



Instrumentoinnin urakointiohje prosessiteollisuudessa

Leevi Ripatti

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

RIPATTI, LEEVI:
Instrumentoinnin urakointiohje prosessiteollisuudessa

Opinnäytetyö 42 sivua
Toukokuu 2023

Opinnäytetyö on toteutettu yhteistyössä DC Works Finland Oy:n kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena on toimia työhön perehdyttävänä ohjeena prosessiteollisuuden instrumentointiin uusille työntekijöille. Yhtä lailla se toimii oppaana kokeneille alan tekijöille hyvien asennustapojen muistiin palauttamiseksi. Se voi auttaa myös alan suunnittelijoita ymmärtämään joitain asennusteknisiä asioita asentajan näkökulmasta.

Ohjeeseen koottu tieto on kerätty pääosin haastattelemalla alan kokeneita asentajia ja toimihenkilöitä. Osittain ohje perustuu prosessiteollisuuden toimijoiden asennusstandardeihin, joiden ohjeistusta on tuotu yleisemmälle tasolle. Lisäksi osa ohjeen kohdista perustuu SESKO ry:n standardeihin.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi ohjeistus hyvistä asennuskäytännöistä prosessiteollisuuden instrumentointiin. Ohje tarjoaa lukijalle peruskäsityksen alan hyvistä asennustavoista ja teollisuusautomaatiojärjestelmän teoreettisesta toiminnasta. Tarpeen vaatiessa ohjeeseen on myös helppo palata ja etsiä selkeän sisällysluettelon avulla tietoa ja mallikuvia oikeaoppisista asennuksista.

Lopputuloksena ohje on varsin laaja ja onnistunut yhteenveto instrumentoinnin asennusteknisistä asioista. Vastaavia ohjeita ei aiemmin juurikaan ole ollut. Alan toimijat voisivat jatkossa käyttää kyseistä ohjetta esimerkiksi pohjana, jota voi jatkokehittää omannäköiseksi lisäämällä siihen uutta tietoa ja uusia kuvia.

Asiasanat: urakointiohje, prosessiteollisuus, instrumentointi, ohjausjärjestelmä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Systems

RIPATTI, LEEVI:

Instructions for Instrumentation in the Process Industry

Bachelor's thesis 42 pages

May 2023

This thesis is meant to be a work instruction for a new installer at process automation. Moreover, it can also be used by more experienced installers to re-establish good installation practices. This kind of instruction can also be useful for plant designers. By reading this, it is easier to understand how installers see the installations at the construction site.

The instruction was mainly made by interviewing skilled persons at the site. Some of the information was also obtained from the process industry companies' installation standards and SESKO:ry standards.

The material provides a clear description to readers on what they will work with and how installations should be done. Process automation and its control systems are also discussed from a theoretical viewpoint.

As a result, the instruction is very comprehensive and successful. There are very few instructions just for installations in process automation. In future, automation companies could use this thesis as a basis for their instructions.

Key words: instruction, induction, process automation, control systems

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TEOLLISUUSAUTOMAATIO	6
2.1	Automaatio teollisuudessa	6
2.2	Hajautettu ohjausjärjestelmä	7
2.2.1	Järjestelmän rakenne	7
2.2.2	Järjestelmän tiedonsiirto	8
2.2.3	Valvomotaso	9
2.2.4	Automaatiotaso	10
2.2.5	Kenttätaso	10
2.2.6	Safety Instrumented System, SIS	11
3	INSTRUMENTOINTIURAKOINTI	13
3.1	Standardit ja lähteet	13
3.2	Dokumentit	13
3.3	Räjähdysvaaralliset alueet	14
3.4	Mekaaniset asennukset	14
3.4.1	Kaappi-/koteloasennukset	15
3.4.2	Kaapelireitit	16
3.5	Kenttälaiteasennukset	18
3.5.1	Kenttälaitteet	19
3.5.2	Pienputkitus	23
3.5.3	Prosessiliitännät	25
3.6	Kaapelointi	26
3.6.1	Runkokaapelointi	29
3.6.2	Kenttälaitekaapelointi	29
3.7	Kytkenät	30
3.7.1	Kenttäkoteloiden ja järjestelmäkaappien kytkenät	32
3.7.2	Kenttälaitekytkenät	34
3.8	Käyttönottomittaukset	36
3.9	Urakoitsijan asennustarkastukset	38
3.9.1	I/O Piirikoestus	38
3.9.2	Toiminalliset testi	38
3.9.3	Varmennustarkastukset	39
4	POHDINTA	40
	LÄHTEET	41

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö toteutetaan DC Works Finland Oy:lle, joka on suomalainen instrumenttiurakointiin erikoistunut yritys. Monet alan työntekijät niin asentaja kuin toimihenkilöpuolelta ovat ajan saatossa toivoneet selkeää työohjetta, joka opastaisi ja kertoisi mitä alalla tehdään. Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda työohje, jota voidaan käyttää työhön tulevan henkilön perehdyttämiseen. Lisäksi ohjetta voisi käyttää oppaana ja pohjana, josta alan yleisimmät asiat löytyisivät, eikä niitä tarvitsisi enää arvuutella ja etsiä internetistä epämääräisistä lähteistä.

Tavoitteena on havainnollistaa uudelle työntekijälle, ja miksei kokeneemmallekin, instrumentointiurakoinnin työvaiheet prosessiteollisuudessa. Lisäksi ohjeessa pyritään tuomaan yleisellä tasolla esille hajautetun ohjausjärjestelmän teoreettinen toimintatapa, johon asennukset pohjautuvat.

Ohje ottaa kantaa siihen, mitä instrumentoinnin eri työvaiheissa tapahtuu ja kuinka ne tulisi suorittaa hyvien asennustapojen mukaisesti niin turvallisella kuin räjähdysvaarallisella alueella. Se antaa lähtökohdat jokaiseen instrumentoinnin osa-alueeseen, josta lukijan on hyvä lähteä kehittämään itseään. Sisällysluettelo on pyritty pitämään mahdollisen selkeänä, jotta lukijan olisi helppo palata etsimään tietoa haluamastaan aiheesta.

Ohje ei käsittele prosessiteollisuuden parissa tai ylipäätään työmaalla työskenteilyn yleisiä tai turvallisuuteen liittyviä asioita. Oletuksena on, että lukijalla on jo jonkinlainen tausta rakennusalan parissa ja kyky ymmärtää yleisellä tasolla, miten työmailla toimitaan ja mitä rakentaminen on.

Ymmärrys järjestelmän teoreettisesta toiminnasta helpottaa huomattavasti sen fyysistä rakentamista kentällä. Se myös antaa suuntaa vikatilanteiden sattuessa, mikä helpottaa niiden kuntoon saamista. Kunnollinen työohje voi myös auttaa työnjohtoa organisoimaan työntekoa mahdollisimman tehokkaaksi, jotta turhilta viivästyksiltä ja turhautumisilta pystyttäisiin välttymään.

2 TEOLLISUUSAUTOMAATIO

Tässä luvussa käsitellään automaatiota teollisuudessa yleisellä tasolla ja pureudutaan varsinkin hajautetun ohjausjärjestelmän toteutustyyliin, jolla suurin osa nykypäivän teollisuuslaitoksista toteutetaan (Electricaltechnology 2016). Lukijalle pyritään avaamaan järjestelmän rakennetta, sekä mitä sen eri tasoilla tapahtuu teoriassa.

Hajautettu ohjausjärjestelmä voi kuulostaa sanana varsin hankalalta, mutta loppujen lopuksi järjestelmän toteutus on varsin selkeä ja helppo ymmärtää varsinkin urakoinnin näkökulmasta.

2.1 Automaatio teollisuudessa

Teollisuudessa automaatiojärjestelmä on pitkään mielletty järjestelmäksi, joka automatisoi ennen vanhaan ihmisen manuaalisesti suorittaman operaation. Nykypäivänä asiaa ei kuitenkaan voida enää näin yksinkertaisesti selittää, sillä automaatiojärjestelmä on myös paljon muuta. Nykyaikainen automaatiojärjestelmä hallitsee ja kerää tietoa prosessista niin luotettavasti ja tarkasti, ettei ihminen siihen edes pystyisi. Nykyisten järjestelmien ansiosta automaatiolla onkin mahdollista toteuttaa toimintoja, joista ennen ei osattu edes haaveilla. (Suomen automaatioseura 2010)

Teollisuusautomaatio voidaan jakaa kahteen eri osaan, jotka ovat prosessiautomaatio ja kappaletavara-automaatio. Prosessiautomaatiota käytetään prosessiteollisuudessa eli kemian- ja petrokemian laitoksissa. Lisäksi suuri osa metsä-, metalli-, vuori-, lääke- ja elintarviketeollisuudesta hyödyntää prosessiautomaatiojärjestelmiä. Prosessiteollisuus on siis teollisuutta, joka keskittyy virtaavien aineiden käsittelyyn, joita ovat erilaiset nesteet, kaasut, jauheet ja lietteet. (Hiltunen n.d.)

Opinnäytetyö on tehty prosessiautomaation näkökulmasta ja sen pohjana on käytetty varsinkin petrokemian ja metsäteollisuuden laitosympäristöjä.

2.2 Hajautettu ohjausjärjestelmä

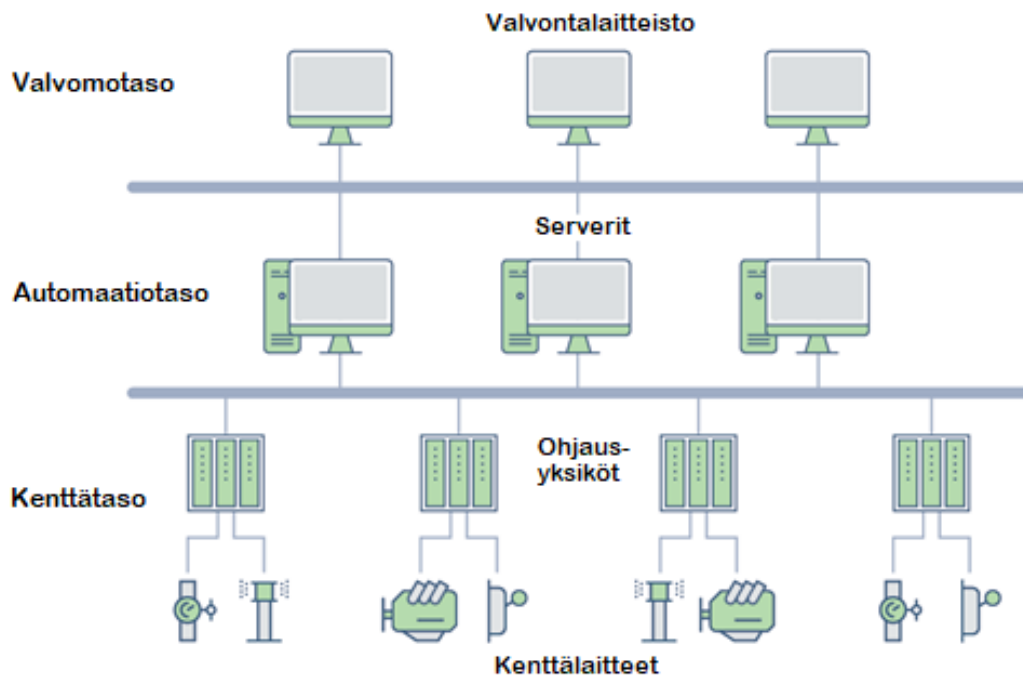
Prosessiteollisuudessa automaatiojärjestelmän toteutustyyliä on muutamia, joista yksi käytetyimmistä on hajautettu ohjausjärjestelmä tai tunnetummin Distributed Control System, DCS (Suomen automaatioseura 2010). Kyseinen toteutustyyli on yleistynyt lähiaikoina paljon yhä kehittyvimpien ja vaativampien kenttälaitteiden ja kenttäväylien takia.

Hajautetun rakenteensa vuoksi järjestelmän on havaittu parantavan sen luotettavuutta, tehokkuutta sekä turvallisuutta huomattavasti. Järjestelmän toteutuksen pohjaideana nimensä mukaisesti onkin sen hajauttaminen pienemmiksi alakokonaisuuksiksi ympäri tuotantolaitosta. Alakokonaisuudet ohjaavat useita yksittäisiä prosesseja, joilla on omat ohjausyksikkönsä. Näin ne pystyvät jatkamaan toimintaansa, vaikka jokin osa prosessista kaatuisi. Tätä kaikkea yhdistää vielä yhteinen valvontataso, josta pystytään seuraamaan koko järjestelmää. (Electricaltechnology 2016)

2.2.1 Järjestelmän rakenne

Hajautettu ohjausjärjestelmä voidaan jakaa yleisimmin kolmeen eri päätasoon. Tasoina toimivat valvomotaso, automaatiotaso ja kenttätaso (kuva 1). Tasoja yhdistää tiedonsiirtojärjestelmä, joka siirtää dataa tasojen välillä. (Electricaltechnology 2016)

Esimerkki hajautetusta ohjausjärjestelmästä



KUVA 1. Esimerkki hajautetun ohjausjärjestelmän rakenteesta.

Varsinkin prosessiteollisuudessa ohjausjärjestelmän rakenne voi sisältää myös turvainstrumenttijärjestelmän turvallisuutta parantamaan. Turvainstrumenttijärjestelmä tunnetaan paremmin käsitteen Safety Instrumented System, SIS kautta (Sommer 2018).

2.2.2 Järjestelmän tiedonsiirto

Hajautetun ohjausjärjestelmän tiedonsiirto tapahtuu sille tarkoitettua teollisuus-tiedonsiirtoverkkoa käyttäen, mikä toimii samalla koko järjestelmän selkärankana (Electricaltechnology 2016). Verkko eroaa tavallisesta toimistoverkosta sen luotettavuuden ja viiveettömyyden avulla hyvin ankarissakin olosuhteissa. Verkon komponentteina on käytetty teollisuusympäristöön soveltuvia liittimiä ja kaapeleita, jotka muun muassa kestävät paremmin ulkoisia häiriöitä ja häirtatekijöitä. Liittimet eivät välttämättä ole tavallisia RJ45 liittimiä vaan paremmin lukittautuvia ja sinetöityjä. Kaapelit ovat paremmin mekaanisesti suojattuja ja niiden häiriönsuojataso on suurempi. Myös järjestelmän vasteajat ovat suuressa roolissa, sillä toisin kuin toimistoverkossa, lähetetyn ja vastaanotetun datan on siirryttävä joka ikinen kerta ja viiveettömästi. Jos näin ei olisi, seuraukset olisivat paljon pahemmat kuin toimistoverkoissa. (Analog Devices 2018)

Hajautetun ohjausjärjestelmän tiedonsiirtoverkko voidaan toteuttaa myös paikallisena lähiverkkona (LAN), joka on tarkoitettu pelkästään kyseisen järjestelmän tarpeisiin. Lähiverkko voi olla yhdistetty laajaverkkoon (WAN), joka yhdistää laitoksen yrityksen palveluihin. Esimerkkejä yleisimmin käytetyistä verkoista ovat Ethernet, DeviceNet, Modbus, ControlNet ja niin edelleen. Itse kaapelointi voidaan toteuttaa kierrettyllä parikaapelilla, koaksiaalikaapelilla tai optisella kuidulla. Verkko voi olla myös täysin langaton. (Electricaltechnology 2016)

Valvomotaso (luku 2.2.3) käsittelee jatkuvasti todella suurta määrää dataa. Kyseinen data on joko jatkuvasti käytössä tai sen käyttö on hyvin kriittistä ajan suhteen. Tasolla käytetäänkin yleisesti Ethernet laajaverkkoa (WAN), jolla yhdistetään laitossuunnittelun ja hallinnon tiedot itse yrityksen verkkoon. (Electricaltechnology 2016)

Automaatiotasolla (luku 2.2.4) tiedonsiirtoverkolta vaaditaan lyhyitä vasteaikoja, nopeita lähetysaikoja, lyhyitä datan pituuksia ja jatkuvaa kriittisen tiedon käsittelyä. Kyseisellä tasolla käytetään yleisesti lähiverkkoa (LAN). TCP/IP-pohjainen Ethernet-ratkaisu on yleisin tapa yhdistää automaatiotason palvelimet järjestelmän tietokoneisiin. Tasolla voi olla myös kenttäväyliä kuten Profibus ja ControlNet. (Electricaltechnology 2016)

Laitetasolla (luku 2.2.5) tiedonsiirtoverkon pääasia on siirtää dataa antureiden, lähettimien ja ohjausyksiköiden välillä. Tiedonsiirto tapahtuu digitaalisesti, analogisesti tai näiden kahden sekoituksena. Yleisimpiä tapoja ovat 4–20 mA virtaviestit ja sarjaliikenneprotokollat kuten RS232, RS422 ja RS485. Myös kenttäväylät ovat hyvin yleisiä nykypäivänä, niiden käytettävyyden takia. Yleisimpiä kenttäväyliä kyseisellä tasolla ovat esimerkiksi HART, ControlNet, DeviceNet, CAN Bus, Profibus ja Foundation FieldBus. (Electricaltechnology 2016)

2.2.3 Valvomotaso

Valvomotaso on usein yksi keskitetty paikka laitoksella, joka pitää sisällään valvonta-asetat. Valvonta-asetat voivat toimia esimerkiksi tietokoneet, joissa pyörii järjestelmän valvomiseen soveltuva ohjelmisto tai erinäiset pilvipalvelut. (Electricaltechnology 2016)

Nämä asemat keräävät koko automaatiojärjestelmän tiedot yhteen samaan paikkaan, jonka avulla tuotantolaitoksen operaattorit ja henkilökunta pääsevät helposti ohjaamaan ja käsittelemään sitä. Päätteitä voi olla useampia, joista järjestelmää seurataan. Yhdellä näytöllä voi olla samaan aikaan esimerkiksi erilaisia trendiseurantoja, kun taas muilla näytöillä seurataan mahdollisia aktiivisia hälytyksiä ja prosessin parametreja. (Electricaltechnology 2016)

2.2.4 Automaatiotaso

Automaatiotaso pitää sisällään palvelimia ja tietokoneita kerätyn datan säilömiseen ja ohjaamiseen. Yleensä nämä on keskitetty yhteen tai useampaan automaatiotilaan laitoksen koon mukaan. (Anderson 2019)

Palvelimet ovat vastuussa kentältä kerätyn datan ja kentän sekä valvomon välillä siirretyn datan liikkuvuudesta. Tasolla olevien tietokoneiden avulla käyttäjä voi ladata ja hallita projekteja, jotka ohjaavat itse järjestelmää. Tasolla olevat tietokoneet myös arkistovat ja keräävät historiatietoja järjestelmän toimivuudesta. Automaatiotaso siis käytännössä toimii välikätenä valvomotason ja kentän välillä. (Anderson 2019)

2.2.5 Kenttätaso

Kenttätaso koostuu prosessin ohjausyksiköistä, niiden I/O-moduuleista ja kenttälaitteista. Ohjausyksiköt sijaitsevat yleensä automaatiotilassa yhdessä automaatiotason laitteiden kanssa. I/O-moduulit tai kenttälaitteiden kytkentäpaikat ovat sijoitettu itse kentälle lähelle kenttälaitteita. (Anderson 2019)

Ohjausyksiköiden tehtävänä on prosessoida niiden saama data ja lähettää se eteenpäin automaatiotason palvelimille tai vastaavasti toteuttaa palvelimilta saatu data ja ohjata se kenttälaitteille. I/O-moduulit toimivat liityntäpisteenä kenttälaitteiden ja ohjausyksiköiden välillä. (Anderson 2019)

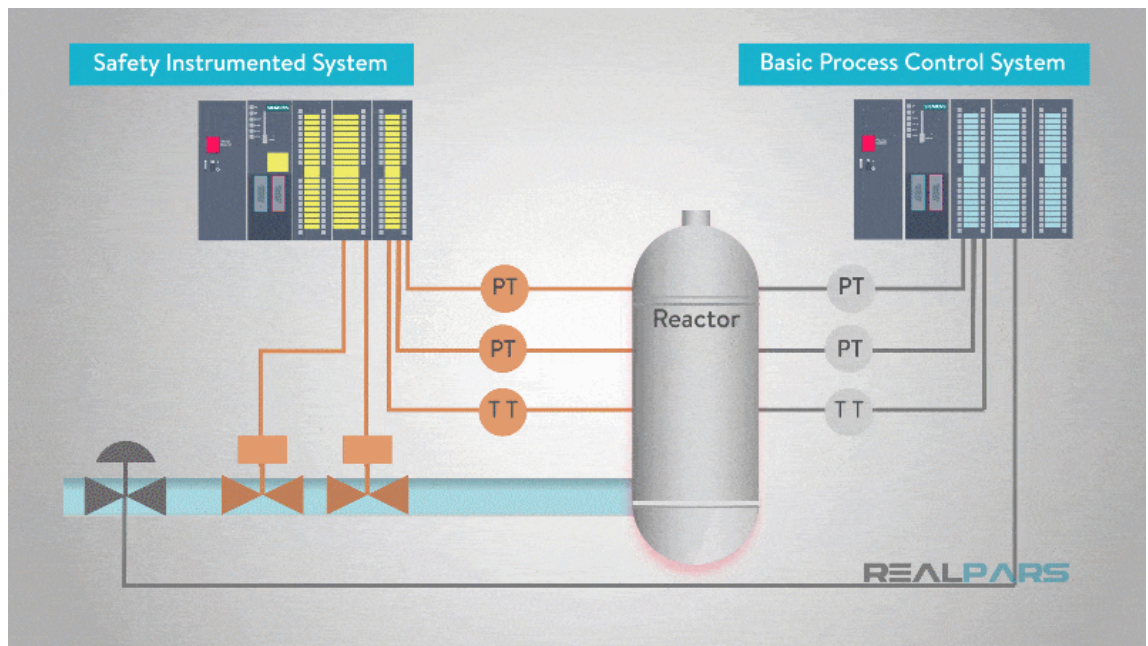
Kenttälaitteita ovat erilaiset mitta- ja toimilaitteet. Mittalaitteet ovat mittaavan osan eli anturin ja lähettävän osan eli lähettimen yhdistelmä. Anturin mittaama data on

usein muille laitteille vaikeasti luettavaa, joten lähetin muuntaa sen standardimuotoiseksi, esimerkiksi analogiseksi tasavirtasignaaliiksi. Toimilaitteet koostuvat toimimoottorista ja toimielimestä. Niillä voidaan ohjata prosessia käyttäjän haluamalla tavalla. Esimerkiksi venttiilit muuttavat putkistoissa virtaavan aineen virtausta tai säiliön lämmitysvastus muuttaa säiliön lämpötilaa. Nykyisin edellä mainitut laitteet voivat sisältää oman prosessorinsa, joka tekee niistä niin sanottuja älykkäitä kenttälaitteita. Kyseiset laitteet voivat prosessoida keräämäänsä dataa itsenäisesti ja hallita jotain prosessin osaa. Ne pystyvät myös kommunikoimaan muiden laitteiden kanssa, jotka voivat olla kytkettynä yhteisessä kenttäväylässä. (Hiltunen n.d.)

2.2.6 Safety Instrumented System, SIS

Turvainstrumenttijärjestelmä on varsinaisen ohjausjärjestelmän rinnalle rakennettu erillinen järjestelmä, joka valvoo ja ohjaa yksittäisiä prosessin kohtia. Nämä prosessin kohdat ovat yleensä turvallisuudelle kriittisimpiä ja tärkeimpiä saada ajettua turvalliseen tilaan jonkun asian mennessä vikaan.

Järjestelmä koostuu siis erillisistä prosessin ohjausyksiköistä ja kenttälaitteista, joiden on tarkoitus toimia ennakoivasti, jos ne aistivat, että prosessi on ajautumassa vaaralliseen vikatilaan (kuva 2). Prosessin kohdasta, joka vaatii erillistä turvajärjestelmää, luodaan suunnitteluvaiheessa riskienarviointi. Arvioinnin perusteella siihen valikoidaan sopivat laitteet ja laitemäärät. Riskialttein kohta voi muun muassa vaatia yhden kenttälaitteen sijasta jopa kolmea rinnakkain, millä varmistetaan, että todennäköisesti edes yksi niistä toimii vikatilanteen tapahtuessa. (Sommer 2018)



KUVA 2. Turvainstrumenttijärjestelmä ohjausjärjestelmän rinnalla (Sommer 2018).

Esimerkki tällaisesta varsinaisen ohjausjärjestelmän rinnalle asennettavasta järjestelmästä on Hima Groupin valmista HIMatrix. Järjestelmä toimii siis täysin itsenäisesti ja ohjaa vain sen perässä olevia laitteita, jotka vastaavat prosessin pysymisestä turvallisena. Pääideana on, että jos varsinaisessa ohjausjärjestelmässä tapahtuu jokin vakava häiriö, jatkaa turvajärjestelmä silti toimintaansa. (HIMA n.d.)

Kyseinen turvallisuusjärjestelmä on silti mahdollista integroida valvonnan ja ohjauksen puolesta esimerkiksi Valmetin DNA-järjestelmään, joka ohjaa laitoksen muuta laitteistoa. Integrointi tapahtuu esimerkiksi Modbus RTU:n, Modbus TCP:n tai SafeEthernetin avulla. (HIMA n.d.)

3 INSTRUMENTOINTIURAKOINTI

Prosessiteollisuudessa instrumentointiurakointi käsittää työt automaatiojärjestelmän parissa aina valvontatasolta kenttätasolle. Urakointi kyseisessä työssä vaatii paljon ammattitaitoa. Tämä kappale käsittelee näitä työlle ja ammattitaidolle asetettuja vaatimuksia. Prosessiteollisuudessa eri laitoksilla on myös usein räjähdysvaarallisia tiloja tai alueita. Näitä alueita kutsutaan ATEX-alueiksi ja niissä asennustavat yleensä poikkeavat turvallisten alueiden asennuksista. ATEX-alueiden asennustavat on pyritty myös avaamaan työkohtaisesti.

Kappaleessa ohjeistetaan instrumentoinnin eri osa-alueiden suorittaminen hyvien asennustapojen mukaisesti. Kunkin yläotsikon alla on kuvattu yleisesti urakoinnissa huomioitavat asiat ja alaotsikoiden alla aihetta on syvennetty.

3.1 Standardit ja lähteet

Ohjeistus perustuu eri teollisuuslaitosten asennusstandardien määrittelemiін tapoihin, hyväksi havaittuihin tapoihin ja vuosien saatossa vakiintuneisiin asennustapoihin. Hyväksi havaitut ja vakiintuneet tavat on saatu haastatteleamalla alan kokeneita asentajia ja esihenkilöitä. Osana ohjeen pohjaa on käytetty muun muassa Metsä Groupin S50 instrumentoinnin asennusstandardia ja Neste Oyj spesifikaatioita K-122 ja K134. Räjähdysvaarallisista tiloista kertovat kohdat pohjautuvat osittain räjähdysvaarallisten tilojen standardeihin SFS-EN 60079-14:2015 + AC2016, sekä standardiin SFS-EN 60079-17:2014. Sähköasennuksiin liittyvät asiat pohjautuvat SFS6000-sarjaan ja näistä on oma viittaus ohjeen kohdassa, joka kyseistä asiaa käsittelee.

3.2 Dokumentit

Urakoinnissa suurin osa työtehtävistä pohjautuu asiakkaan toimittamiin dokumentteihin, joiden pohjalta itse työtä aletaan tekemään. Nämä dokumentit yleensä pitävät sisällään muun muassa asiakkaan luoman instrumentoinnin asennusstandardin. Kyseinen standardi ei siis ole yleinen standardi, vaan laitos-

tai projektikohtainen. Se määrittelee, kuinka asennukset tulee tehdä kyseisellä laitoksella. Lisäksi asennusta auttavia dokumentteja ovat laitoksen pohjapiirustukset, kaapelinvetolistat, piirikaaviot ja laitteiden asennustyyppikuvat.

3.3 Räjähdyksivaaralliset alueet

Tärkein asia urakoinnin kannalta laitoksella, joka tulee sisältämään räjähdysvaarallisia alueita, on ymmärtää luonnostaan vaarattomien piirien (Exi) ja ei luonnostaan vaarattomien piirien (ei-Exi) eroavaisuus. Parhaiten Exi-piirin tunnistaa sen sinisestä väristä. Piirissä käytettävän kaapelin ja esimerkiksi kenttäkoteloiden kilvet ovat sinisiä. Lisäksi Exi-piirin voi tunnistaa piirin kenttälaitteesta, jos laite on räjähdysuojusrakenteeltaan juuri Exi. Muiden piirien kaapelit ovat muun värisiä, yleisesti mustia ja niiden kenttälaitteissa oleva ATEX-merkintä viittaa muuhun räjähdysuojusrakenteeseen, kuten Exe tai Exd. Kappaleessa 3.5.1 kerrotaan laitteiden ATEX-merkinnöistä.

Merkittävimmät huomioitavat asiat ATEX-alueiden parissa työskennellessä on mainittu aina kunkin kappaleen viimeisenä asiana luettavuuden helpottamiseksi.

Näitä kappaleita ovat

- 3.4.2 Kaapelireitit
- 3.5.1 Kenttälaitteet
- 3.6 Kaapelointi
- 3.7 Kytkenät
- 3.8 Käyttöönottomittaukset

3.4 Mekaaniset asennukset

Mekaaniset asennukset ovat yksi laajin kokonaisuus instrumenttiurakoinnissa. Tämän takia asioita, joita asentajan on hyvä tietää, on valtava määrä. Tässä kappaleessa on esitetty asiat, jotka olisi hyvä tiedostaa instrumentoinnin näkökulmasta. Mekaaniset työt pitävät sisällään niin järjestelmäkaappien ja kytkentäkoteloiden paikalleen asentamisen kuin kaapelireittien teon aina runkohyllyreiteiltä kenttälaitteille. Lisäksi mekaaniseksi työksi voidaan laskea kenttälaitteasennukset ja niiden pienputkitus, mutta tämä käsitellään kokonaan omana kappaleenaan.

Yksi keskeisimmistä asioista mekaanisissa asennuksissa on ymmärtää eri materiaalien ja materiaalien pinnoitteiden käyttötarkoitukset. Yleisimmin käytetyt metalliosat ovat aina sinkkipäällysteisiä tai ruostumattomia (Taulukko 1). Sinkkaus on toteutettu joko upottamalla metalliosa kuumaan sinkkiin (kuumasinkkaus) tai metalliosa on päällystetty sinkillä sähköllä avustaen (sähkösinkkaus). Yleinen nyrkkisääntö tähän on, että kuumasinkittyjä osia käytetään ulkona ja märissä tiloissa ja sähkösinkittyjä osia sisätiloissa ja kuivissa olosuhteissa. Jos asennettavien osien sinkkaus pääsee katkeamaan (esimerkiksi katkaistaessa hyllyä) on sinkkausta jatkettava sinkkimaalilla. Muita mahdollisesti käytettäviä osia ovat ruostumattomasta teräksestä tai haponkestävästä teräksestä valmistetut osat. Näitä käytetään silloin, jos asennusympäristö niin vaatii. Huomioitavaa on myös, ettei eri materiaaleja tulisi koskaan sekoittaa asentaessa keskenään, koska niiden välille syntyy sähköpari. Ajan saatossa osat syövät toisiaan ja alkavat ruostumaan.

TAULUKKO 1. Yleisimmät käytettävät materiaalit ja niiden tunnistustapoja.

Materiaali	Lyhenne	Standardi	Magneettisuus
Kuumasinkitty teräs	HDG		Kyllä
Sähkösinkitty teräs	Zn/EG		Kyllä
Ruostumaton teräs	RST	EN 1.4301 ja AISI 304	Ei
Matalahiilinen ruostumaton teräs	RST	EN 1.4306 ja AISI 304 L	Ei
Haponkestävä teräs	HST	EN 1.4401 ja AISI 316	Ei
Matalahiilinen haponkestävä teräs	HST	EN 1.4404 ja AISI 316 L	Ei

3.4.1 Kaappi-/koteloasennukset

Mekaaniset työt aloitetaan usein järjestelmäkaappien, ristikytkentäkaappien sekä kenttäkoteloiden paikalleen haalaamisella ja asentamisella. Automaatiotilaan asennettavat järjestelmäkaapit ovat yleisesti painavia, sekä kentällä sijaitsevat kenttäkotelot voivat olla hyvinkin vaikeissa paikoissa sijainnillisesti, joten paikalleen haalauksen suunnittelu on tehtävä huolella.

Kaapit ja kotelot asennetaan paikoilleen joko suoraan seinään tai lattiaan kiinnittämällä. Asentamiseen saatetaan myös käyttää niille tarkoitettuja omia asennusjalkoja tai -kiskoja (kuva 3). Kaappeihin tai koteloihin ei myöskään tule koskaan tehdä lupaa kysymättä minkäänlaisia muutoksia kuten uusia läpivientireikiä. ATEX-luokiteltuihin koteloihin ei tule koskaan tehdä minkäänlaisia mekaanisia muutoksia.



KUVA 3. Kenttäkotelokäppä asennusjalkoilla.

3.4.2 Kaapelireitit

Useimmiten laitoksen runkohyllyreitit eivät kuulu instrumentointiurakkaan. Instrumentointiurakoitsijan tehtäväksi jää kaapelireitti runkohyllyltä kenttälaitteille. Näitä kaapelireittejä kutsutaan pistohyllyiksi tai pistoiksi kenttälaitteelle. Pistot koostuvat yleisimmin tikashyllyistä (kuva 4), lankahyllyistä ja suoja-putkista.

tarpeeksi tilaa riippuen sen paksuudesta. Eristyksen voi ensihätään päätellä prosessiputken kannakkeen korkeudesta. Myös prosessiputkissa olevien venttiilien juuret tulisi pitää täysin vapaina niiden eristekoteloinnin takia. Kotelointi vaatii vielä tuplasti enemmän tilaa eristykseen verrattuna. Varsinkin petrokemian laitoksissa korkeiden kolonnien ja säiliöiden kylkeen jotain kiinnitettäessä on huomiotava säiliöiden lämpölaajeneminen, joka tapahtuu varsinkin pituus suunnassa. Tällöin kaapelireittiä ei voi tehdä yhtenäisenä kiinteään ja kolonnin pintaan vaan se tulee aina katkaista ennen säiliötä, jottei lämpölaajeneminen revi sitä hajalle.

Suojaputkiasennuksia tehdessä on muistettava pyöristää putken pää aina kun putkea joudutaan katkaisemaan. Tällä varaudutaan siihen, että suojaputki ei pääse ajan saatossa hankaamaan kaapelia vasten ja rikkomaan kaapelin suoja-kuorta. Teollisuuden suojaputkituksissa käytetään usein niin sanottuja avomutkia. Putkeen ei taivuteta 90 asteen mutkaa vaan tehdään sama osuus kahdella suoralla putkella ja avomutkalla. Tämä on usein jopa suositeltavaa. Jos putkeen joudutaan tekemään 90 asteen mutka, on putken ulkosyrjään tehtävä vesireikä, josta vesi pääsee valumaan ulos eikä kertymään putken sisälle. Ilman vesireikää voi vesi jäätyessään rikkoa kaapelin.

ATEX-alueilla kenttälaitteiden mahdollisille apujännitekaapeleille (230 V) on tehtävä oma kaapelihylly koko piirin matkalle. Luonnostaan vaarattomien piirien (Exi) kaapeleille on tehtävä aina oma pistohylly. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista. Tällaisissa tapauksissa on huolehdittava, että Exi-piirin kaapeleiden välillä on >300 mm ilmaväli muihin kaapeleihin tai niiden välille on toteutettu mekaaninen erotus. Mekaaninen erotus voidaan tehdä esimerkiksi kaapelihyllyyn asennettavalla erotuslevyllä.

3.5 Kenttälaitteasennukset

Kenttälaitteasennukset koostuvat itse laitteen asentamisesta, pienputkituksesta ja mahdollisista laippa- sekä prosessitaskuliitoksista. Instrumentoinnissa urakoitsijalle kuuluu yleisesti kaikkien muiden paitsi niin sanottujen inline-laitteiden eli putkilinjassa olevien laitteiden asennukset. Näihin lukeutuvia laitteita ovat esimerkiksi suuret venttiilit ja erilaiset inline-mittauksista ja ne asentaa putkiurakoitsija.

Tämä on kuitenkin laitoskohtaista ja joissain kohteissa myös osa inline mittauksista kuuluu instrumenttiurakoitsijan asennettavaksi. Asennettavista laitteista on kerrottu seuraavassa kappaleessa.

3.5.1 Kenttälaitteet

Asennettavia laitteita on monenlaisia, mutta yleisimpiä ovat lämpötila-, paine- ja pinnanmittaukset antureineen ja lähettimineen, analysaattorit, haistelijat ja äänisekä merkkihälyttimet. Kuvassa 5 on tyypillinen lähetin, joka mittaa putkilinjan painetta impulssiputken avulla.



KUVA 5. Impulssiputkitettava lähetin 2-tie venttiilillä painemittaukselle.

Kenttälaitteita asennettaessa asentajan tulee perehtyä asennustyyppikuviin, jotka kuvaavat, kuinka laite tulee asentaa. Joskus laitteille tulee tehdä erilaisia

tuentoja ja mekanisme (kuva 6). Nämä on esitetty juuri asennustyyppikuvissa. Jos asennustyyppikuvista ei selviä kaikki olennainen on seuraavaksi perehdyttävä laitevalmistajan kuviin, jotka usein tulevat itse laitteen mukana. Jos näin ei kuitenkaan ole, löytyy valtaosa laitteiden asennusohjeista internetistä etsimällä laitteen valmistajan ja mallin mukaan. Joidenkin laitteiden mukana tulee myös laitteen kalibrointitodistus tai muita sertifikaatteja. Nämä ovat äärimmäisen tärkeä muistaa ottaa säilöön ja toimittaa työnjohdolle, eikä niitä missään tapauksessa saa heittää pois.



KUVA 6. Mekanismi varoaltan pinnanmittauksen säädölle.

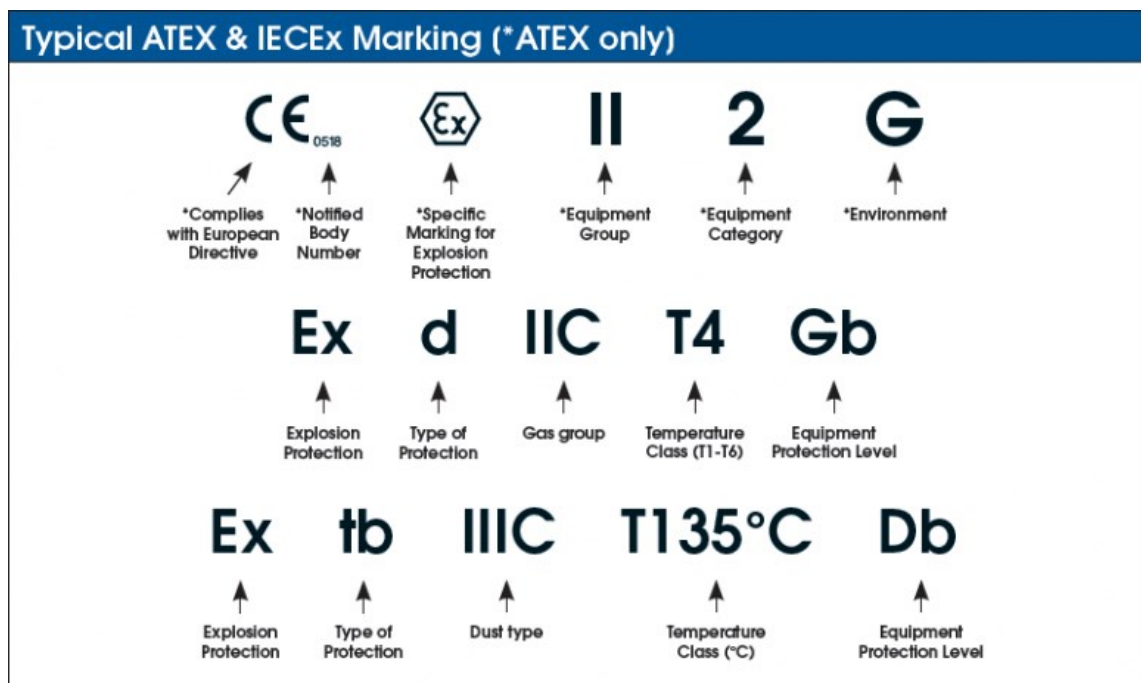
Kenttälaiteasennuksissa tulee ymmärtää laitteen prosessitunnuksen selitys. Taulukossa 2 on esitetty, kuinka prosessitunnus muodostuu. Taulukko on suuntaa antava ja se voi vaihdella laitoskohtaisesti. Prosessitunnukset ovat myös yleensä englanniksi. Esimerkiksi prosessitunnus FT on Flow Transmitter eli virtauslähetin.

TAULUKKO 2. Koodin purku prosessilaitetunnuksille.

	Ensimmäinen kirjain Mittaussuure	Lisämäärite	Seuraava kirjain Toiminta
A			Hälytys
B			Audiovisuaalinen toiminta
C			Säätö
D	Tiheys	Ero	
E	Kaikki sähkösuureet		Anturitoiminta
F	Virtaus, -virta	Suhde	
G	Pituus, asento		Paikallinäyttö
H	Käsiohjaus	Korkea	
I			Osoitus
J		Jaksoittainen toiminta	
K	Aika tai aikaohjaus		
L	Pinnan korkeus	Matala	
M	Kosteus		
N	Käyttäjän valittavissa		Käyttäjän valittavissa
O	Käyttäjän valittavissa		
P	Paine		Näytteen otto
Q	Laatu/analyysi Väkevyys, Johtavuus	Integroiva tai sum- maava laskenta	Yhdistäminen tai sum- maaminen
R	Ydinsäteily		Piirto
S	Nopeus taajuus		KytKentätoiminta
T	Lämpötila		Lähetintöiminta
U	Monimuuttuja		Monitoiminta
V	Viskositeetti		Venttiili, toimiyksikkö
W	Paino, Voima		
X	Määrittelemättömät suureet		Määrittelemättömät toi- minnat
Y	Käyttäjän valittavissa		Laskentatoiminta
Z			Hätä- tai turvatoiminta (lu- kitus)

Asennettaessa kenttälaitteita ATEX-alueelle on asentajan oltava tietoinen minkä piiriin ja minkä räjähdys-suojusrakenteen laitteen kanssa hän on tekemisissä. Piirien tunnistamisesta on kerrottu kappaleessa 3.3. Rakenne selviää laitteesta olevasta tyyppikilvestä.

Jos laitteessa ei ole kuvan 7 mukaisia ATEX-merkintöjä ei sitä saa missään tapauksessa asentaa räjähdysvaaralliselle alueelle. Kuitenkin pois lukien Exi-piiriin asennettavat yksinkertaiset laitteet, jotka täyttävät standardin IEC 60079-11 vaatimukset ovat riippumattomia räjähdys-suojaustasosta. Näihin laitteisiin lukeutuu esimerkiksi kytkimet ja jakorasiat, eikä niitä voi merkitä normaalilla ATEX-merkinnällä (SFS-EN 60079-14, 84–85).

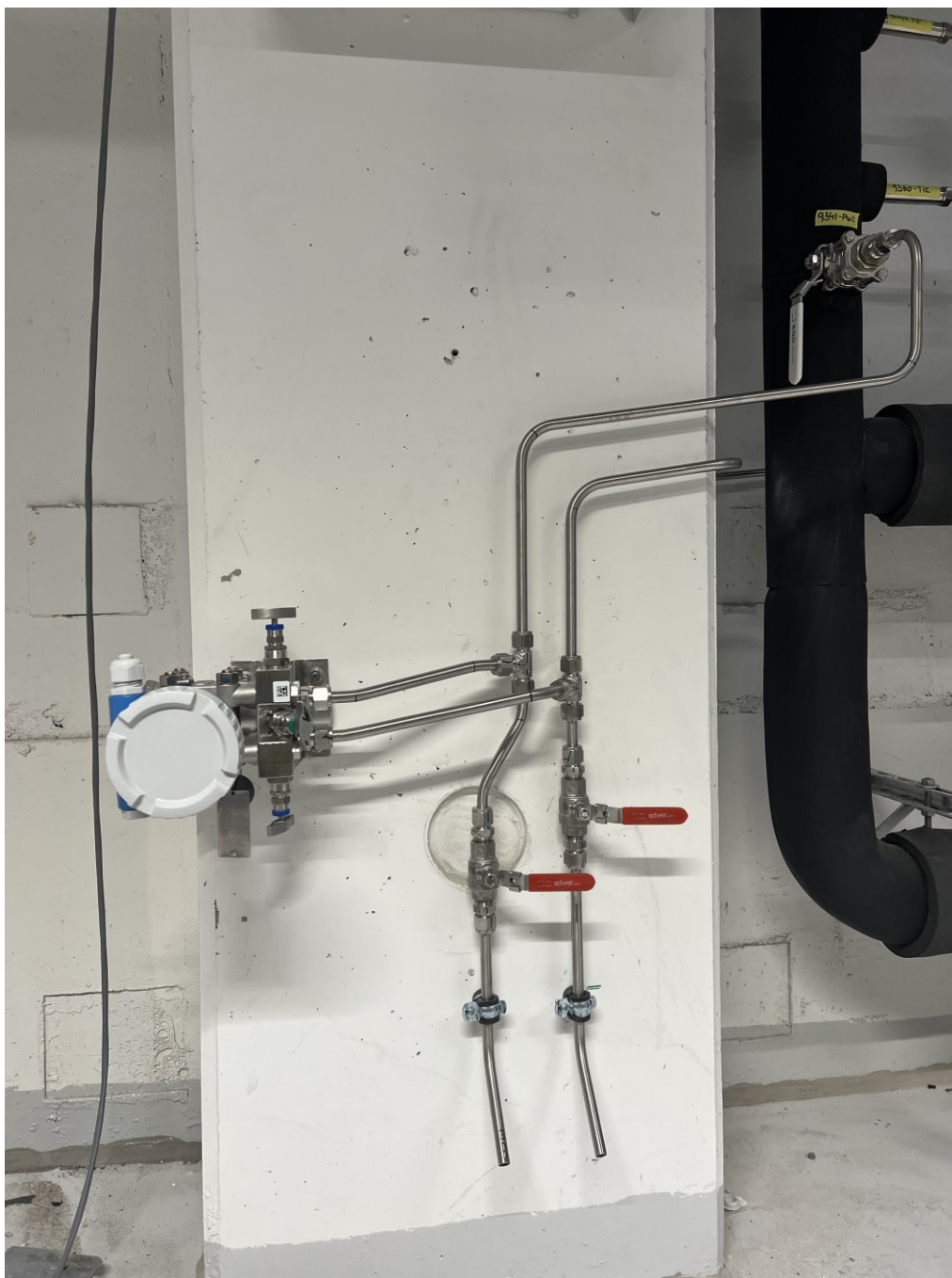


KUVA 7. Laitteiden ATEX-merkinnät (Sinclair 2017).

ATEX-tyyppikilpi kertoo laitteen räjähdys-suojusrakenteen tyyppin, mikä on asenusteknisesti tärkein tieto ymmärtää. Yleisimpiä räjähdys-suojusrakenteita ovat Exe, Exi, Exn ja Exd.

3.5.2 Pienputkitus

Instrumentoinnissa pienputkitus koostuu ilma- ja impulssiputkituksesta. Yleisimmät putkikoot, joita käsitellään ovat halkaisijaltaan 12 mm ja 15 mm. Kuitenkin tapauskohtaisesti putkikoot vaihtelevat aina 6 mm – 18 mm välillä. Pienputkittajan on osattava putkien taivutus, sekä helmiliittimien oikeaoppinen käyttö, joka on liitinvalmistajakohtaista (kuva 8).

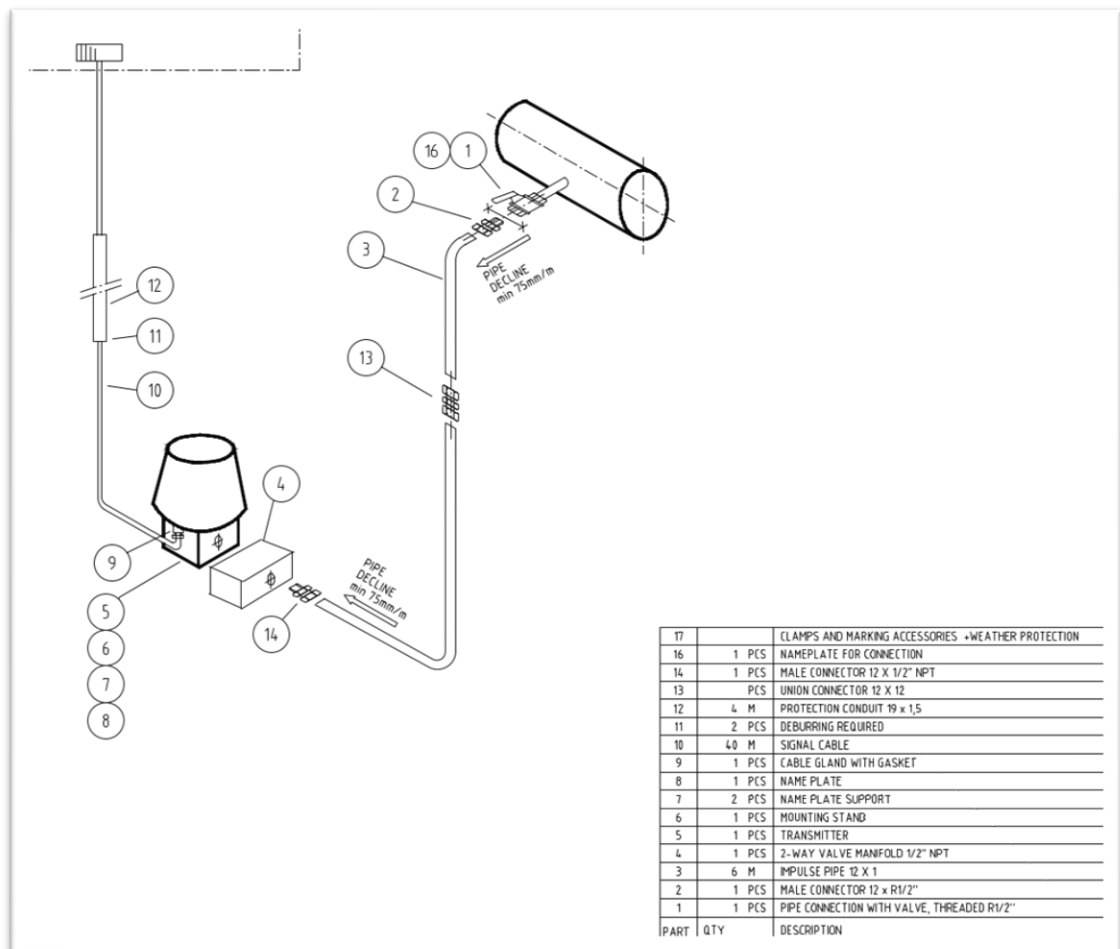


KUVA 8. Paine-erolähetin 12 mm putkella, helmiliittimillä ja ulospuhallutuksella.

Ilmalinjat tehdään niin kenttäkoteloille kuin erilaisille pneumaattisille venttiileille. Kenttäkoteloissa sijaitsee yleensä jakotukki, jossa on ilmaa ohjaavat magneetti-venttiilit tai suorat lähdöt.

Impulssiputkitus on työnä samanlaista kuin ilmalinjojen teko, koska se tehdään samoista osista. Impulssiputki siirtää putkilinjassa kulkevan esimerkiksi nesteessä vallitsevan paineen lähettimeen, joka taas lähettää tiedon eteenpäin järjestelmälle. Tästä syystä asentajan on tiedettävä mitä hän on tekemässä, sillä erilaiset asennustekniset asiat vaikuttavat mittauksen toimintaan.

Neste- tai höyrylinjaa putkittaessa on huomioitava, että lähetin tulee yhteen alapuolelle ja putken minimi kaato on 75 mm/m (kuva 9). Jos mitattava aine on kaasua (pois lukien höyry) on lähetin putkitettava yhteen yläpuolelle. Minimi kaato on tässäkin tapauksessa 75 mm/m. Hyvänä muistisääntönä on, että neste valuu alaspäin ja kaasut nousevat ylöspäin.



KUVA 9. Yleinen tyypikuva lähettimen impulssiputkittamisesta nestelinjassa.

Putkitettaessa on myös otettava huomioon, että varsinkin ulkotiloissa impulssi-putkelle on yleensä suunniteltu saattolämmitys ja eristys. Tällöin putkea kannakoidessa on eristykselle jätettävä tarpeeksi tilaa. Impulssiputkilinjojen helmiliittimissä tulee käyttää kierretiivistettä, joka samalla lukitsee kierteen. Helmiliittimen kiristyksen yleissääntönä voidaan pitää sormikireydestä avaimella käännettynä yksi ja yksi neljäsosa kierrosta, kuitenkin aina liittimen valmistajan ohjeita noudattaen. Mikäli liitin joudutaan avaamaan kiristyksen jälkeen, tulee se uudelleen kiristää hieman enemmän kääntäen kuin ensimmäisellä kerralla.

Laitoksesta ja tilaajasta riippuen impulssiputkille on voitu suunnitella oma koeponnistus esimerkiksi tyypellä. Koeponnistus suoritetaan laitosohjeiden mukaisella tavalla ja se tehdään varmistuakseen siitä, että putket ovat tiiviitä jokaisesta liitoskohdasta. Koeponnistuksen paineena käytetään yleensä hieman suurempaa, esimerkiksi 1,4 kertaista painetta, kuin laitteen suunnitellut ylä- ja alaraja paineet.

3.5.3 Prosessiliitännät

Instrumentoinnissa osa kenttälaitteista asennetaan suoraan prosessiin myös instrumentointiurakoitsijan toimesta. Yleisimmät prosessiliitostavat ovat laippaliitos tai kierreltiitos prosessitaskuun.

Laippaliitännöissä asentajan tulee huomioida oikeiden pulttien, aluslevyjen, muttereiden ja tiivisteiden käyttö. Käytettävät kiinnitysmateriaalit ja kiristysmomentit määräytyvät laipan koon ja prosessiliitännän mukaan. Kiristäessä liitosta momenttiavaimella, on avain palautettava nolla-asetuksiin käytön jälkeen. Avainta ei saa säilöä sen ollessa momentissa.

Yleisimmin käytettäviä tiivisteitä ovat spiraalitiivisteet, grafiitti tiivisteet ja PTFE-tiivisteet (kuva 10). Käytettävä tiiviste tulee valita laitoksen määräysten tai mahdollisen tiivistelistan mukaan. Kenttälaitteen ja prosessiliitoksen väliin tulevan tiivisteiden tyyppiin vaikuttaa muun muassa säiliön tai putkiston paineluokka ja lämpötila. Huomioitavia asioita tiivisteissä on, ettei grafiitti tiivistettä tulisi koskaan käyttää uudelleen laipan jo kertaalleen oltua momentissa. Kiristettäessä laippojen

pultteja, tulee niihin lisätä kiinnileikkautumisen estävää rasvaa, joka lisää asennuksen käyttöikä. Aluslevyissäkin on eroja, osassa aluslevyn toinen puoli on siileä ja toinen karhea. Tällöin karhea puoli tulee laittaa mutteria tai pulttia vasten. Muttereissa on huomioitava, että mutterissa oleva stanssaus jää aina näkyvälle puolelle, eikä esimerkiksi laippaa vasten.



KUVA 10. Spiraali-, grafiittitiivite- ja PTFE-tiiviste (teknoma.fi).

Kierrettävissä prosessitaskuliitännöissä yleisimmät kierretyypit ovat G-, R- ja NPT-kierteet. G- ja R-kierteet ovat eurooppalaisen standardin mukaan valmistettuja ja NPT-kierteet amerikkalaisen standardin mukaan. Riippuen asennettavan laitteen valmistusmaasta voi kierteen tyyppi siis vaihdella. Asennettaessa kentälaitetta on asiasta oltava tietoinen, sillä muun muassa NPT ja uros R-kierre, jotka ovat malliltaan kartioita, vaativat tiivistykseen kierrettiivistettä eli tunnetummin kierreliimaa. Kierretyyppi on mainittu kentälaitteen tyyppikuvissa, asennusohjeessa tai laitteessa itsessään. Usein laitteiden mukana tulee vielä erillinen pohjatiiviste, jota on muistettava käyttää. Varsinkin suorakierre eli G-kierre vaatii tiivistykseen liitin tyyppistä riippuen pohjatiivisteen tai O-rengas tiivisteen.

3.6 Kaapelointi

Kaapelointi on urakkavaiheista yksi aikaa vievimmistä töistä ja se kestää koko projektin ajan. Kaapelointi koostuu pääsääntöisesti runkokaapeloinnista ja kentälaittekaapeloinnista. Kaapelointi kuulostaa hyvin yksinkertaiselta asialta, mutta siihenkin on ajansaatossa rutinoitunut monia hyväksi havaittuja tapoja.

Kaapelin kumpikin pää nimetään huolellisesti käyttäen siihen tarkoitettua merkkasteippiä ja permanenttitussia (kuva 11). Teippiin kirjoitetaan positio mistä ja

mihin kaapeli vedetään. Positiot selviävät kaapelinvetolistasta. Kaapeloitaessa on huomioitava kunkin kaapelin käsittelylämpötila, joka yleisesti on minimissään -15 °C. Teollisuuden kohteet sisältävät paljon paikkoja, jotka ovat ulkona sään armoilla. Tämän takia kaikki kaapelin päät tulee teipata umpeen vedon loppuksi (kuva 11). Tällä estetään veden pääsy kaapelin sisälle. Lisäksi itse merkkausteippi on suojattava erillisellä kirkkaalla teipillä, jos on vaarana, että kaapeli pääsee olemaan kauan ulkona märissä olosuhteissa. Jokaisesta kaapelista kirjataan ylös sen vetopituus ja toimitetaan eteenpäin esimerkiksi ryhmän kärke miehelle tai työnjohdolle.



KUVA 11. Kaapelinpäiden suojaus ja merkintä.

Teollisuuskohteissa kaapelointi pyritään aina toteuttamaan mahdollisimman siististi. Niin runko- kuin kenttälaitekaapeloinnissakin signaali- ja jännitekaapelit tulee pitää erillään vetämällä ne omille hyllyilleen. Kaapeloitaessa hyllyjen risteäviä kohtia tai poistuttaessa hyllyltä, kaapelit tulee viedä aina alakautta pois hyllyltä (kuva 12). Näin vältetään seuraavien vedettävien kaapelien hankaaminen ja mahdollinen kaapelivaipan rikkoutuminen. Hypättäessä esimerkiksi vaakahyllyltä pystyhyllylle, on pidettävä huoli, ettei mutka mene tukkoon. Kaapelin tulee kulkea kaapelihyllyn ulkolaidasta ulkolaitaan ja sisälaidasta sisälaitaan.

Kaapelit tulee sitoa hyllyille siisteissä neljän kaapelin nipuissa tai mattona riip-puen tilan määrästä. Vaakahyllyissä sidonta voi olla harvemmin välein (esimer-kiksi 3 metriä), mutta pystyhyllyissä sidonta tulee toteuttaa hyllyn joka toiseen pienaan. Pystyhyllyissä sidonta tulee toteuttaa kaarikiinnikkeillä.



KUVA 12. Oikeaoppisesti toteutettu kaapelointi.

ATEX-alueilla luonnostaan vaarattomien piirien (Exi) kaapelointi tulee aina toteut-taa sinivaippaisella kaapelilla. Kaapeloinnin on kuljettava koko matka aina kent-tälaitteelle asti omalla hyllyllään erossa muista piireistä ja sähkönsyöttökaape-leista. Exi-piirin ja muiden piirien kaapeleiden välillä on aina toteuduttava vähin-tään 300 mm ilmaväli tai muu mekaaninen suojaus (kappale 3.4.2).

3.6.1 Runkokaapelointi

Runkokaapelointi tapahtuu automaatiotilan tai ristikytkentätilan ja kenttäkoteloiden välillä. Se on samalla myös yksi raskaimmista vaiheista kaapeleiden pituuden ja koon vuoksi. Runkokaapelit ovat yleisesti prosessiteollisuudessa 12–64 parisia kuparijohdinkaapeleita. Uudemmissa laitoksissa runkokaapelointi on voitu toteuttaa käyttäen optista kuitua, mikä helpottaa runkokaapelointia urakkavaiheena huomattavasti.

Runkokaapeloinnin yhteydessä vedetään myös mahdolliset apujännitekaapelit sähkötilasta kenttäkoteloille. Nämä kaapelit ovat tyypillisesti yksi- tai kolmevaiheisia kuparikaapeleita riippuen vetomitasta ja asennusolosuhteista.

3.6.2 Kenttälaitekaapelointi

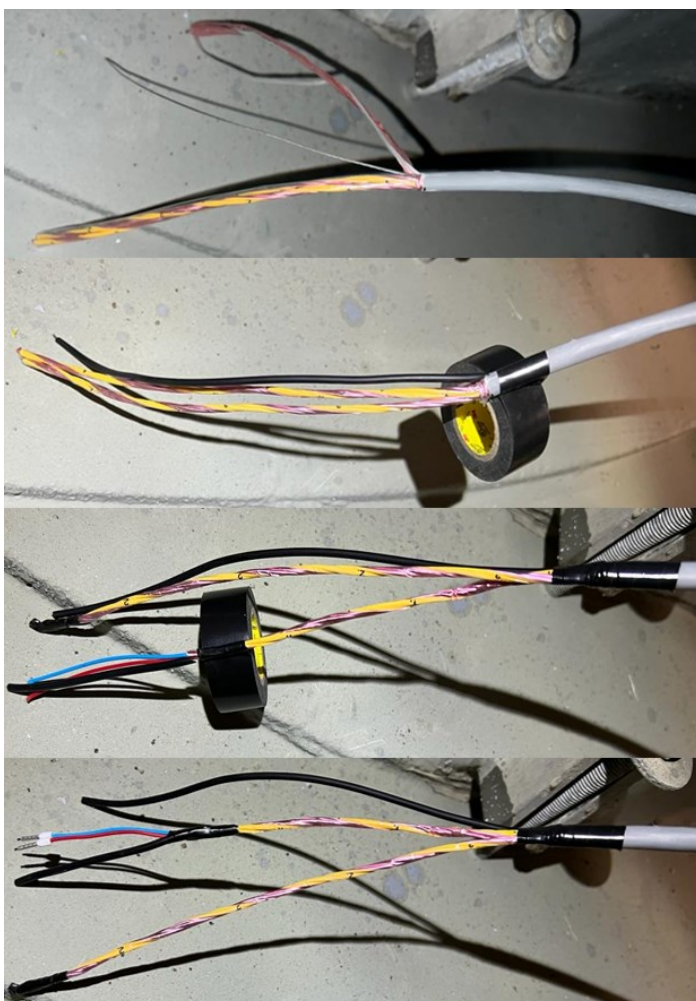
Kenttälaitekaapelointi on yleisenä käsitteenä kenttäkotelolta aina kenttälaitteille tapahtuvaa kaapelointia, joka koostuu niin signaalikaapeleista, apujännitekaapeleista kuin ilmaletkuista. Vaikka signaali- ja apujännitekaapelit tulee pitää aina erillään toisistaan ja mieluiten omilla hyllyillään se ei aina ole täysin mahdollista kenttälaitteiden päässä. Tämä johtuu kenttälaitteiden sijoitteluista, jotka voivat olla usein sijoitettu hyvinkin hankaliin paikkoihin. Jos laitteelle pääsyssä täytyy käyttää yhtä samaa reittiä, on varmistuttava, että kaapelit kulkevat erillään toisistaan riittävällä ilmavälillä.

Kenttälaitekaapelointia tehdään usein ennen kuin kaapelireitit itse kenttälaitteille ovat täysin valmiit. Tästä syystä kaapeloijan on arvioitava kenttälaitteen päähän jätettävän kaapelin pituus huolella, ettei kaapeli ole liian lyhyt kaapelireitin valmistuttua laitteelle. Hyvänä esimerkkinä voidaan pitää pinnanmittausantureiden kaapelointia. Säiliöihin tulevat anturit ovat usein pitkiä ja niille on tästä syystä jätettävä ylimääräistä kaapelia vähintään niiden pituuden verran, joka voi olla jopa 4 metriä. Kenttälaitekaapeloinnissa on myös huomioitava mahdolliset lämpölaajenemat. Varsinkin petrokemian laitoksissa kenttälaitteet voivat sijaita korkeiden säiliöiden/kolonniin kyljessä, jotka lämpölaajenevat. Tämän takia, kun kaapeli vedetään kiinteästä pinnasta kolonniin kylkeen, on siihen jätettävä tarpeeksi ylimääräistä kaapelia, ettei se katkea tapahtuvan lämpölaajenemisen aikana.

3.7 Kytkenät

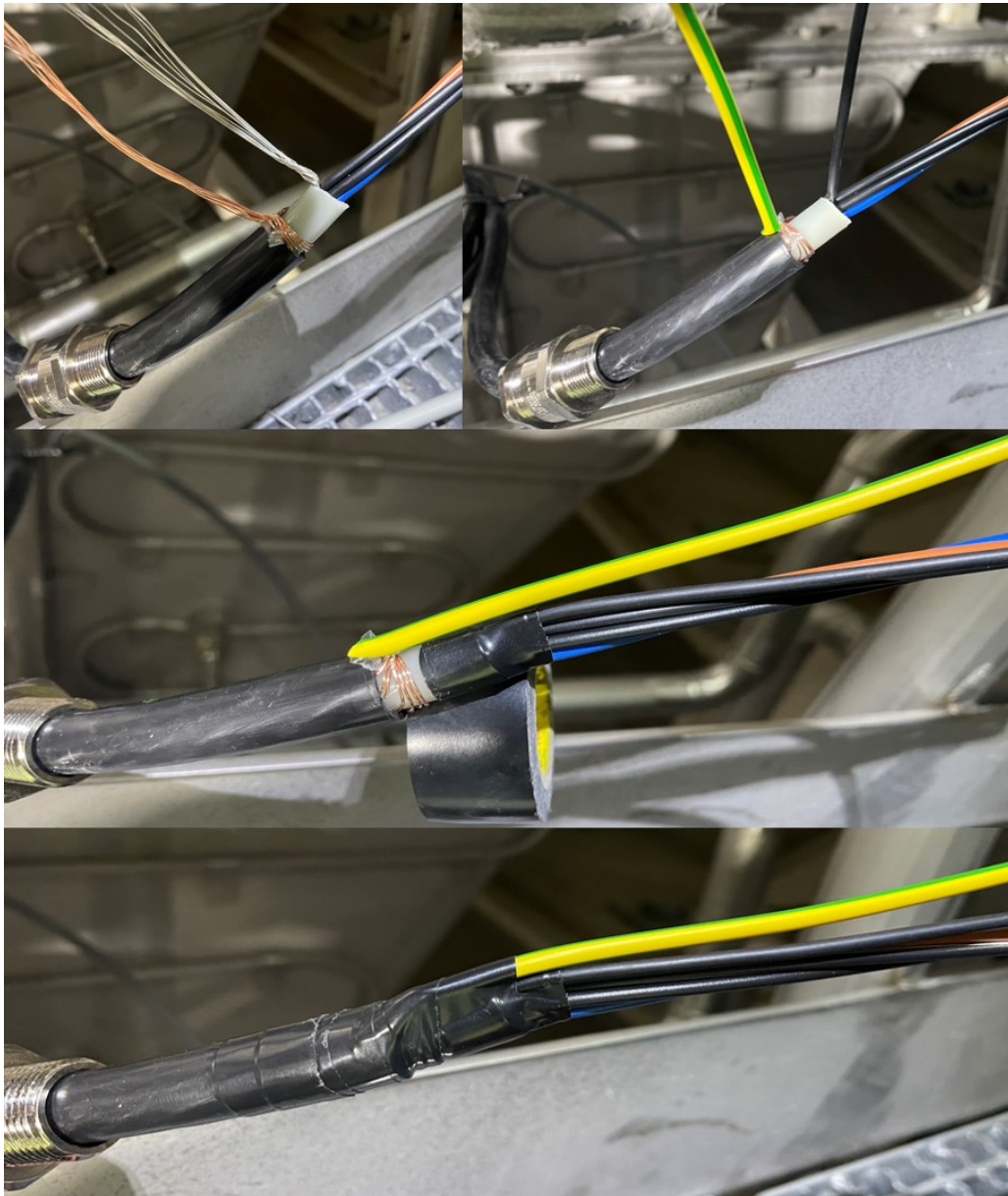
Kaapeleiden kytkennät voidaan jakaa kahteen eri osioon, jotka ovat kenttäkoteloiden sekä järjestelmäkaappien kytkennät ja kenttälaitteiden kytkennät. Instrumentoinnissa kaikkia kenttälaitteita ei ohjata pelkästään sähköisen signaalin avulla, vaan osa venttiileistä voi olla pneumaattisia. Tällöin niitä ohjataan instrumentti-ilman avulla. Kytkennät koostuvat siis kaapeleiden ja letkujen kytkennöistä.

Erityisesti on huomioitava kaapelinpään valmistelu kytkentää varten. Oikeaoppinen teippaus, päteholkitus sekä häiriösuojajohtimen sukitus on toteuduttava, jotta kytkennän käyttöikä voidaan maksimoida ja mahdolliset virheet poissulkea. Yleisimpiä käytettäviä instrumentointikaapeleita ovat KJAAM ja MACM. KJAAM kaapelissa parin punainen johdin on positiivinen ja sininen johdin negatiivinen. Lisäksi kaapelissa on häiriönsuojajohdin ja parin häiriösuojajohdin (kuva 13).



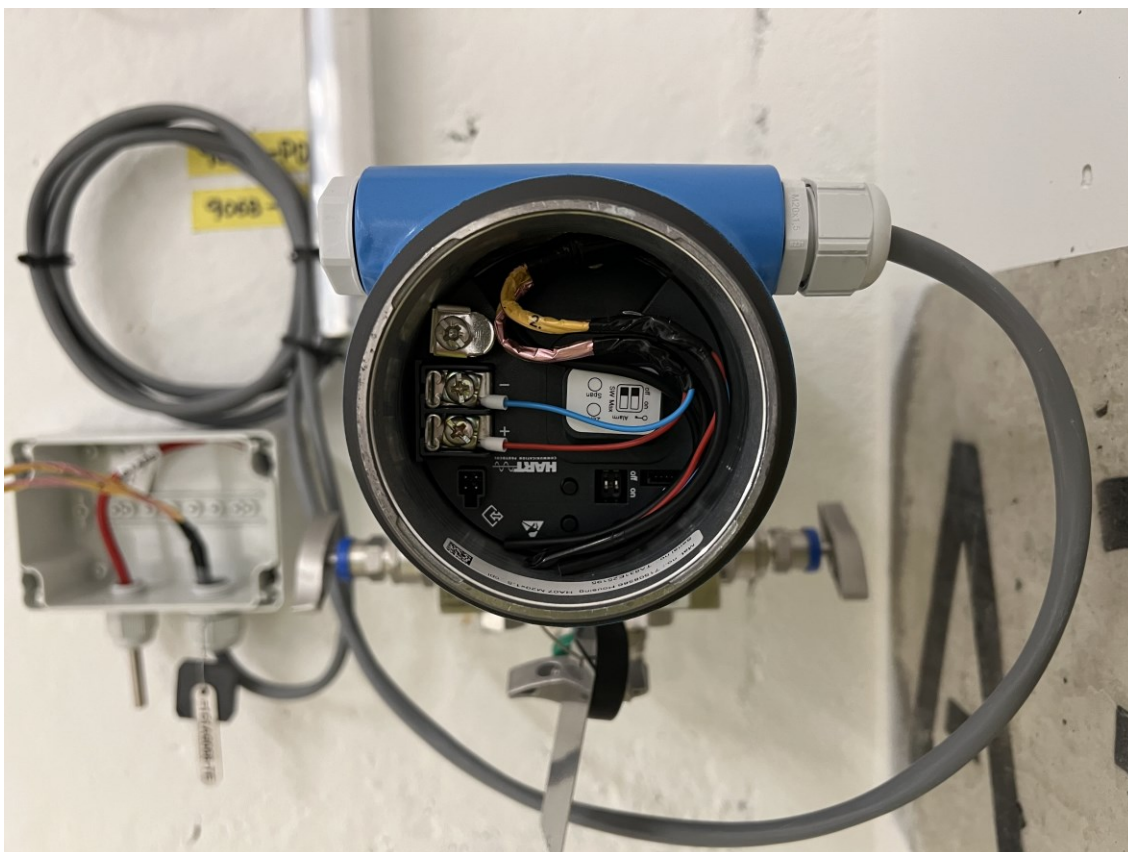
KUVA 13. KJAAM kaapelin oikeaoppinen valmistelu.

MACM kaapelissa musta johdin on positiivinen ja sininen negatiivinen. Lisäksi siinä on konsentrisen maajohdin, joka kiertää kaapelin sisävaippaa. On erityisen tärkeää valmistella kaapelinpää oikein ennen kytkentää, ettei konsentrisen maajohdin ja häiriönsuojajohdin pääse kosketuksiin keskenään (kuva 13).



KUVA 14. MACM kaapelin oikeaoppinen valmistelu.

Kaapeleiden johtimien kytketään aina joko ruuvi- tai jousiliittimiin. Ruuviliittimiin kytkettäessä on monisäikeiset johtimet päätettävä pääteholkkeihin (kuva 15). Jousiliittimissä pääteholkkeja ei tule käyttää. Myös holkkitiivisteiden kierteen tyyppi on varmistettava, että se on yhtenevä kytkettävän laitteen kanssa. Yleisimmät käytettävät kierretyypit ovat kaapeliläpivienneissä M, PG, G-, R- ja NPT-kierteet.



KUVA 15. Paine-ero lähettimen kytkentä.

Kytettäessä kaapeleita ATEX-alueella, kytkijän tulee olla tietoinen, mikä räjähdys-suojusrakenne kytkettävällä laitteella on (kappale 3.3). Laitteiden kyljessä on ATEX-standardin mukainen stanssaus, josta selviää, onko laitteen suojausrakenne esimerkiksi Exi vai Exd (kuva 7). Merkittävin ero tulee laitteiden kaapeliläpivienneissä eli holkkitiivisteissä, joiden tulee olla kyseiselle laitteelle sopivia. Holkkitiivisteessä on oltava laitetta vastaava stanssaus (kappale 3.5.1), eli esimerkiksi Exd-laitteelle Exd-tyyppin holkkitiiviste. Toinen huomioitava asia kytkettäessä varsinkin Exi-piirejä on piirien erotus toisistaan. Kaikissa tilanteissa Exi-piirin ja ei Exi-piirin johtimien välinen ilmaväli tulee olla > 50 mm. Jos kytkettäessä on pelkästään Exi-piirin johtimia, tulee ilmavälin olla > 6 mm.

3.7.1 Kenttäkoteloiden ja järjestelmäkaappien kytkennät

Runkokaapelit kytketään aina kytkentäkoteloon tai järjestelmäkaappiin, jotka ovat kiinteitä asennuksia (kuva 16). Tämän takia kaapeleihin ei tarvitse jättää huoltosilmukkaa. Huoltosilmukan tekemisestä on kerrottu kappaleessa 3.7.2. Vietäessä kaapelit tai mahdolliset letkut kaappien sisälle on niihin jätettävä niin paljon

varaa, että ne yltävät mihin tahansa liittimeen kaapin sisällä. Kytäjän on myös suunniteltava kaapeleiden kytkeminen huolellisesti ennen töiden aloittamista, koska usein kytkettäviä kaapeleita on paljon ja tilaa hyvin vähän. Runkokaapeleiden kytkentä kannattaa toteuttaa liukuhihnatyönä, eli valmistella kaapelit teke-mällä yksi työosuus kerrallaan. Esimerkiksi ensin kaikkien johtimien foliosuojan kuorinta, häiriösuojajohtimien sukitus, johtimien kuorinta ja sitten vasta kytkentä. Johtimet kytketään kytkentäkaavioiden mukaisesti niille osoitetuille paikoille.



KUVA 16. Runkokaapeleiden nousu ja kytkentä järjestelmäkaappiin.

Kaapeleiden häiriösuojajohtimet kytketään jatkuvaksi aina kenttäkotelolta laitoksen päämaadoituskiskolle asti. Näin mahdollinen kaapeliin aiheutuva häiriö siirretään mahdollisimman kauas kenttälaitteista. Kenttälaitteen päässä häiriönsuojajohdin jätetään kelluvaksi. Näin menetellään niin räjähdysvaarallisten kuin turvallisten alueiden kaapeloinnissa. ATEX-alueella kenttälaittekaapelin maadoitusjohdin kytketään kenttäkotelon päässä niin Exi- ja ei-Exi-piirin kaapeleissa. Itse kenttäkotelot ja järjestelmäkaapit kytketään laitoksen maadoituskiskoon erillisellä maadoitusjohtimella. Järjestelmäkaappiin kytketään vielä erillinen häiriönsuojajohdin, joka kaapeloidaan häiriönsuojakiskolle.

3.7.2 Kenttälaittekytkennät

Suurinta osaa kenttälaitteista ei asenneta kiinteästi. Vaan niiden paikka saattaa muuttua vuosien saatossa, kun laitosta huolletaan. Tämän vuoksi niille on jätettävä huoltosilmukka, joka hyvän asennustavan mukaan toteutettaessa on halkaisijaltaan noin kytkijän nyrkin kokoinen ja pituudeltaan noin 500 mm. Kaapeleiden vienti tulee toteuttaa aina alakautta kenttälaitteeseen ja jos tämä ei ole mahdollista on kaapeliin jätettävä ns. hanhenkaula, joka estää veden kertymisen läpivientiin ja mahdollisesti ajan saatossa laitteeseen. Kaapelin johtimet kytketään laitteeseen piirikaavion ohjeiden mukaisesti ja kaapelin pää valmistellaan huolellisesti kytkentää varten (kappale 3.7).

Kenttälaitteen toimintatavan ollessa pneumaattinen on ilmaliitintä asennettaessa huomioitava liittimen kierteen tyyppi. Kierretyypeistä puhutaan enemmän kappaleessa 3.5.3. Aivan kuin prosessiliitännöissäkin, kartiokierteellisten (R ja NPT) liittimien tiiveys tulee toteuttaa lisäämällä liittimien kierteeseen kierrettiivistettä. Ilmalla toimivia kenttälaitteita ovat pääsääntöisesti vain venttiilien toimilaitteet. Venttiiliä ohjattaessa ilmalla auki ja kiinni, on varmistuttava, että ilmaletkut asennetaan toimilaitteen oikeille puolille. Suunnitellusti venttiiliä auki ohjaava ilma kytketään toimilaitteen puolelle, mikä myös ohjaa venttiilin auki. Tämä selviää venttiilin ohjeista tai joskus se on merkattu venttiilin kylkeen. Myös tutkimalla venttiilistä voi havaita toimilaitteen karan asennosta tai erillisestä asennoittimesta.

ATEX-alueiden Exi-piirien kenttälaittekaapelin maadoitusjohdinta ei kytketä vaan se jätetään kelluvaksi laitteen sisään. Exd-piirien kaapeleiden maadoitusjohtimet

kytketään laitteeseen sille tarkoitettuun liittimeen. Myös Exd-laitteen runko tulee maadoittaa erillisellä maadoitusjohtimella. Exi-laitteiden runkoa ei tarvitse maadoittaa, elleivät laiteohjeet sitä vaadi. Häiriönsuojajohtimet jätetään kelluviksi kummankin piirin laitteiden päässä. ATEX-alueiden kaapelien käyttämättömät johtimet tulee aina eristää luotettavasti käyttämällä siihen tarkoitettua päätettä (kuva 17). Pelkkä johtimien päiden teippaus ei riitä (SFS-EN 60079-14, 59).



KUVA 17. Exi-piirin oikeaoppinen kytkentä MACM kaapelilla.

3.8 Käyttöönottomittaukset

Käyttöönottomittauksia ei Sähköturvallisuuslain 43 § mukaan tarvitse tehdä laitteistolle, joka on nimellisjännitteeltään alle 50 V a.c. tai 120 V dc. Tähän lukeutuu suurin osa instrumentoinnin laitteista, jotka ovat joko aktiivisia ja toimivat 24 V dc. apujännitteellä tai passiivisia ja saavat 24 V dc. käyttöjännitteensä itse silmukasta. Kuitenkin jotkin prosessiteollisuuden laitokset edellyttävät omassa asennusstandardissaan, että jokaiselle kaapelille suoritetaan käyttöönottomittaukset.

Käyttöönottomittaukset eli kaapelin suojajohtimen jatkuvuus sekä eristysresistanssimittaus tulee tehdä jokaiselle jännitesyöttökaapelille, jotka ovat nimellisjännitteeltään yli 50 V a.c. tai 120 V dc. Mittauksista tehdään mittauspöytäkirjat. Mittaukset tulisi pyrkiä tekemään kyseisessä järjestyksessä. (SFS 6000-6:2022, 8–15)

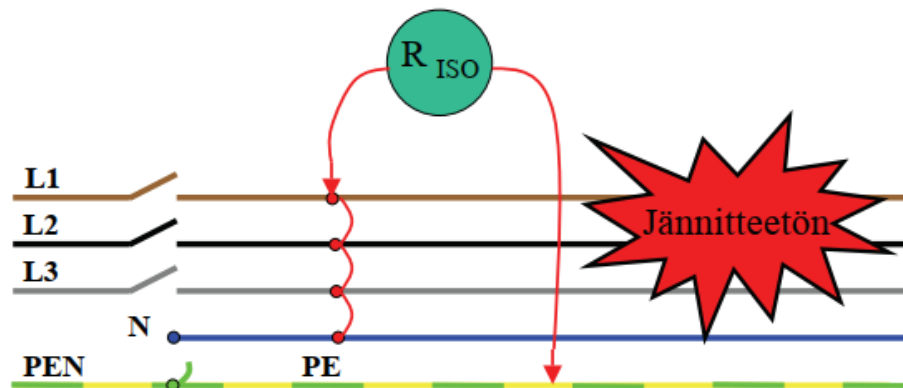
Suojajohtimen jatkuvuus mitataan kaapelityypin mukaan PE-johtimesta ja/tai FE-johtimesta. Mittaus tehdään jännitteettömänä ja vähintään 200 mA virralla. Karkeaa arviointia varten tyypillinen arvo 1,5 mm² kuparijohtimelle noin 0,0115 Ω/m eli 100 metrin kaapelille noin 1,15 Ω. Mitä pienempi johdin poikkipinta-ala on, sitä suurempi on sen resistanssi. (Kauppila & Saarelainen 2018, 21)

Eristysresistanssimittaus mitataan jännitteisten johtimien väliltä sekä jännitteisten johtimien ja maadoitusjohtimien väliltä. Mittaus tehdään jännitteettömänä. Kolmivaiheisissa jännitesyöttökaapeleissa jännitteiset johtimet L1, L2, L3 ja N yhdistetään ja ne mitataan kaapelin PE-johdinta vasten (kuva 19). Yksivaiheisessa syöttökaapelissa L1 ja N johtimet yhdistetään ja ne mitataan kaapelin PE-johdinta vasten. Mittauksen koejännitteenä käytetään kuvan 18 mukaisia arvoja, mitattavan piirin nimellisjännitteestä riippuen. Kuvassa 18 on myös määritelty sallitut minimiarvot mittauksille.

Virtapiirin jännitejärjestelmä tai nimellisjännite	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssin minimiarvo MΩ
SELV ja PELV	250	0,5
Enintään 500 V FELV mukaan luettuna	500	1,0
Yli 500 V	1 000	1,0

KUVA 18. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot (SFS 6000-6:2022, 10).

Signaalikaapeleissa kaapelin jännitteiset johtimet eli niin sanotut parit yhdistetään ja ne mitataan FE-johdinta vasten. Mittaus tehdään 250 V dc. Jännitteellä ja eristysresistanssin pienin sallittu arvo on 0,5 M Ω . (SFS 6000-6:2022, 8–15) Mittaajan on oltava tietoinen, onko kaapelin toinen pää jo kytketty. Tämä on Tärkeää varsinkin räjähdysvaarallisten alueiden kaapeleiden kanssa, koska tehtävä mittaus voi vahingoittaa kenttälaitteita.



KUVA 19. Havainnekuva eristysresistanssimittauksesta (Kauppila & Saarelainen 2018, 26).

Räjähdysvaarallisten alueiden luonnostaan vaarattomien piirien (Exi) kaapelit tulee mitata ja mittauksista tulee tehdä mittauspöytäkirjat. Tehtävät mittaukset ovat suojajohtimen jatkuvuus ja eristysresistanssimittaus. Exi-piirien eristysresistanssi tulee mitata 500 V a.c. tai 700 V dc. jännitteellä. Kaapelin eristysresistanssi tulee olla yli 1,0 M Ω , jos käyttäjä ei ole muuta määritellyt. (SFS-EN 60079-17:2014, 22–24). Muiden laitteiden, kuten Exd tai Exe signaalikaapeleita ei tarvitse mitata. Niiden kanssa menetellään samalla tavalla kuin vaarattoman alueen signaalikaapeleiden kanssa. Kuitenkaan kyseisten kaapelien mittaamisesta ei ole haittaa ja jotkut laitokset asennusstandardissaan määrittelevät sen tehtäväksi.

3.9 Urakoitsijan asennustarkastukset

Urakoinnin lähestyessä loppua aletaan järjestelmälle suorittaa piirikohtaisia I/O-koestuksia, toiminnallisia testejä ja varmennustarkastuksia. Kyseisissä prosesseissa todetaan, että laitteet on asennettu sekä kytketty oikein ja että ne toimivat suunnitelmien mukaisesti aina kentältä DCS-järjestelmän näytölle.

3.9.1 I/O Piirikoestus

I/O-koestus tehdään pareittain niin, että toinen koestaja on DCS-järjestelmän päässä tietokoneella ja urakointiliikkeen edustaja kiertää kenttälaitteiden luona. Kommunikointi tapahtuu radiopuhelimen avulla. Koestusvälineenä toimii kenttälaitteen suunnitellusta toimintatavasta riippuen esimerkiksi HART-kommunkaattori (joka on instrumentoinnissa yleisesti käytettävä tiedonsiirtoprotokolla), milliampeeri simulaattori tai yleismittari. Koestus tehdään simuloimalla kenttälaitteen toimintaa ja todetaan piirin toimivuus aina DCS-järjestelmän näytölle asti. Simuloinnin lisäksi koestaja tarkistaa laitteen viritykset ja laiteposition. Koestuksen yhteydessä tehdään myös mahdollisesti toiminnallisia testejä kenttälaitteen tyypistä riippuen (kappale 3.9.2).

Mikäli laitteiden toiminnassa ilmenee virheitä, erillinen resurssi tulee ne korjamaan, ettei koestustahti hidastu. Poikkeuksena kuitenkin pienet ja selvät asennus- ja kytkentävirheet kuten polariteetin kääntö tai löysät liitokset. Nämä ovat koestajan nopeampi korjata itse, kuin odottaa toisen asentajan saapumista.

3.9.2 Toiminnalliset testit

Toiminnallisissa testeissä koekäyttöjen aikana tai koestuksen yhteydessä tarkastetaan kenttälaitteiden toiminta muutenkin kuin vain simuloimalla piiriä. Esimerkiksi venttiileille tehdään kalibrointiajot sekä niiden ohjaustoimintojen, rajojen ja turvasuuntien toimintaa varmistetaan. Pinnanmittaus antureiden toiminta tarkastetaan esimerkiksi veteen upottamalla. Kenttälaitteille tehdään siis loppusäätö ja mahdollinen uudelleenkalibrointi, jolla varmistetaan laitteiden toimintavalmius loppullista käyttöä varten.

3.9.3 Varmennustarkastukset

Varmennustarkastukset pidetään aina urakassa, joka sisältää sähkölaitteistoja eli käytännössä nimellisjännitteeltään yli 50 V a.c. tai 120 V dc. laitteita ja/tai räjähdysvaarallisen alueen asennuksia. Täysin puhtaassa instrumentointiurakassa, joka toteutetaan ei räjähdysvaaralliselle alueelle, varmennustarkastuksia ei tarvitse pitää. Varmennustarkastuksissa urakoitsija kiertää tilaajan ja kolmannen (tarkastaja) osapuolen kanssa asennukset läpi ja toteaa ne suunnitelmien mukaisiksi ja oikein toteutetuiksi ennen käyttöönottoa ja luovutusta. Varmennustarkastuksissa luovutetaan myös käyttöönottomateriaali tilaajalle, kuten mittauspöytäkirjat kaapeleista ja mahdollisten ATEX-hankintojen dokumentit sekä sertifikaatit.

4 POHDINTA

Opinnäytetyönä luotiin toimiva työohje teollisuusautomaation instrumentointiurakointiin. Alalla ei ole aiemmin ollut helposti löydettävissä ohjeistusta tai perehdytystä urakointipuolelle, vaan uusien työntekijöiden perehdytys on jäänyt kokeneempien asentajien ja työnjohdon harteille. Tämä on muun muassa hidastanut kokeneiden asentajien työskentelyä ja pahimmillaan aiheuttanut selviä asennusvirheitä työmailla, joita on jouduttu korjaamaan jälkeinpäin.

Alan kokeneiden ja vanhojen asentajien työmenetelmät, voivat myös olla jo vanhentuneita tapoja toteuttaa jotkin asennukset. Kunnollinen työohje auttaa koko yritystä pysymään aallon harjalla siinä, kuinka asennukset tulisi toteuttaa. Sillä pystytään myös varmistumaan, että sama tieto kulkee jokaiselle asentajalle ja näin koko yrityksen toiminta olisi yhtenäistä ja asennusjälki samanlaista. Kyseinen opinnäytetyö toimii myös hyvänä työohjelijana tulevaisuudessa, kunhan sitä vain pidetään yllä ja päivitetään säännöllisesti uusilla ja hyväksi havaituilla tiedoilla ja kuvilla.

Työohjeen avulla uudet työntekijät saadaan perehdytettyä jo ennen työmaalle astumista, jolloin heillä on peruskäsitys siitä minkä kanssa ja minkälaisia töitä he tulevat tekemään. Jos jokin asia jää mietityttämään voi ohjeeseen aina palata etsimään ja muistelemaan kuinka asennukset tulee suorittaa. Myös kokeneemat asentajat voivat vertailla omia toimintatapojaan ohjeeseen ja löytää uusia entistä nopeampia tapoja suorittaa työnsä. Sama pätee alan työjohtoon ja suunnittelijoihin, jotka voivat saada ohjeen luettuaan paremman käsityksen siitä, kuinka alan urakoitsijat näkevät asennustekniset asiat kentällä.

LÄHTEET

- Suomen Automaatioseura ry. 2010. Teollisuusautomaation tietoturva. PDF-tiedosto. Luettu 27.12.2022.
<https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/2254/teollisuusautomaationtietoturva.pdf>
- Hiltunen, J. n.d. Prosessiautomaatio. Suomen Automaatioseura ry. PDF-tiedosto. Luettu 16.02.2023.
- Electricaltechnology. 2016. What is Distributed Control System. Verkkosivu. Luettu 28.12.2022.
<https://www.electricaltechnology.org/2016/08/distributed-control-system-dcs.html>
- Electricaltechnology. 2016. An Overview of Industrial Communication Systems & Networks. Verkkosivu. Luettu 28.12.2022
<https://www.electricaltechnology.org/2016/12/industrial-communication-networks-systems.html>
- Anderson, M. 2019. What is DCS. Realpars. Verkkosivu. Luettu 02.01.2023.
<https://realpars.com/dcs/>
- Sommer, S. 2018. What is a safety instrumented system. Realpars. Verkkosivu. Luettu 02.01.2023.
<https://realpars.com/safety-instrumented-system/>
- Analog Devices inc. 2018. What is the difference between ethernet and industrial ethernet. PDF-tiedosto. Luettu 14.02.2023.
<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/tech-articles/what-is-the-difference-between-ethernet-and-industrial-ethernet.pdf>
- HIMA. n.d. Integration Solutions (DCS). Verkkosivu. Luettu 28.02.2023.
<https://www.hima.com/en/industries-solutions/integration-solutions-dcs>
- SFS ry. 2022. SFS 6000-6:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset. PDF-tiedosto. Luettu 23.02.2023.
- SFS ry. 2015. SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen. PDF-tiedosto. Luettu 15.03.2023.
- SFS ry. 2014. SFS-EN 60079-17:2014. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 17: Sähköasennusten tarkastus ja kunnossapito. PDF-tiedosto. Luettu 15.03.2023.
- Metsä Group. 2022. S50 instrumentoinnin asennusstandardi. PDF-tiedosto. Luettu 19.12.2022.
- Neste Oyj. 2011. Kaapelointi ja kytkennät. K-122. PDF-tiedosto. Luettu 16.03.2023

Neste Oyj. 2011. Asennustekniikka. K-134. PDF-tiedosto. Luettu 16.03.2023.

Meka. 2021. Product catalogue. PDF-tiedosto. Luettu 08.02.2023.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta. 20.12.2017/1007. Luettu 14.04.2023
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171007>

Sinclair, R. 2017. The hazardous world of Ex Marking. e-tech. Verkkosivu. Luettu 14.04.2023.
<https://etech.iec.ch/issue/2017-04/the-hazardous-world-of-ex-marking>

Teknoma. n.d. Laippa- ja tasotiivisteet. Verkkosivu. Luettu 15.02.2023.
<https://teknoma.fi/tuotteet/tarvikkeet/tiivisteet/laippa-ja-tasotiivisteet/>

Säköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135. Luettu 15.04.2023
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>

Kauppila, J. & Saarelainen, K. 2018. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. ST-käsikirja 33. Espoo: Sähkötieto ry. Luettu 23.02.2023