jotka sijaitsevat lähellä toisiaan. Johtimet kannattaa merkitä johtimen eristeen ympärille asennettavalla johdinmerkillä, riviliittimet voidaan merkitä numerolaa- toilla ja kaapelit voidaan merkitä esimerkiksi kaapeliin kiinnitetyllä merkillä tai kaapelilä- piviennin yhteyteen liimatulla tarralla. [28, s. 16–17.] Liitteen 4 kuvissa 23 ja 24 on ha- vainnollistettu kaapelin, johtimien ja riviliittimien merkintä. Kuvassa 23 on läpivientien päälle merkitty kaapelin käyttötarkoitus. Kuvassa 24 on riviliittimet värimerkitty käyttötar- koituksen mukaan sekä johtimiin ja riviliittimiin on lisätty numeroinnit.

## 5 Räjähdyksvaaralliset tilat

Räjähdyksvaaralliseksi tilaksi kutsutaan sitä tilaa, jossa räjähdyskelpoista ilmaseosta voi esiintyä siinä määrin, että laitteiden rakenteille, asennukselle ja käytölle on asetettava erityisvaatimuksia. Räjähdyksvaarallisesta tilasta usein käytetään nimitystä Ex-tila. Pääasiassa räjähdysvaarallisia tiloja esiintyy jakeluasemilla ja prosessiteollisuudessa, jossa käsitellään palavia aineita, kuten syttyviä nesteitä, kaasuja tai pölyjä. Räjähdyksvaarallinen ilmaseos syntyy palavan aineen ja normaalipaineisen ilman sekoittumisesta keskenään. Räjähdyks tarvitsee syttymislähteen ja sekoittumisen lisäksi rajatun tilan, josta aine ei pääse purkautumaan hallitusti. Kuvassa 12 on kuvattu palokolmio ja räjähdyspentaگون. [29.]



Kuva 13. Palokolmio ja räjähdyspentaگون [30.]

Ex-tilan turvallisuudesta vastaa työnantaja, jonka on arvioitava räjähdysvaara, tehtävä tarvittavat toimenpiteet tilan turvaamiseksi työnteon kannalta ja valvottava tilaa asianmukaisesti teknisiä apuvälineitä käyttäen. Selvittäessä räjähdysvaaraa on arvioitava kaikki työ- ja tuotantoprosessit niiden normaalissa käyttötilanteessa. Säädökset koskevat kaikkia työnantajia, joiden työntekijöillä on mahdollisuus altistua räjähdysvaaralle, pois lukien räjähteistä aiheutuva räjähdysvaara. [29.]

Ex-tilat tulee merkitä kolmion muotoisella varoitusmerkillä. Merkissä tulee olla mustat kirjaimet, keltainen tausta ja musta kolmion reunus. Keltaisen osuuden on peitettävä merkistä vähintään 50 prosenttia. [32.]



Kuva 14. Varoitusmerkki räjähdysvaarallisesta tilasta. [31.]

Räjähdyksvaarallisen tilan alueet voidaan merkitä lattiaan keltamustalla teipillä, jos koko tila ei ole räjähdysvaarallinen, vaan vain osa tilasta. Räjähdysvaarallisissa tiloissa tulee käyttää vain sinne sopivia laitteita ja suojausjärjestelmiä, ja niiden tulee täyttää säädöksissä määritellyt olennaiset turvallisuusvaatimukset. [29.]

## 5.1 ATEX ja IECEx

Euroopan yhteisössä laitedirektiivi 2014/34/EU ja työolosuhdedirektiivi 99/92/EU muodostavat yhdessä ATEX-direktiivin, joka koskee räjähdysvaarallisia tiloja, niissä käytettäviä laitteita sekä työskentelyä. ATEX tulee ranskan kielen sanoista "atmosphères explosibles". ATEX-direktiivin tarkoituksena on yhtenäistää turvallisuusvaatimukset räjähdysvaarallisten tilojen, laitteiden sekä koneiden osalta EU:n jäsenvaltioissa. Direktiivi takaa myös Ex-laitteiden vapaan kaupan. ATEX-sertifikaatti on pakollinen kaikille Euroopassa räjähdysvaarallisiin tiloihin myytävälle tuotteille. IECEx on puolestaan maailmanlaajuisesti hyväksytty sertifikaatti, ja se tulee sanoista "International Electrotechnical Commission for Explosive Atmospheres". IECEx-sertifioidut tuotteet käyvät läpi kansain-

välisen sähköteknisen komission valvoman prosessin, jossa varmistetaan, että ne täyttävät vähimmäisturvallisuusvaatimukset. Tämä prosessi määrittää, voidaanko tuotteita käyttää räjähdysvaarallisissa paikoissa. [32; 33.]

Suurin eroavaisuus näiden kahden sertifikaatin välillä on, että ATEX-sertifikaatti koskee pääsääntöisesti vain EU:n maita, kun taas IECEx-sertifikaatti soveltuu maailmanlaajuisen käyttöön. Toinen keskeinen ero on se, että ATEX perustuu lakiin, kun taas IECEx on standardipohjainen. Tämä tarkoittaa, että standardien noudattaminen ei ole pakollista IECEx-sertifikaatille, kun taas ATEX-sertifikaatille sitä vaaditaan. Tämän seurauksena laitteen valmistaja on vastuussa koko ATEX-sertifiointiprosessista, kun taas ulkopuolinen sertifioija on vastuussa IECEx-sertifioinnista. ATEX-sertifikaatti voi perustua IECEx-testiraporttiin, mutta ATEX-dokumentaatio ei välttämättä tue sitä. Siksi onkin ollut yleinen tapa teollisuudessa, että tuotteilla on sekä ATEX- että IECEx-sertifikaatit. [33.]

## 5.2 Muut Ex-sertifikaatit

Neleksen venttiiliyhdistelmiä toimitetaan ympäri maailmaa. Siksi monesti kohdemailla on omat vaatimukset laitteiden Ex-sertifikaattien suhteen, eikä esimerkiksi ATEX- tai IECEx-sertifikaatit ole hyväksyttäviä. Maakohtaiset sertifikaatit ovat maan turvallisuusviranomaisten määrittämiä. Seuraavana on lueteltu yleisimpiä käytössä olevia maakohtaisia sertifikaatteja.

- CCC (Kiina)
- PESO CCOE (Intia)
- CSA (Kanada)
- CSAUS (USA)
- TR CU (Venäjä)
- INMETRO (Brasilia)
- KOSHA (Korea).

### 5.3 Ex-laitteiden vaatimukset

Ex-laitteiksi kutsutaan niitä laitteita, joita voidaan käyttää räjähdysvaarallisissa tiloissa. Laitteiden on täytettävä säädöksissä määritetyt olennaiset terveyst- ja turvallisuusvaatimukset. Ex-tilaan sähkölaitetta valittaessa ei riitä pelkästään se, että laite on ATEX-hyväksytty, vaan valitun laitteen tulee sopia Ex-tilaan ennalta määriteltujen suojausluokitusten perusteella.

Tilaan vaadittavat suojausluokitukset määrittää yleensä laitteen loppukäyttäjä tai tilaaja, jonka tehtävänä on arvioida tilan räjähdysvaara ja sitä kautta määrittää laitteiden vaatimukset. Laitteen valmistaja on vastuussa siitä, että laite täyttää loppukäyttäjän vaatimukset kuitenkin noudattaen ATEX-laitedirektiiviä. Laitteen valmistajan on tarjottava loppukäyttäjälle tuotteen tekniset asiakirjat, joiden perusteella on mahdollista arvioida tuotteen vaatimustenmukaisuus sekä ohjeet asennusta, käyttöä ja huoltoa varten. Valmistaja laatii vaatimustenmukaisuusvakuutuksen, joka on toimitettava jokaisen tuotteen mukana loppukäyttäjälle. Valmistajan tulee myös kiinnittää tuotteeseen CE-merkintä sekä ATEX-direktiivissä vaaditut merkinnät ennen kuin tuote tuodaan markkinoille tai otetaan käyttöön. [29; 32.] Lisää tietoa merkintävaatimuksista on luvussa 5.5.

### 5.4 Suojausluokitukset

#### Tilaluokka

Räjähdysvaarallisille tiloille tulee tehdä tilaluokitus ja jakaa ne eri luokkiin räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintymistiheyden ja keston perusteella. Työnantaja on vastuussa tilaluokituksesta, ja luokitus on tehtävä noudattaen standardeja ja käsikirjojen esimerkkejä. Luokituksen perusteella tiloihin määritetään asennettavien tai jo siellä olevien laitteiden turvallisuusvaatimukset. [32.]

Kaasuräjähdysvaarallisen tilan tilaluokitukset (G).

- Tilaluokka 0: Tila, jossa esiintyy kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevaa räjähdyskelpoista ilmaseosta jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.

- Tilaluokka 1: Tila, jossa esiintyy kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevaa räjähdyskelpoista ilmaseosta satunnaisesti.
- Tilaluokka 2: Tila, jossa kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on lyhyt aikaista tai epätodennäköistä.

Pölyräjähdysvaarallisen tilan tilaluokitukset (D).

- Tilaluokka 20: Tila, jossa esiintyy ilman tai pölyn muodostamaa räjähdyskelpoista ilmaseosta jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.
- Tilaluokka 21: Tila, jossa esiintyy ilman tai pölyn muodostamaa räjähdyskelpoista ilmaseosta satunnaisesti.
- Tilaluokka 22: Tila, jossa ilman tai pölyn muodossa olevan räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on lyhyt aikaista tai epätodennäköistä.

Laiteluokka

Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytetyt sähkölaitteet jaetaan kahteen eri ryhmään vaaditun turvallisuustason mukaan ja nämä ryhmät jaetaan eri laiteluokkiin. Ryhmän I laitteet jaetaan kahteen laiteluokkaan, kun taas ryhmän II laitteet kolmeen eri laiteluokkaan. Ryhmien luokittelu määritellään tuotteen käyttökohteen mukaan, eli kuinka useasti räjähdysvaarallinen tila esiintyy. Ryhmän I laitteita ei esiinny Neleksen venttiiliyhdistelmissä. Taulukossa 4 on esitetty tilaluokkaan sopivat laiteluokat. [35, s. 20.]

Taulukko 4. Tilaluokkaan hyväksyttävät laiteluokat [35, s. 20.]

Tilaluokka	Laiteluokka (G = kaasu, D = pöly)
0	II 1 G
1	II 1 G tai II 2 G
2	II 1 G, II 2 G tai II 3 G
20	II 1 D
21	II 1 D tai II 2 D
22	II 1 D, II 2 D tai II 3 D

- Ryhmä I: Kaivoskaasulle alttiisiin kaivoksiin tarkoitetut sähkölaitteet (Laiteluokat M1 ja M2)
- Ryhmä II: Muihin kuin kaivoskaasuille alttiisiin räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitetut sähkölaitteet (Laiteluokat 1, 2 ja 3)

## Lämpötilaluokka

Lämpötilaluokat määrittelevät sähkölaitteelle korkeimman sallitun pintalämpötilan, joka ei aiheuta kaasun tai höyryn syttymistä. Syttymisryhmät luokitellaan T1-T6, jossa T1:ssä laitteen sallittu pintalämpötila on suurin, kun taas T6:ssa pienin. Tämä tarkoittaa sitä, että T6 on vaativin luokka. Taulukossa 5 on esitetty syttymisloukat laitteen suurimman sallitun pintalämpötilan mukaan. [35, s. 14.]

Taulukko 5. Ex-laitteiden lämpötilaluokitukset [35, s. 14.]

Laitteen lämpötilaluokka	Laitteen korkein sallittu pintalämpötila °C	Kaasun tai höyryn syttymislämpötila °C
T1	450 °C	>450 °C
T2	300 °C	>300 °C
T3	200 °C	>200 °C
T4	135 °C	>135 °C
T5	100 °C	>100 °C
T6	85 °C	>85 °C

## Ex-suojusrakenteet

Sähkölaitteita asennettaessa tilaan, jossa voi esiintyä palavia kaasuja, höyryjä tai pölyjä vaarallisina pitoisuuksina, on tehtävä suojaustoimenpiteitä, jotta räjähdysvaara saadaan minimoitua. Sähkölaitteet tulee olla suojattu niin, että normaaleissa käyttötilanteissa tai tietyissä vikatilanteissa esiintyvät kipinät, valokaaret tai kuumat pinnat eivät aiheuta laitteen ympäröimän räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syttymistä. Seuraavana on listattu Ex-laitteiden yleisimpiä suojausrakenteita. [22, s. 27–36.] Liitteen 5 kuvissa on havainnollistettu yleisimmät räjähdyssoojausrakenteet, joita Neleksen käyttämissä sähkölaitteissa esiintyy.

- Räjähdyspaineen kestävä rakenne "d"

Suojausrakenne, joka kestää laitteen sisällä tapahtuvan räjähdyskelpoisen ilmaseoksen räjähdyspaineen ja estää räjähdysen etenemisen laitteen ulkopuoliseen räjähdyskelpoiseen ilmaseokseen.



- Varmennettu rakenne "e"

Suojausrakenne, jossa on lisätoimenpiteillä vähennetty liiallista lämpenemistä sekä valokaaren ja kipinöinnin riskiä normaalissa käytössä tai ennalta määritellyissä epänormaaleissa olosuhteissa.

- Luonnostaan vaaraton "i"

Suojausrakenne, jossa räjähdyskelpoiselle ilmaseokselle altistuvien laitteiden ja johtojen sähköenergia on rajoitettu sellaiselle tasolle, ettei syttymistä voi tapahtua lämpenemisen tai kipinöinnin seurauksena.

- Paineistus "p"

Tekniikka, jolla estetään ulkopuolisen ilman pääsy koteloon ylläpitämällä ylipaineista suojakaasua kotelon sisällä.

- Räjähdysuojausrakenne "n" (nA, nR, nL, nC)

Räjähdysuojausrakenne, jonka mukainen sähkölaite normaalissa käytössä tai tietyissä normaalista poikkeavissa olosuhteissa ei kykene syttämään ympäröivää räjähdyskelpoista ilmaseosta.

- Öljyyn upotus "o"

Räjähdysuojausrakenne, jossa sähkölaite tai sen osa on upotettu nesteseen niin, että nestepinnan yläpuolella tai laitteen ulkopuolella oleva räjähdyskelpoinen ilmaseos ei voi syttyä.

- Hiekkatäytteinen rakenne "q"

Räjähdysuojausrakenne, jossa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syttämiseen kykenevät osat ovat ympäröity täyteaineella, joka estää ulkopuolisen räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syttymisen.

- Massaanvalurakenne ”m”

Räjähdyssuojaurakenne, jossa sähkölaitteen kipinöivät tai kuumat osat ovat suljettu massan sisään, niin että räjähdyskelpoinen ilmaseos ei voi syttyä laitteen käyttö- tai asennustilassa.

- Suojaus koteloinnilla ”t”

Räjähdyssuojaurakenne, jossa pölypilvien tai kerrosten syttymisen välttämiseksi kaikki sähkölaitteet on suojattu koteloinnilla.

### Räjähdyssryhmät

Räjähdyssryhmä kertoo, minkä kaasujen vaikutuspiirissä laitetta voidaan käyttää. Sähkölaitteen ollessa merkitty tietylle kaasulle tai höyrylle sitä ei saa silloin käyttää muilla kaasuilla tai höyryillä ilman asianmukaista arviointia. Räjähdyssryhmät erotellaan kirjainmerkinnöin taulukon 6 mukaan. [22, s. 44.]

Taulukko 6. Räjähdyssryhmien ja laiteryhmien yhteensopivuus [21, s. 44.]

<b>Kaasun, höyryn tai pölyn räjähdysryhmä</b>	<b>Sallittu laiteryhmä</b>
IIA = Propaani	II, IIA, IIB tai IIC
IIB = Etyleeni	II, IIB tai IIC
IIC = Vety (Vaarallisin)	II tai IIC
IIIA = Syttyvät lentävät hierteet	IIIA, IIIB tai IIIC
IIIB = Ei johtavat pölyt	IIIB tai IIIC
IIIC = Sähköä johtavat pölyt	IIIC

## 5.5 Laitteen Ex-merkintä

Laitteilta ja suojausjärjestelmiltä, jotka on tarkoitettu räjähdysvaaralliseen tilaan, vaaditaan seuraavat alla listatut merkintävaatimukset. [35, s. 19.] Kuvassa 15 on esimerkki laitteen ATEX-merkinnästä.

"Laki räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettujen laitteiden ja suojausjärjestelmien vaatimustenmukaisuudesta 1139/2016:

tyyppi-, erä- tai sarjanumero tai muu merkintä, jonka avulla laite voidaan tunnistaa;

valmistajan nimi, rekisteröity tuotenimi tai rekisteröity tavaramerkki sekä osoite;

maahantuojan nimi, rekisteröity tuotenimi tai rekisteröity tavaramerkki sekä osoite, jos valmistaja ei ole sijoittunut EU:n alueelle;

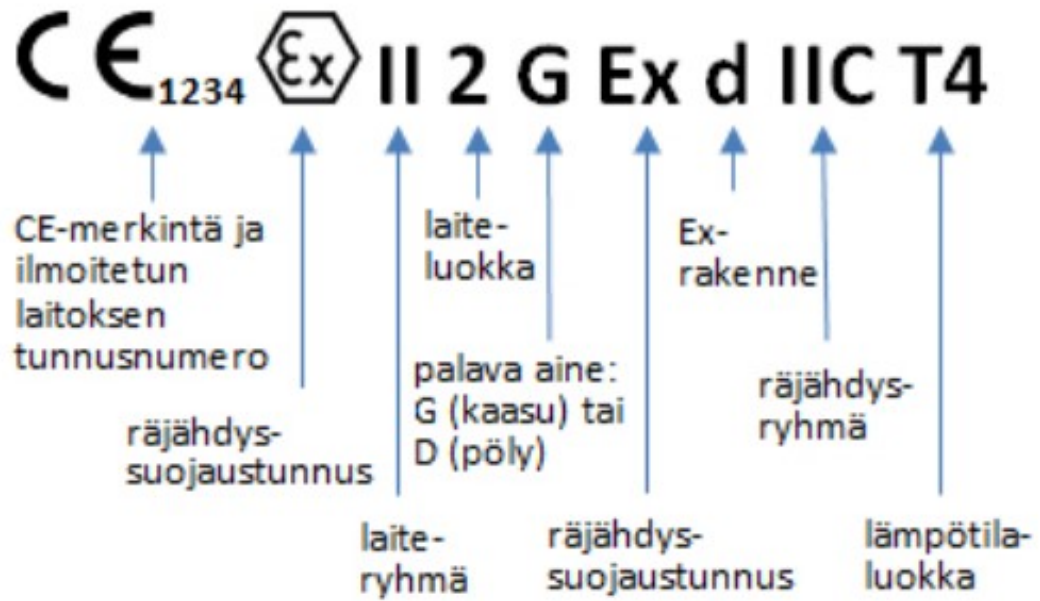
CE-merkintä ja ilmoitetun laitoksen tunnusnumero, jos ilmoitettu laitos on mukana tuotannon tarkastusvaiheessa;

valmistusvuosi

räjähdyssuojauksen erityismerkintä (Ex), jota seuraa laitteen laiteryhmän (I ja II) ja laiteluokan tunnus (1, 2 ja 3);

sekä laiteryhmään II kuuluvien laitteiden osalta kirjain "G", kun räjähdysvaaran aiheuttavaa kaasua, höyryä tai sumua tai kirjain "D", kun räjähdysvaaran aiheuttaa pöly.

Lisäksi niissä on myös oltava, jos katsotaan tarpeelliseksi, kaikki käyttöturvallisuutta koskevat välttämättömät tiedot." [34, s. 19.]



Kuva 15. ATEX-laitteen merkintä [35, s. 19]

Räjähdysvaaralliseen tilaan menevästä laitteesta tulee siis löytyä kyseinen merkintä, josta käy ilmi laitteen CE-hyväksyntä, laiteryhmä- ja luokka sekä muut oleelliset räjähdysuojaurakenteet. Ex-merkitty magneettiventtiili löytyy liitteen 2 kuvasta 18.

## 6 Sähköpiirustukset

Sähköpiirustukset ja dokumentointi ovat keskeisessä asemassa sähkötekniikassa. Niitä tarvitaan uusia laitejärjestelmiä suunniteltaessa ja asentaessa sekä huollettaessa ja korjattaessa käytössä olevia laitteita ja asennuksia. Sähköpiirustukset ovat myös erityisen tärkeässä asemassa vikojen paikantamisessa. Dokumentilla tässä tilanteessa tarkoitetaan yleisnimitystä tiedoista, joita tarvitaan laitteen asentamiseen, käyttämiseen tai korjaamiseen. Dokumentointi pitää sisällään esimerkiksi laiteohjeet, piiri- ja kytkentäkaaviot sekä muut tärkeät asiakirjat. Sähköpiirustuksissa laitteet ja -asennukset esitetään piirrosmerkeillä. Jotta piirustukset olisivat mahdollisimman yksiselitteisesti tulkittavia, tulee piirrosmerkeissä ja esitystavassa käyttää tiettyjä kansainvälisiä standardeja. [12, s. 134.]

Neleksen automaattiventtiileiden yleisimpiä sähköpiirustuksia ovat ohjauskaappien piiri- ja pohjakaaviot sekä instrumentointilaitteiden kytkentäkaaviot. Pääsääntöisesti sähköpiirustukset tehdään asiakkaan pyynnöstä ennalta sovittuihin projekteihin ja päivittäistilauksiin, missä on paljon sähkötekniisiä laitteita, mutta muuten ne eivät instrumentointisuunnittelussa kuulu päivittäiseen työnkuvaan. Tavallisiin putkitus- ja instrumentointi piirustuksiin on kuitenkin hyvä lisätä kytkentäkaavio asentajan sekä asiakkaan sähköpiirikaaviosuunnittelijan tueksi, jos tilaukseen kuuluu kaapelin asennus esimerkiksi rajakytkimen ja magneettiventtiin välille. Käyn seuraavissa luvuissa läpi yleisimpiä kaavioita, joita instrumentointisuunnittelussa tulee vastaan sekä muutaman sanan mahdollisesta kytkentäkaavio kirjaston toteuttamisesta. Kaavioiden piirtämiseen Neleksellä käytetään AutoCAD-ohjelmistoa.

### 6.1 Piirikaavio

Piirikaaviolla tarkoitetaan piirustusta, josta selviävät sähkölaitteen kytkennät yksityiskohteisesti, mutta komponenttien todellista kokoa, muotoa tai sijaintia siinä ei esitetä. Piirikaaviossa käytetään komponenteille omia piirrosmerkkejä ja komponenttien väliset johdinyhteydet esitetään omalla viivalla. Piirikaavion tarkoituksena on, että voidaan seurata sähkövirtapiirin kulkua ja sen kautta laitteiden toimintaa. Siksi se onkin yksi tärkeimmistä sähkö- ja elektroniikan kaavioista. [12, s. 136.] Yksi yleisimmistä piirikaavioista, joita instrumentointisuunnittelussa piirretään, on liitteen 3 kuvassa 19 esitetty sellun keitossa käytettävän kansiventtiin instrumentoinnin piirikaavio.

Piirikaavioon on hyvä merkitä selvästi kaikki kaaviossa esiintyvät komponentit sekä avata niiden lyhenteet, jos sellaisia merkinnässä käytetään. Myös kaaviossa on hyvä ilmoittaa alkuvaiheen tilanne (initial stage), eli mitä prosessin tilaa kaavio kuvaa sillä hetkellä.

## 6.2 KytKentä- ja päätekaavio

KytKentä- ja päätekaavioiden tarkoituksena on selventää komponenttikohtaisia kytkentöjä sekä laitteiden sisäisiä kytkentäpaikkoja. KytKentäkaavioihin merkitään johtimien numero tai väritunnus sekä laitteen ja ohjauskaapin riviliitin paikat, joihin johdin kytketään. Esimerkki kytkentäkaaviosta löytyy liitteen 3 kuvasta 20.

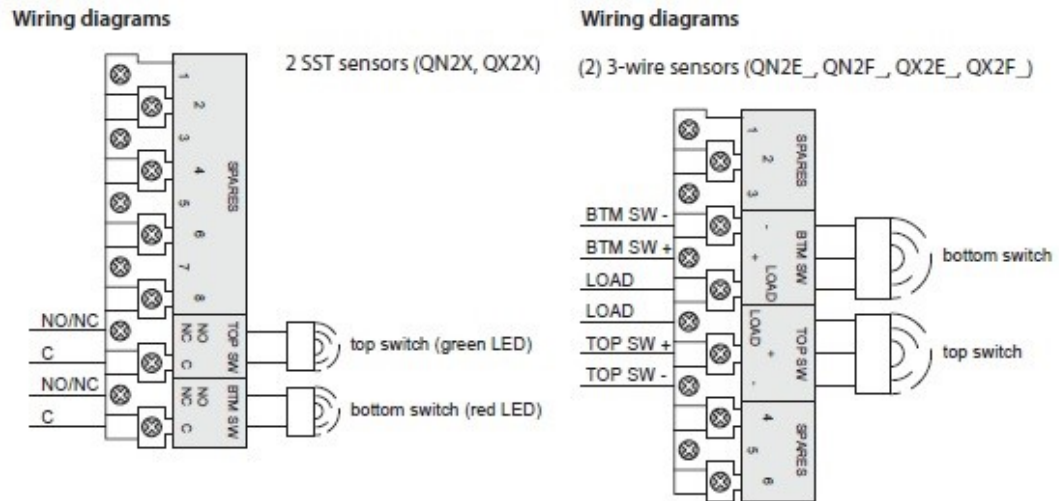
Päätekaaviot ovat yksi yleisimmistä sähköpiirustuksista, joita instrumentointisuunnittelussa tulee vastaan. Niissä esitetään laitteen kytkentäpaikat sekä läpivientien koko ja määrä, mutta ei esimerkiksi laitteen ulkoisia mittoja. Esimerkki päätekaaviosta löytyy liitteen 3 kuvasta 21.

## 6.3 Pohjakaavio

Pohjakaaviolla on tarkoitus selventää ohjauskaappien tai muiden laitteiden ulkoiset mitat, läpivientien määrät ja koot, painikkeiden ja lamppujen sijoituskohdat sekä sisälle tulevien laitteiden ja riviliittimien sijoituskohdat. Esimerkki pohjakaaviosta löytyy liitteen 3 kuvasta 22.

## 6.4 KytKentäkaaviokirjasto

Mietinnässä oli mahdollisen kytkentäkaavio kirjaston toteutus. Kirjaston toteutus olisi järkevin tehdä suunnittelun yhteistyönä pidemmällä aikavälillä, koska laitteiden kirjo on hyvin moninainen ja se vaatisi yhdeltä henkilöltä huomattavan määrän työtunteja. Laitteiden moninaisuudella tarkoitan sitä, että saman tuoteperheen laitteilla on mallikohtaisesti paljon eroavaisuuksia kytkentöihin liittyen, kuten kuvasta 16 huomataan.



Kuva 16. Esimerkki Stonel Quartz -rajakytkimen kytkentäeroavaisuuksista [36.]

Kirjaston tekemisessä olisi hyvä hyödyntää jo olemassa olevia kytkentäkuvia ja alkaa niiden pohjalta kasvattamaan kirjastoa entisestään, jonka jälkeen voitaisiin luoda AutoCAD:iin toiminto, joka hakee palvelimelta halutun kytkentäkuvan.

## 7 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus perehtyä sähkökytkentöihin ja kaapeloinnin ratkaisuihin sekä niiden tuomiin haasteisiin automaattiventtiileiden ympärillä öljy- ja kaasuteollisuudessa ja sitä kautta tarjota pohja ohjeelle, jota voidaan käyttää instrumentointisuunnittelun tukena globaalissa käyttöympäristössä. Työhön kerättiin kaikki oleelliset asiat, jotka tulee huomioida automaattiventtiilien sähkökytkentöjen ja kaapeloinnin suunnittelussa. Työssä oli tarkoitus myös kehittää omaa osaamista liittyen sähkökytkentöihin, kaapelointiin sekä räjähdysvaarallisiin tiloihin.

Työssä aihealueiden laajuus aiheutti aluksi hieman pään vaivaa ja vaati tarkkaa suunnittelua ja kanssakäyntiä esimieheni kanssa. Kaikkiin aihealueisiin ei voinut paneutua tässä työssä kovin syvästi, koska tarkoituksena oli tuottaa mahdollisimman selkeä ja helposti luettava pohja ohjeelle, mistä tarvittava tieto saadaan poimittua ymmärrettävästi lopullista ohjetta varten. Työssä tulikin paljon vastaan sellaisia tilanteita, missä piti tiedolle vetää jonkinlainen raja ja miettiä tiedon tarpeellisuutta työn tarkoituksen kannalta. Työn laajuus vaati paljon eri lähteiden läpikäyntiä ja vertailua sekä oman tiedon yhdistämistä lähteiden antamaan tietoon. Suurimpana haasteena olikin tiedon ja lähteiden määrä aiheeseen liittyen, ja sitä kautta ongelmaksi muodostui sopivan tiedonlähteen löytäminen. Työssä hyödynnettiin myös jonkin verran yrityksen sisäisiä koulutusmateriaaleja ja ohjeita.

Vaikka työn rakenne muuttui aihealueen laajuuden takia muutamaan otteeseen opinnäytetyö prosessin aikana, niin lopputuloksena saatiin kuitenkin kerättyä hyvin tietoa ohjetta varten. Tarkoituksena on, että työtä tullaan vielä jatkokehittämään instrumentointi tiimin kesken ja kehittämään sellaisia aihealueita, joista halutaan lisää tietoa. Ohjeeseen tullaan keräämään tämän työn ydinaiheet ja esittämään ne mahdollisimman lyhyesti ja selvästi kuvia hyödyntäen. Aihealueet tulevat todennäköisesti jakaantumaan tämän opinnäytetyön mukaisesti. Lopullinen ohje tullaan tekemään englanninkielisenä, jotta sitä voidaan käyttää Neleksen suunnittelun apuna ympäri maailmaa.



## Lähteet

- 1 Neles yrityksenä. 2020. Verkkoaineisto. Neles Oyj. <https://www.neles.com/fi/yritys/>. Luettu 9.3.2021.
- 2 Aura, Lauri & Tonteri, Antti. 2009. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet. 3.-6, painos. Helsinki: WSOYpro. Luettu 12.1.2021.
- 3 Silvonen, Kimmo. 2018. Elektroniikka ja sähkötekniikka. E-kirja. Otatieto. Luettu 7.1.2021.
- 4 Mitä jännite on. 2021. Verkkoaineisto. Fluke. <<https://www.fluke.com/fi-fi/lue-lisaa/blogi/sahko/mita-jannite-on>>. Luettu 14.1.2021.
- 5 Mitä resistanssi on. 2021. Verkkoaineisto. Fluke. <<https://www.fluke.com/fi-fi/lue-lisaa/blogi/sahko/mita-on-resistanssi>>. Luettu 14.1.2021.
- 6 Vastus. 2020. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Vastus>>. Luettu 14.1.2021.
- 7 Länsirannikon Koulutus Oy. 2020. Sähköopin perusteet. Oppimateriaali. Finna avoimen oppimateriaalin tietokanta. Luettu 12.1.2021.
- 8 Korpinen, Leena. 1998. Sähkövoimatekniikkaopus, muuntajat ja sähkölaitteet. Verkkoaineisto. <[http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/9muuntajat\\_ja\\_sahkolaitteet.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/9muuntajat_ja_sahkolaitteet.pdf)>. Luettu 12.1.2021.
- 9 Mäkinen, Markku & Koivisto, Pekka. 2020. Hyvät asennustavat, sähkö- ja tietotekniset järjestelmät. 3., uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy. Luettu 21.12.2020.
- 10 Sähkölaitteiden vaatimukset. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkolaitteet>>. Luettu 19.1.2021.
- 11 Sähkölaitteiden valmistus, maahantuonti ja myynti. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/documents/5470659/6410920/Sahkolaitteiden-valmistus-maahantuonti-ja-myynti.pdf/62baf6c7-2560-438f-a6a2-b8c568c3c47c/Sahkolaitteiden-valmistus-maahantuonti-ja-myynti.pdf>>. Luettu 19.1.2021.
- 12 Ahoranta, Jukka. 2015. Sähköasennustekniikka. 11.-13, painos. Helsinki: Sanoma Pro. Luettu 15.1.2021.

- 13 Rakennusten sähköasennukset. 1994. Verkkoaineisto. Sähkötarkastuskeskus. <<https://tukes.fi/documents/5470659/6372805/Rakennusten+s%C3%A4hk%C3%B6asennukset+-94/ccffd585-9188-4c5e-978f-bc188820f2ab/Rakennusten+s%C3%A4hk%C3%B6asennukset+-94.pdf>>. Luettu 19.1.2021.
- 14 ASCO 327 Installation & Maintenance Instructions. 2017. Verkkoaineisto. Asco/Emerson. <<https://www.emerson.com/documents/automation/european-instruction-manual-series-327-basic-flow-low-power-solenoid-valves-en-gb-5180348.pdf>>. Luettu 9.3.2021.
- 15 Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry. 2004. Kaapeleiden paloturvallisuus. Espoo: Sähköinfo Oy. Luettu 21.12.2020.
- 16 Tiainen, Esa. 2010. Johdon mitoitus ja suojaus. Espoo: Sähköinfo Oy. Luettu 9.2.2021.
- 17 Cross reference AWG to mm2. Verkkoaineisto. Multicable. <<https://www.multicable.com/resources/reference-data/cross-reference-awg-to-mm2/>>. Luettu 10.2.2021.
- 18 Kaapeleita suojaava armeeraus. 2021. Verkkoaineisto. Nexans. <[https://www.nexans.fi/eservice/Finland-fi\\_FI/navigatepub\\_288490\\_-31434/Kaapeleita\\_suojaava\\_armeeraus.html](https://www.nexans.fi/eservice/Finland-fi_FI/navigatepub_288490_-31434/Kaapeleita_suojaava_armeeraus.html)>. Luettu 10.2.2021.
- 19 IEC Ex Wiring Methods. Yrityksen sisäinen dokumentti. Luettu 25.3.2021.
- 20 Häiriösuojaus. 2010. Verkkoaineisto. Metropolian wikipalvelu. <<https://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=16291065>>. Luettu 11.2.2021.
- 21 Häiriösuojattu ohjauskaapeli. Verkkoaineisto. SLO. <<https://verkko-kauppa.slo.fi/fi/hairiosuojattu-ohjauskaapeli-yslycy-jz-4x2-5-k500-0465325>>. Viitattu 11.2.2021.
- 22 SFS-käsikirja 604–2. Räjähdysvaaralliset tilat. 2017. Osa 2: Sähköasennukset, tarkastus ja huolto. Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 12.2.2021.
- 23 IP-luokitus. 2021. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/IP-luokitus>>. Luettu 26.3.2021.
- 24 Stonel Quartz bulletin. 2020. Verkkoaineisto. Stonel. <[https://www.stonel.com/wp-content/uploads/2020/12/7QZ22STEN\\_Quartz.pdf](https://www.stonel.com/wp-content/uploads/2020/12/7QZ22STEN_Quartz.pdf)>. Luettu 16.2.2021.

- 25 Holkkitiiviste. Verkkoaineisto. SLO. <<https://verkkokauppa.slo.fi/fi/holkkitiiviste-vast-mut-tiiv-eskv-set-m20-muovi-1705669>>. Viitattu 10.2.2021.
- 26 Kaapelin katkaisu, kuorinta ja eristeen poisto. Verkkoaineisto. Wiha. <<https://www.wiha.com/fi/fi/palvelut/tuotetietoa/kuorinta-eristeen-poisto/>>. Luettu 11.2.2021.
- 27 Pääteholkki. Verkkoaineisto. StarElec. <[https://www.starelec.fi/product\\_info.php?products\\_id=24387](https://www.starelec.fi/product_info.php?products_id=24387)>. Viitattu 11.2.2021.
- 28 Sähkölaitteiden ja sähkölaitteistojen standardien mukainen dokumentointi. 2018. Verkkoaineisto. Sesko. <[https://www.sesko.fi/files/983/teknisen\\_dokumentoinnin\\_standardit\\_2018uusipohja\\_muistiinpanot.pdf](https://www.sesko.fi/files/983/teknisen_dokumentoinnin_standardit_2018uusipohja_muistiinpanot.pdf)>. Luettu 12.2.2021.
- 29 Räjähdyksivaaralliset tilat. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/teollisuus/rajahdyksivaaralliset-tilat>>. Luettu 16.2.2021.
- 30 Pietikäinen, Sanna. 2018. ATEX-koulutusta palotarkastajalle. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/Atex-koulutus+palotarkastajille/3cb33aa5-d7f9-abc0-7e5a-7d89b8bc0e9f/Atex-koulutus+palotarkastajille.pdf>>. Luettu 16.2.2021.
- 31 Räjähdyksivaaralliset tilat. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos. <<https://www.ttl.fi/vesihuoltolaitosten-tyoturvallisuus-opas/riskien-tunnistus-ja-hallintakeinot/tapaturmavaaralliset-tyot/rajahdyksivaaralliset-tilat/>>. Luettu 16.2.2021.
- 32 ATEX Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus. 2015. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/ATEX-opas.pdf/73c4dc8f-edbd-4c25-8ef9-6cfdef86717d/ATEX-opas.pdf>>. Luettu 17.2.2021.
- 33 What Is The Difference Between ATEX and IECEx Certifications. 2018. Verkkoaineisto. Supermec. <<https://www.supermec.com/th/blog/2018/11/19/difference-between-atex-and-iecex>>. Luettu 17.2.2021.
- 34 ATEX lyhyesti. Verkkoaineisto. Machinetool Oy. <<https://www.machinetool.fi/hubfs/2017%20Esitteet/ATEX-pika-opas.pdf?hsLang=fi>>. Luettu 17.2.2021.
- 35 ATEX-Starttipaketti. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/ATEX-starttipaketti-2017.pdf/b440ed57-218e-4eda-a5b9-42df468e0b5f/ATEX-starttipaketti-2017.pdf>>. Luettu 19.2.2021.
- 36 Quartz valve monitor installation, maintenance and operating instructions. 2020. Verkkoaineisto. Stonel. <<https://www.stonel.com/wp-content/uploads/2020/12/105406.pdf>>. Luettu 2.3.2021.


- 37 IEC. Protection Techniques. Yrityksen sisäinen dokumentti. Luettu 25.3.2021.
- 38 National Electrical Manufacturers Association. 2021. Verkkoaineisto. Rittal. <[https://www.rittal.com/fi-fi/content/fi/support/technischeswissen/qminformiert/schutzarten/nema/nema\\_1.jsp](https://www.rittal.com/fi-fi/content/fi/support/technischeswissen/qminformiert/schutzarten/nema/nema_1.jsp)>. Luettu 26.3.2021.

## Johtimen poikkipinta-ala AWG standardissa

Taulukko 7. Johtimen poikkipinta-ala verrattuna metrijärjestelmästä AWG standardiin. [17.]

mm <sup>2</sup>	AWG
0.05	30
0.08	28
0.14	26
0.25	24
0.34	22
0.38	21
0.50	20
0.75	18
1	17
1.5	16
2.5	14
4.0	12
6.0	10
10	8
16	6
25	4
35	2
50	1

## Laitevalmistajan ohje ja esimerkki Ex-laitteesta

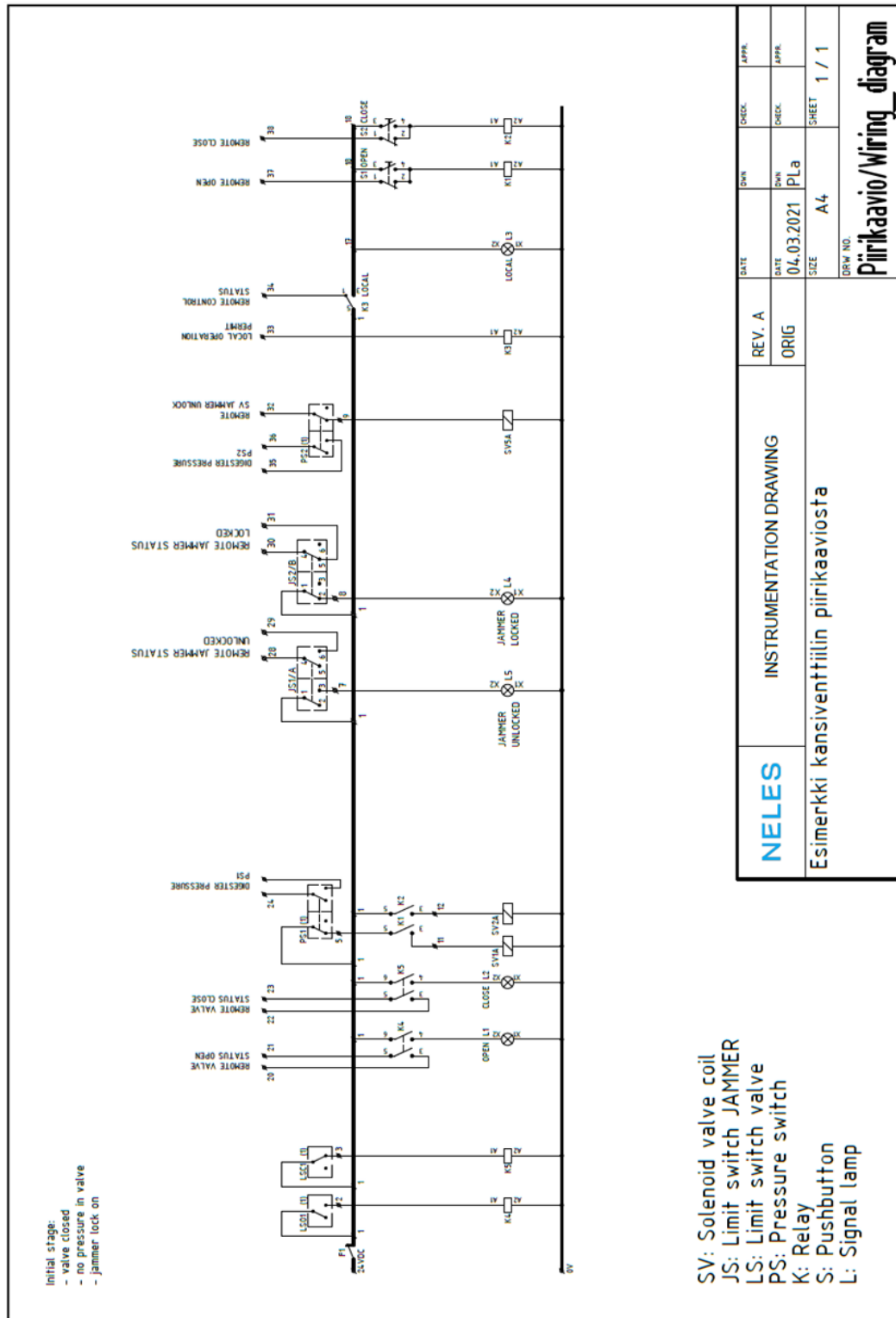
<b>ASENNUS- JA HUOLTO-OHJEET</b> Sarja 327, suoratoiminen, perusvirtaus, vajaa-/keskiteho, tasapainotettu kara 1/4			<b>FI</b>
<b>KUVAUS</b> Sarjan 327 tuotteet ovat tasapainorakenteisia suoratoimisia 3/2-solenoidiventtiileitä. Rungon materiaalivaihtoehdot ovat messinki ja ruostumaton teräs.		asennussarja 325324; järjestelmä voidaan pitää paineistettuna. Käytä MO:ta ja MS:ää edellä kuvatulla tavalla. Poista käsiasäätö ja aseta tulppa takaisin paikalleen.	
<b>ASENNUS</b> ASCO™-komponentit on tarkoitettu käytettäväksi ainoastaan tyyppikilvessä määriteltyjen teknisten ominaisuuksien rajoissa. Osien saa tehdä muutoksia vain valmistajan tai valmistajan edustajan luvalla. Vapauta putkista paine ennen asentamista ja puhdista sisäosat. Laitte voidaan asentaa mihin asentoon tahansa. Runkoon on merkitty virtauksen suunta ja venttiilin putkiliitännät. Putkiliitännöiden pitää olla tyyppikilvessä mainitun koon mukaisia ja asennettu sen mukaan.		<b>ÄÄNET</b> Äänen taso riippuu käytettävän laitteiston sovelluksesta, väliaineesta ja luonteesta. Vain käyttäjä voi määrittää äänitason tarkasti, kun venttiili on asennettu järjestelmään.	
<b>TARKEAA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Liitännöiden pienentäminen saattaa aiheuttaa vääranlaista toimintaa tai toimintahäiriötä.</li> <li>Suojele laitteistoa asentamalla suodatin tuloaukon puolelle mahdollisimman lähelle tuotetta.</li> <li>Jos kiristettäessä käytetään teippiä, liisteriä, suihketta tai vastaavaa voiteluainetta, vältä hiukkasten joutumista järjestelmään.</li> <li>Käytä asianmukaisia työkaluja ja sijoita ruuviavaimet mahdollisimman lähelle liitäntäkohtaa.</li> <li>Laitteaurioiden välttämiseksi ÄLÄ KIRISTÄ putkiliitoksia LIIAN KIREALLE.</li> <li>Älä käytä venttiiliä tai solenoidia vipuna.</li> <li>Putkiliitännät eivät saa aiheuttaa tuotteelle minkäänlaista painetta, vääntöä tai puristusta.</li> </ul>		<b>HUOLTO</b> ASCO™-tuotteiden huolto riippuu käyttöolosuhteista. Säännöllinen puhdistaminen, jonka ajoitus riippuu väliaineista ja käyttöolosuhteista, on suositeltavaa. Varo vahingoittamasta MO- ja MS-asennussarjoja käsittelemällä niitä varovasti. Huollon yhteydessä on syytä tarkastaa, etteivät osat ole liian kuluneita. Varaosasarjana on saatavana täydellinen sarja sisäosia. Jos asennuksessa tai huollossa esiintyy ongelmia tai jos olet epävarma, ota yhteys ASCOon tai valtuutettuun edustajaan.	
<b>SÄHKÖLIITÄNTÄ</b> Sähköliitännät saa tehdä vain ammattitaitoinen henkilö, ja niiden tulee noudattaa paikallisia säädöksiä ja standardeja.		<b>VENTTIILIN POISTO</b> Poista venttiili ohjeiden mukaan. Kiinnitä erityisesti huomiota räjähtyskuviin, joista näet osien nimet.	
<b>TARKEAA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sammuta sähkövirtalähde ja poista jännite sähkövirtapiiristä ja jännitteistä osista ennen työhön ryhtymistä.</li> <li>Kaikki sähköiset liitinten ruuvit pitää kiinnittää huolellisesti standardien mukaan ennen käyttöönottoa.</li> <li>Jännitteestä riippuen sähköisiin osiin pitää liittää maadoitusliitännät paikallisten säädösten ja standardien mukaan.</li> </ul>		1. Irrota pidike ja välikappale ja pujota käämi pois solenoidin alustaosarakenteelta. HUOMAUTUS: metallipidikkeen irrotessa se voi ponnahtaa ylöspäin. Poista jousialuslevy. 2. Kierrä solenoidin alustaosarakenne auki ja poista siitä O-renkas. 3. Poista päällimmäinen jousi. 4. Vedä keskusosarakenne ulos. Poista tiiviste. 5. Nyt voit puhdistaa tai vaihtaa kaikki osat.	
Laitteistossa voi olla jokin seuraavista sähköliittimistä: <ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 4400 -standardin mukainen kourumainen pistokeliitäntä (oikein asennettuna liitännässä on IP-65-suojia).</li> <li>Upotetut ruuvi-liitännät metallikotelossa "Pg"-kaapeliholkilla.</li> <li>Irtopääjohdot tai -kaapeli.</li> </ul>		<b>VENTTIILIN ASENTAMINEN TAKAISIN</b> Asenna venttiili takaisin päinvastaisessa järjestyksessä kuin irrotit sen, ja kiinnitä huomiota räjähtyskuviin näkyviin osien nimiin ja paikkoihin.	
<b>KÄYTTÖÖNOTTO</b> Suorita sähkötesti ennen järjestelmän paineistamista. Jos käytössä on solenoidiventtiilit, kytke kelaan jännite pari kertaa ja tarkkaile, kuuluuko väimeä napsahdus solenoidin toiminnan merkiksi. Jotta järjestelmän voi testata paineistettuna jännitteettömillä keloilla ja paineenalaisena irrotettavien ohjainlaitteiden MO ja MS sovitimella, asenna MO tai MS ja käytä venttiiliä. Irrota MO tai MS ja asenna tulppa asiaankuulumattoman käytön välttämiseksi.		1. HUOM. Voitele kaikki tiivisteet/O-renkaat laadukkaalla silikonirasvalla. 2. Napsauta tiiviste keskusosarakenteen uraan (varmista oikea koko). 3. Aseta keskusosarakenne rungon onteloon ja työnnä kevyesti alas kunnes tiiviste juuri tiivistää rungon ontelon. 4. Aseta solenoidin alustan O-renkas ja päällimmäinen jousi takaisin (asetta suljettu päälle ylös). 5. Aseta solenoidin alustaosarakenne takaisin ja kiristä momenttitaulukon mukaan. Tällöin keskusosarakenne työnny myös oikeaan asentoonsa. 6. Aseta käsiasäätö takaisin; kiristä momenttitaulukon mukaan, levitä sovitimelle Loctite® 243:a. 7. Asenna jousen aluslevy, käämi ja pidike. 8. Kokeile huollon jälkeen magneettiventtiiliä muutaman kerran varmistaaksesi, että se toimii oikein.	
<b>HUOLTO</b> Useimmissa magneettiventtiileissä on jatkuvatoimiset kelat. Välttääksesi henkilö- tai omaisuusvaurioita älä koske solenoidiventtiiliä, sillä se voi kuumetua tavallisessa käytössä. Mikäli solenoidiventtiiliin pääsee helposti käsiksi, on asentajan laitettava suoja satunnaisten kosketusten estämiseksi.		<b>HUOM.</b> Suosittelemme vahvasti kiinnileikkautumisen ehkäisevän voiteluaineen käyttöä ruostumattomassa teräsarakenteessa kitkasyöpyymisen välttämiseksi.	
<b>KÄSIKÄYTTÖ</b> Valinnaisia käsiasäätöjä on neljä:		<b>KÄSISÄÄDÖT</b> Katso asennus- ja huolto-ohjeiden yksityiskohtaiset tiedot Sarjan 327 käsiasäätöjen asiakirjasta 123620-322.	
1. <b>Painettava, jousipalautteinen, loppuliite MO:</b> Kytke venttiili käsin "PÄÄLLÄ"-asentoon painamalla painiketta. Palaa "POIS"-asentoon vapauttamalla painike.		<b>Lisätietoja on Internet-sivullamme: <a href="http://www.emerson.com/asco">www.emerson.com/asco</a></b>	
2. <b>Ruuvityyppinen, käsinpalautus, loppuliite MS:</b> Kytke venttiili käsin "PÄÄLLÄ"-asentoon painamalla ja kääntämällä nuppia myötäpäivään. Palaa "POIS"-asentoon kääntämällä nuppia vastapäivään.		<b>Loctite® on Henkelin rekisteröity tavaramerkki</b>	
3. <b>Jännitteettömänä vapautus (NVR):</b> Venttiili ei toimi pelkästään syöttämällä solenoidiin jännite. Kytke solenoidiin jännite ja paina painiketta hetkellisesti, jolloin venttiili kytkeytyy ja lukkiutuu "PÄÄLLÄ"-asentoon. Venttiilin lukitus vapautuu (palautuu "POIS"-asentoon) sähkövirran katketessa.			
4. <b>Sovitin paineenalaisena irrotettavia käyttöjä MO ja MS varten TPL-26710:n mukaan:</b> Irrota sovitimen tulppa ja asenna MO, asennussarja 325323 (ilman tiivisteitä ja jousia), tai MS.			

Kuva 17. ASCO 327 sarjan magneettiventtiilin asennus- ja huolto-ohjelma [14.]



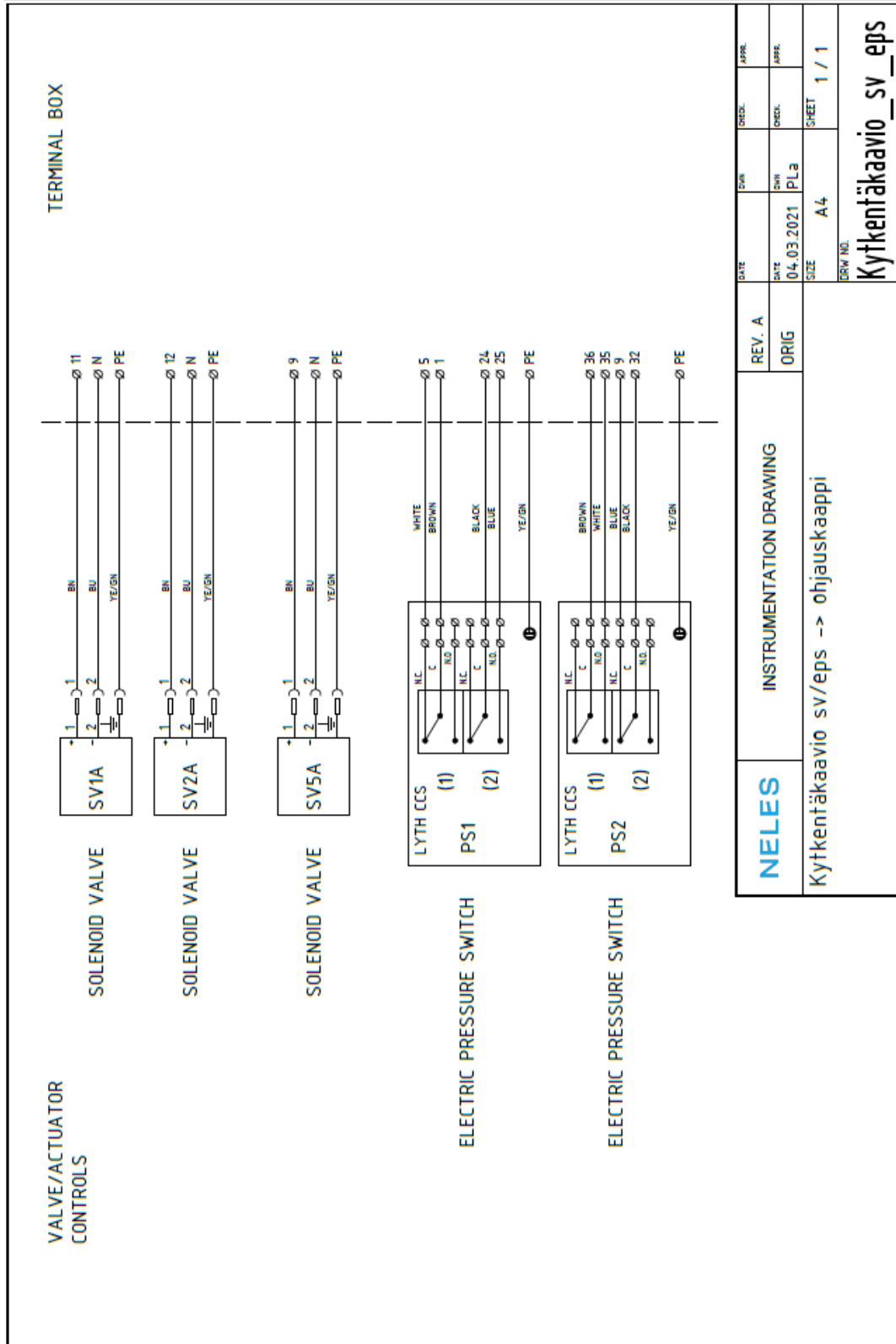
Kuva 18. Ex-merkitty magneettiventtiili

Sähkökaaviot

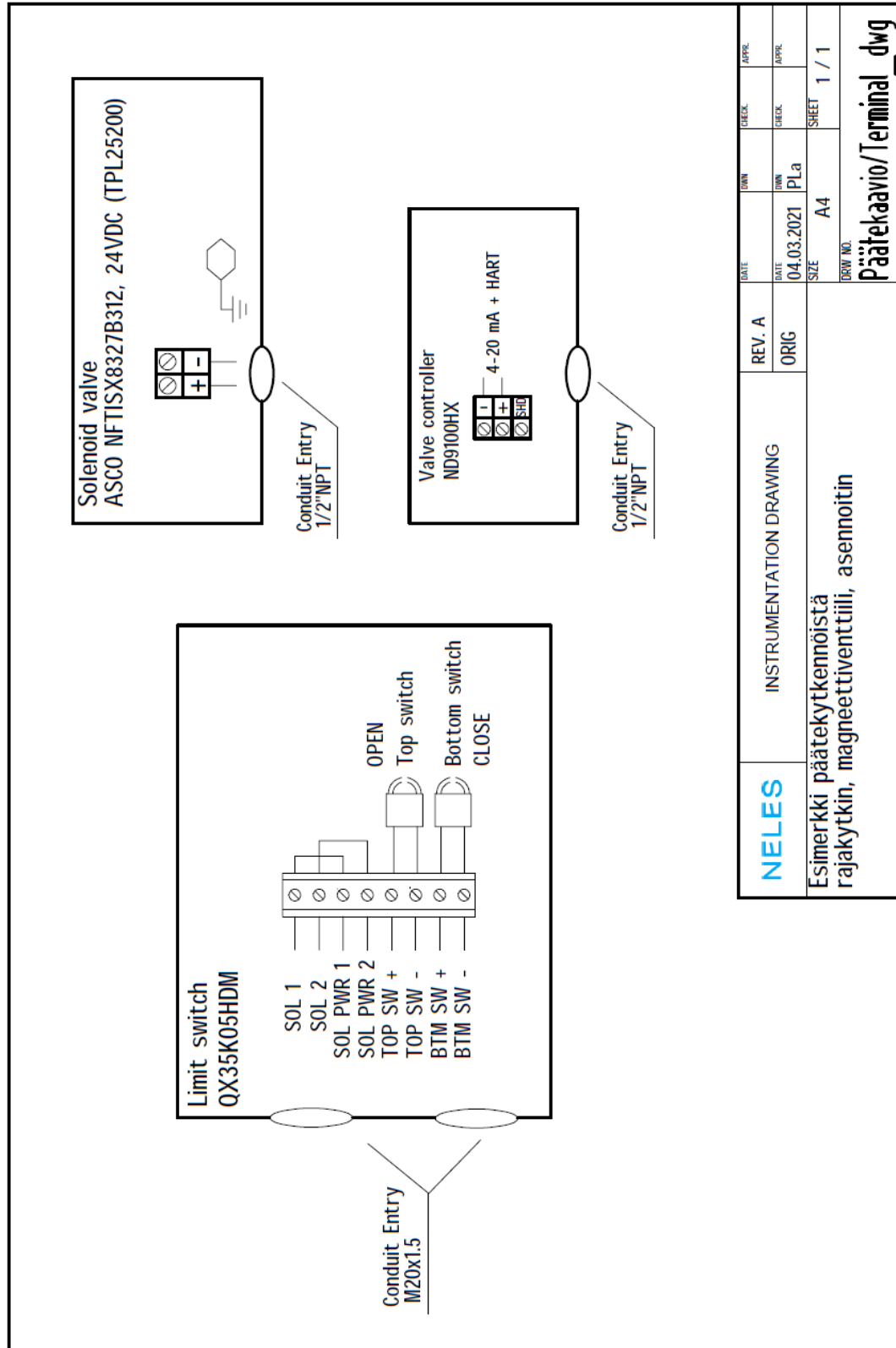


Kuva 19. Kansiventtiin piirikaavio

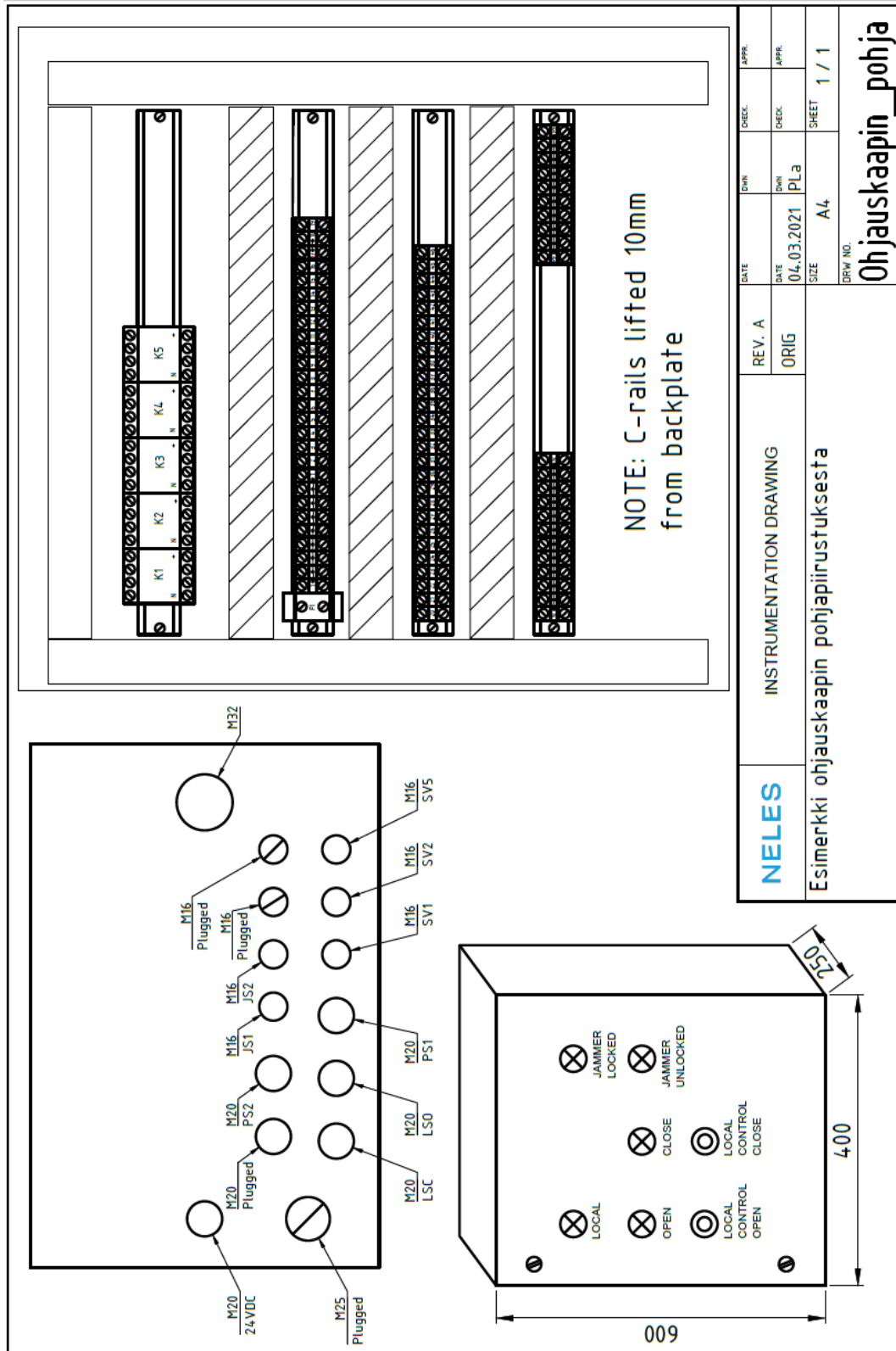




Kuva 20. Kytkäntäkaavio komponenttien ja ohjauskaapin välille



Kuva 21. Rajakytkimen, magneettiventtiilin ja asennoittimen päätekaavio



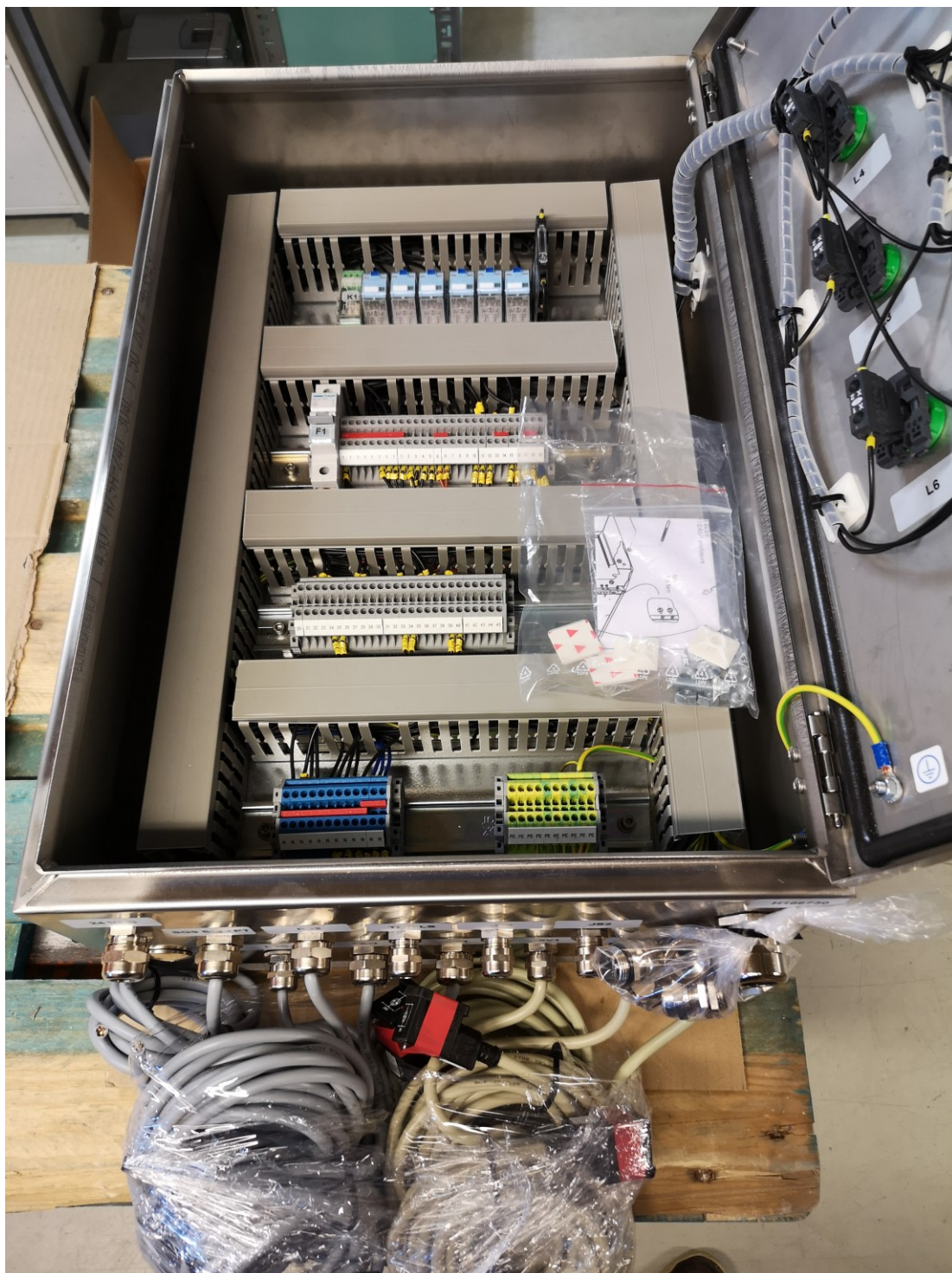
Kuva 22. Ohjauskaapin pohjakaavio

NELES	INSTRUMENTATION DRAWING		REV. A	DATE	DWN	CHECK.	APPR.
	Esimerkki ohjauskaapin pohjapiirustuksesta		ORIG	04.03.2021	PLa	CHECK.	APPR.
			SIZE	A4	SHEET		1 / 1
			DRW NO.	Ohjauskaapin_pohja			

## Sähkökytkennät



Kuva 23. Kaapelin merkintä



Kuva 24. Johtimien ja riviliittimien värimerkinnät

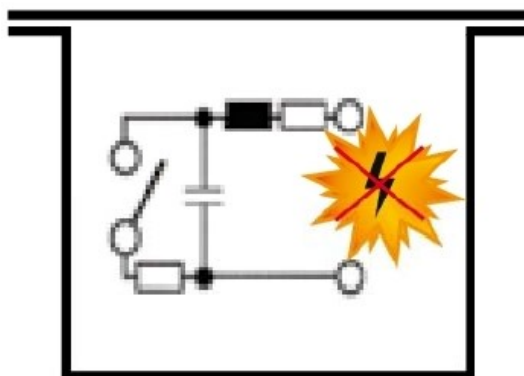
## Räjähdyssuojarakenteet



Kuva 25. Ex "d" Räjähdyspaineen kestävä [37.]



Kuva 26. Ex "e" Varmennettu [37.]



Kuva 27. Ex "i" Luonnostaan vaaraton [37.]



Kuva 28. Ex "m" massaan valettu [37.]



Kuva 29. Ex "nA" Ei kipinöivä [37.]

**IP- ja NEMA-suojaustasot**

Taulukko 8. IP-Suojaustasot [23.]

<b>1. Numero</b>	<b>Suojaustason kuvaus</b>
0	Ei suojausta
1	Suojaus suuria kappaleita vastaan, halkaisija 50 mm tai suurempi.
2	Suojaus keskikokoisia kappaleita vastaan, halkaisija 12,5 mm tai suurempi.
3	Suojaus pieniä kappaleita vastaan, halkaisija 2,5 mm tai suurempi.
4	Suojaus erittäin pieniä kappaleita vastaan, halkaisija 1 mm tai suurempi.
5	Suojattu pölyltä. Ei edellytä täydellistä tiiveyttä, mutta haitallisia pölykertymiä ei saa syntyä.
6	Täydellinen suojaus. Pölytiivis.
<b>2. Numero</b>	<b>Suojaustason kuvaus</b>
0	Ei suojattu vedeltä.
1	Suojaus pystysuoraan tippuvalta vedeltä.
2	Suojaus pystysuoraan tai korkeintaan 15 asteen kulmassa tippuvalta vedeltä.
3	Suojaus korkeintaan 60 asteen kulmassa satavaa vettä vastaan.
4	Suojaus roiskuvalta vedeltä.
5	Suojaus joka suunnasta tulevalta vesisuihkulta.
6	Suojaus joka suunnasta tulevalta voimakkaalta vesisuihkulta.
7	Kestää hetkellisen upotuksen veteen
8	Kestää jatkuvan upotuksen veteen. Lisämerkintänä voi olla suurin sallittu asennussyvyys. Yleensä laite on täysin tiivis, mutta ei välttämättä, vaan vettä voi päästä laitteen sisälle niin, ettei se aiheuta haitallisia vaikutuksia.
9	Kestää suurella paineella läheltä ruiskutettua kuumaa vettä ja höyryä.



Taulukko 9. NEMA-suojautasot [38.]

Kotelointiluokka	Suojaustason kuvaus
NEMA 1	Asennus sisätiloihin, suojaa putoavalta lialta.
NEMA 2	Asennus sisätiloihin, suojaa putoavalta lialta ja tippuvalta vedeltä.
NEMA 3	Asennus ulkotiloihin, suojaa vesi- ja räntäsateelta sekä tuulen puhaltamalta pölyltä. Lisäksi suojaus kotelon pintaan muodostuvan jään aiheuttamilta vaurioilta.
NEMA 3R	Asennus ulkotiloihin, suojaa vesi- ja räntäsateelta. Lisäksi suojaus kotelon pintaan muodostuvan jään aiheuttamilta vaurioilta.
NEMA 3S	Asennus sisä- ja ulkotiloihin, suojaa vesi- ja lumisateelta sekä tuulen puhaltamalta pölyltä. Lisäksi ulkoiset mekanismit toimivat jään muodostumisesta huolimatta.
NEMA 4	Asennus sisä- tai ulkotiloihin, suojaa tuulen puhaltamalta pölyltä ja vesisateelta sekä roiske- ja suihkutusvedeltä. Lisäksi suojaus kotelon pintaan muodostuvan jään aiheuttamilta vaurioilta.
NEMA 4X	Asennus sisä- tai ulkotiloihin, suojaa tuulen puhaltamalta pölyltä, vesisateelta, roiske- ja suihkutusvedeltä ja korroosiolta. Lisäksi suojaus kotelon pintaan muodostuvan jään aiheuttamilta vaurioilta.
NEMA 5	Asennus sisätiloihin, suojaa putoavalta lialta, ilmassa olevalta ja laskeutuvalta pölyltä sekä tippuvilta ei-syövyttäviltä nesteiltä.
NEMA 6	Asennus sisä- tai ulkotiloihin, suojaa putoavalta lialta, ruiskutusvedeltä ja veden sisäänpääsystä tilapäisen rajoitettuun syvyyteen osittain upottamisen aikana. Lisäksi suojaus kotelon pintaan muodostuvan jään aiheuttamilta vaurioilta.
NEMA 6P	Asennus sisä- tai ulkotiloihin, suojaa ruiskutusvedeltä ja veden sisäänpääsystä pitkäaikaisen rajoitettuun syvyyteen upottamisen aikana. Lisäksi suojaus kotelon pintaan muodostuvan jään aiheuttamilta vaurioilta.
NEMA 12	Asennus sisätiloihin, suojaa putoavalta lialta, pyörteiseltä pölyltä sekä tippuvilta ei-syövyttäviltä nesteiltä.
NEMA 13	Asennus sisätiloihin, suojaa pölyltä, putoavalta lialta, ruiskutusvedeltä ja öljyltä sekä ei-syövyttäviltä jäädytysnesteiltä.