



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KATTILALAITOSTEN KAAPELIHYLLY- JA VALAISTUS- JÄRJESTELMIEN TOTEUTUS

TEKIJÄ: Jani Karhunen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Jani Karhunen			
Työn nimi Kattilalaitosten kaapelihylly- ja valaistusjärjestelmien toteutus			
Päiväys	1.1.2015	Sivumäärä/Liitteet	53/3
Ohjaaja(t) Tero Kokko Andritz Oy, Markku Kosunen ja Harri Heikura Savonia-ammattikorkeakoulu			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Andritz Oy Varkaus			
Tiivistelmä			
<p>Varkauden Andritz Oy:lle Pulp and Paper Automationille toteutettu opinnäytetyö antaa taidot suunnittelijalle toteuttaa laadukasta kaapelihylly- ja valaistussuunnittelua kattilalaitoksille. Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin jo valmiiden hyväksi todettujen suunnittelutapojen hyödyntäminen sekä tarvittavien liitetiedostojen kerääminen suunnitteluohjeeksi.</p> <p>Suunnittelun rakenne noudattaa niin kutsuttua elinkaarimallia, jossa on ensimmäisenä esisuunnitteluvaihe ja viimeisenä asennus- ja käyttöönottovaihe. Teollisuuden kattilalaitoksille luotiin riittävän kattava suunnitteluohje kaapelihyllyteiden suunnitteluun, jossa käsiteltiin suunnittelun eri vaiheita ja lisäksi kerättiin tarpeellinen dokumentaatio. Valaistuksesta ja turvavalaistuksesta saatiin kerättyä tarpeelliset tiedot suunnittelua varten ja uudistettua valaistuksen asennustyyppikuvia ja valaisinasennustyyppistandardia.</p> <p>Opinnäytetyössä korostui yhteydenpidon tärkeys eri sidosryhmien välillä suunnittelun edetessä ja valmiiden hyväksi havaittujen tapojen hyödyntäminen suunnittelussa.</p>			
Avainsanat kaapelihylly, valaistus, turvavalaistus, maadoitus			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Jani Karhunen			
Title of Thesis Cable tray and lighting systems installations the implementation of the industrial boiler plant			
Date	1.1.2015	Pages/Appendices	53/3
Supervisor(s) Andritz Oy: Tero Kokko, Savonia University of Applied Sciences: Markku Kosunen and Harri Heikura			
Client Organisation /Partners Andritz Oy Varkaus			
<p>Abstract</p> <p>The thesis carried out in the Varkaus Andritz Oy Pulp and Paper Automation provides the skills for the designer to implement a high-quality cable tray and lighting design of boiler units. The aims were to take advantage of the already proven design methods and to collect the necessary attachments for a design guidance.</p> <p>The design of the structure complies with the so-called the life cycle model. It's first part is the pre-engineering phase and the second part is the final installation and commissioning phase. For industrial boiler plants, it was created a sufficiently comprehensive planning guideline for the design of cable tray which dealt with ways of different stages of planning. In addition, the necessary documentation was collected. The necessary information on the lighting and security lighting was collected for the design and the lighting installation type pictures and lighting installation type standard were revised.</p> <p>The thesis emphasized the importance of both communication between the different stakeholders in the design and planning process and the use of the old proven methods in the designing.</p>			
<p>Keywords cable tray, lighting, safety lighting, grounding</p>			

## ESIPUHE

Opinnäytetyö on toteutettu Varkauden Andritz Oy:lle Pulp and Paper Automation osastolle sisäiseen käyttöön. Opinnäytetyön ohjaajina ja tarkastajina toimi Tero Kokko Andritz Oy Automation osastolta sekä yliopettaja Markku Kosunen ja yliopettaja Harri Heikura Savonia Ammattikorkeakoulusta. Opinnäytetyö on tehty syksyn 2014 aikana.

Kiitokset Andritz Automationin työntekijöille opinnäytetyöhön liittyvästä avusta ja tuesta tehdessäni tätä opinnäytetyötä. Kiitos myös kaikille muille Andritz Oy:n organisaation henkilöstölle, jotka ovat olleet tavalla tai toisella mukana.

Erityiskiitokset haluan esittää ohjaajalle Tero Kokolle innoittavasta ja riittävästä informaation jakamisesta. Arvostan myös suuresti perheeltäni saamaa tukea ja kannustusta opiskelun aikana ja opinnäytetyön toteutuksen aikana, kiitos Sinä.

Varkaudessa 1.1.2015

Jani Karhunen

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

AEI = Automation, Electrification, Instrumentation

ADMS = Andritz Documentation Management System

AutoCAD = Auto Computer-Aided Design

CO = Control cable

C° = celsiusaste

DWG = Drawing

EMI = Electromagnetic Interferences

EMC = Electromagnetic Compatibility

EN = European Standard

HV = High Voltage

IEC = International Electrotechnical Commission

kg = kilogramma

kpl = kappaletta

LV = Low Voltage

MCC = Motor Control Center

MV = Medium Voltage

mm = millimetri

m<sup>2</sup> = neliömetri

NW = Data network cable

PDMS = Plant Design Management System

PSK Standardisointi = PSK Standardisointiyhdistys ry, edistää prosessiteollisuuden standardisointitoimintaa ja laatii alan yhteisiä standardeja.

SFS = Suomen Standardisoimisliitto

SD = Sectional Drive

SI = Signal and communication cable

UPS = Uninterruptible Power Systems

Ajoittainen toimintatapa: normaalin sähkönsyötön vikaantuessa toimivat vain turvavalaistukseen kytketyt lamput.

IP-luokitus: sähköisen laitteen tai kojeen rakenteellinen kyky suojautua vieraita esineitä, pölyä, kosteutta ja vettä vastaan.

IT-maadoitusjärjestelmä:

I = kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta, tai yksi piste on yhdistetty maahan impedanssin kautta

T = jännitteelle alttiit osat on yhdistetty galvaanisesti suoraan maahan riippumatta jakelu-  
järjestelmän maadoitustavasta

Johdin: sähkövirtaa johtamaan tarkoitettu osa.

Johtojärjestelmä: johtimien ja kaapeleiden muodostama kokonaisuus, jossa on osat niiden kiinnitykseen tai suojaamiseen.

Jatkuva toimintatapa: lamput jatkuvajännitteisiä kun valaistusta tai turvavalaistusta tarvitaan.

Kaapelihylly: on vaakasuuntainen kaapeleita tukeva reunallinen rakenne.

Kaapelitikas; Tikashylly: pystysuuntainen tikapuurakenne kaapeleiden asennukseen esimerkiksi nousukuiluissa.

Keskitetyn tehonsyötön järjestelmä: turvalaitteille syöttävä järjestelmä, jolla on erillinen varmennettu tehonsyöttö.

Keskipiste: yhteinen piste kahdelle symmetriselle piirin osalle, joiden vastakkaiset päät ovat kytketty saman piirin eri äärijohtimiin.

Kiinnikkeet: kaapelin kiinnitys kaapelihyllyyn tai kaapelitikkaaseen.

Konsentrinen johdin: on kaapelin vaipassa oleva suojajohdin jossa paljaita hehkutettuja kuparilankoja ja kuparinauhasidos.

Luksi (lx): on valaistusvoimakkuus, tietyn pinnan keskimääräinen valaistusvoimakkuus.

Navisworks: projektin hallintaan ja koordinointiin luotu ohjelmisto jolla yhdistetyn laitoksen PDMS 3D-mallin avulla saadaan tietomallit yhdeksi kokonaisuudeksi.

Sähkötila: tilaan tai alueeseen jonne pääsee vain sähköalan ammattihenkilöt tai opastetut henkilöt.

Nollajohdin: sähköenergian siirtoon pystyvä johdin, kytketään sähköisesti järjestelmän nollapisteseen.

Nollapiste: on maadoitettu keskipiste yksivaihejärjestelmässä, tai yhteinen piste tähtikytkennässä 3-vaihejärjestelmässä.

PEN-johdin: johdin joka on samanaikaisesti nolla- sekä suojamaadoitusjohdin.

Poistumisvalaistus: turvalaistuksen osa, jolla mahdollistetaan turvallinen kulku tilasta ulos.

Poistumisopaste: on poistumistien tunnistamiseen ja merkitsemiseen käytettävä valaisin.

Poistumisreittivalaistus: käytetään poistumisvalaistuksen osana varmistamaan henkilöiden turvallinen poistuminen tilasta.

Riskialttiin työalueen valaistus: käytetään poistumisvalaistuksen osana varmistamaan henkilöiden turvallisuus vaarallisten prosessien tai tilanteiden hallittu keskeyttäminen.

Sähkömagneettinen häiriö (EMI): tarkoittaa signaalia tai säteilyä, joka siirtyy vapaassa tilassa tai voima- tai signaalilinjojen välityksellä ympäristöön.

Sähkömagneettinen yhteensopivuus (EMC): sähkölaitteiden tulee sietää tietty määrä häiriöitä eikä ne saa aiheuttaa liikaa häiriöitä muille laitteille.

Suojaava potentiaalintasaus: on suojaus tarkoitukseen käytetty potentiaalintasaus.

Suojamaadoitus: on järjestelmän tai asennuksen pisteen maadoittaminen suojaus tarkoituksessa.

Suojajohdin (PE): suojaukseen käytettävä johdin sähköiskulta suojaamiseen.

Suojausluokka: on sähköasennuksia ja -laitteita koskeva standardi. Standardin määräykset on tehty suojaamaan käyttäjiä sähköiskuilta.

Tasapotentiaali: johtavien osien olosuhde, jossa sähköinen potentiaali on samassa tilassa.

TN-maadoitusjärjestelmä:

T = yksi piste on yhdistetty suoraan maahan

N = jännitteelle alttiit osat on yhdistetty jakelujärjestelmän maadoitettuun pisteeseen

TT-maadoitusjärjestelmä:

T = yksi piste on yhdistetty suoraan maahan

T = jännitteelle alttiit osat on yhdistetty galvaanisesti suoraan maahan riippumatta jakelujärjestelmän maadoitustavasta

Turvajärjestelmä: vaaratilanteita varten rakennettu sähköinen järjestelmä jolla suojataan tai varoitetaan henkilöitä rakennuksen tiloissa tai alueella.

Turvalaisin: omalla tehonlähteellä varmennettu valaisin, joko erillinen syöttö tai akkuvarmennus.

Turvavalaistus: valaistus, joka kytkeytyy päälle normaalin valaistuksen syötön katketessa.

Turvallisuuskilpi: turvallisuuteen liittyvä määritellyn muodon ja värin mukainen kilpi, joka on täydennetty tekstisymbolilla.

Uloskäytävä: käytetään hätätilanteessa ulosmenokäyntinä.

Valaisinkisko (valaisinripustuskisko): käytetään valaisimen asennukseen.

Varavalaistus: käytetään turvavalaistuksen osana varmistamaan normaalin toiminnan jatkuminen.

Värintoistoindeksi eli Ra-indeksi: mittaustapa, jolla mitataan valonlähteen kykyä toistaa värejä verrattuna vertailuvalon lähteeseen.

Äärijohdin: johdin, joka on normaalitilanteessa jännitteinen ja kykenee osallistumaan sähköenergian siirtoon, mutta ei ole nolla- tai keskipistejohdin.



## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	12
2	ANDRITZ GROUP .....	13
2.1	ANDRITZ-KONSERNI .....	13
2.2	ANDRITZ PULP & PAPER .....	13
2.3	ANDRITZ Oy .....	13
2.4	ANDRITZ AUTOMATION .....	14
3	KAAPELIHYLLYSUUNNITTELU .....	15
3.1	KAAPELIHYLLYTYYPIT JA MATERIAALIT .....	15
3.2	KATTILALAITOSTEN KAAPELIHYLLYJÄRJESTELMÄ .....	16
3.3	KAAPELIHYLLYREITIT JA SÄHKÖTURVALLISUUS .....	16
3.4	PROSESSITILAN PÄÄHYLLYREITTIEN ESISUUNNITTELU .....	17
3.5	ESISUUNNITTELUVAIHEEN AIKATAULU JA DOKUMENTOINTI .....	18
4	PROSESSITILAN REITTIEN SUUNNITTELU .....	18
4.1	TARPEELLINEN SUUNNITTELUKOKONAISUUS .....	19
4.2	SUUNNITTELUAIKATAULU .....	19
5	PROSESSITILAN KAAPELIHYLLYREITTIEN VALINTA .....	19
5.1	PROSESSITILAN KAAPELIHYLLYJEN JA HYLLYREITTIEN MITOITUS .....	20
5.2	KAAPELIHYLLYJEN KÄYTTÖLUOKITUKSET .....	21
5.3	PROSESSITILAN KAAPELIHYLLYJEN SIJOITUSSUUNNITTELU .....	21
5.4	MATALAKERROKSISET PROSESSITILAT .....	22
5.5	KAAPELIHYLLYN TUENTA JA KANNATUS TERÄS- JA BETONIRAKENTEISIIN .....	23
5.6	PROSESSITILAN KAAPELIHYLLYT LAITTEILLE .....	23
5.7	TARPEELLINEN SUUNNITTELUKOKONAISUUS JA AIKATAULU .....	24
5.8	KAAPELIHYLLY TAG- JA GATE- MERKINNÄT .....	25
5.9	KAAPELIHYLLYJEN KANNATUSTERÄSTEN SUUNNITTELU JA AIKATAULU .....	25
5.10	PROSESSITILAN KAAPELEIDEN ASENNUS .....	25
6	KAAPELITILAN HYLLYREITIN SUUNNITTELU JA AIKATAULU .....	26
6.1	KAAPELITILAN HYLLYTIEJEN JA KANNATUKSIEN SUUNNITTELUKOKONAISUUS JA AIKATAULUT .....	27
7	SUOJAUS EMI-HÄIRIÖILTÄ .....	28
8	PALONKESTÄVÄT TURVAJÄRJESTELMÄT .....	29
8.1	KAAPELIPALOKSEN SYYT JA SUOJAUS KAAPELIPALOLTA .....	29

8.2	PALONKESTÄVÄT JOHTOJÄRJESTELMÄT .....	29
8.3	PALONKESTÄVIEN KAAPELEIDEN JA HYLLYJEN ASENNUS .....	30
8.4	SÄHKÖLÄPIVIENTIEN ÄÄNI- JA PALOERISTÄMINEN.....	31
9	POTENTIAALINTASAUS.....	31
9.1	SUOJAAVA JA TOIMINNALLINEN POTENTIAALINTASAUS .....	31
9.2	TN-, TT-, IT- JÄRJESTELMÄT HÄIRIÖSUOJAUKSESSA .....	32
9.3	MAADOITUSTEN MERKINNÄT JA DOKUMENTOINTI .....	33
10	VALAISTUS JA TURVAVALAISTUS .....	33
10.1	VAATIMUKSEN MUKAISUUS.....	33
10.2	VALAISIMET JA VALAISINASENNUKSET .....	33
10.3	VALAISIMEN ASENNUS JA KIINNITYS .....	35
10.4	VALAISIMIEN JA HUOLTOSÄHKÖN JAKELUN TEHONSYÖTTÖ .....	35
10.5	TURVAJÄRJESTELMÄT VALAISTUKSELLE .....	36
11	SÄHKÖNSYÖTTÖVERKON TURVAJÄRJESTELMÄ JA TEHOLÄHTEET.....	37
11.1	KATKEAMATTOMAN TEHONSYÖTÖN JÄRJESTELMÄT (UPS).....	37
12	TURVAVALAISTUS .....	38
12.1	POISTUMISVALAISTUS.....	38
12.2	POISTUMISVALAISTUSSOVELLUKSET .....	39
12.3	AJOITTAINEN JA JATKUVA TOIMINTATAPA SEKÄ NIIDEN YHDISTELMÄ .....	40
12.4	POISTUMISOPASTE .....	41
12.5	POISTUMISVALAISTUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA LAITTEET .....	41
12.6	POISTUMISVALAISTUKSEN NORMAALIN SYÖTÖN VIKAANTUMINEN.....	42
12.7	POISTUMISREITTIVALAISTUKSEN SUUNNITTELU.....	42
12.8	AVOIMEN ALUEEN VALAISTUS.....	43
12.9	RISKIALTTIIN TYÖALUEEN VALAISTUS .....	43
12.10	VARAVALAISTUS JA TURVALLISUUSKILVET .....	43
12.11	MUUT ALUEET JOTKA VAATIVAT TURVAVALAISTUSTA .....	44
12.12	POISTUMISVALAISTUSJÄRJESTELMÄN TALLENNE JA RAPORTOINTI SEKÄ HUOLTO JA TESTAUS .....	44
13	YHTEENVETO.....	45
14	KEHITYSTOIMENPITEET JA JATKOTOIMENPITEET .....	46
	KUVAKAAPPAUS LUETTELO .....	47
	LÄHTEET .....	48

LIITTEET .....	51
LIITE 1. Kannatusterästen suunnittelukuvat.....	51
LIITE 2. Valaisimen asennustyyppit.....	52
LIITE 3. Valaisimen ja paikallisen huolto- ja kunnossapitokotelon merkintä ja numerointi.....	53

## 1 JOHDANTO

Kattilalaitoksilta vaaditaan häiriötöntä sähköenergian- ja ohjausjärjestelmien tiedonsiirtoa. Oikeilla valinnoilla suunnittelussa voidaan vähentää mahdollisesti jälkeen ilmitulleet virheet jotka ovat haastavia korjata, puhumattakaan lisätöiden aiheuttamasta viivästyksestä ja kustannuksista asennustyömaalla.

Laajuudeltaan kaapelihylly- ja valaistussuunnittelu sekä -asennus ovat kustannuksiltaan pieni osa koko projektin kustannuksia. Oikeanlaiset ratkaisut ja valinnat luovat turvallisen, kestävän ja häiriötömän lopputuloksen pitkäksi aikaa kattilalaitosten elinkaareessa.

Tämän opinnäytetyön Andritzille tulevat työohjeet on laadittu kaapelihyllysuunnittelua varten antamaan perusvalmiudet kaapelihyllyjärjestelmien ja valaistus- sekä turvalaistusjärjestelmien suunnittelijoille.

Kaapelihyllysuunnittelun tehtävänä on ottaa huomioon käytettävien standardien ja parhaiden käytäntöjen antamat suuntaviivat laadukkaasta sekä vähäisen jälkityön mahdollistavasta kaapelihyllyjärjestelmän toteutuksesta kattilalaitoksille.

Suunnittelun tehtävänä on tuottaa laadukasta dokumentointia eri sidosryhmien tarpeisiin.

Suunnittelussa voidaan hyödyntää aiemmista projekteista havaittuja parhaita toimintamalleja joita voidaan soveltaa ja kehittää uusiin projekteihin.

Laadukkaan suunnittelun tukemiseen on laadittu ohjeistus ja erilliset asennustyyppikuvat toteutusta varten.

## 2 ANDRITZ GROUP

### 2.1 ANDRITZ-KONSERNI

Kansainvälinen teknologiakonserni ANDRITZ on yksi maailman johtavista laitosten, laitteiden ja palvelujen toimittajista vesivoimateollisuudelle, sellu- ja paperiteollisuudelle, metalli- ja terästeollisuudelle sekä kunnallisiin ja teollisiin erotusteknologiaratkaisuihin. ANDRITZ on pörssiyhtiö, jonka pääkonttori sijaitsee Itävallan Grazissa. Maailmanlaajuisesti ANDRITZin henkilöstön määrä on noin 24 500 ja toimipaikkoja on yli 250 (kesäkuu, 2014). ANDRITZ-KONSERNI on yksi maailman johtavista toimittajista kaikilla neljällä liiketoiminta-alueellaan. (ANDRITZ GROUP/Company presentation August 2014)

### 2.2 ANDRITZ PULP & PAPER

ANDRITZin PULP & PAPER -toimiala on yksi maailman johtavista kaiken tyyppisen sellun, paperin, pehmopaperin ja kartongin tuotannon ja käsittelyn laitteiden, järjestelmien ja palvelujen toimittajista.

Huoltotoimintaan kuuluvat modernisointi, uudelleenrakennus, kulutus- ja varaosat, huolto ja korjaukset sekä koneiden siirrot ja käytetyt laitteet.

Toimialaan kuuluvat myös biomassa-, höyry- ja soodakattilat, energian tuotantoon käytettävät kaasutuslaitokset, savukaasujen puhdistuslaitokset, (toisen sukupolven) biopolttoaineiden tuotantolaitteet, biomassan pelletointi ja kuivaus, kuitukankaiden, liukosellun, muovikalvojen ja kuitulevyjen (MDF) tuotantolaitokset sekä kierrätyslaitokset. (ANDRITZ PULP & PAPER presentation 2014)

### 2.3 ANDRITZ Oy

ANDRITZ Oy on yksi maailman johtavista sellu- ja paperiteollisuuden järjestelmien, laitteiden ja palvelujen toimittajista. Sen tuotealueita ovat puunkäsittely, kuituprosessit, kemikaalien talteenotto ja massankäsittely. Lisäksi ANDRITZ Oy tarjoaa erilaisia biomassakattiloita ja kaasutuslaitoksia energian tuotantoon. Tampereella sijaitseva ANDRITZ HYDRO Oy toimittaa järjestelmiä, laitteita ja palveluja vesivoimateollisuudelle. ANDRITZ Oy:n henkilöstön määrä on noin 1000.

Osaamiskeskukset ovat Kotkassa, Lahdessa, Savonlinnassa, Varkaudessa ja Tampereella. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Yhtiön omistaa itävaltalainen ANDRITZ AG. (Andritz Oy)



KUVA 1. Andritz Group.

## 2.4 ANDRITZ AUTOMATION



KUVA 2. Pulp and Paper Automation.

ANDRITZ AUTOMATION tarjoaa automatisointipalveluja useille teollisuudenaloille, kuten kaivos-, vesivoima-, teräs-, massa- ja paperiteollisuudelle.

Maailmanlaajuisesti ANDRITZ AUTOMATION henkilöstön määrä on noin 1.366 ja toimipaikkoja on 89 (huhtikuu, 2013).

### PULP AND PAPER AUTOMATION VARKAUS

Varkauden Andritzin Pulp and Paper Automation tuottaa automaatio-, sähkö- ja instrumentointisuunnittelua sellu- ja voimakattiloille. Automaatiosuunnittelu on keskeisessä vuorovaikutuksessa projekteissa laitos- ja mekaanisensuunnittelun kanssa. (ANDRITZ PULP & PAPER presentation 2014)

### 3 KAAPELIHYLLYSUUNNITTELU

Kaapelihyllysuunnittelu jaetaan kahteen pääalueeseen:

- prosessialueiden kaapelireittien suunnittelu
- kaapelitilan kaapelireittien suunnittelu

Näiden kahden pääalueen laadukas suunnittelu on ensiarvoisen tärkeää. Oikein suunnitelluilla reiteillä ja tilavarauksilla on tärkeä merkitys aina kattilalaitosten valmistuksesta käyttöön asti. Kaapelihyllysuunnittelija tarvitsee osaamista PDMS 3D sekä AutoCAD -suunnitteluohjelman käytöstä. Kansainväliset sekä paikalliset määräykset ja tehdasstandardit sekä vakuutusyhtiön ohjeet ja vaatimukset tulee ottaa huomioon suunnittelussa.

Hyllyreittejä suunniteltaessa on putkistojen, kanavien, ilmastointikanavien ja valaistuksen sijainti on määriteltävä riittävällä tarkkuudella. Reittivalintaan vaikuttaa myös kattilalaitosten tilat, joissa esiintyy kuumia pintoja ja rakenteita jotka aiheuttavat mekaanista rasitusta. Syttymisherkkien ja syövyttävien aineiden roiskeet on syytä ottaa huomioon tulevien reititysten suunnittelussa.

Korkealle tulevien pääreittien luo varataan kiinteät vetotasot ja porrastasot joista asennus ja huolto tulee onnistua vaivatta. Päähyllyreitit ja varareitit suunnitellaan kulkemaan erillään toisistaan.

Määräysten mukaisille kulkureiteille, trukкитеille ja nostokiskoalueelle tulee jättää riittävä vapaa tila. Sähkötilasta lähdetessä on suurten hyllykeskittymien muodostumista syytä välttää ja keskuksista alaspäin kaapeloitaessa on erillinen kaapelitila suositeltavin.

Kaapelihyllyt, joissa on eri käyttöjärjestelmän kaapeleita esimerkiksi voimakaapeleita, ohjauskaapeleita, instrumentointikaapeleita tai niiden yhdistelmiä, tulevat kaapelihyllyt merkitä tehdasstandardissa tai projektistandardissa annetun ohjeen mukaan. Paksujen voimakaapeleiden minimitaivutusasteet asennuksessa kaapelihyllyille ja laitteille huomioidaan tehtäessä reittisuunnittelua. Kannatuksen ja kaapelihyllyjen oikein tehty sijoitus eri reiteillä helpottaa kaapeleiden asennusta. (ST 841.05 1993.)

#### 3.1 KAAPELIHYLLYTYPIT JA MATERIAALIT

Johtoteiksi kutsutaan yleisesti kaapelihyllyjä, kaapelitikkaita ja valaisinripustuskiskoja. Kaapelihyllyt asennetaan vaakaan. Kaapelitikas asennetaan pystyasennuksena ja valaisin ripustetaan valaisinripustuskiskoon tai kaapelihyllylle, aina kun se on mahdollista.

Kaapelihyllyjä valmistetaan erisuuruisille kuormille. Ohuille ja pienille kaapelimäärille soveltuvat hyvin rakenteeltaan kevyet ja keskiraskaan kuorman kantavat kaapelihyllyt.

Teollisuudessa käytetyimmät kaapelihyllyt soveltuvat raskaiden ja erittäin raskaiden kaapelikuormien asennukseen. Johtotiejärjestelmä rakennetaan vakio-osista ja mitoitetaan kuormituksen mukaan.

Pohja- ja suojalevyjen materiaalin tulisi olla samat kuin hyllyillä. Edellä mainittuihin johtoteihin on valmistajalla ja maahantuojalla oltava laskelmat kuormituksen ja kannatusten suhteesta kuormituskäyriin.

Hyllyjen ja kannatusosien materiaaleina käytetään yleisimmin kuumasinkittyä terästä, myös ruostumatonta terästä tai alumiinia. Alumiini on seostettua ja voidaan pintakäsitellä, kuumasinkitty teräs voidaan tarvittaessa polttomaalata. Kaapelihyllyjen materiaalien tulee olla tehdasvalmisteiset, ku-

hunkin kuormitukseen ja prosessiolosuhteisiin hyväksytysti valittu. (PSK 2005 2004,3; ST 51.13 2006,1.)

### 3.2 KATTILALAITOSTEN KAAPELIHYLLYJÄRJESTELMÄ

Kattilalaitosten kaapelihyllyjärjestelmien suunnittelussa ja asennuksessa tulee ottaa huomioon niihin liittyvät paikalliset standardit ja määräykset sekä valmistajien suositukset asennuksessa.

Kaapelihyllyjärjestelmän suunnittelussa otettavia seikkoja:

- sähköturvallisuus
- kaapelihyllyjärjestelmän vaatima tilantarve
- kaapelihyllyjärjestelmän käytön ja asennuspaikan olosuhteet
- rakenteisiin kohdistuvat rasitukset kannatuksesta ja läpiviennistä
- sähkömagneettiset häiriöt
- palonkestävät kaapelihyllyratkaisut turvajärjestelmiin
- läpiviennit

Suunnittelun tuottamassa dokumentaatiossa on huomioitu paikalliset standardit ja normit. Tiivis yhteydenpito teräsrakennesuunnittelun ja muiden suunnittelualojen sekä AEI-suunnittelun kanssa vähentää mahdollisia virheitä suunnittelussa ja parantaa suunnittelun laatua. Yhteydenpidon tarkoituksena on vähentää muutoksista aiheutuvia jälkitöitä asennuksessa. (SFS 6000 2012.)

### 3.3 KAAPELIHYLLYREITIT JA SÄHKÖTURVALLISUUS

Suunnittelussa huomioidaan reittivalinnalla myös sähköturvallisuutta. Oikealla reittivalinnalla vähennetään tai poissuljetaan lämpötilan vaikutus sekä mekaanisen rasituksen aiheuttamat tekijät kaapeleille. Kattilalaitoksilla voi esiintyä korkeita lämpötiloja jotka nopeuttavat kaapeleiden ikääntymistä, lisäksi tärinän ja putkistojen paineiskun aiheuttaman mekaanisen liikkeen johtuminen kaapelihyllyasennukseen voivat heikentää mekaanista kestoja ja vaarantaa sähköturvallisuutta.

Lämpötilan vaikutukset kaapeleihin kuormitus- ja oikosulkutilanteessa ympäristön lämpötila huomioiden saadaan poissuljettua oikein suunnitellulla reiteillä ja läpivienneillä. Sähköturvallisuuden lisäksi reittivalinnalla on merkitystä laitteiden sähkömagneettisten häiriöiden vaikutus laitteistoissa. Suurivirtaisten kaapeleiden reititykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Sähkösuunnittelussa määritellään johtoteihin liittyvät:

- kaapeleiden valinta ja mitoitus sekä asennus-, kiinnitystapa ja kiinnitysvälit
- johtojärjestelmien maadoitus
- valaisimien, rasioiden ja kojeiden kiinnitystapa johtoteihin

Sähkösuunnittelun määrityksen tekee AEI-suunnittelija.

(ST-käsikirja 35 2002,61; ST 51.10 2005, 3; ST 51.13 2006,2.)



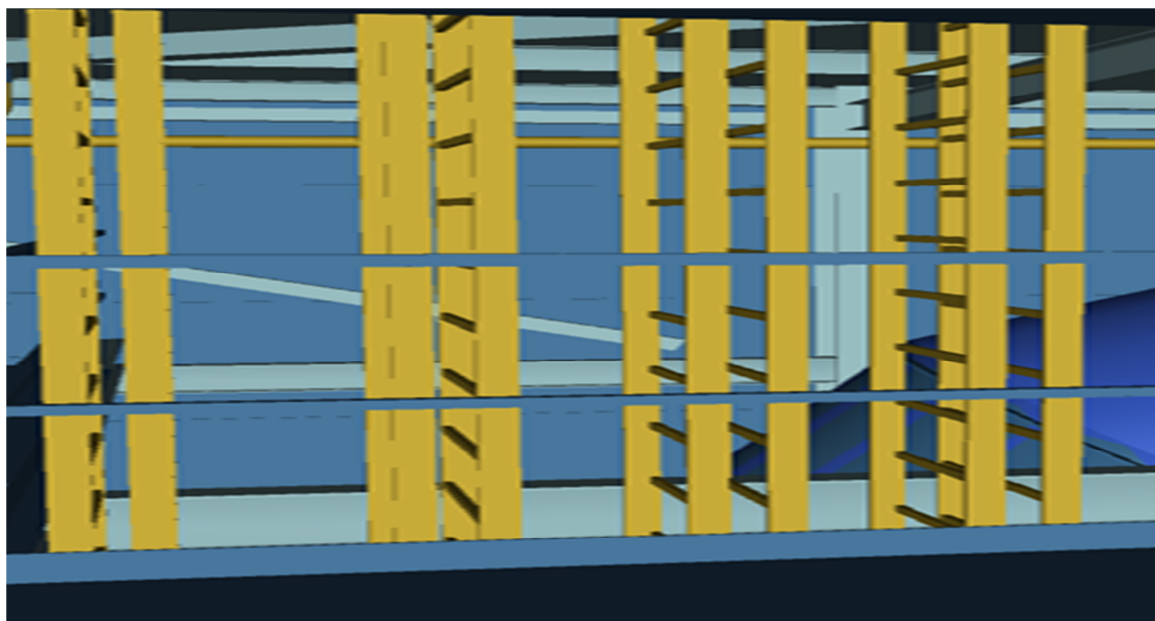
### 3.4 PROSESSITILAN PÄÄHYLLYREITTIIEN ESISUUNNITTELU

Valitaan suunnittelija, yleensä laitossuunnittelija joka tekee alustavan reitin tilavarauksen reittisuunnittelua silmällä pitäen. Esisuunnitteluvaiheessa prosessitekniset tiedot ovat usein suuntaa-antavia. Useat yksityiskohdat tarkentuvat suunnittelun edetessä. Suunnittelussa otetaan huomioon kaapelireiteille varattava asennustila ja kannatustuki rakenteisiin. Kaapelihyllyjärjestelmästä rakenteisiin vaikuttava kuormitus määritellään rakenne- ja mekaanisensuunnittelun toimesta.

Kaapelihyllyille tulevien kaapeleiden asennuksen tulisi olla helposti suoritettava ja asennustilan korkeuden riittävä asennettavaan kohteeseen. Suunnittelua ei suositella tehtäväksi rakenteiden, kanavien ja putkien taakse. Putkistojen eristyspaksuus tulee tietää tilavarausta määriteltäessä.

Huomioidaan kaapelihyllyjen tilantarve, kun asennetaan useampikerroksisia kaapelihyllyjä sekä kaapelitikashyllyjen nousukuilussa vaatima tilantarve prosessitilassa. (Kuva 3.) Yleisesti suositaan suoraa ja lyhyttä reittiä kaapelitilan ja prosessitilan välillä. Paksujen voimavirtakaapeleiden asennus on usein haastavaa, johtuen kaapeleiden tarvitsemasta riittävän suuresta taivutussäteestä. Tehdasstandardissa määritellään kulkureiteille minimi alituskorkeudet ja kulkulevydet jotka huomioidaan tilavarausta tehdessä.

Esisuunnitteluvaiheen reittisuunnittelu tehdään ensimmäisiin julkaistaviin PDMS 3D-malleihin. Suurien moottorien sisältävien laitteiden kuten puhaltimet ja syöttövesipumput sekä turvakytkinten ja muiden laitekoteloiden kaapelointi tulisi olla tiedossa tässä suunnitteluvaiheessa. Laitossuunnittelija tarvitsee tehdä yhteistyötä rakenne- ja mekaanisensuunnittelun sekä sähkö-, automaatio- ja suunnittelun kanssa. (Haaja 2013; Kokko 2014; Rämö 2014; PSK Standardisointi 2005, 2-4.)



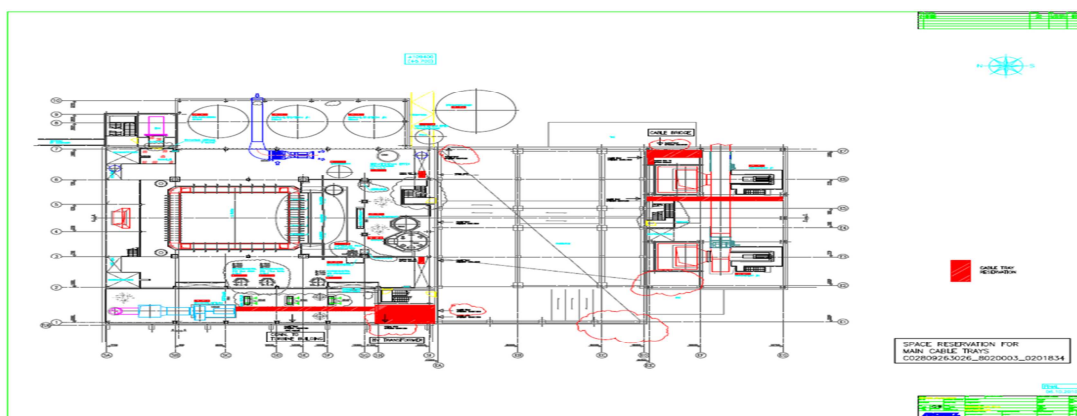
KUVA 3. Kattilalaitoksen kaapelitikashyllyt on asennettu nousukuiluun.

### 3.5 ESISUUNNITTELUVAIHEEN AIKATAULU JA DOKUMENTOINTI

Aloitusvaihe alkaa projektin esisuunnittelun vaiheessa, jossa on määritelty tilatarpeet ja kaapeleiden päähylyreittivaraukset. Esisuunnittelu aloitetaan usein myyntivaiheessa, jossa asiakkaan kanssa sovitaan käytettävistä standardeista ja projektin aikataulusta. Projektin aikataulutus määrittelee suunnittelun osa-alueiden vaiheiden ajankäytön suunnittelun edetessä.

Esisuunnittelu on valmis kun PDMS malliin on suunniteltu tasakohtaiset tilavaraukset, layout mallikuvat ja ne on huomioitu laitoksen tilantarpeissa. (Kuva 4.) Layout-kuvien taltiointi tapahtuu ADMS:ään. Tämän jälkeen alkaa kaapelireittien suunnittelu.

( ST-kortti ST 841.05 1993; Haaja 2013; Kokko 2014.) (Haaja 2013; Kokko 2014.)



KUVA 4. Päähylyreittien tilavaraukset kuvassa on vahvennettu punaisella.

## 4 PROSESSITILAN REITTIEN SUUNNITTELU

Laitoksen layout-suunnittelun edetessä tarkentuu teräsrakenne-, rakenne- laitos-, prosessi- ja laitesuunnittelun sekä AEI-suunnittelun yksityiskohdat. Laitetiedot ja niiden tarvitsemat kaapeloinnit alkavat olla tiedossa. Kaapeleiden kokonaismäärät ja reittitarpeet prosessialueella alkavat hahmottua. Laitossuunnittelussa tarkentuu reittien vaatima tilantarve ja mahdolliset muutokset. Teräsrakenteeseen lisätään kannatuseräkkeet kaapelihyllyjärjestelmälle. Rakennesuunnittelijan kanssa tarkennetaan rakenteisiin tulevien aukkojen ja läpivientien paikat, sekä rakenteisiin tulevien hyllyjen kiinnitys ja tuenta. Kaapelitilan suunnittelussa on tarvittavien kaapelihyllyjen määrä saatu mitoitettua. Yhteistyötä tehdään mekaanisen- ja putkisuunnittelijan sekä rakenne- ja AEI-suunnittelijan kanssa. Hyllysuunnittelijaksi valittu laitossuunnittelija määrittelee suuntaa-antavan arvion hyllyjen määristä ja reititystarpeista:

- prosessitilaan
- kaapelitilaan
- muuntamotilaan
- sähkötilaan
- muille alueille

Suunnittelun edetessä on tarpeen pitää riittävän usein katselmoitteja, niiden tarkoitus on suunnittelussa eri osa-alueiden muutosten päivittäminen ajantasalle. (Haaja 2013; Kokko 2014.)

#### 4.1 TARPEELLINEN SUUNNITTELUKOKONAISUUS

Yleisesti tiedossa olevien kaapeleiden määrä on laskettu ja kaapelihyllyjen tarve määritelty PDMS 3D -malliin. Kaapelihyllyjen määrittelyssä on huomioitava vaakahyllyjen ja pystyhyllyjen riittävä määrä suhteessa kaapelointiin. Tarkennettu hyllymallinnus tulee osaksi PDMS 3D suunnittelun aiemman vaiheen reittisuunnittelua. PDMS-mallinnuksesta tulostetut AutoCAD-layout kuvat tallioidaan projektin dokumentointijärjestelmään eli ADMS:ään.

#### 4.2 SUUNNITTELUAIKATAULU

Myöhemmin, kun PDMS 3D malli on riittävän täydellinen, alkaa tarkempi tehdas layout-suunnittelu. Tässä vaiheessa projektilla tulee olla toimitukseen vaikuttavat standardit tiedossa ja toimintasuunnitelman valmistuttua suunnittelu aloitetaan. Suunnittelu jatketaan samanaikaisesti sähkösuunnittelun kanssa. Suunnitteluvaihe päättyy, kun on saatu tämän vaiheen perus-suunnittelu valmiiksi. (Haaja 2013; Kokko 2014.)

Suunnitteluaineisto asennuskyselyä ja asennusta varten pitää sisällään:

- PDMS mallinnuksesta kaapelihyllykuvat AutoCAD–layout kuvat tilavarauksesta.
- PDMS päähylyreittien massalistat alustavaa tarjouskyselyä varten.

### 5 PROSESSITILAN KAAPELIHYLLYREITTIEN VALINTA

Prosessitilan kaapelihyllyreitityksen suunnittelussa valitaan voimakkaapeleiden reitit mahdollisimman lyhyeksi. Kattilalaitoksen pääsyötöt ja varasyötöt tulisi tehdä eri reiteille. Reittivalinnassa hyödynnetään putkiston kannatuksia aina kun se on mahdollista. Pystyhyllyreiteissä eli nousukuiluissa alempien kerrosten kaapeleiden määrä on suurin ja kerrosten 3-5 jälkeen kaapelimäärä vähenee huomattavasti, joka on huomioitu aiemmin tilavarausta tehtäessä. Reittivalinnassa selvitetään ympäristön olosuhteet kuten paikat joissa esiintyy korkeita lämpötiloja, laitteiden ja rakenteiden mekaaninen täärinä ja liike.

Voimalaitosympäristössä on paljon metalleja syövyttäviä kemikaaleja jotka aiheuttavat korroosiota kaapelihyllyille ja kaapeleille. Sen johdosta asennusmateriaaleiksi on valittava kuhunkin kohteeseen sopivat materiaalit. Kiinnitykseen ja hyllymateriaaleihin on kiinnitettävä erityistä huomiota koska asennusten on kestettävä vuosikymmeniä.

Ympäristön kemikaalien vaikutus kaapelihyllyreiteillä voidaan estää suojaamalla kaapelihyllyt suojakansilla. Suojakannet estävät myös tehokkaasti kiinteiden polttoaineiden sekä laitosprosessista syntyvien palokuormaa lisäävien massojen vaikutukset. Reittiä ei tulisi suunnitella palo- tai räjähdysvaaralliseen tilaan tai alueeseen, eikä sellaiseen tilaan missä mahdollinen kaapelipalo on vaikeasti havaittavissa tai sammutettavissa.

Käytettäessä kaapelireittinä asennuslattiaa, suunnitteluohjeet antaa yleensä asennuslattian valmistaja, paloviranomainen ja vakuutuslaitos. Suunnitteluohjeissa huomioidaan rakenteen tiiveys ja luukujen irrottaminen asennusalustasta sekä paloilmaisin- ja sprinkleri-laitteet. Asennuslattian käyttöä

kaapelireittinä tulisi välttää. (ST-kortti ST 841.05 1993; PSK 2005 2004,2; Haaja 2013; Kokko 2014; Rämö 2014.)

## 5.1 PROSESSITILAN KAAPELIHYLLYJEN JA HYLLYREITTIEEN MITOITUS

Kun suunnitellaan hyllyreittejä ja kaapeleiden vaatimaa hyllyjen määrää, on kaapelihyllyissä otettava huomioon valmistajan määrittelemät kuormitukset käytettävän leveyden suhteen. (Taulukko 1.)

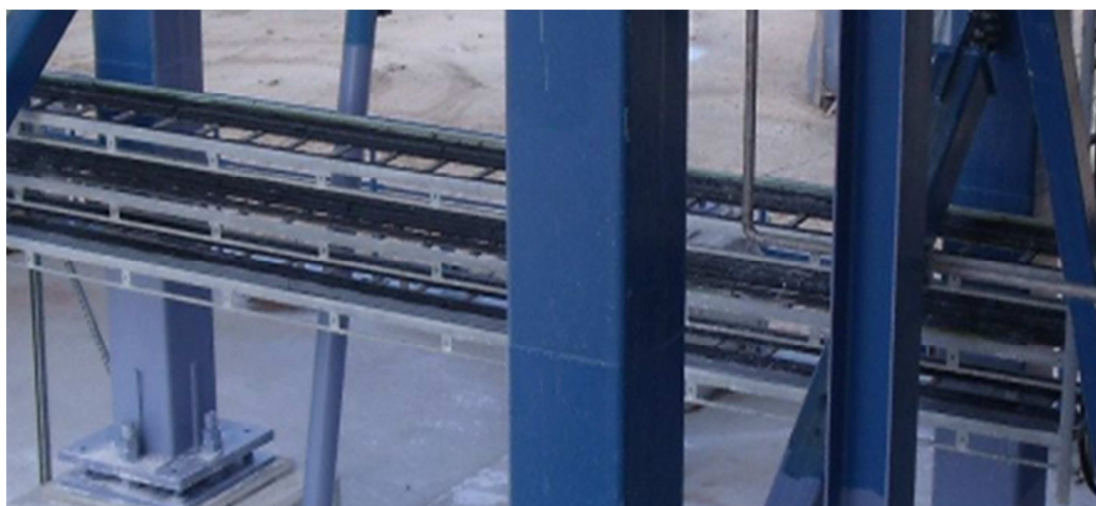
TAULUKKO 1. Kaapeleiden maksimi kuormitus metriä kohden eri hyllyleveyksillä (Rämö 2014.)

KAAPELIHYLLYJEN KAAPELIKUORMAT		
Kaapelihyllyn leveys	Sähkökaapelit	Instrumentointi ja ohjauskaapelit
mm	paino N/m	paino N/m
200	125	200
400	260	350
600	500	630

Asennuksen ja kannatuksen vaatimukset otetaan erityisesti huomioon raskaiden kaapeleiden kaapelihyllyreiteillä. Kuormituksen määrittäminen rakenne- ja laitossuunnittelussa kannatukseen ja sen kautta rakenteisiin tehdään tarpeellisten kuormituslaskelmien mukaan. Rakenteiden tulee kestää niihin kiinnitettävien kaapelihyllyjen kuormat, tarvittaessa käytetään rakenteissa lisäterästä.

Tuennassa käytettävistä tyyppikannatuskuvista saa ohjeet määritellä tuennan tarpeet ja mallit, samalla määritellään tuentaan tarvittavan lisäteräksen määrä.

Hyllyjen korkeussuuntainen etäisyys toisistaan on yleensä 300 mm, ellei esimerkiksi häiriöiden välttämiseksi ohjaus- ja suurjännitekaapeleiden etäisyyden tarvitse olla suurempi. Valitun kaapelihyllyjärjestelmän toimittajan antamat tyyppihyllyratkaisut tulee valita erikseen. Ne asennetaan siten, ettei niissä pääse syntymään kierteitä tai kallistumia pitkittäissuunnassa. Tarvittaessa käytetään vahvistettuja hyllyratkaisuja pitkällä kannatusväleillä. (Kuva 5.) Tämäntyyppisellä asennustavalla voidaan vähentää kannakkeiden määrää ja tuennasta aiheutuvia lisäkustannuksia.



KUVA 5. Vahvennetut hyllyt ovat asennettu pitkällä kannatusväleillä.

Tilavaraukset ja hyllyille tehtävät kannatustuennat suunnitellaan myös mahdollinen jälkiasennus huomioiden. Normaaleilla kaapelihyllyjärjestelmillä maksimi tuentaväli on noin 3 metriä. Hyllyjen taipuma ei saa ylittää yli 30 mm 3 metrin kannatusvälillä. Suorat ja pitkät kaapelihyllyvedot vaativat lämpö-laajenemisen takia laajenemisvaraa, esimerkiksi 100 metrin pituudella, lämpötilan muuttuessa 40 astetta, pituusvaihtelu voi olla 48 mm.

Vahvistettujen hyllyjen porttituenta eli kerrosten yhteen liittäminen kannatuksella molemmin puolin hyllyjä vähentää kannatustukien määrää. Mahdollisen sprinklerilaitteiston ja putkiston vaatimat tilat määritellään tapauskohtaisesti. (Haaja 2013; Kokko 2014; Rämö 2014; ST 51.13 2006,2.)

## 5.2 KAAPELIHYLLYJEN KÄYTTÖLUOKITUKSET

Kaapeleiden käyttöluokitus jakaa kaapelihyllyille tulevien eri jännitealueiden kaapelit omiin kaapelihyllyihin. (Taulukko 2.) Jako tehdään vähentämään kaapeleihin vaikuttavan sähkömagneettisten häiriöiden aiheuttamat ongelmat. Häiriöt voivat pahimmillaan aiheuttaa vakavia ongelmia automaatiojärjestelmissä ja häiriön aiheuttajan poistamiseen kuluu usein paljon aikaa.

TAULUKKO 2. Kaapelihyllyille tulevien kaapeleiden käyttöluokitus jolla jaetaan hyllyille tulevat kaapeliryhmät (Rämö 2014.)

Käyttöluokan lyhenne	Kaapeli luokitus (jännite)
HV	korkeajännite: 33 kV or 11 kV or 6,3 kV cables HV > 20kV
MV	keskijännite: MV > 1000V < 20kV
LV	matalajännite: (690/400V) < 1000V
SD	moottorikäytöt: (690/400V)
CO	ohjaus: (230V)
SI	signaali: (SI 24V)
NW	tietoliikenne
Andritzin kaapelihyllyjen käyttöluokitukset	

## 5.3 PROSESSITILAN KAAPELIHYLLYJEN SJOITUSSUUNNITTELU

Sijoitussuunnittelussa varataan käyttöluokituksen mukaiset voimavirtakaapelit (HV,MV,LV,SD) tulevat ylimmille hyllykerroksille, silloin näiden kaapeleiden tuottama lämpö siirtyy paremmin ympäristöön. Täyttöaste voimavirtakaapelihyllyille on noin 70 %, esimerkkinä kaapelin halkaisijan ollessa 57 mm, voidaan sisämitoiltaan 570 mm (ulkomitta 600 mm) olevalle kaapelihyllylle laittaa normaalisti 6 kaapelia rinnan, jolloin kaapelin taivutussäde ei tule liian jyrkäksi kaapelihyllyn mutkissa ja kaapeli on vielä helppo asentaa. Kannatustuki tulee olla sivulta tehtävää kaapeliasennusta varten suunniteltu, kuitenkin voidaan käyttää porttiasennusta niin tarvittaessa.

Eriyinen huomio tulee kiinnittää pääkulkureiteille tulevien kaapelihyllyjen sijaintiin ja suojaukseen. Pystyhyllyt suojataan prosessitilassa 1,5 metrin korkeuteen asti. Kaapelihyllyt on katkaistava osastoivan seinän tai lattian läpiviennin kohdalta sekä mahdollisesti tehtävään palosulkuun varataan riit-

tävä tila seinän molemmin puolin. Läpiviennissä rakenteen luokitus määrittelee tekotavan. Kaapelihyllyjen läpiviennit tehdään asennusurakoitsijan tai erillisen palokatkourakoitsijan toimesta. Sijoitussuunnittelussa huomioidaan huolettavien laitteiden sijainti, ettei kaapelihylly estä laitteiden ja koneiden vaihtoa tai huoltoa. Vaihtoehtoista kaapelihyllyjen vaakasuuntaista pystyasennusta seinälle käytetään kun on mahdollista, että palavaa materiaalia kasaantuisi hyllyille kaapeleiden päälle, esim. kuorta tai turvetta sisältävissä kuljetinsiiloissa. Tarvittaessa kaapelihyllyt on hyvä suojata kansilla. (ST 51.13 2006,2; ST-kortti ST 841.05 1993; PSK Standardisointi 2005, 3.)

#### 5.4 MATALAKERROKSISET PROSESSITILAT

Prosessitilaan, jossa on kerroskorkeus matala ja on haasteellista asentaa korkeita kaapelihyllyrakenteita, silloin voidaan hyllyt kiinnittää ylemmän tason kattorakenteisiin tulevilla kannatuksilla. Pakollinen vapaa korkeus on otettava huomioon, prosessitilassa yleensä minimikorkeus on 1,8 metriä. Asennustyyppikannakkeet pitää olla matalaan prosessitilaan asennukseen sopivia. Parhain ratkaisu on kaapelihyllyjen yläpuolinen ripustaminen, silloin vaaditaan jäykistäviä kiinnityspisteitä ylemmältä tasolta. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää asennusta, jossa hylly on asennettu kanttilleen vaakaan. (Kuva 6.) Asennusratkaisu tulee hyväksyttää asiakkaalla.



KUVA 6. Matalan tilan kaapelihyllyasennus, kiinnitys tehdään pysty- ja yläpalkkiin.

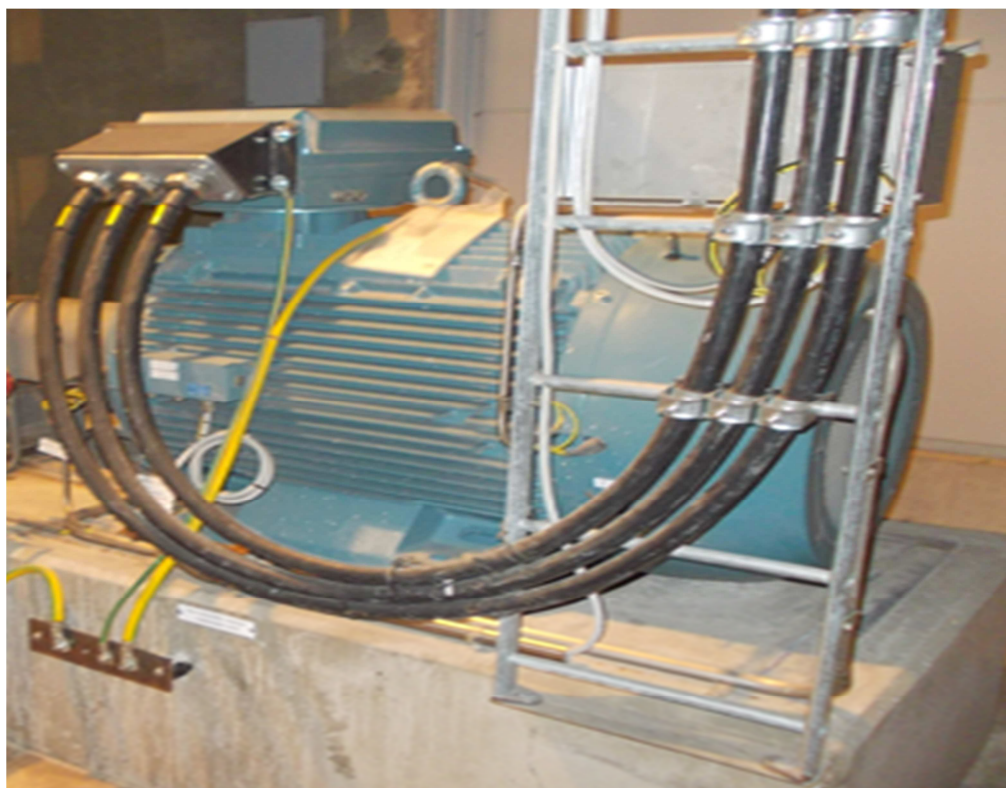
## 5.5 KAAPELIHYLLYLN TUENTA JA KANNATUS TERÄS- JA BETONIRAKENTEISIIN

Kaapelihyllyn tuenta ja kannatus teräsrakenteisiin on kiinnitystavoista helpoin. Betonirakenteisissa seinissä joissa on pilarit ja niiden välissä kevytrakenteiset teräs-seinärakenteet, vaativat kannatukseen enemmän lisäteräksen käyttöä. Parhaana toteuttamistapana on käyttää vahvistettuja hyllyrakenteita vähentämään tuennan määrää. Tikashyllyjen asentaminen betonirakenteisiin vaatii hyvän suunnittelun kaapelihyllyjen kannatuksista.

Kerrosrakenteiset seinä- ja lattiaratkaisut betonirakentamisessa on otettava huomioon. Tärkeintä suunniteltaessa kaapelihyllyjärjestelmän tuennan tarvetta rakenteisiin on varmistaa rakenteiden kestävyys teräsrakente- ja rakennesuunnittelijalta. Aiemmat reittivalinnat, -mitoituksen ja -sijoittelun suunnitelmat ovat tässä vaiheessa tarpeellisia kaapelihyllyn kannatuksen suunnittelemiseksi. (Haaja 2013; Kokko 2014; Rämö 2014.)

## 5.6 PROSESSITILAN KAAPELIHYLLYT LAITTEILLE

Eriytynyt hyllytysmalli suunnitellaan isoille sähkölaitteille kuten muuntajat, syöttövesipumput, palamis- ja savukaasupuhaltimet. Näille laitteille tulevien kaapelihyllyjen niin sanottujen hyllydroppereiden tai secondary-hyllyjen sijoittelussa tulisi tietää tarvittava kaapelimäärä ja turvakytinkoteloiden paikka. (Kuva 7.) Suurten laitteiden kytinkotelot tulee sijoittaa tehtävään malliin.



KUVA 7. Hyllydropperi isolle moottorille.

Kaapelihyllyiltä alastuonnissa ja kytkinkoteloista lähtevien paksujen kaapeleiden minimi taivutussäteet tulee suunnittelussa huomioida kaapelivalmistajan antamien ohjeiden mukaan. Asennustilan vaapakorkeus ja kaapelihyllyn kiinnitystapa lattiaan määritellään usein tehdasstandardissa.

## 5.7 TARPEELLINEN SUUNNITTELUN DOKUMENTAATIO JA AIKATAULU

Kattilalaitosten kattilahuoneen kerroskorkeudet ovat haasteellisia, jossa on huomioitava tehdasstandardin antamat rajoitukset. Yhteistyö rakenne- ja putkisuunnittelun kanssa tehtävä törmäystarkastelu vähentää kaapelihyllyjen aiheuttamaa törmäilyä putkistoihin, kanavistoihin ja laitteisiin.

Tehdystä kaapelihylly PDMS-mallista saadaan seuraavia tulostettavia mallinnuksia asennusta varten:

- mallinnus kaapelihyllyn tuennasta
- mallinnus asennustyyppikuvista
- hyllymallista aksonometrinen mallipiirustus

Mallista saatavien asennustyyppikuvien ja kaapelihyllyjen tuentojen määrät näkyvät kuvassa ja ovat muutettavissa DWG-layout kuvat, josta näkyvät hyllyreitit laitoksen rakenteiden sekä laitteiden suhteen. DWG-layoutit tulee sisältää ainakin seuraavanlaista informaatiota:

- hyllypaikkamitoitus suhteessa päärakenteisiin
- asennustyyppikuvat
- lista asennustyyppikuvista (kappalemäärät)
- lista kannatuseräksistä (materiaali ja määrät)
- kaapelihylly- ja porttimerkinnät
  - kaapelihyllylabelit omalle tasolle (nimet)
  - DWG-kuvassa HV- ja MV- kaapelit on oltava erityisesti merkitty
  - suurten kaapeleiden reitit (HV/MV- kaapelit, muuntajien kaapelit)
  - korkomerkinnot ja koron muutokset selvästi huomioiden
- kaapelihyllyjen osaluettelo (hyllyosat, suojakannet ja kiinnitystarvikkeet)
- korostettu tyyli millä näytetään kaapelihyllyt

Yksityiskohtaisen suunnittelun vaiheessa luodaan dokumentit perussuunnitteluaineiston pohjalta alustavaan vaiheeseen, jolloin esimerkiksi sähkösuunnittelun antamat tiedot tarkentuvat kaapelihyllysuunnittelijan käyttöön. Alustavan vaiheen dokumenteilla suoritetaan asennuskyselyt asennusurakoitsijoilta. Tarjosten perusteella valittu asennusurakoitsija valitaan hyvissä ajoin ennen kaapelihyllyasennusta. Tarjouskilpailusta huolehtii yhteistyössä osto-osasto ja AEI-suunnittelija.

Tämän vaiheen suunnittelu on valmis, kun teräsrakenteen PDMS-mallinnus on saatu vietyä loppuun ja lopulliset kaapelihyllyreitien vaatimat korjaukset on tehty PDMS-malliin sekä yksityiskohtainen sähkösuunnittelu on päätetty. Yksityiskohtaisen suunnittelun valmistuttua pidetään suunnittelukatselmus ja dokumentit lähetetään "Final" versioina asiakkaalle ja urakoitsijalle asennusta varten.

(Haaja 2013; Kokko 2014; Rämö 2014.)



## 5.8 KAAPELIHYLLY TAG- JA GATE- MERKINNÄT

Kaapelihyllymerkinnät noudattavat käyttöluokan lyhenteistä saatavaa tunnistetta (TAG). Merkinnöillä eritellään eri käyttöluokan mukaiset kaapelihyllyt. Kaapelihyllyjen portti (GATE) merkinnöillä saadaan laskettua reiteille tulevien kaapeleiden pituus. Lyhenteiden jälkeen tuleva numerotunniste noudattaa juoksevaa numerointia. (Taulukko 3.)

TAULUKKO 3. Esimerkki käytettävistä merkinnöistä (Rämö 2014.)

LV	kaapelitilassa olevan hyllyn merkintätapa
LV 001	ensimmäisen kaapelihyllyn tunnus
LV 002V	pystytikas mallinen kaapelihylly
GATE 01	porttimerkintä

## 5.9 KAAPELIHYLLYJEN KANNATUSTERÄSTEN SUUNNITTELU JA AIKATAULU

Suunnitelmissa tulee olla PDMS-mallien lisäksi DWG pohjaiset asennustyyppikuvat (Liite 1) joihin on määritelty teräksen laatu ja pintakäsittely. Teräksen laatu käytetään samaa kuin päärakenneteräksset ja asennuksesta huolehtii teräsrakenteen pääurakoinnista vastaava yritys.

Luettelo tehdään tarvittavien asennustyyppikuvien osien mitoista. Asennustyyppikuvista tehdään erillinen listaus jossa näkyvät käytetyt kuvat, joista saadaan kuvat valmistusta varten.

Kannatusterästen suunnittelu aloitetaan tarkemman sähkösuunnittelu ajankohdan kanssa ja päättyy kun sähkösuunnitelma on valmiina luovutettavaksi asennukseen.

## 5.10 PROSESSITILAN KAAPELEIDEN ASENNUS

Kaapeliasennuksissa huomioidaan asennusympäristön vaikutus, esimerkiksi ympäristön lämpötilan ja mahdollinen suurimman virran aiheuttama lämmön vaikutus kaapelista. Kaapelit kiinnitetään tarvittaessa vaakasuorilla hyllyillä siististi suoraan oikaistuna. Vino- ja pystyasennuksissa käytetään sopivia kiinnikkeitä. Jakorasiat ja muut hyllyille, tikkaille tai kiskoille tulevat kojeet kiinnitetään tukevasti valmistajan antamien ohjeiden mukaan, tarvittaessa käytetään asennusalustoja.

Tärkeitä asioita huomioitava asennuksissa:

- kaapelihyllyjen ja -tikkaiden kuormitusvaatimukset
- kaapelihyllyjen
  - materiaali
  - rakennetyypit
  - pintakäsittely
- kaapelihyllyjen korkeus
- kaapelihyllyjen mutkat ja risteykset

- kaapelihyllyjen nousut
- hyllyasennusten tekotavat
- erilaisten kaapelihyllyjärjestelmien hyllytilan määrittäminen
- käyttöluokituksen jako hyllyihin
- sähkökeskuksen MCC:n alapuolisen syötön tuenta
- hyllyistä ja kiskoilta otettavien kaapeleiden alasottotavat
- läpiviennit

Suunnittelussa huomioidaan sijoittelu ja asennuskorkeudet kaapelihyllyille, -tikkaille ja ripustuskoille mukaan lukien eri suunnitteluosapuolten vaatimukset (rakenne- ja mekaanisuus suunnittelu). (ST 51.13 2006,1; SFS 6000-5-52 2012, 218; Haaja 2013; Kokko 2014; Rämö 2014.)

## 6 KAAPELITILAN HYLLYREITIN SUUNNITTELU JA AIKATAULU

Kaapelitilan alustava suunnittelu aloitetaan layout-suunnittelusta, missä määritellään siihen tulevat sähkökeskus (MCC-tilat), muuntamoiden vaatimat tilavaraukset ja prosessialueet. Kaapelitilasta tehdään suorat ja lyhyet kaapelihyllyreitit muuntajajaloista edelleen MCC-tiloihin. Asennustuet on yleensä kiinnitetty lattiaan sekä kattoon. Tämä asennustapa antaa parhaimman tavan kaapelihyllyjen asennuksen tukemiseen, joissa on paljon päällekkäisiä kerroksia. Lähtevien kaapeleiden määrä kaapelitilassa on suuri ja tuennan ja kaapelihyllyrakenteiden pitää olla vahvaa tekoa. (Kuva 8.)

Kaapelihyllyt eivät saa vaikeuttaa tai estää kaapelien asennusta kaapelitilassa. Kaapelitilassa pitää olla mahdollisuus kaapeleiden jälkiasennukseen. Tämä tarpeellinen seikka otetaan suunnittelussa huomioon. Hyvällä layout-suunnittelulla muuntamo- ja sähkökeskus tilasta voidaan välttää turhat risiteävät kaapelihylly- rakenteet. Tässä vaiheessa kaapelihyllyreitit tilanvaraus on tehty suunniteltavaan malliin.



KUVA 8. Kaapelitilan hyllyreitit ja hyllytuennat.

Kaapelitilassa olevien laitteiden sijainti otetaan huomioon määriteltäessä tilavarausta. Tällaisia laitteita voi olla esimerkiksi LVI-laitteet, tasasuuntaajat, valaistus, valaistuksen kytkentäkotelot ja apumuuntajat. Tässä vaiheessa tarvitaan muuntamotilan layout-suunnittelun tiedot, AEI-suunnittelija antaa perustiedot kaapelireiteistä. Mallinnus tehdään PDMS-malliin, josta saadaan kuvatuotantona DWG-layout kuvat. Kaapelitilan hyllyreitien suunnittelu aloitetaan, kun perus-sähkösuunnittelu on valmis ja lopetetaan yleensä perussähkösuunnittelun lopussa. (PSK 2005-09-03 2004, 4; SFS 6000-5-52 2012, 218; Haaja 2013; Kokko 2014; Rämö 2014.)

## 6.1 KAAPELITILAN HYLLYTIEN JA KANNATUKSIEN SUUNNITTELUDOKUMENTIT JA AIKATAULUT

Sähkötilojen yhteydessä olevat kaapelitilojen ja kaapelitunneleiden rakenne tulee olla teräksestä, betonista tai vastaavasta rakennusaineesta valmistettu, lattian tulisi olla pölyämätön ja helposti puhdistettava.

Kaapelitilan tilavuus riittävän suuri, ettei tilan lämpötila nouse kaapeleista syntyvän lämpötilan seurauksena. Kaapelitila ja -tunnelit ilmastoidaan tarvittaessa, ne tulisi erottaa palonkestävästi muista tiloista suljettavilla ovilla ja palo-osastoidut käytävät eivät saa olla 50 metriä pitempiä. Savunpoistolaitteet vaativissa kohteissa asennetaan kiinteästi jokaiseen osastoon ja savunpoisto tehdään ulkoilmaan. Lisäksi on tehtävä viranomaismääräysten mukainen palosuojaus. Palonkestävyysluokka on E120 (katso tarkemmin sähköläpiviennin paloeristäminen kohta 8.4). Rakennusmääräykset voi vaatia korkeampaakin luokkaa, jolloin palonkestävyysluokan määrittelee paikallinen paloviranomainen. Kulkukäytävän vapaa suositeltu leveys on 0,8 metriä ja korkeus 2,1 metriä. Suuret kaapelit asennetaan ylimmille hyllyille ja isoille kaapeliryhmille tulee olla oma hyllytysmalli. Kaapelihyllyjen kannatus-tuennat ja hyllyt mallinnetaan PDMS-malliin, josta saadaan tarvittaessa aksonometriset DWG-mallit ja tasokuvat. Kannakkeet ja hyllyt merkitään standardin mukaisesti malliin, hyllyjen TAG-merkinnästä saadaan tiedot kaapelivetolistaa varten. Kannatuksista ja hyllyosista tehdään osalistat, josta nähdään kannakkeiden kappalemäärät ja tyypit. Lisäksi DWG-layout kuvissa tulisi näkyä kaapelitilan seinäläpiviennit. Suunnittelun aloitus kun rakennussähkösuunnittelu on valmis ja läpiviennit kaapelitilan ja sähkökeskustilojen kaapeleista tiedetään. (PSK 2005-09-03 2004, 4; SFS 6000-5-52 2012, 218; Haaja 2013; Kokko 2014; Rämö 2014.)

## 7 SUOJAUS EMI-HÄIRIÖILTÄ

Voimavirtakaapeleista voi indusoida ylijännitteitä tietoliikenne-, ohjaus-, ja säätökaapeleihin ja mahdollisesti aiheuttaa vahinkoja niihin liitettyihin sähkölaitteisiin.

Eriytyypiset häiriöt kuten oikosulun tai kytkentätoimenpiteiden aiheuttamat ylijännitteet voivat vahingoittaa ja häiritä ohjaus- ja valvontajärjestelmiä, prosessiautomaatiojärjestelmiä, tietotekniikka-järjestelmiä ja rakennusohjausjärjestelmiä. Sähkömagneettisten häiriöiden vaikutukset ovat pahempia metallisilmukoissa ja samoille reiteille asennettujen sähköisten johtojärjestelmien sähköverkoissa.

Valittaessa johtotien materiaaleja ja muotoja reiteillä tulee huomioida seuraavaa:

- johtuvien ja säteilevien magneettikenttien voimakkuus ja häiriöpäästöjen taso
- laitteiden EMI-häiriöiden sietotaso
- kaapeloinnin tyyppi
- mahdolliset laajennukset tulevaisuudessa
- metallinen suojakansi parantaa EMC -suojausta
- metallisen tukirakenteen muoto: taso, putki, U-muoto vaikuttaa johtotien impedanssiin rakenteen pinta-ala enemmän
- yhteismuotoisia kytkentöjä pienentävät parhaiten suljetut muodot
- ympäristöstä johtuvat muut rajoitukset

Häiriösuojatun kaapelin, suodattimien asennusmateriaalien ja -tapojen käyttö taajuusmuuttajan ja moottorin välissä tulee täyttää EMC yhteensopivuusvaatimukset. Taajuusmuuttajan valmistajalla on erikseen tarvittavia ohjeita kaapeloinnista, suodattimista ja niiden asennustavoista.

Mahdollisten sähkömagneettisten häiriöiden poistaminen tai vähentäminen:

- herkille laitteille asennetaan ylijännitesuojia ja tarvittaessa suodattimia
- yhdistetään kaapeleiden johtava metallivaippa yhteiseen potentiaalitasauskiskoon
- voimavirta- ja tietoliikennekaapelit omilla kaapelihyllyillä
- voimavirta- ja tietoliikennekaapeleissa risteävät kaapelit asennetaan suoraan kulmaan
- konsentristen johtimien käyttö vähentää häiriöitä

Ukkosen salamasuojauksen alastulojohdin on suojattava riittävällä etäisyydellä tai suojuksilla voimavirta- ja tietoliikennekaapeleista. Suojauksen määrittelee ukkossuojauksesta vastaava suunnittelija. Johtotiet jotka ovat metallirakenteisia, antavat kohtalaisen suojauksen elektromagneettista häiriötä vastaan. Johtotiellä tehtävä sähkömagneettinen suojaus on toteutettava, ellei ympäristö ja laitteet täytä altistustason vaatimuksia standardin EN 61000-6 mukaan.

Johtotiet, jotka ovat rakenteeltaan metallia sisältämättömiä, voidaan käyttää matalan häiriötason sisältävässä sähkömagneettisessa ympäristössä. (SFS 6000 2012, 157; 159; 184 ja 185.)

## 8 PALONKESTÄVÄT TURVAJÄRJESTELMÄT

Rakennusten turvajärjestelmiä on yleensä poistumisreittivalaistus, savunpoistojärjestelmät ja palopumput. Sähkönsyöttöpiirin tulee turvata virransaanti järjestelmän laitteille tulipalon tai sähkökatkon aikana. Sitä syöttävien piirien tulee olla riippumattomia muiden piirien syötöistä, lukuun ottamatta itsenäisten akkuyksiköiden latauslaitteet. Järjestelmän tulee toimia normaalin sähkönsyötön häiriintyessä riittävän pitkän ajan, merkki- ja turvavalaisukselle on annettu 60 minuutin toiminta-aika. Tällaisissa tilanteissa turvajärjestelmän sähkönsyöttöä jatkaa joko erillisellä syötöllä varustettu järjestelmä tai dieselkäyttöinen sähkögeneraattori. Lisäksi voidaan käyttää akkutoimisia virtalähteitä. Asennustapa sähköisillä tehonlähteillä on kiinteä asennus ja ne on asennettava tilaan johon vain ammattihenkilöt tai opastetut henkilöt voivat päästä. (ST 51.06 2014, 9-11.)

### 8.1 KAAPELIPALOJEN SYYT JA SUOJAUS KAAPELIPALOLTA

Kaapelipalo saattaa saada alkunsa ympäristön lämpötilan ja kaapelin kuormituksen yhteisvaikutuksena. Kaapeli voi vikaantuessaan kuumentua niin, että ympäristössä olevat palavat materiaalit ovat syttymisvaarassa. Suunnittelussa tapahtuvia virheitä on liian umpinainen kaapelireitti tai paksun seinän läpivienti, jossa seinärakenteen paksuus aiheuttaa kaapelin lämpenemisen, silloin läpivienti on tehtävä huomattavasti seinää kapeammaksi. Kuormituksesta aiheutuvat kaapelipalot ja liian täyteen lastatut kaapelihyllyt ovat osaltaan suunnittelussa tulleita virheitä. Muita syitä voi olla kaapelin valmistuksessa tai kaapeli asennuksessa tulleet mekaaniset vauriot. Ulkoiset tekijät kuten tulityöt ja laiteviat aiheuttavat myös osan kaapelipaloista. Tulipaloja voidaan estää suojaamisella ja palovartiointilla työn aikana, joskin laiteviat ovat hankalia ennakoida. Tapauskohtaisesti voidaan kaapelihyllyillä käyttää myös sprinkleri -suojausta, silloin huomioidaan sprinkleriputkiston tilantarve. Valvomoihin ja muihin sähkötiloihin mahdollinen savukaasujen pääsy kaapelikanavista ja tunneleista on estettävä. Muutostöissä tarpeettomaksi jääneet kaapelit tulee poistaa. (PSK Standardisointi PSK 2005 2004, 6; ST-kortti ST 841.05 1993; ST-kortti ST 51.17 2013, 1 ja 2.)

### 8.2 PALONKESTÄVÄT JOHTOJÄRJESTELMÄT

Levyhylly, tikashylly ja lankahylly ovat yleisimmin käytössä palonkestävissä asennuksissa. Kaapelit ja johtojärjestelmät jotka liittyvät turvajärjestelmiin, tulee erottaa muista kaapeleista riittävällä etäisyydellä ja suojuuksella. Silloin käytetään erotuslevyä joka jakaa kaapelit hyllyllä tai käytetään kokonaan omaa hyllyä palokestävässä asennuksessa.

Hyllyjärjestelmän toimittajan on osoitettava vastaavuusvakuutuksella, että kaapelihyllyn osat tarvikkeineen soveltuvat palonkestävään asennukseen. Palonaikainen suurin mahdollinen kuorman kestoisuus tulee myös ilmoittaa, kuten kannatustukien suurin välimatka ja kaapeleiden kiinnitystarve. Vastaavuusvakuutuksessa on ilmoitettu kaapelihyllykiinnikkeisiin tulevan kaapelin tai kaapeleiden koko ja lukumäärä.

Levyhyllyillä on rakenteensa ansiosta hyvä käyttövarmuus, niissä kaapeleita ei tarvitse yleensä kiinnittää. Tikashyllyn pienäväli on yleensä 150 mm, pystysuuntaisessa asennuksessa kaapeli kiinnitetään 300 mm välein ja kaapelit suojataan palosuojalla tai – eristeellä 3,5 metrin välein ettei vetorasi-

tus kasva liian suureksi kaapeleiden kiinnityksien kohdalta. Lankahyllymallissa kaapeleita ei yleensä kiinnitetä vaaka-asennuksessa.

Palonkestävissä asennuksissa käytettävän kaapelin on oltava testaustodistuksessa mainittua palonkestävää kaapelia. Palonkestävät kaapelit on luokiteltu niiden rakenteiden mukaan joka antaa kaapeleille erilaiset palokokeen perusteella määrittelemät toiminta-ajat. Mineraali ja keraamiset eristeet kestävät 90 minuuttia ja silikonipohjaiset kaapelit 30 minuuttia. Tyypiltään muunlaisten kaapeleiden käyttö ei ole sallittu.

Palonkestävissä kaapelihyllyasennuksissa pitää kiinnikkeiden olla laitetoimittajan hyväksymää ja testaamaa mallia, niin kuin muutkin asennustarvikkeet. Kaapelikiinniketyyppejä on yksittäisen kaapelin tai kaapelinipuulle asennettava kiinnike sekä kaarikiinnike. Järjestelmän toimittaja määrittelee kiinniketyypin. Teräsputken käyttö palonkestävässä asennuksessa on myös sallittua ja silloin tulisi huomioida sopiva kiinnitystapa putkelle, kaapeleiden määrä kyseiselle putkelle sekä kaapelin palonaikainen kuormitus.

Palonkestävän johtojärjestelmän dokumentointi sisältää tavanomaisen dokumentoinnin lisäksi testausdokumentit tarvittavineen käänöksineen, asennustodistuksen ja luettelon järjestelmän komponenteista. Sähköturvallisuuteen liittyvät turvajärjestelmän asennuksen ja tehonlähteiden piirustukset tulee olla dokumentoitu. Piirustuksesta tulee selvittää sähkölaitteet ja jakokeskukset laitenimikkeineen sekä turvajärjestelmän laitetiedot. (ST 51.06 2014, 5-7.)

### 8.3 PALONKESTÄVIEN KAAPELEIDEN JA HYLLYJEN ASENNUS

Ennen asennustöitä on varmistettava käyttöpaikan ympäristön soveltuvuus asennukselle. Kaapeleiden asennuksessa ei saa asennuslämpötila olla liian alhainen. Valitaan valmistajan ohjeen mukaiset asennustavat, ei saa käyttää liian suuria vetovoimia kaapeleiden asennuksissa ja kaapeleiden pienimmät taivutussäteet tulee tietää.

Lämpölaajeneminen aiheuttaa muodonmuutoksia kaapelihyllyihin ja kiinnitykseen jolloin kaapeleihin jätetään laajenemisvaraa, jättäen ne väljästi hyllyihin. Seinien läpivienneissä, jotka on tehty palokatkoilla, tulee jättää liikkumavaraa kaapelihyllyjen kiinnitykseen, suositus on 40 senttimetriä molemmin puolin seinää.

Kaapelihyllyjä tuettaessa 1,5 metrin kannatusvälillä kaapeleiden suurin kuormitus on 10–30 kg hyllymetriä kohti. Näin suuri ero pienimmän ja suurimman kuormituksen välillä johtuu eri kaapelihyllymallien kuormitettavuudesta ja se on varmistettava valmistajan ohjeista. Turvajärjestelmien johtojärjestelmät erotetaan muista kaapeleista etäisyyden tai erotuslevyn avulla. Turhien jatkosten tekoa kaapeleissa vältetään. (ST 51.06 2014, 11.)

## 8.4 SÄHKÖLÄPIVIENTIEN ÄÄNI- JA PALOERISTÄMINEN

Kun viedään johtojärjestelmiä ja johtoteitä tilasta toiseen, niin kutsutulla sähköläpiviennillä, on tilasta toiseen tehtävien aukkojen rakenteen estettävä ja rajoitettava äänen siirtyminen tilasta toiseen. Toteuttamistapana voidaan käyttää samoja materiaaleja kuin palokatkoissa. Kaapeli-asennusten palokatkoläpivientien on oltava paloluokaltaan ympäröivän palo-osaston mukainen, niiden tarkoitus on estää palon leviäminen kaapeleita pitkin.

Suuret vahingot aiheutuvat sähköpalossa osittain puutteellisesta palo-osastoinnista. Palon eteneminen kaapelihyllyissä on nopeaa, suuret tilat ja osastoinnin puutteellisuus lisäksi edistävät tulipaloa. Osastoitavia tiloja on erityisesti sähkö-, automaatio- ja ATK-tilat.

Kiinteistö on rakennusmääräysten mukaan jaettava palo-osastoihin estämään palon ja palossa syntyvien savukaasujen leviäminen kiinteistön eri osiin. Kiinteistön osastoinnit tehdään erottamalla ne osastoiviin rakennusosiin. Osastoinnin paloluokitus, joita on 30, 60 ja 120 minuuttia. Ajalla tarkoitetaan palonkestoaikaa minuuteissa. Osastoidun rakennusosan tulee kestää tulipaloa luokassa määrätty aika. (ST-kortti ST 51.18.01 2002; ST -kortti ST 51.18.02 2004.)

## 9 POTENTIAALINTASAUUS

Tasapotentiaalilin saavuttamiseksi tulee jännitteelle alltiit ja johtavat osat kytkeä potentiaalintasausjärjestelmään. Potentiaalintasausjärjestelmään liitetään ne sähkölaitteet, jotka peruseristyksen peittäessä voivat tulla rungon tai muun johtavan osan kautta jännitteelliseksi. Liityntä tapahtuu suojajohtimilla keskuksen suojakiskon kautta. Muun johtavan osan kautta tulevat sähköasennukseen kuulumattomat osat ovat putket, kanavat ja runkorakenteet rakennuksessa. Näissä voi vaikuttaa maan potentiaali, joka poikkeaa rakennuksen maadoitusjärjestelmien eli suojajohtimien potentiaalista. (SFS 6000-4-41 2012, 92–95.)

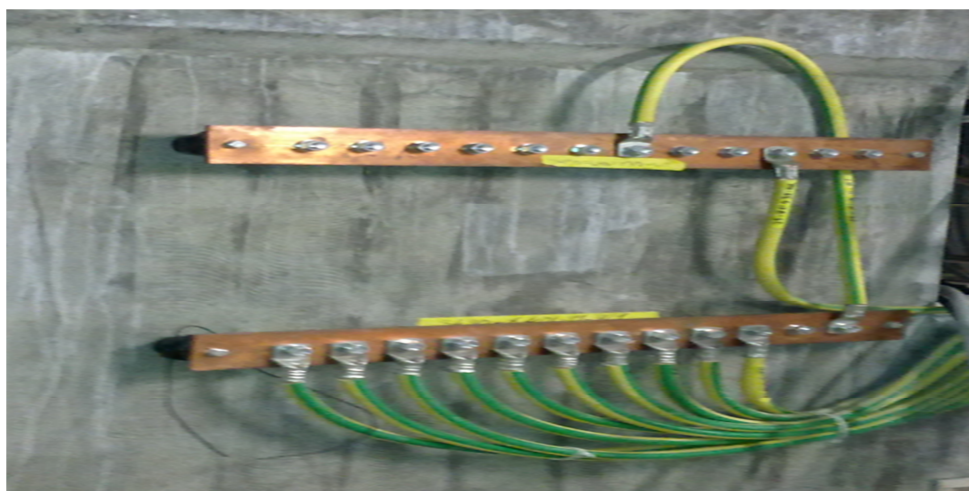
### 9.1 SUOJAAVA JA TOIMINNALLINEN POTENTIAALINTASAUUS

Potentiaalintasauusta voi olla suojaavaa ja toiminnallista. Rakennuksissa suojaavaan potentiaalintasaukseen kytketään suojamaadoitusjärjestelmä, maadoitusjohdin ja päämaadoituskisko. Käsitteinä potentiaalintasaus ja suojamaadoitus pitää erottaa toisistaan, potentiaalintasaukseen liitetään metallinen vesijohtoputki, sitä ei suojamaadoiteta. Asennusputki joka on metallinen ja sisältää johtimia, jotka ovat peruseristettyjä, pitää suojamaadoittaa. Suojamaadoitusjohtimeen kytketään jännitteelle alltiit osat kunkin maadoitustavan mukaisesti. Kytkeä suoritetaan samaan maadoitusjärjestelmään yksittäin, ryhmissä tai yhteisesti. Virtapiirin suojajohdin on yhdistettävä asianomaiseen suojamaadoitusjärjestelmään.

Toiminnallista potentiaalitasausta käytetään seuraavissa kohteissa:

- metalliset vesi-, kaasu-, kaukolämpöputket
- metalliset muut johtavat kosketeltavat osat
- metalliset keskuslämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät
- rakenneteräksset betonissa

Potentiaalintasausta käytetään myös häiriösuojauksen takia, jolloin se useimmiten on toiminnallista potentiaalintasausta. (Kuva 9.) (SFS 6000-4-41 2012, 92–95.)



KUVA 9. Potentiaalintasaukseen on kytketty kaapelihyllyjärjestelmän maadoitus.

## 9.2 TN-, TT-, IT- JÄRJESTELMÄT HÄIRIÖSUOJAUKSESSA

TN- järjestelmiä käytetään häiriönsuojauksessa ja maadoitetaan luotettavasti PE- ja PEN johtimista. Maadoitus tehdään tehonsyöttöjärjestelmän nollapisteessä tai keskipisteessä, ellei maadoituspistettä ole, se tehdään äärijohtimessa. Päämaadoituskiskoon yhdistetään suojajohtimilla asennuksen kaikki jännitteelle alttiit osat. Päämaadoituskisko yhdistetään tehonsyöttöjärjestelmän maadoitettuun pisteeseen. Yli- ja vikavirtasuojalaitteita käytetään vikasuojaukseen TN-järjestelmässä.

TT-järjestelmiä käytetään vikasuojauksessa jossa vikavirtasuoja toimii suojalaitteena, standardissa SFS 6000-4-1 on määritelty poikkeukset jota tulee noudattaa. Samaan suojalaitteeseen kytketyt jännitteelle alttiit osat tulee liittää yhteiseen maadoituselektrodiin suojajohtimella. Nollapiste tai keskipiste maadoitetaan tehonsyöttöjärjestelmässä. Ellei maadoituspisteitä ole, tehdään maadoitus äärijohtimessa.

IT-järjestelmän jännitteisten osien on oltava erotettu maasta tai kytketty maahan riittävän suuren impedanssin kautta. Kytkeä voidaan tehdä kolmella tavalla: nollapisteessä, keskipisteessä tai keinotekoisessa nollapisteessä. Kokonaisimpedanssin ollessa riittävän suuri voi keinotekoinen nollapiste olla kytketty suoraan maahan. (SFS 6000-4-41 2012, 94–95 ja 97.)



### 9.3 MAADOITUSTEN MERKINNÄT JA DOKUMENTOINTI

Yleiset vaatimukset säätelevät maadoituksen merkinnöistä ja dokumentoinnista. Maadoituskaavioon merkitään päämaadoituskiskot, suojajohtimet, maadoitus- ja potentiaalijohtimet. Kiskojen ja johtimien poikkipinnat ja tunnuksat tulee merkitä myös kaavioon. Johtimien, joita käytetään suojaustarkoitukseen, on tunnusvärinä kelta-vihreä. Myös paljaita johtimia käytetään kun korroosio-ongelmaa ei esiinny. Johdinta, joka ei täytä suojajohtimen vaatimuksia ja sitä käytetään vain toiminnallisen maadoitukseen, ei saa tunnusvärinä käyttää kelta-vihreää. (ST 53.21 2012, 7.)

## 10 VALAISTUS JA TURVAVALAISTUS

Valaisin- ja turvavalaisinsuunnittelun tehtävänä on ottaa huomioon käytettävien standardien, parhaiden käytäntöjen antamat suuntaviivat laadukkaasta asennuksen toteutuksesta kattilalaitoksille. Suunnittelun tehtävänä on tuottaa laadukasta dokumentointia eri sidosryhmien tarpeisiin. Suunnittelussa voidaan hyödyntää aiemmista projekteista luotuja malleja, joista voidaan soveltaa ja kehittää mallinnustapoja uusiin projekteihin.

### 10.1 VAATIMUKSEN MUKAISUUS

Valaisimen vaatimuksen mukaisuus todennetaan valaisinta testaamalla, jotta sen toiminta normaali käytössä on turvallista. Valaisin on suunniteltava ja valmistettava siten, että siitä ei aiheudu ympäristölle ja ihmisille vaaraa. Valaisimeen kuuluvat komponentit kuten kotelot, valaisimen kaapeloinnit, liittimet, valaisinkiskot ja tehonsyöttö tulee täyttää kansalliset EN ja IEC:n mukaiset vaatimukset ja turvallisuusmääräykset ja lisäksi tehdasstandardin asettamat vaatimukset.

Valaisimet luokitellaan koteloluokittain ja suojausluokittain. Kotelointiluokat on luokiteltu IP-luokituksen mukaan. Luokituksella estetään kosteuden, pölyn ja kiinteiden esineiden sisään tunkeutuminen valaisimeen. Valaisimet on suojaluokiteltu sähköturvallisuutta silmälläpitäen kolmeen luokkaan. Luokan I valaisimessa on peruseristys jonka rakenne suojaa käyttäjää sähköiskulta, lisäksi valaisin voi olla suojamaadoitettu. Luokan II valaisimessa on kaksoiseristys joka suojaa käyttäjää valaisimeen tulleen vian aiheuttamaa sähköiskua vastaan. Luokan III valaisimen sähkönsyöttö on suoja-jännitemuuntajalla varustettu ja valaisimen käyttöjännite on niin alhainen, ettei se aiheuta vikaantuessaan sähköiskunvaaraa, lisäksi sen kotelorakenne on tiivis ja kestävä. (SFS-EN 60598-1 + A11 2009 2,10 ja 16–17 ja 27; SFS 6000-5-55 2012,325.)

### 10.2 VALAISIMET JA VALAISINASENNUKSET

Valaisimen valintaan vaikuttaa rakenteelliset ja tilaluokituksen antamat määräykset ja asetukset, joita on noudatettava annettujen ohjeiden mukaisesti. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon valaisimen valmistajan antamat asennus ja standardisarjan SFS-EN 60598 vaatimukset. Valaisimen lämpösäteilyn ja lämmön johtuminen ympäristöön tulee ottaa huomioon suunniteltaessa valaisinta käytettävään tilaan sekä valaisimen minimietäisyys palaviin materiaaleihin.

Valaistusvoimakkuuksista on annettu SFS 6000 standardisarjan mukaan suositukset joita on sovellettu käytettäväksi kattilalaitoksen alueilla. Taulukon mukaisia valaistusvoimakkuuksia määriteltäessä, on hyvä huomioida valaisimen ja lampun valaistustehon hiipuminen jo parin vuoden käytön jälkeen, joissakin tapauksissa valaistusvoimakkuuksia voidaan korottaa. (Taulukko 4.)

TAULUKKO 4. Kattilalaitosalueiden tyypillisimmät valaistusvoimakkuudet (Rämö 2014.)

VALAISTUSVOIMAKKUUDET ERI ALUEILLA
500 lx: toimistotila, konepaja, sähkötila, kuivatuskone (käyttötaso)
300 lx: valvomo, puunkäsittely (hakettamo), kuivatuskone (kellaritaso)
200lx: sellun keittäjä, polttintaso, kuitulinjan lipeätaso, kaustistamo, kemikaalin valmistus, vesiasema, turbiinihalli, sellun varastotila, sähkötila (talotekniset huoneet)
100 lx: lieriötaso, sisäporraskäytävä, kalkan polttouuni (meesa), vedenkäsittely, käytävät prosessitilassa, kaapelitila
50 lx: sähköasema 150 kV (piha-alue), puunkäsittely (piha-alue), haihduttamo
5 lx: kadut, tiet

Valaisimet jaetaan käyttökohteen ja lamputyyppin mukaan erilaisten valaistusominaisuuksien mukaan. (Taulukko 5.) Valkoisen valonvärin lähteitä ovat monimetalli, halogeeni, loisteputki ja pienloistevalo sekä led-valo. Keltaisen valonvärin lähteenä on suurpainenatriumlamppu, jota käytetään enimmäkseen ulkotiloissa ja suurissa varasto- tai ulkohallirakennuksissa. (SFS-KÄSIKIRJA 6000-1 2012,332.)

TAULUKKO 5. Tyypillisimmät lamputyyppien käyttökohteet teollisuudessa (Rämö 2014.)

VALAISIMEN LAMPUTYYPIT JA KÄYTTÖKOhteET
<p>MONIMETALLI (MT): työpajat, kattilalaitosten sisäpuoliset alueet ja operointi tilat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ sellutehdas</li> <li>○ kuivatuskone</li> <li>○ turbiinihallissa (syväsäteilijä)</li> <li>○ prosessitilan kellarikerrokset (laajasäteilijä)</li> </ul>
SUURPAINENNATRIUM (ST): kattilalaitosten ulkopuoliset alueet ja massan varastosäiliö
HALOGEENI (HS): valvomotilat ja sähkötilat
LOISTEPUTKI (FD): toimistotilat, valvomotilat ja sähkötilat
PIENLOISTEVALO (FS): toimistotilat, valvomotilat ja sähkötilat
LED: toimistotilat, valvomotilat ja sähkötilat poistumisreiteille opastukseen

### 10.3 VALAISIMEN ASENNUS JA KIINNITYS

Liitettäessä valaistusta kiinteästi johtojärjestelmään tulee asennus tehdä standardien mukaisesti rasiaan, valaisinpistorasiaan tai johtojärjestelmään suoraan liitettäväksi suunniteltuun sähkölaitteeseen. Ketjutettavaksi tarkoitettujen valaisimien tulee olla suunniteltu ja varustettu kyseiseen asennustapaan ja täytettävä siihen vaaditut standardimääräykset liitännätavasta.

Valaisimien kiinnityksen varmistavat kiinnityslaitteet, jotka mahdollistavat kiinnityksen rakennuksen vakaaseen osaan, kiinnityslaitte asennetaan valmistajan ohjeiden mukaan. Kannatukseen tarkoitettuja asennusvarusteita ovat valaisinkisko ja kaapelihyllyasennus. Valaisimen asennukseen on myös laadittu taulukko (Liite 2) jossa on eritelty asennustavat ja käytettävät valaisin- ja asennustyypit. Katon tai alaslasketun katon on kestettävä mekaanisesti valaisimien ja valaisimien varusteiden paino. Turvallisuus tulee ottaa huomioon valaisimen ja kiinnityslaitteen välisen kaapelin asennuksessa sekä kaikki mahdolliset rasitukset, jotka kohdistuvat asennukseen. (SFS 6000-1 2012,333.)

### 10.4 VALAISIMIEN JA HUOLTOSÄHKÖN JAKELUN TEHONSYÖTTÖ

Valaisinryhmän syöttö tulee valaisinpaneelin kautta, jolla on erisuuruisia virransyöttöjä aina valaisinryhmäkoon mukaan. (Taulukko 6.) Valaisimen syöttökaapeli voidaan asentaa joko kiinteästi valaisimeen, kun käytetään valaisimien ketjutusta tai pistotulppaliitäntää. Syöttökaapelina käytetään yleensä 3-vaihe, 5x2,5 mm<sup>2</sup> kaapelia. Valaisimelle ja paikalliselle sähkönjakokotelolle eli huoltokotelolle (Liite 3) on määritelty tehdasstandardin mukainen merkintä ja numerointitapa.

TAULUKKO 6. Valaisinpaneelikotelon tekniset tiedot.

VALAISINPANEELIN TEKNISET TIEDOT
400/230 V
50 Hz (verkkotaajuus)
400 A, 250 A, 125 A, 63 A, 40 A (virransyöttö)
6- 10kA (oikosulkuvirta)
Kiinteästi maadoitettu järjestelmä

Valaisinryhmään liitettävät valaisimet, jotka on kytketty kolmivaihejärjestelmään yhteiselle nolajohdintimelle, tulee olla erotettavissa vähintään yhdellä kytkinlaitteella joka erottaa kaikki äärijohtimet samanaikaisesti. Ulkopuoliset kaapelit ja johtimet, jotka kulkevat valaisimen läpi on suojattava tarvittaessa. Asennukseen on kiinnitettävä erityinen huomio, ettei valaisimen lämpö- ja UV-säteily vahingoita tai huononna kaapeleita sekä johtimia. Sähköverkon arvot ovat aina aluekohtaisia ja ne on tarkistettava tehdasstandardista. (Taulukko 7.) Huoltopistorasian kotelot suunnitellaan tehtäväksi kattilalaitoksille ja ulkoalueille ja kerrostasoille, josta saadaan riittävä sähkönsyöttö esimerkiksi huolto ja kunnossapito tarkoituksiin. (Kuva 10.) Maadoitus sähkölaitteille ja komponenteille on tehtävä niin kuin paikalliset normit määrittelevät. (SFS 6000-1 2012,334.)( Rämö 2014.)

TAULUKKO 7. Yleisesti käytetty sähköverkon arvot.



KUVA 10. Huoltopistorasian kotelo.

SÄHKÖNJAKELU JÄNNITE	
Valaistus	400/230 V, 50 Hz (TN-S)
kiinteä maadoitus	
Valaistus ohjaus	230 V AC
Varavalaistus	400/230 V, 50 Hz
kiinteä maadoitus	
Huoltosähköpistorasia kotelo	400/230 V 50 Hz
kiinteä maadoitus	

## 10.5 TURVAJÄRJESTELMÄT VALAISTUKSELLE

Turvajärjestelmiä on erityyppisiä, kuten turvavalaistus josta käytetään myös nimitystä poistumisvalaistus. Järjestelmään kuuluu lisäksi palopumput, pelastuskäyttöön tarkoitetut hissit sekä hälytysjärjestelmät kuten palo-, savu-, häkä- ja murtojärjestelmät, äänellä tehtävät evakuointijärjestelmät ja savunpoistojärjestelmät. Valaisin turvajärjestelmään kuuluu henkilöiden suojaamiseen, varoittamiseen ja evakuoimiseen välttämättömät laitteet, jotka on toiminnallisia sähköisen häiriön (sähkökatko) aikana.

Turvajärjestelmä, jonka pitää toimia palotilanteessa, on laiteratkaisuilla ja asennuksella saavutettava riittävän pitkä toiminta-aika, yleensä se on 60 minuuttia.

Turvajärjestelmän johtojärjestelmät pitää kestää tulipaloo riittävän pitkän ajan, ettei sähkönsyöttöpiiriin jatkuvuus heikenny. Varmistetaan rakenteella riittävä suojaus mekaanisesti sillä liitosten, kiinnityksen ja kaapelin tuennan tulee kestää yhtä pitkään kaapelin palonkeston kanssa. Kaapeleina käytetään mineraalieristeisiä palonkestäviä kaapeleita (katso kohta 8.2 palonkestävät johtojärjestelmät). Kaapelivaipan väri on oranssi joka auttaa tunnistamisessa. (Kuva 11.)



KUVA 11. Turvavalaistus, jossa kaapelointi ja kytkentärasia on palonkestävä.

Johtojärjestelmien mekaaniseen ja palosuojaukseen on esimerkiksi erilaisia koteloratkaisuja kuten palonsuojakotelot ja rakenteelliset kotelot. Kaapeleiden tuennassa ja kiinnityksessä tulee käyttää valmistajan antamia ohjeita. (SFS 6000-1 2012,340.)

## 11 SÄHKÖNSYÖTTÖVERKON TURVAJÄRJESTELMÄ JA TEHOLÄHTEET

Sähkönsyöttöverkon turvajärjestelmä voi olla automaattinen tai ei automaattinen. Automaattisessa järjestelmässä turvajärjestelmään kytkettyjen laitteiden käynnistyminen ei riipu käyttäjän toimenpiteistä. Ei automaattisessa järjestelmässä on käyttäjän tehtävä tarvittavat käynnistystoimenpiteet. Syöttöverkon automaattinen kytkeytyminen luokitellaan kytkeytymisajan mukaan. (Taulukko 8.) Turvajärjestelmien olennaisten osien tulee olla yhteensopivia kytkeytymisajan suhteen.

TAULUKKO 8. Katkeamaton syöttö, jolla varmistetaan tiettyjen ehtojen mukainen sähkönsyöttö.

AUTOMAATTINEN TURVAJÄRJESTELMÄ
Hyvin lyhyt katko: syöttö on käytettävissä 0,15 sekunnissa
Lyhyt katko: syöttö on käytettävissä 0,5 sekunnissa, riskialttiiden alueiden valaistusvaatimus
Keskimääräinen katko: syöttö on käytettävissä 5 sekunnissa, poistumisalueiden valaistusvaatimus
Keskipitkä katko: syöttö on käytettävissä 15 sekunnissa, dieselsyöttöinen varmennus (standby) parhaimmillaan käynnistyvä aikaraja
Pitkä katko: syöttö on käytettävissä yli 15 sekunnissa, dieselsyöttöinen varmennus (standby) yleinen aikaraja

Teholähteet on asennettava niihin varattuun tilaan siten että niihin on opastettujen ja ammattihenkilöiden helppo päästä tarvittaessa. Tehonlähteinä turvajärjestelmässä on käytössä erillinen syöttö sähköverkosta, dieselkäyttöinen sähkögeneraattori tai akut. Tehonlähteiden tehonsyötön mitoitus tulee olla riittävän suuri ja sitä voidaan käyttää muuhunkin tehonsyöttöön, mutta silloin turvajärjestelmän tehonsyöttö ei saa vaarantua. Normaalisyötön vikaantuessa se ei saa vaikuttaa haitallisesti turvajärjestelmässä oleviin tehonlähteisiin. Tilan suunnittelussa on huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta tilassa olevien laitteiden aiheuttaman päästöjen vuoksi.

Normaalin ja turvajärjestelmän syöttöön ei saa käyttää kahta erillistä jakeluverkkoa ellei voida varmistaa että ne eivät vioitu yhtä aikaa. Muualla sattuva vika ei saa aiheuttaa turvajärjestelmässä minkään piirin energiansyötön keskeytymistä. (SFS 6000-5-56 2009,343.)

### 11.1 KATKEAMATTOMAN TEHONSYÖTÖN JÄRJESTELMÄT (UPS)

Turvajärjestelmissä voidaan käyttää keskitettyä tehonsyöttöä eli UPS-järjestelmää. Tehonsyötön järjestelminä käytettävän UPS:n tehtävänä on varmistaa suojalaitteiden toiminta ja turvajärjestelmien laitteiden käynnistys hätätilanteessa. Akkuvarmennetun järjestelmän pitää varmistaa samanaikaisesti ryhmäjohtojen suojalaitteiden toiminta. UPS-järjestelmän on käynnistettävä turvajärjestelmän laitteet hätätilanteessa akuista syötettyjen invertterien kautta. Akkujen on täytettävä kohdan SFS-EN 560.6.10 vaatimukset: akut on oltava teollisuuden käyttöön soveltuvia suljettuja ja huoltovapaa

tyyppisiä. Akkujen tulisi kestää standardin vaatimusten mukaan normaalilämpötilassa (20 C°) 10 vuoden käyttöiän. (SFS-EN 50171 2002,199 ja 344.)

## 12 TURVAVALAISTUS

Valaistuksen sähkönsyötön häiriintyessä on turvavalauksen kytkeydyttävä päälle. Verkkovirran kytkeytyessä takaisin on turvavalauksen kytkeydyttävä pois päältä. Silloin kun osa turvavalauksesta on integroitu normaalivalaisimiin, valaisimeen on asennettu kiinteä akkuvarmennus. Akkuvarmennetut valaisimet ovat käytössä normaalissa sähkönsyöttötilanteessa ja valaisimen akut lataantuvat valmiiksi häiriötilannetta varten.

Turvavalaukukseen liittyy erilaisia valaistusmuotoja. Poistumisvalaistus mahdollistaa turvallisen poistumisen sellaisesta paikasta missä normaalivalauksen virransyöttöön tulee häiriö. Kulkureittien turvavalaukukseen käytetään poistumisreitivalaistusta, joka ohjaa suunnan paikasta riittävällä valaistuksella poistumisreitille ja varmistaa käytävissä olevien turvavälineiden ja sammutusvälineiden mahdollisen käytön. Poistumisreiteille siirtymiseen ja paniikin vähentämiseen normaalivalauksen häiriintyessä käytetään avoimien alueiden valaistusta, samalla luodaan riittävä näkyvyys ja osoitetaan poistumisreitit. Poistumisreiteillä ja avoimen alueen valaistuksen reiteillä kaikki esteet tulisi turvavalauksen valaista alaspäin kahden metrin tasosta.

Jotta valaistuksen virransyötön häiriintyessä taataan prosessin koneiden ja laitteiden turvallinen hallinta ja alasajo työkohteessa sekä mahdollistaa muiden tilassa olevien henkilöiden turvallisuus on tarkoituksenmukaista käyttää riskialttiin työalueen valaistusta. Jotta turvallinen poistuminen hätätilanteessa varmistetaan ilman paniikkia ja hätäännyttä, on tarpeen merkitä hyvin ulos johtavat reitit. Turvavalauksen suunnittelussa tulisi ottaa huomioon valaisinratkaisujen koko elinkaari jolloin minimivaatimukset tulisi täyttyä ja valotehon pysyä koko käyttöiän riittävänä. (SFS-EN 1838 1999,188.)

### 12.1 POISTUMISVALAISTUS

Poistumisvalaistuksen valaisimien suositus asennuskorkeudesta on vähintään 2 metriä kävelytasosta. Poistumisopasteiden sijainti tulisi olla pitkin kulkureittejä ja uloskäytävän kohdalla, joka on tarkoitettu hätäpoistumisreitiksi. Poistumisopasteet tulee olla valaistut reitillä, jossa opastetaan riittävän selvästi henkilöt turvalliseen paikkaan aina uloskäytävälle asti. Paikoissa jossa on mahdollinen vaara tai kohdalle jossa turvavälineitä säilytetään ja jokaisen uloskäytävän oven läheisyyteen on sijoitettava standardin vaatimusten mukainen valaisin joka antaa riittävän valaistusvoimakkuuden seuraaviin eriteltyihin paikkoihin:

- kaikki uloskäytävän hätäpoistumisreitit
- porrastasanteet
- lähialueet
- pakolliset uloskäytävät
- turvallisuuskilvet
- suunnanmuutokset kulkureitillä
- risteykset reitillä

- lähialueet uloskäynnissä
- kaikki ensiapupisteet
- palohälytyspisteen ja sammutuskaluston sijoituspaikat

Ensiapupisteen ja palohälytyspisteen ja sammutuskaluston sijoituspaikoilla tulee olla valaistusten vähintään 5 lx, elleivät ne sijaitse poistumisreitillä.

Kattilalaitoksilla tulee olla automaattinen poistumisvalaistusjärjestelmä joka kytkeytyy välittömästi päälle normaalivalaistuksen syötön mennessä häiriöön. Poistumisvalaistusjärjestelmän tehtävä on opaskilpien valaiseminen poistumisreiteillä ja valaista poistumisreitit joista on kauttakulku turvalliseen paikkaan ja ulosmenokäytävälle.

Poistumisvalaistusjärjestelmän tulee mahdollistaa palohälytys- ja palotorjuntalaitteiden käyttö, sekä muunlainen turvallisuustoimenpiteiden suorittaminen. (SFS-EN 50172 2004,220–221; SFS-EN 1838 1999,188.)

## 12.2 POISTUMISVALAISTUSSOVELLUKSET

Valaisimia, jotka kuuluvat poistumisreitivalaisimiin voidaan käyttää itsenäisesti toimivina tai keskitetyn tehonsyötön järjestelmästä. (Kuva 12.) Itsenäisen järjestelmän valaisimet sisältävät tehonlähteenä akun.



KUVA 12. Akkuvarmennettu turvalaisin joka on jatkuvatoiminen.

Tulipalossa keskitetyn tehonsyötön valaisimen tulisi kestää toimintakykyisenä riittävän pitkän aikaa, yleensä on määritelty 60 minuutin toiminta-aika. Kyseinen toiminta-aika saadaan käyttämällä palonkestäviä johtojärjestelmiä valaisimen syötössä eri palo-osastojen välillä ja käyttämällä johdotusta kahdesta toisistaan erillään olevasta ryhmästä. (Kuva 13.) Silloin varmistetaan että toimintakyky säilyy jos toinen sähkönsyöttöpiiri joutuu epäkuuntoon.



KUVA 13. Keskitetyn tehonsyötön turvalaisin on kytketty palonkestävään johtojärjestelmään.

Erillisillä piireillä syötettävien vaihtoehtoisten valaisimien ylivirtasuojat tulee suunnitella siten, ettei syöttö saman alueen valaisimiin keskeydy yhden piirin mennessä oikosulkuun palon aikana. Ylivirtasuojan maksimimitoitusvirta on 60 % valaisimien kokonaisvirrasta, eikä ryhmäjohton syöttöön saa asentaa 20 valaisinta enempää. Jatkuvuus ei saa huonontua sähkönsyöttöpiirissä olevien laitteiden kytkennöistä.

Jotta evakuointi rakennuksesta on mahdollista, tulee poistumisvalaistukseen suunnitella riittävä toiminta-aika eli vasteaika ja minimivalaistustaso. Toiminta-ajan määrittelee rakennuksen rakenteellinen ominaisuus, rakennuksen ja tilan käyttötapa rakennusten sisällä olevien ihmisten valmiuksista siirtyä turvaan sekä poistumisturvallisuuden riskeistä. Toiminta-aika tulee olla vähintään 60 minuuttia. (SFS-EN 50172 2004,220.)

### 12.3 AJOITTAINEN JA JATKUVA TOIMINTATAPA SEKÄ NIIDEN YHDISTELMÄ

Tehonsyöttöä valvotaan aluetta syöttävästä ryhmäjohtosta, jolloin normaalin valaistuksen tehonsyötön häiriintyessä ajoittaisessa toimintatavassa turvalaistus kytkeytyy automaattisesti päälle. Paikallisesti tulee huolehtia riittävän säännöllisestä testauksesta että poistumisvalaistus on toiminnassa kun normaalinvalaistuksen syöttö häiriintyy. Testauksista on annettu erilliset määräykset, joita voidaan suorittaa päivittäin, kuukausittain tai vuosittain. Yhdistetyssä toimintatavassa jokaiseen syöttövaihtolaitteeseen kuuluu valvontalaite. Toimintatavat on voitava kytkeä erikseen yhdistetyssä ratkaisussa. Silloin kun tiloissa ei työskennellä jatkuvasti tai käytössä olevaa tilaa ei voi pimittää, voidaan jatkuvan toimintatavan valaistus kytkeä normaaliin valaistukseen. Tilassa on huomioitava valovoimakkuuden hitaaseen nousuun katkon jälkeen. Joissakin tiloissa valaistus on tarkoituksella poiskytketty, silloin ei turvalaistus saa kytkeytyä erikseen pois päältä. Turvalaistuksen suunnittelussa on otettava huomioon että ohjausjärjestelmien tulee täyttää toiminnalliset vaatimuksen, etteivät ne haittaa turvalaistusjärjestelmän toimintaa. Valaisimien valontuotto tulee olla riittävä, vaikka alueen valaisimien virransyötön ryhmäjohto vikaantuisikin. Kun normaali syöttö häiriintyy, tulee turvalaistusjärjestelmä kytkeytyä päälle automaattisesti. Ajoittaisessa toimintatavassa turvalaistus kytkeytyy pois päältä automaattisesti normaalisyötön palautuessa.

Turvalaistusjärjestelmässä voidaan käyttää keskitettyä tehonsyötön järjestelmää, syötön kytkeminen ja valvonta on oltava rakennuksen osissa missä mahdollisesti on henkilöitä. Lampputyypin valaistustehon pitää pysyä määritellyllä tasolla lamppujen vaihtoajan kanssa. Kytkinlaitteet merkitään ja vain valtuutetut henkilöt pääsevät niihin käsiksi. Turvalaistuksen jokaiselle syöttölähteelle tulee osoittaa kytketty-asento sopivassa paikassa. Punainen kilpi, jonka halkaisija on vähintään 30 mm on turvalaistimien ja piirien laitteiden tunnistus. (SFS 600-1 2004,346.)



## 12.4 POISTUMISOPASTE

Poistumisopasteiden tulee olla Suomessa määräysten mukaan valaistuja, poistumisvalaistus voidaan tehdä kahdella eri toimintatavalla: jatkuvalla ja ajoittaisella toimintatavalla. Molemmat toimintatavat voidaan yhdistää ja niiden tulee kytkeytyä päälle kun normaalivalaistukseen tulee häiriö. Poistumisopastetta käytetään teollisuudessa kokoontumistiloissa, toimistoissa ja muissa työpaikkatiloissa esimerkiksi verastilat, tuotantotilat, maanalaiset tilat ja yli 8-kerroksiset rakennukset. (Kuva 14.) Poistumisreitit valaistusta käytetään kokoontumistiloissa joiden koko on yli 300 m<sup>2</sup>, tuotantotiloissa joissa poistuminen on vaikeaa tai poistumisjärjestely on tavanomaisesta poikkeava. (SFS 6000-1 2012, 350.)



KUVA 14. Poistumisopaste.

## 12.5 POISTUMISVALAISTUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA LAITTEET

Turvavalaisimet valitaan tarkoituksen mukaan niiden sijoituspaikkaansa nähden. Huomioidaan räjähdysvaarallisten tilojen erikoisvaatimukset. Keskitetyn tehonsyöttöjärjestelmän suunnittelu ja rakentaminen tulee olla standardin SFS EN 50171 mukainen, akkujen turvallisuusvaatimukset on täytettävä SFS EN 50272-2 standardi. Automaattiset turvavalaisuksen järjestelmät suunnitellaan, rakennetaan ja asennetaan paikallisten standardien ja määräysten mukaan. Kun poistumisvalaistusjärjestelmän suunnittelua aloitetaan, pitää olla pohjapiirustukset joissa on esitettyä:

- rakennuksen sijoittelu
- sijoituspiirustus
- poistumisreitit
- sijaintipaikat palohälytyspisteistä
- sijaintipaikat palontorjuntalaitteista
- sijaintipaikat rakenteellisista osista, jotka mahdollisesti voivat estää poistumisen rakennuksen tiloista

Käyttötoiminnan ja toimintatavan on vastattava riskinarviointia joita määrää paikalliset standardit. (SFS-EN 50172 2004,221; SFS-EN 1838 1999,188–189.)

## 12.6 POISTUMISVALAISTUKSEN NORMAALIN SYÖTÖN VIKAANTUMINEN

Poistumisvalaistuksen on toimittava kun valaistuksen normaali virransyöttö katkeaa. Turvavalaisimien ja yhdistelmäturvavalaisimien, jotka toimivat ajoittain, tulee normaali valaistuksen ryhmäjohton vikatapauksessa kytkeytyä päälle. Paikallisen poistumisvalaistuksen tulee toimia kaikissa tapauksissa, kun normaali syöttö paikallisalueella vikaantuu. Turvavalaisimien erityisalueet koskien reittejä ja sijaintipaikkoja, on oltava standardin EN 1838 mukaiset kun kansalliset vaatimukset eivät ole voimassa. (Kuva 15.) Uloskäytävä- tai suuntakilvet on oltava paikoissa missä henkilöä ohjataan uloskäytävää kohti.



KUVA 15. Valaistus ja uloskäytäväkilpi.

Poistumisreitillä ja uloskäytävillä oleviin kilpiin on oltava näköyhteys ja kilpien väritys ja muodot on oltava yhdenmukaiset. Jos on vaarana, että ihmiset eivät ole välttämättä perillä rakennuksen yksityiskohdista tulee käyttää jatkuvatoimisia uloskäytäväkilpiä. (SFS-EN 50172 2004,221.)

## 12.7 POISTUMISREITTIVALAISTUKSEN SUUNNITTELU

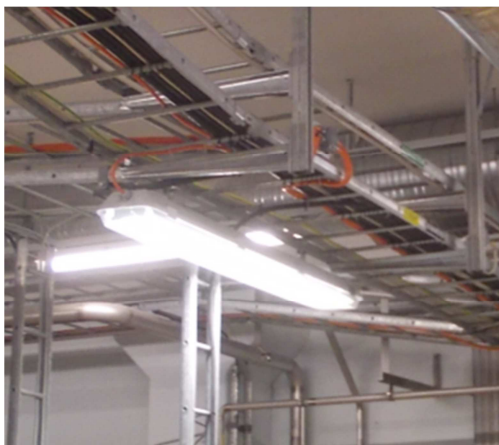
Poistumisreitivalaistuksella annetaan riittävä näkyvyys ja suunta turvalliseen siirtymiseen poistumisreiteille ja varmistetaan turvavälineiden ja palonsammutusvälineiden käytettävyys ja paikallistaminen. Poistumisreitivalaistuksen suunnittelussa on otettava huomioon riittävä valaistuksen voimakkuus. Vaakasuoraan valaistusvoimakkuus 2 metriä leveällä poistumisreitillä tulee olla keskilinjalla vähintään 1 lx ja vähintään puolet siitä poistumisreitien leveyden keskivyöhykkeellä. Poistumisreitit, jotka ovat yli 2 metriä leveitä, käsitellään leveyden mukaan kaistoina ja valaistus suunnitellaan panikinhäikäisyvaatimusten mukaisesti. Poistumisreitivalaistuksen ongelmia on häikäisy, joka voi estää merkien ja esteiden näkymisen. Valaisimen rakenne tulee olla suunniteltu siten että Ra-indeksi on vähintään 40. Poistumisreitivalaistuksen valoteho on saavutettava viidessä sekunnissa puolet valotehosta ja koko valoteho minuutin sisällä. Poistumisreitivalaistuksen on toimittava vähintään 60 minuutin ajan. Poikkeavat valaistustasot kansallisissa määräyksissä on lueteltu standardissa. (SFS-EN 1838 1999,188–189.)

## 12.8 AVOIMEN ALUEEN VALAISTUS

Avoimen alueen valaistuksella vähennetään mahdollista paniikkia tiloissa joissa henkilölukumäärä on suuri. Valaistuksella on luotava riittävä näkyvyysolosuhteet ja sillä on tarkoitus ohjata ja opastaa ihmiset turvallisesti kohti poistumisreittejä. Avoimen alueen valaistus on oltava valaistusvoimakkuudeltaan 0,5 lx vaakasuoraan lattialta mitattuna, lukuun ottamatta 0,5 metrin levyistä reuna-vyöhykettä. Valaisimen rakenne tulee olla suunniteltu siten, että Ra-indeksi on vähintään 40. Paniikinestovalaistuksen valoteho on saavutettava viidessä sekunnissa puolet valotehosta ja koko valoteho minuutin sisällä. Valaistuksen on toimittava vähintään 60 minuutin ajan. Teollisuus- ja liikennevalaisimien värinointoindeksit ovat usein 20–60. (SFS-EN 1838 1999,190.)

## 12.9 RISKIALTTIIN TYÖALUEEN VALAISTUS

Silloin kun ihmisten turvallisuus on varmistettava, esimerkiksi prosessi on turvallisesti ajettava alas, tai kun tarvitaan tehdä kunnolliset sulkutoimenpiteet prosessin alajajossa, niin tarvitaan toimintojen turvaamiseksi riskialttiin työalueen turvavalaistusta. (Kuva 16.)



KUVA 16. Jatkuvatoiminen työkohteen valaisin, kaapelointi palonkestävällä kaapelilla.

Riskialttiin työalueen valaistusteho, silloin kun turvavalaistus on päällä, se ei saa pudota alle kymmenesosaan (10 %) normaalista valaistustehosta, ei kuitenkaan alle 15 lx. Työalueella ei saa esiintyä valaisimen stroboskooppista välkkymistä. Valaisimen rakenne tulee olla suunniteltu siten että Ra-indeksi on vähintään 40. Riskialttiilla työalueella pitää turvavalaistuksen kytkeytyä päälle 0,5 sekunnin sisällä riippuen sovelluksesta ja annettava täysi valaistusvoimakkuus keskeytyksettä häiriötilanteessa. Niin pitkään kuin on vaaraa ihmisille, on riskialttiin alueen valaistuksen toimittava. (SFS-EN 1838 1999,190.)

## 12.10 VARAVALAISTUS JA TURVALLISUUSKILVET

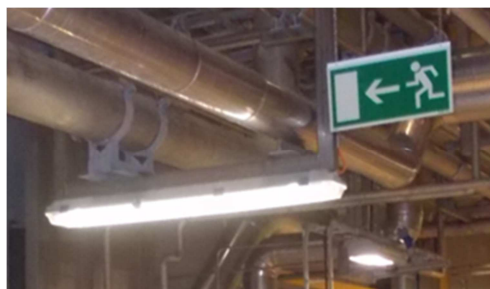
Varavalaistusta käytetään häiriötilanteessa poistumisvalaistus tarkoituksessa, tällöin on mahdollista turvalliseen poistumiseen tilasta jossa normaalivalaistus on jostain syystä pois käytöstä. Tällöin yleensä normaalivalaistuksen sähkönsyöttöön on tullut häiriö. Varavalaistuksen on täytettävä samat

standardin määritelmät jotka koskevat poistumisvalaistuksen standardeja. Silloin kun varavalaistus on valaistusteholtaan alhaisempi kuin työssä vaadittava valaistusvoimakkuus, saa varavalaistusta käyttää vain prosessin alasajoon ja lopettamiseen.

Valaistujen turvallisuuskilpien kuvatunnusten (kuva 17) ja itsevalaisevat kilvet (kuva 18) on täytettävä standardin vaatimat määritykset. Hätäpoistumis- ja ensiapuohjekilvet, jotka on valaistu sisältäpäin, näkyvät kauempaa kuin samankokoinen ulkopuolelta valaistu kilpi. Valotehon voimakkuus tulee olla viidessä sekunnissa puolet täydestä valotehosta ja täysi valoteho minuutissa. (SFS-EN 1838 1999,190.) (SFS-EN 1838 1999,190.)



KUVA 17. Sähkötilan hätäpoistumiskilpi.



KUVA 18. Turvallisuuskilpi, itsevalaiseva malli

#### 12.11 MUUT ALUEET JOTKA VAATIVAT TURVAVALAISTUSTA

Turvavalaistusta käytetään myös poistumiskäytävien ulkopuolella, kun normaaliin valaistukseen saattaa tulla häiriö. Valaistusstandardissa (SFS-EN 1838) määritellään poistumisteiden reiteillä tarvittavat valaistukset. Hissikorissa käytetään avoimen alueen turvavalaistusta. Siihen asennetaan valaisin hissikoriin, joko omalla virtalähteellä tai valaisin jonka sähkönsyöttönä käytetään keskussyöttöistä järjestelmää. Sähkönsyöttö on toteutettu palonkestävällä kaapeloinnilla. (SFS-EN 50172 2004,222.)

#### 12.12 POISTUMISVALAISTUSJÄRJESTELMÄN TALLENNE JA RAPORTOINTI SEKÄ HUOLTO JA TESTAUS

Vuotuisen tarkastuksen ja testiaikataulun loppuunsaattamiseksi testitodistus on luovutettava tiloista vastaavalle henkilölle, kuten vaaditaan määräaikaistarkastuksissa. Poistumisvalaistuksen asennuksesta toimitettaviin piirustuksiin tulee yksilöidä kaikki valaisimet ja pääkomponentit ja ne laaditaan standardien SFS-EN 61082 ja SFS-EN 81346 mukaan sisältäen kaavioita, piirustuksia ja taulukoita. On varmistettava standardin vaatimusten täyttyminen allekirjoituksin jonka saa tehdä vain asiantunteva ja valtuutettu henkilö. Kaikki muutokset päivitetään piirustuksiin ja säilytetään tietyssä paikassa. Määräaikaistarkastukset vaativat testitodistuksen joka on luovutettava vastaavalle henkilölle vuotuisen tarkastuksen ja testiaikataulun loppuunsaattamiseksi. Poistumisvalaisin järjestelmässä tulee olla lokikirja säilytettävänä. Kansalliset määräykset antavat erinäisiä ohjeita turvavalaisinjärjestelmän testauksille, missä ei sovelleta edellä mainittuja määräyksiä, on testauksia suoritettava päivittäin, kuukausittain tai vuosittain. Testauksiin on laadittu vaadittavat tarkastus ja testausmenetelmät. Hyväksynnän antavat viranomaiset voivat vaatia erikoistestejä. (SFS-EN 50172 2004,222–224.)

## 13 YHTEENVETO

Varkauden Andritz Automation osastolla haluttiin kehittää ja päivittää suunnitteluohjeistusta kaapelihyllyjen ja valaistuksen osalta. Opinnäytetyössä aloitettiin tietojen kerääminen jo aiemmin yrityksessä käytössä olevista ohjeistuksista. Lisäksi tiedostopohjaa laajennettiin SFS standardien, PSK standardien ja ST-kortti tietojen perusteella.

Saaduista standardin määrittelemistä vaatimuksista ja aiemmin käytettyjen Andritzin standardisoitujen ohjeiden perusteella tehtiin suunnittelijoille käytettäväksi ohjeet projektin esisuunnitteluvaiheesta aina projektin luovutukseen asiakkaalle, niin kutsuttu projektin elinkaarimalli.

Suunnittelijalle tärkeitä asioita projektin alusta asti on riittävän tiedonsaanti eri sidosryhmiltä. Vahva yhteistyö laitos- ja mekaanisensuunnittelun kanssa antaa riittävän pohjan laadukkaalle suunnittelulle. Suunnittelijan käyttöön on laadittu kaksi liiteosaa joissa käydään projektiin liittyvät tarpeet ja aikataulut.

Kattilalaitoksen kaapelihyllysuunnittelussa annetaan kaapelihyllyjen suunnittelijalle tarpeelliset ohjeet suunnittelun vaiheista ja suunnittelun sidosryhmistä ja asiakokonaisuuksista.

Valaistuksen ja turvavalaituksen liitteessä käsitellään kattilalaitosten valaistukseen liittyvien suunnittelussa huomioitavien asioiden käsittelyä. Turvavalaituksessa on huomioitu myös tarvittavat palotekniset asiat suunnittelua varten.

Erityyppisten mallikuvien käsittelyyn varattiin riittävästi aikaa. Lopputuloksena saatiin päivitettyä kaapelihyllyjen asennustyyppikuvia 24 kpl. Tyyppikuvia voidaan käyttää suunnittelussa asioiden hahmottamiseen ja ymmärtämiseen. Lisäksi saadaan asiakkaalle tarjottavaksi mallikuvia asennustarjousta tehtäessä. Lisäksi päivitettiin kaapelireittien portti ja kaapelihyllyjen nimeämisen käytäntöjä. Edellä mainittujen lisäksi koottiin aiemmista projekteista luotu kannatus- ja asennustyyppikuvasarjat. Valaistuksen asennustyyppikuvia saatiin 13 kpl, joista osa uusina kuvina.

Sähköturvallisuutta on käsitelty opinnäytetyössä, koska ne liittyvät aina asennuksiin jossa on sähkölaitteita tai asennuksiin liitettäviä komponentteja. Sähköjohtojen aiheuttamat sähkömagneettisten häiriöiden vaikutukset on huomioitu suunnitteluohjeissa rakenteiden ja välimatkojen osalta sekä valmiiden komponenttien osalta. Maadoitus kuuluu osana suunniteltaessa kaapelihylly- ja valaistusratkaisuja, joten ne on mainittu opinnäytetyössä kokonaiskuvan aikaansaamiseksi. Myös kuvatuotannosta on päivitetty maadoitukseen liittyviä tyyppikuvia 12 kpl.

Opinnäytetyön laajuus ja ajankäyttö toi riittävästi haasteita koko tämän kehitystyön ajan. Järjestelmällinen tietojen etsintä ja muutokset työn edetessä sai aikaan valmiin kokonaiskuvan tarvittavien asioiden hallintaa varten.

## 14 KEHITYSTOIMENPITEET JA JATKOTOIMENPITEET

Tämä opinnäytetyö on tehty antamaan yleiset suunnittelun tarvitsemat ohjeet ja niiden tuleva kehittäminen on mahdollista kunkin osa-alueen tarkemmalle tutkimiselle. Kaapelihyllyasennuksen tarkentaminen laitetasolle on seuraavia tulevia kehityskohteita.

Kustannusten vertailu voidaan tehdä erityyppisten asennustapojen mukaan. Asennustapojen määrittely eri kattilalaitos projekteissa on haastavaa ja hyvin tehdyllä suunnittelulla voidaan vähentää mahdollisia jälkityön aiheuttamia lisäkustannuksia.

Valaistuksen tarkempi määrittely eri laitosalueilla on tulevaisuudessa yksi merkittäviä kehityskohteita, koska uudentyyppiset valaistusratkaisut kuten led-valaistus on mielenkiintoinen aihe, joka on tulossa korvaamaan osan nykyisistä valaistusratkaisuista. Led-valaistuksen kustannusrakenteen määrittely valaisinratkaisussa voidaan suunnittelussa arvioida ja siitä saadut kokemukset hyödyntää tuleviin projekteihin.

Kaapelihyllyjen asennustyyppikuvasarjan vienti Comos–suunnittelujärjestelmään ja sen kehittäminen on myös yksi tulevaisuuden hankkeista.

## KUVAKAAPPAUS LUETTELO

- KUVA 1. Andritz Croup. (ANDRITZ GROUP/Company presentation August 2014)
- KUVA 2. Pulp and Paper Automation. (ANDRITZ PULP & PAPER presentation 2014)
- KUVA 3. Kattilalaitoksen kaapelitakashyllyt nousukuilussa. Kuvakaappaus navisworks ohjelmasta. (Iggesund RB 9/2013)
- KUVA 4. Päähyllyreittien tilavaraus layout. (Iggesund RB cable trays layout 10/2010)
- KUVA 5. Vahvennettu hylly pitkällä kannatusvälillä (Celbi 1/2010)
- KUVA 6. Matalan tilan kaapelihylly asennus (Setubal BP 9/2009)
- KUVA 7. Pystyhylly isolle moottorille (Iggesund RB 8/2013)
- KUVA 8. Kaapelitilan hyllyreitit ja hyllytuennat (Iggesund RB 11/2011)
- KUVA 9. Potentiaalitasaukseen on kytketty kaapelihyllyjärjestelmän maadoitus. (Iggesund RB 1/2012)
- KUVA 10. Paikallinen huoltokeskus. (Iggesund RB 6/2012)
- KUVA 11. Turvavalistus, jossa kaapelointi ja kytkentärasia on palonkestävä. (Iggesund RB 9/2013; malli I-Valo)
- KUVA 12. Akkuvarmennettu turvavalaisin, joka on jatkuvatoiminen. (Iggesund RB 8/2013; malli I-Valo)
- KUVA 13. Keskitetyn tehonsyötön turvavalaisin kytketty palonkestävään johtojärjestelmään. (Iggesund RB 9/2012; malli I-Valo)
- KUVA 14. Poistumisopaste. (Iggesund RB 9/2013; malli I-Valo)
- KUVA 15. Valaistus ja uloskäytäväkilpi. (Iggesund RB 9/2013; malli I-Valo)
- KUVA 16. Jatkuvatoiminen työkohteen valaisin, kaapelointi palonkestävällä kaapeleilla. (Iggesund RB 8/2013; malli I-Valo)
- KUVA 17. Sähkötilan hätäpoistumiskilpi. (Iggesund RB 3/2014; malli I-Valo)
- KUVA 18. Turvallisuuskilpi, itsevalaiseva malli. (Iggesund RB 8/2013; malli I-Valo)

## LÄHTEET

Haaja 2013: [sisäinen ohje] Cable tray design guide for Andritz/ Jani Haaja  
date: 7.02.2013. [viitattu 20.11.2014]

Kokko 2014: [sisäinen ohje] Andritz Cable tray engineering development/ Tero Kokko  
date: 18.09.2013. [viitattu 20.11.2014]

Kuva 1 ANDRITZ CROUP

<http://intranet.andritz.com> [verkkosivu] Andritz Oy. [viitattu 26.11.2014]

Saatavissa: <http://intranet.andritz.com/ANONIDZ9EE2CF55E0805726/index/andritz-world.htm>

Kuva 2 PULP AND POWER AUTOMATION

<http://intranet.andritz.com> [verkkosivu] Andritz Oy. [viitattu 26.11.2014]

Saatavissa:

<http://acp.andritz.com/sba/0010/AutomationBusinessAreas/PulpandPaper/Finland/SitePages/Home.aspx>

PSK Standardisointi STANDARDI PSK 2005

PSK Standards Association

COPYRIGHT: PSK Standardisointiyhdistys ry 2004-09-03

Ra-indeksi Wikipedia [verkkosivu] värintoistoindeksi.

[viitattu 20.11.2014] Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/V%C3%A4rintoistoindeksi>.

Rämö 2014: [sisäinen ohje] Andritz AEI Standards For Pulp Mills cable tray specification/  
Toni Rämö date 10.06.2014. [viitattu 20.11.2014]

Rämö 2014: [sisäinen ohje] Andritz building electrification standard/ Toni  
Rämö date 31.01.2014. [viitattu 20.11.2014]

ST-kortti ST 51.10 2005 Asennusreitit.

LAADITTU 2005-06-15

julkaisija: Sähkötieto ry

kustantaja: Sähköinfo Oy

ST 51.13 2014 Kaapelihyllyt, -tikkaat ja valaisinripustuskipit.

LAADITTU 2014-09-15

julkaisija: Sähkötieto ry

kustantaja: Sähköinfo Oy



ST-kortti ST 841.05 Kaapelihyllyreitit.

LAADITTU 1993–06-15

julkaisija: Sähkötieto ry

kustantaja: Sähköinfo Oy

ST-kortti ST 51.06 2014 Palonkestävä johtojärjestelmä palon aikana toimiviksi tarkoitetuille järjestelmille.

LAADITTU 2014-05-15

julkaisija: Sähkötieto ry

kustantaja: Sähköinfo Oy

ST-kortti ST 53.21 2012 Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset.

LAADITTU 2012-11-15

julkaisija: Sähkötieto ry

kustantaja: Sähköinfo Oy

ST-kortti ST 51.17 2013 Sähkökaapelit ja paloturvallisuus.

LAADITTU 2013-09-15

julkaisija: Sähkötieto ry

kustantaja: Sähköinfo Oy

ST-kortti ST 51.18.02 Sähköläpivientien paloeristäminen.

LAADITTU 2004-02-15

julkaisija: Sähkötieto ry

kustantaja: Sähköinfo Oy

ST-kortti ST 51.18.01 2000 Sähköläpivientien äänieristäminen.

LAADITTU 2002-12-15

julkaisija: Sähkötieto ry

kustantaja: Sähköinfo Oy

ST-käsikirja 35

LAADITTU 2002

julkaisija: Sähkötieto ry

kustantaja: Sähköinfo Oy

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS

STANDARDI SFS 6000-5-52

Vahvistettu 2012–08-13 4. painos.

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS

STANDARDI SFS 6000-4-41

Vahvistettu 2012-08-13 3. painos.

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO STANDARDI SFS-EN 60598-1 + A11

Vahvistettu 2009-09-21 3. painos.

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS-KÄSIKIRJA 6000-1

Vahvistettu 2012-08-13 3. painos.

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO STANDARDI SFS-EN 1838 1999

Vahvistettu 1999-10-25

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO STANDARDI SFS-EN 50172 2004

Vahvistettu 2004-10-18

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO STANDARDI SFS 6000-5-55 2012

Vahvistettu 2012-08-13 3. painos.

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO STANDARDI SFS 6000-5-56 2009

Vahvistettu 2012-08-13

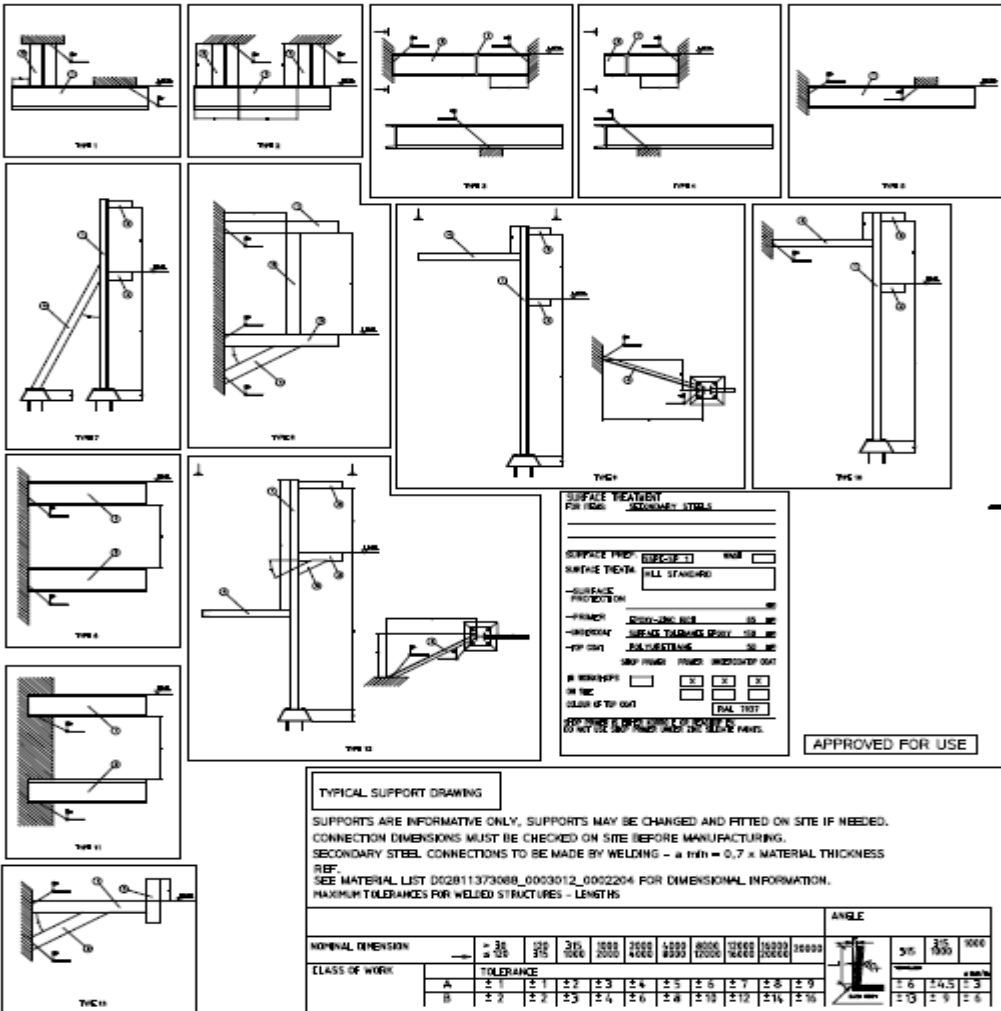
YRITYSESITTELY: <http://intranet.andritz.com> [verkkosivu] Andritz Oy [viitattu 26.11.2014], lehdistötiedote.

LIITTEET

LIITE 1. Kannatuserästen suunnittelukuvat.

Rev.	Description	Designed	Date	Approved



**SURFACE TREATMENT**

FOR STEEL: ZINC-RICH PRIMER - STEEL

SURFACE FINISH: SMOOTH

SURFACE TREATMENT: ALL STANDARDS

PROTECTION:

PRIMER: ZINC-RICH PRIMER - IS - BS

INTERMEDIATE: WELDING TOLERANCE POLY - IS - BS

TOP COAT: POLYURETHANE - IS - BS

SPRAY FINISH: POWER  WET  DRY

IN THE:

CLEAR UP TO:

**DO NOT USE SURF. TREAT. UNLESS SPECIFIED**


APPROVED FOR USE

**TYPICAL SUPPORT DRAWING**

SUPPORTS ARE INFORMATIVE ONLY. SUPPORTS MAY BE CHANGED AND FITTED ON SITE IF NEEDED. CONNECTION DIMENSIONS MUST BE CHECKED ON SITE BEFORE MANUFACTURING. SECONDARY STEEL CONNECTIONS TO BE MADE BY WELDING - a min = 0.7 x MATERIAL THICKNESS REF. SEE MATERIAL LIST D02B113/3088\_0003012\_0002204 FOR DIMENSIONAL INFORMATION. MAXIMUM TOLERANCES FOR WELDED STRUCTURES - LENGTHS

NOMINAL DIMENSION	ANGLE										
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
CLASS OF WORK	TOLERANCE										
A	± 1	± 1	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 9	± 10
B	± 2	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16	± 18

Controlled	APL	Steel Fabricated From	Steel Fabricated Standard	Std. Code
Rev. No.	Rev. No.	Rev. No.	Rev. No.	Rev. No.
Project Title	Project Code	Project Title	Project Title	Project Title
Size	Scale	System	System	System
Drawn	Checked	Approved	Approved	Approved
By	By	By	By	By
By	By	By	By	By



**ANDRITZ**

RECOVERY AND POWER DESIGN

Kannatuserästen suunnittelukuvat (Mondes del Plata Support 04/2012.)

## LIITE 2. Valaisimen asennustyyppit.

PROSESSIALUE	YLEISESTI KÄYTETYT	YLEISESTI KÄYTETYT
SISÄLLÄ	VALAISINTYYPPI	ASENNUSTYYPPI
turbiinihalli	02A, 02C	L04
kattilahuone	04C, 04E	L01,L02
poltintaso	04C, 04E	L04
suolanpoisto	04C, 04E	L04
säiliöt ja kävelysillat	10B, 11	L05,L06
kemikaalin poisto	04C, 04E	L04
kytkentäkotelot	04C, 04E	L04
kaustisointi ja kalkin poltto	04C, 04E, 11	L04,L06
MASSAOSASTO, MUUT AVOIMET TILAT		
hoitotaso	02A, 02C, 02D	L04
viiraosa (massan kuivaus)	02B	L04
sellun paalaus (kuivatuskone)	02A, 02C	L04
kellaritaso	04C, 04E	L04
sellun varastotila	03B, 03D	L04
selkeytin	10B, 11	L05,L06
suodintila	04C, 04E	L04
pumppaamo	04C, 04E	L04
PROSESSIALUEET		
ULKONA		
pumppaamo	04D, 04F	L05
vesiallas	06A, 08, 11	L10,L12,L06
yleinen tehdasalue	05, 06A	L10
tiet	08, 09	L12
putkisillat ja kävelysillat	11	L06
APUTILAT		
paineilmakeskukset	04C	L04
valvomotila	14B, 17B	L03
sähkötila	13, 13A	L03
kaapelihuone, muuntamo	16A	L02
työpaja	13	L01
pukuhuone	16, 16A	L02
toimisto	14A, 17A	L03

HUOM! Valaisin- ja asennustyyppien merkkilyhenteet viittaavat Andritzin käyttämään standardiin (Rämö 2014.)

## LIITE 3. Valaisimen ja paikallisen huolto- ja kunnossapitokotelon merkintä ja numerointi.

VALAISIMEN NUMERO KENTÄLLÄ			
Esimerkki: =026-LP001			
xxx	= aluetunnus	026	(Power Boiler)
LP	= valaisin		(Lighting Panel)
001	= laitetunnus	001	(juokseva numerointi)
HUOLTO/KUNNOSSAPITO KOTELO			
Esimerkki: =026-MP001			
xxx	= aluetunnus	026	(Power Boiler)
MP	= huolto/kunnossapito kotelo		(Maintenance Panel)
001	= laitetunnus	001	(juokseva numerointi)
Aluetunnus 0-kannasta: 023 Woodyard, 026 Recovery Boiler, 027 Evaporation, 088 Power Boiler.			

Valaisimien ja paikallisten huolto- ja kunnossapitokoteloiden merkintä ja numerointi noudattaa teh-  
dasstandardia (Rämö 2014.)