

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka, meritekniikka

2020

Jari Koskinen

OHJEISTUS LAIVASÄHKÖISTYKSEN SUUNNITTELUUN

– Ship Electrical Design Guide

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikka | Meritekniikka

2020 | 38 sivua

Jari Koskinen

OHJEISTUS LAIVASÄHKÖN SUUNNITTELUUN

- Ship Electrical Design Guide

Opinnäytetyön tarkoituksena on toimia tukena laivasähkösuunnittelulle ja ohjata uutta käyttäjää tekemään laivasähkösuunnittelua. Työ toteutetaan Elomatic Oy:n toimeksiantona.

Materiaali tähän työhön on kerätty monesta eri lähteestä. Kirjallisuudesta muutamaa teosta ja Elomaticin omaa dokumenttikirjastoa sekä suunnittelijoiden haastattelua käytettiin oman tiedonhaun lisänä. Oma tiedonhaku on keskittynyt järjestelmätoimittajien verkkosivuihin ja verkosta löytyviin tietolähteisiin.

Työn aluksi tarkastellaan lisääntyneitä tarvetta laivojen sähköistämiseen ja mitä nykypäivänä sisältyy laivasähkön alueeseen. Sen jälkeen kerrotaan laivasuunnittelusta ja sen eri vaiheista konseptisuunnittelusta valmiiseen tuotteeseen. Lopuksi on laadittu ohjeistus laivasähkön suunnittelun perus- ja valmistussuunnittelun vaiheisiin. Täysin yksityiskohtaista ohjeistusta ei ole mahdollista laatia, koska eri telakoilla on omat käytäntönsä dokumenttien määrään ja sisältöön.

Tämän opinnäytetyön tuloksena on saatu Elomatic Oy:n käyttöön laivasähkösuunnittelua varten ohjeistus, joka helpottaa uuden suunnittelijan perehdyttämistä työtehtäviinsä.

ASIASANAT:

laivat, sähkö, suunnittelu, ohjeet, järjestelmä, telakat, määräykset, säännöt

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Machine Technology | Marine Technology

2020 | 38 pages

Jari Koskinen

SHIP ELECTRICAL DESIGN GUIDE

A guide for the electrical design of a ship

The purpose of this thesis was to support the electrical design of a ship and guide a new user to ship electrical engineering of a ship. The work was commissioned by Elomatic Ltd.

The material for this work was gathered from many different sources. Technical literature and Elomatic document library as well as interviews with designers were used as a supplement to the author's information search. The data retrieval was focused on system vendor web pages and data sources found on the web.

The thesis discusses how electricity has increased in ships and what currently is included in the ship electricity. Ship designing and its various phases is also introduced from concept design to the finished product. Finally, guidance is provided on the stages of the basic and detail design of the ship electricity design. It is not possible to draw up a fully detailed guidance because different shipyards have their own practices in the number and content of documents.

As a result of this thesis, a guide was devised to the use of Elomatic Ltd for the electrical design of a ship, which facilitates the new designer's work.

KEYWORDS:

ships, electricity, design, guide, system, ship yards, rule, regulation

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	5
1 JOHDANTO	7
2 LAIVASÄHKÖ	9
2.1 Laivasähkön kehittyminen	9
2.2 Laivasähkön nykytila	11
3 LAIVASÄHKÖN SUUNNITTELU	12
3.1 Projektisuunnittelu (Project design)	13
3.2 Konseptisuunnittelu (Concept design)	13
3.3 Perussuunnittelu (Basic design)	15
3.4 Valmistussuunnittelu (Detail design)	22
3.5 Suunnittelun aikataulu	28
4 MÄÄRÄYKSET, STANDARDIT JA DIREKTIIVIT	30
4.1 Kansainvälinen merijärjestö IMO	30
4.2 Luokituslaitosten toiminta	32
4.3 Kansalliset järjestöt	33
4.4 Kansainväliset järjestöt ja standardit	33
5 PÄÄTELMÄT JA JATKOKEHITYS	35
5.1 Päätelmät	35
5.2 Jatkokehitys	36
LÄHTEET	37

KÄYTETYT LYHENTEET

AC	sähkövirran tyyppi, vaihtovirta (Alternating Current)
ATEX	räjähdyturvallisuusdirektiivi (Atmosphere Explosive)
BNWAS	komentosillalla navigoinnin valvonta- ja hälytysjärjestelmä (Bridge Navigational Watch Alarm System)
CITADEL	laivan henkilöstön turvapaikka merirosvoilta
COLREG	kansainvälinen säännöstö törmäysten välttämiseksi merellä (International Regulations for Preventing Collisions at Sea)
DALI	digitaalinen valaistuksen ohjausväylä (Digital Addressable Lighting Interface)
DC	sähkövirran tyyppi, tasavirta (Direct Current)
DMX	valaistustekniikassa käytettävä digitaalinen sarjaprotokolla (Digital MultipleX)
DP	laivan merellä paikallaanpitojärjestelmä (Dynamic Positioning)
EMC	sähkömagneettinen yhteensopivuus (Electromagnetic compatibility)
GA	laivan yleisjärjestelykuva (General Arrangement)
GPS	maailmanlaajuinen satelliittipaikallistamisjärjestelmä (Global Positioning System)
I/O	tulo ja lähtö (Input / Output)
IAS	laiva-automaatiosta käytettävä nimitys (Integrated Automation System)
IEC	kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio (International Electrotechnical Commission)
IMO	kansainvälinen merenkulkujärjestö (International Maritime Organization)
IP	sähkölaitteiden ja laitekoteloiden tiiviydän määrittäminen (International Protection)
LLL	matalalla sijaitseva poistumisteiden valaistus (Low Location Lighting)
MARPOL	kansainvälinen sopimus merten saastumisen ehkäisemiseksi (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships)

PA	laivan sisäinen kuulutus- ja yhteydenpitojärjestelmä (Public Address)
PMS	sähköntuoton ja -jakelun valvontajärjestelmä (Power Management System)
SMS	turvahallintajärjestelmä (Safety Management System)
SOLAS	kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä (International Convention for the Safety of Life at Sea)
S RTP	SOLAS-sopimukseen sisältyvä matkustaja-alusten turvallisuuden liittyvät määräykset (Safe Return to Port)
Traficom	palveleva liikenteen ja viestinnän lupa-, rekisteri- ja valvontaviranomainen
THD	harmoninen kokonaissärö (Total Harmonic Distortion)
UPS	keskeytymätön virransyöttö (Uninterruptible Power Supply)

1 JOHDANTO

Laivasuunnittelu on erittäin tärkeä osa Elomatic Oy:n toimintaa. Yhtiö on monialakonserni, mutta yhtiön juuret ovat vahvasti laivasuunnittelussa, joka on jatkunut yhtiön perustamisvuodesta 1970 lähtien. Yhtenä osana laivasuunnittelussa on sähkösuunnittelu, joka sitoo yhteen kaikkien järjestelmien toiminnan. Tähän laivasähkösuunnitteluun haluttiin sähkösuunnitteluosastolla saada perus- ja valmistussuunnitteluvaiheisiin ohjeistus, jolla uuden sähkösuunnittelijan olisi helpompi päästä töidensä alkuun. Tämä opinnäytetyö teetettiin tähän tarpeeseen Elomatic Oy:n laivasähkösuunnitteluun. Yrityksen eduksi on aina, jos uusi työntekijä pääsee heti työssään vauhtiin ja omalla panoksellaan kasvattamaan yrityksen arvoa.

Omalla kohdallani tämän ohjeistuksen tekeminen merkitsi tutustumista mittaavaan määrään erilaisia dokumentteja ja määräyksiä, joihin laivasähkösuunnittelu nojautuu. Itselläni oli ennestään jo jonkin verran tietoa laivojen sähkösuunnittelusta, mutta tämän työn myötä tietomäärä ja kokonaisvaltainen käsitys suunnittelusta on kasvanut huomattavasti.

Sähköntarve laivoissa on jatkuvassa kasvussa lisääntyneen digitalisoinnin ja automaation myötä. Varsinkin risteilyaluksissa sähköntarve kasvaa koko ajan, kun varustamot keksivät uusia innovaatioita asiakkaiden houkuttelemiseksi laivoilleen. Lisäksi muillakin alustyypeillä sähkölaitteiden määrä on lisääntynyt pyrittäessä yhä parempaan polttoainetalouteen ja pakokaasujen puhtauteen. Moniin vanhoihin laivoihin asennetaan jälkeenpäin polttoainepesureita ja samalla kerralla päivitetään muutakin laitteistoa, jolloin sähkönkulutuksen kasvua kompensoimaan on pakko lisätä sähköntuottoakin. Myös nämä muutostyöt vaativat huolellista suunnittelua sähköihin, jotta tavoitellut hyödyt saavutetaan.

Tästä työstä tehdään kaksi versiota, jossa toisessa on varsinainen suunnitteluohjeistus liitteenä mukana. Tämä ratkaisu johtuu siitä, että ohjeistuksessa on vain yrityksen omaan käyttöön tarkoitettua materiaalia mukana ja se haluttiin pitää ainoastaan yrityksen sisäisessä käytössä.

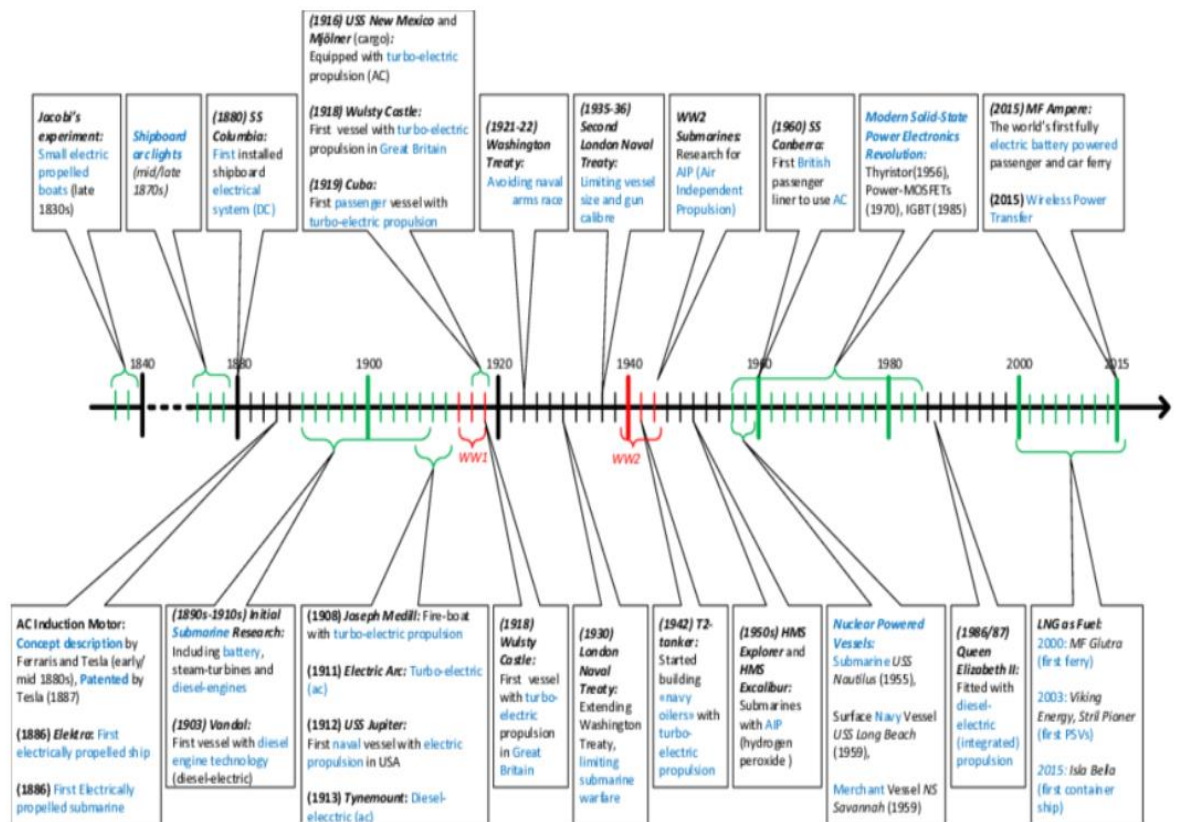
Tämän opinnäytetyön ja ohjeistuksen tekemistä varten kerättiin tietoa useasta eri lähteestä. Kirjallisuudessa löytyy joitakin tekniikan teoksia Turun Amk:n ja Turun kaupungin kirjastoista. Näistä teoksista saa perustietoutta laivojen sähkösuunnitteluun. Lisäksi Elomatic Oy:n omasta dokumenttikirjastosta löytyy hyvin yksityiskohtaistakin materiaalia ohjeistusta varten. Näiden lisäksi on haastateltu suunnittelijoita ja kerätty tietoa laitevalmistajien sekä viranomais- ja luokitustilaitosten verkkosivuilta.

2 LAIVASÄHKÖ

Sähkö on puhdas väline voiman siirtoon. Sähkö ei haise, ei saastuta ympäristöä ja on suhteellisen turvallista käyttää. Sähkö voidaan melko helposti muuntaa mekaaniseksi voimaksi, valoksi tai lämmöksi. Sähköä käytetään myös tiedon-siirron välineenä. Laivoissa sähkösuunnittelun osuus on kasvanut koko ajan tärkeämmäksi sitä mukaa, kun laivojen sähkövoimalat ovat kasvaneet. Pienessä aluksessa sähköjärjestelmä voi olla melko yksinkertainen, koostuen moottorin yhteydessä olevasta generaattorista ja akuista. Useimmiten laivoissa on kuitenkin monimutkainen sähköjärjestelmä, joka voi koostua yli sadasta erilaisesta sähköllä toimivasta järjestelmästä. Nämä järjestelmät kattavat kaiken suurista sähköntuotantolaitteista ja niiden valvontajärjestelmistä aina laivalla oleviin tietokonejärjestelmiin saakka. (Bortslap ym. 2011, 11.)

2.1 Laivasähkön kehittyminen

Laivoissa alettiin kokeilemaan sähköpropulsiota jo 1830-luvulla akuilla ja pienillä tasavirta-sähkömoottoreilla, tosin ilman mitään suurta menestystä. Tästä kului noin 50 vuotta eteenpäin ja sähkövalon kehittymisen myötä otettiin myös laivoissa vielä melko alkeellinen sähkövalaistus käyttöön. 1800-luvun lopulla kehitettiin ensimmäisiä sähköllä toimivia apulaitteistoja laivoille, kuten ilmastointiin ja asejärjestelmiin. Huomattavaa onkin, että sähkölaitteistojen lisääntyminen ja kehittyminen laivoissa oli aluksi pitkälti sotalaivojen tarpeeseen suunnattu ja levisi sitä kautta myös kaupalliseen käyttöön tarkoitettujen laivojen käyttöön. Kuten kuvasta 1 on nähtävissä, on sähköpropulsio ja sähkölaitteiden kehitys laivakäyttöön ollut jo pitkään käynnissä. (Skjong ym. 2016.)



Kuva 1. Sähköpropulsio kehitys 1830–2015 (Skjong ym. 2016).

Aluksi kaikki sähkölaitteet toimivat tasavirralla (DC = Direct Current), vaikka vaihtovirralla (AC = Alternating Current) toimivia laitteita jo kehiteltiin. DC-järjestelmää pidettiin luotettavampana ja AC-järjestelmää rasitti varsinkin induktiivisen ja kapasitiivisen reaktanssin aiheuttamat häviöt tehoissa. DC-järjestelmän laitteet olivat hyvin painavia verrattuna AC-järjestelmään, joten painonvähennyksen vuoksi olisi ollut vaihtovirtajärjestelmä parempi. AC-järjestelmää kuitenkin rasitti vielä 1900-luvun alussa hankala sähkötehon mekaaninen säätö, jossa piti säätää käsin sähkön jännitettä ja taajuutta erilaisilla kytkennöillä. Tästä sähkön lisääminen laivoissa jatkui tasaisesti kunnes 1950-luvulla AC-sähkön kehitys ja jakelu laivassa esiteltiin ensimmäistä kertaa suuressa mittakaavassa. Huomattavaa on, että samaa vauhtia kuin elektroniikka kehittyi, niin myös sähköistys laivoissa lisääntyi. Yhtenä suurimpana vaikutuk-

sena oli transistorin keksiminen ja siitä seurannut valtava sähkölaitteiden kehittyminen ja lisääntyminen.

Sähköisen propulsioon lisääntyminen merkitsi sähköä tuottavien moottorien, usein dieselkäyttöisten, sijoittelun helpottumisen. Moottorin ei enää tarvinnut sijaita potkurin akselin päässä, vaan moottorien tuottama sähkö kuljetettiin kaapelien avulla sähkömoottoreille potkurien pyörittämistä varten. Risteilyaluksissa voidaan puhua jo sähkövoimaloista, joissa tuotetaan jopa yli 90 MW sähköä laivan hotellitoimintojen ja laivatoimintojen hoitamiseen. (Skjong ym. 2016.)

2.2 Laivasähkön nykytila

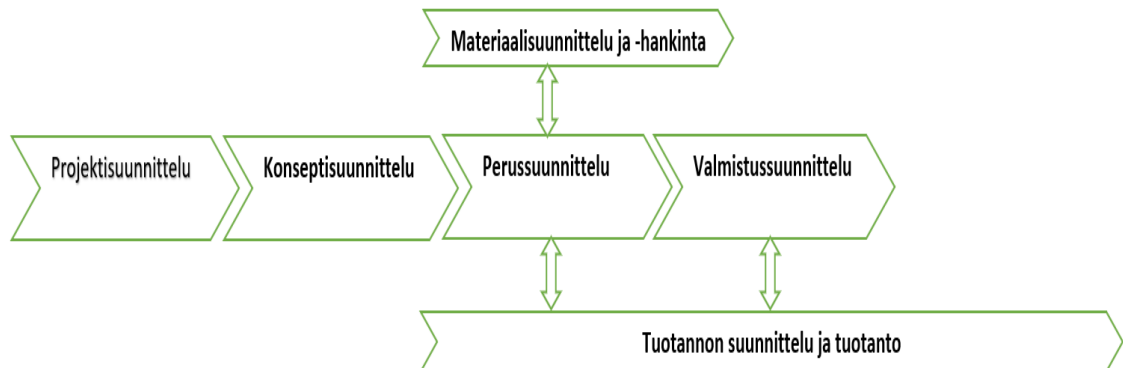
Tällä hetkellä laivoissa sähkösuunnittelun merkitys on automaation ja sähkölaitteiden lisääntymisen myötä kasvanut erittäin suureksi. Laivoista halutaan koko ajan polttoainetaloudellisempia ja puhtaampia päästöiltään, jolloin niiden kaikkia toimintoja pitää monitoroida tarkasti ja optimoida automaatiikalla.

Sähköistyksen määrä on riippuvainen laivamallista ja operointireitistä. Tarkasteltaessa rahtilaivaa, joka operoi pitkällä vakioreitillä, on sähkökulutus varsin maltillista kokonaistehon ollessa noin 7 MW:n suuruusluokkaa. Tyypillisesti valaisinpisteitä on noin 400 kpl, miehistöä on vajaa 30 henkeä ja aluksen propulsioteho noin 22 MW. Sähkötehon kulutuksesta 10 % koostuu miehistön asumisesta ja oleskelusta. Loput 90 % kuluu aluksen merenkulkuun ja toimintaan, joista suurimpia kuluttajia ovat lastipumput, kansilaitteet, lastiluukut, lämmitys erityisesti arktisilla alueilla ja jäähdytys elintarvikekuljetuksissa.

Risteilyaluksissa sähkönkulutus on rahtilaivaan verrattuna huomattavasti suurempaa, johtuen suurelta osin suuren matkustajamäärän vaatimista toiminnoista. Suurimmissa risteilyaluksissa miehistön ja matkustajien yhteismäärä voi olla jopa 10 000 henkeä ja valaisinpisteitä noin 120 000 kpl, jolloin kokonaissähkötehon tarve nousee niinkin suureksi kuin 92 MW. Tästä sähkötehosta noin puolet kuluu merenkulkuun ja puolet laivalla olevien ihmisten asumiseen ja oleskeluun. Suurimpina kuluttajina voidaan mainita ilmastointi, valaistus, ruokahuolto, show-laitteet, vedenkäsittely ja pesulaitteisto. (Stähle 2018.)

3 LAIVASÄHKÖN SUUNNITTELU

Laivan suunnittelu on useasta suunnitteluvaiheesta koostuva kokonaisuus, joka alkaa konseptisuunnittelulla jo kuukausia aikaisemmin kuin tilaajan ja telakan välinen tilaussopimus on allekirjoitettu. Suunnitteluvaiheita on neljä, joista kahden ensimmäisen aikana tilaaja ja telakka neuvottelevat keskenään tulevan laivan toiminnoista ja suorituskyvystä. Neuvottelujen pohjalta laaditaan sopimuserittely, johon on kirjattuna kaikki laivalta vaadittavat toiminnot ja suorituskyky sekä toimitusaikataulu. Sopimuksen syntyessä aloitetaan perussuunnitteluvaihe, joka kestää tyypillisesti noin 6–9 kuukautta. Perussuunnitteluvaihetta seuraa valmistussuunnitteluvaihe, jonka kesto on noin 9–12 kuukautta. Kuvassa 2 on nähtävissä suunnittelutyön eteneminen projektisuunnittelusta valmistussuunnitteluun ja kuinka materiaalihankinnat sekä laivan valmistus sijoittuvat ajallisesti suunnitteluprosessiin.



Kuva 2. Eri suunnitteluvaiheet suunnittelun alusta laivan valmistukseen asti.

3.1 Projektisuunnittelu (Project Design)

Laivojen suunnitteluprosessin ensimmäinen vaihe on projektisuunnittelu. Tässä vaiheessa telakan myynti- ja markkinointiosasto suunnittelee ja tarjoaa tilaajille erilaisia variaatioita halutusta alustyyppistä. Laivan pääominaisuudet, kuten koneet ja potkurijärjestelmät, valitaan tässä kohdassa tilaajan asettamien vaatimusten mukaan.

Projektisuunnitteluvaiheessa käytetään usein referenssialusta vertailukohtana, jolloin voidaan hahmotella tulevan aluksen mittoja, toimintoja ja tehdä hinta-arvio. Tämän pohjalta saadaan jo alustava erittely konseptisuunnittelua varten. Sähkön suunnittelun osalta ollaan vielä vain arviointiasteella nojaten referenssilaitteen tietoihin.

3.2 Konseptisuunnittelu (Concept Design)

Konseptisuunnittelussa laivan kaikki pääpiirteet ja toiminnot määritellään, jolloin lopputuloksena saadaan sopimuserittely. Erittelyssä on kirjallisena kerrottu pääpiirteittäin kaikki, mitä tilattavaan laivaan sisältyy.

Sopimusneuvottelujen aikana on tilaaja ja telakka keskustelleet tilattavan aluksen kaikista järjestelmistä ja laativat neuvottelujen pohjalta ns. täydellisen erittelyn, joka toimii sopimuserittelyn pohjana. Erittelyssä on kerrottu myös sähkösuunnitteluun liittyvät järjestelmät, jotka laivalle vaaditaan.

Erittelyn sisältö jaetaan yleensä seuraaviin pääryhmiin:

1. yleinen osa
2. rungon rakenne
3. kansivarustelu ja lastinkäsittely
4. sisustus
5. ilmastointi ja tuuletus
6. propulsiokoneisto
7. apukoneisto

8. laiva- ja koneistojärjestelmät
9. sähkö ja elektroniikka.

Tätä jakoa kutsutaan litterointijärjestelmäksi ja suunnittelussa kaikki piirustukset ja kaaviot tulevat aina oman pääluvun alle, esim. sisustukseen kuuluvat suunnitelmat pääluvun 4 alle ja LVI-suunnitelmat luvun 5 alle. Tässä opinnäytetyössä keskitytään 9. pääryhmään ja siinä pelkästään sähkön osuuteen ilman automaatiota. Sähkön ja elektroniikan tärkeys erittelyssä on viime vuosina kasvanut huomattavasti, mikä johtuu elektroniikan ja automaation osuuden valtavasta kehitymisestä, jolloin sen seurauksena myös erittelyn sisältö on laajentunut. Eri järjestelmien automatisointi ja kauko-ohjaus sekä järjestelmien välinen integrointi on lisääntynyt koskien sekä navigointi- että koneistojärjestelmiä. Tänä päivänä ovat yhtenä suuntauksena laivojen suunnittelussa miehittämättömät alukset, jolloin laiva kulkisi täysin kauko-ohjattuna ja automatisoituna reittiään pitkin. Tämä koskee erityisesti rahtialuksia, joilla ei olisi miehistöä lainkaan mukana. Toistaiseksi on vasta suoritettu koeajoja miehittämättömillä aluksilla, mutta tekniikka mahdollistaisi sen jo yksinkertaisille reiteille, kuten losseille. (Bachér 1997, 31-4.)

Sähkö ja elektroniikka -ryhmässä tulisi määritellä ainakin seuraavat:

- sähkötuotanto ja generaattorit (teho, jännite, taajuus ym.)
- sähkönjakelujärjestelmä
- muuntajat
- sähkömoottorit
- kaapelointi
- automaatio
 - o valvontajärjestelmät ja hälytykset
 - o kauko-ohjaukset
- UPS, akut
- navigointilaitteisto ja integroidut navigointi- ja ohjausjärjestelmät
- kommunikaatiojärjestelmät (laivasta ulkomaailmaan sekä laivan sisäiset)
- valaistus mukaan lukien hätävalaistus
- potkurimoottorit sähköpropulsiossa

- palohälytysjärjestelmät
- ATK-laitteisto
- erikoiset laivatyyppikohtaiset laitteistot

Valaistuksen erittelyä tehdessä sovitaan yleensä valaistuspisteiden lukumäärä, varsinkin matkustaja-aluksissa. Lisäksi joidenkin tiettyjen laitteiden osalta käytetään myös rahallista määrittelyä. (Bachér 1997, 31-4.)

Telakan ja tilaajan välille syntyneen sopimuksen jälkeen tulee erittelystä käytännön työkalu sekä tilaajalle että telakalle. Telakalla käytetään erittelyä seuraavien suunnitteluvaiheiden ohjeena, tilaaja taas vertaa suunnitteluaineistoja erittelyyn ja tarkistaa laivan rakentamisen sekä toimituslaajuuden vastaavan erittelyä. Välillä voidaan joutua poikkeamaan erittelystä sovitusta, jolloin korjataan sopimushinta ja muut sopimusarvot sopimuksen määräämällä tavalla. Joskus sopimuksen sisällöstä voi tulla erimielisyyttä siitä, miten jokin sopimuksen kohta kuuluu tulkita. Siksi on erittäin tärkeää saada sopimuksen kohdat kielellisesti selkeästi esitettyksi, jotta vältetään erimielisyyksiltä. (Bachér 1997, 31-9.)

3.3 Perussuunnittelu (Basic Design)

Perussuunnitteluvaihe alkaa, kun laivasopimus on tehty ja sopimuserittely valmis. Aluksi laaditaan suunnitteluosastoittain piirustusluettelot, joiden määrät riippuvat laivatyyppistä ja piirustushierarkiasta. Esimerkiksi perinteiseen tankkilaivaan tulee piirustuksia alle 1000 kpl, joista jonkun verran päälle 200 kpl on perussuunnitteluun ja loput valmistussuunnitteluun. Matkustajaristeilijöiden piirustusmäärät ovat huomattavasti suuremmat kuin rahtilaivoilla.

Piirustusluettelossa on ajoitettu eri piirustusten valmistumisen aikataulu ja se toimii suunnittelutyön hallinnan apuvälineenä. Lisäksi piirustuksille valitaan tekijät ja määritetään vastuuhenkilöt, jotka tarkastavat ja hyväksyvät kaikki piirustukset, varmistaen näin piirustusten laadun ja oikeellisuuden.

Olellainen osa suunnitteluprosessia on tehtyjen suunnitelmien hyväksyttäminen, joka tapahtuu perussuunnitteluvaiheen aikana. Telakka luovuttaa suunnit-

teluaineiston laivan tilaajalle, luokituslaitokselle ja viranomaisille jotka tarkastavat ja hyväksyvät aineiston. Useasti hyväksytysprosessi vaatii kuitenkin uudelleensuunnittelua ja muutoksia alkuperäiseen aineistoon sekä lisäselvityksien tekemistä. (Kosola 1997, 35-2.)

Suunnittelu tehdään nykyaikaisilla suunnitteluohjelmilla tietokoneiden avulla. Sähkösuunnittelussa yleisin ohjelma on AutoCad, mutta esimerkiksi CADS on yleistymässä hyvien suunnitteluominaisuuksien myötä. Molemmilla tehdään kytkentä-, kaavio- ja kaapelipiirustuksia. Lisäksi yleistymässä on myös sähkökaapelien reitittäminen kolmiulotteiseen maailmaan esim. Cadmatic 3D tai Aveva 3D -mallinnuksien avulla.

Perussuunnitteluvaiheessa määritetään rakennustapa laivalle, laaditaan alue- ja lohkojako aikatauluineen, laaditaan työpiirustusluettelot ja hankintasuunnitelmat ja lisäksi tehdään valmistussuunnitteluvaiheen edellyttämät resurssivaraukset. Erityisen tärkeää perussuunnitteluvaiheessa on, että osastojen välinen sisäinen tiedonsiirto toimii hyvin ja muutosten hallinta toimii hallitusti. Tämä on oleellisen tärkeää, jotta voidaan kilpailuttaa laitteiden toimittajat ja saada kaikki järjestelmät ja laitteet hankittua ajoissa laivan valmistusvaiheeseen ja telakka pysyy aikataulussaan rakentamisen suhteen. (Kosola 1997, 35-2.)

Seuraavassa kuvataan eräitä kuhunkin suunnittelukokonaisuuksiin liittyviä yleisiä seikkoja sähkösuunnittelun osalta perussuunnitteluvaiheessa.

9000-9100 Sähkönjakelu

Perussuunnittelun sähkönjakelun tekemiseen lähtökohtana toimivat erittelyssä määritetyt sähkönjakelun osuus, sähköbilanssi ja pääjakelukaavio. Heti suunnittelun aluksi pitää tehdä sähköntuotannon, automaation ja propulsio kuvaukset laitteiden kilpailutusta ja ostoja varten, koska näiden laitteistojen toimitusajat ovat pitkät. Samalla runkosuunnittelu pääsee suunnittelemaan konehuonetta. Perussuunnittelussa on huomioitava luokkamerkki sekä projektia koskevat eri-

tyisvaatimukset, kuten Safe Return to Port (SRtP), redundanttinen propulsio (Rp) ja dynaaminen paikallaanpitojärjestelmä (DP).

Sähkönjakelun perussuunnittelussa on otettava huomioon ainakin seuraavat ohjeistukset:

- EMC-asennusohjeet
- käytettävät kaapelit
- propulsio ja pääkoneet, sähkönjakelun periaatekaavio
- sähköntuoton valvontajärjestelmän kuvaus (PMS).

Sähköbilanssin laatimisen lisäksi toteutetaan sähköverkon oikosulkulaskelmat, selektiivisyysanalyysit sekä THD-laskelmat (Total Harmonic Distortion). Luokkamerkin vaatiessa toteutetaan generaattorien kuormituslaskelma erityisvaatimusten osalta, esim. redundanttisen propulsion ja dynaamisen paikallaanpitojärjestelmän osalta. Kuormituslaskelmat tehdään tärkeille komponenteille, kuten pääjakelumuntajille sekä hätävalaistuksen UPS-laitteistolle.

Sähköpäälaitteiden sijoittelun sekä syöttöjärjestelyiden suunnittelussa on huomioitava propulsion sekä apulaitteiden osalta vaadittava redundanttisuus. Päätaulujen sekä moottorihjauskeskusten kuluttajalistat toteutetaan perussuunnittelussa, joiden lisäksi alukseen tulevista muista järjestelmistä (esim. maistasyöttö, erikoispistorasiat, offshore-järjestelmät) toteutetaan tarpeen mukaan syöttöihin sekä ohjauksiin liittyvät periaatekaaviot. (Elodoc Perussuunnittelun työohje 2017.)

5331 Sähköinen lämmitys

Sähköisen lämmityksen perussuunnittelukaavio tehdään yhteistyössä sähkösuunnittelun, ilmastointivastaavan sekä koneistosuunnittelun vastaavan asiantuntijan kanssa. Pääsääntöisesti sähköinen lämmitys on erillislämmittimien (sähköpatterit, sähköiset lämmityspuhaltimet yms.) määrittelyä. Arktisissa erikoislaivoissa tämä tarkoittaa usein myös kansilämmityksen määrittelyä. Näiden lisäksi sähköinen lämmitys voi olla myös putkistojen saattolämmityksien määrit-

telyä yhdessä putkistoista vastaavan asiantuntijan kanssa. (Elodoc Perussuunnittelun työohje 2017.)

622 Sähköpropulsio

Sähköpropulsiojärjestelmän perussuunnittelusta ja määrittelystä vastaa pääsääntöisesti sähkösuunnittelu läheisessä yhteistyössä koneistosuunnittelun sekä laitetoimittajan kanssa. Sähköpropulsiojärjestelmään sisältyy lähes poikkeuksetta päägeneraattorit, propulsiopäätaulut, propulsiomuuntajat, propulsiokäytöt sekä propulsiomoottorit. (Elodoc Perussuunnittelun työohje 2017.)

8245, 8246 Keulapotkurien moottorikäytöt

Tässäkin kohdassa, kuten edellisissä, keulapotkureiden sähkökäyttöjen perussuunnittelusta ja määrittelyistä vastaa pääsääntöisesti sähkösuunnittelu läheisessä yhteistyössä koneistosuunnittelun kanssa. Keulapotkureiden kauko-ohjaus ja potkurilaitteen ohjausjärjestelmä sisältyy pääsääntöisesti koneistosuunnittelun hankkiman potkurilaitteen toimitukseen. Sähkösuunnittelu järjestää tarvittavat rajapinnat ja varmistaa sähkökäyttöjen ja potkurilaitteen integroinnista ja toiminnasta yhteistyössä koneistosuunnittelun asiantuntijoiden kanssa. (Elodoc Perussuunnittelun työohje 2017.)

9200 Valaistus

Valaistuksen perussuunnittelun kohdalla suunnitellaan laivan kokonaisvalaistus järjestelmätasolla. Tällä tarkoitetaan toimivan valaistusjärjestelmän suunnittelua erittelyn vaatimusten ja erinäisten laivaa koskevien sääntöjen perusteella.

Valaistuksen perussuunnitteluun sisältyy valaisimien, kytkimien ja pistorasioiden tyyppien valinta ja niiden pistesijoittelu perussuunnittelukuvaan. Tämän lisäksi perussuunnitteluun kuuluu valaistuksen mahdollisen ohjausjärjestelmän suunnittelu järjestelmätasolla sekä valaistuskeskusten määrittely ja sijoitus.

Erityisesti matkustajalaivoissa valaistussuunnittelijan täytyy tutkia myös arkkitehdin määrittelemät valaistusratkaisut ja sopia läheisessä yhteistyössä sisus-

tussuunnittelun asiantuntijan kanssa, miten ja kenen toimesta matkustajatilojen valaistus suunnitellaan, hankitaan ja asennetaan. Tärkeää on myös selvittää mahdollisesti määritellyt valaistuksen himmennysjärjestelmät sekä erikoisvalaistus (kuidut, RGB-ledit ym.).

Käytettävät valaisin-, pistorasia- ja kytkintyypit on määriteltävä valaisinluettelossa, jonka tyyppimäärä on pyrittävä pitämään mahdollisimman pienenä. Erityistä huomiota tulee kiinnittää valittujen tyyppien tilakohtaiseen IP-luokitukseen, merkelpoisuuteen, asennettavuuteen sekä valaisimien himmennettävyyteen. Kaikkien näiden laitetyyppien valinnassa tulee huomioida myös sisustukselliset asiat, kuten laitteiden värit sekä seinä- ja kattomateriaalit.

Valaistussuunnittelijan tulee huolehtia siitä, että vaadittu valaistusvoimakkuus saavutetaan kaikissa tiloissa. Erikoisvalaistuksessa, kuten esim. show-valaistuksessa on huomioitava kyseisen valaistuksen vaatima suuri tehontarve ja syntyvä lämpö.

Hätävalaistusta suunniteltaessa on otettava huomioon aluksen tyyppi (rahti-/matkustajalaiva, räjähdysvaaralliset alueet jne.) ja niistä johtuvat erilaiset vaatimukset. Hätävalaistuksen sähkönsyöttö on tehtävä sääntöjen mukaisesti eli kytkettävä hätäkeskukseen ja varustettava riittävän suurella akkuvarmistuksella. Hätävalaisimia voidaan käyttää osana normaalitilan valaistusta valaisinmäärän rajoittamiseksi. (Elodoc Perussuunnittelun työohje 2017.)

9300 Automaatiikka

Automaatiosuunnittelijan on huolehdittava siitä, että tarvittavat I/O-pisteet kirjautuvat oikein I/O-pistetietokantaan.

Järjestelmistä ja niiden toiminnoista laaditaan toimintakuvaukset niiltä osin kuin niitä tarvitaan ja ne laatii järjestelmän suunnittelusta vastaava. Tyypillinen järjestelmä on esim. PMS (Power Management System). (Elodoc Perussuunnittelun työohje 2017.)

9400 Turvajärjestelmät

Turvajärjestelmiin kuuluu tyypillisesti palo-, kaasu- ja yleishälyttimet, jotka suunnitellaan säännösten ja sopimuserittelyn vaatimusten mukaan. Tähän liittyy palontorjunta- ja palo-oviautomaatiikka, joka hoitaa tulipalon sattuessa sammutuksen ja paloneristämisen. Turvajärjestelmiin sisältyy myös kylmähuoneen hälytin sekä potilashälytin.

Laivalla tulee olla myös kansainvälisten säännösten määräämä SMS-järjestelmä (Safety Management System). (Elodoc Perussuunnittelun työohje 2017.)

9500 Navigointi ja radiojärjestelmä

Perussuunnittelussa on tarkistettava erittelystä navigoinnin luokkamerkki ja selvitettävä sen vaatimukset komentosillan suunnitteluun. Laitteiden sijoittelun kannalta täytyy selvittää näkyvyysvaatimukset sekä vaatimukset liityntöihin, hälytyksiin ja niiden kuittauksiin jne.

Komentosillalla on tavanomaiselta ohjailupaikalta oltava nähtävissä peräsimen suunta, potkurin kierrosnopeus, potkurin nousu, koneistojen käyttötiedot, työnön voima ja suunta sekä tarvittaessa poikittaisen potkurin suunta.

Järjestelmien sähkösyötöissä on huomioitava säännösten vaatimukset varmenetuista syötöistä ja niiden vaihtoautomaatiikasta sekä indikoinnista.

Navigointilaitteistot tilataan kokonaistoimituksina kaikkine tarvittavine järjestelmineen toimittajilta.

Antennien sijoituksissa on otettava häiriöetäisyydet huomioon ja pyrittävä sijoittelemaan ne niin, ettei häiriöitä pääse syntymään muihin tutka- ja radiojärjestelmiin. Kytkentäkoteloiden riittävä häiriösuojaus on varmistettava ja kaikkien UPS-laitteiden (Uninterruptible Power System) paikat on oltava tuulettuvia. (Elodoc Perussuunnittelun työohje 2017.)

9600 Sisäinen kommunikointi

Turvallisuuden kannalta tärkeät laitteet on matkustajalaivoissa asennettava palosuojattuun laitetilaan, jossa on riittävä jäähdytys. Myös palvelintoiminnassa oleville tietokoneille on järjestettävä riittävä tuuletus.

Kaikkien turvallisuus-, hälytys ja kommunikointijärjestelmien rakenne ja sähkönsyötöt on järjestettävä niin, ettei mikään yksittäinen vika estä riittävää kommunikointia ja muiden järjestelmien toimintaa laivalla.

Hälytyslaitteiden äänet ja merkkivalot on oltava sääntöjen mukaiset. Ääntä tuottavissa järjestelmissä pitää olla ”mute”-toiminto tärkeiden turvallisuuteen liittyvien äänimerkkien ja kuulutusten priorisoimiseksi.

Sähkösuunnittelun sisäkommunikaatiovastaavan täytyy tutkia erityisesti matkustajalaivoissa myös arkkitehdin määrittelemät informaatiojärjestelmäratkaisut (TV:t, info-TV, show-järjestelmät yms.) ja sopia yhteistyössä sisustussuunnittelun asiantuntijan kanssa siitä, miten ja kenen toimesta matkustajatilojen erityiset informaatiojärjestelmät suunnitellaan, hankitaan ja asennetaan. (Elodoc Perussuunnittelun työohje 2017.)

9700 Kaapelit ja kaapeliradat

Suunnitteluprojektin alkuvaiheessa on varmistettava kaapelikuiluille ja kaapeleitten pääreiteille riittävät tilavaraukset ja pystyreitit pääpalovyöhykeittäin. Pääreitejä ei saa viedä palovaarallisten tilojen läpi, esim. keittiö. Pääratasuunnittelmissa tärkeiden laitteiden kaapeloinnissa on otettava huomioon SRtP- ja redundantisuusvaatimukset.

Pääratakaaviossa olisi pyrittävä mahdollisimman suoriin reitteihin, jotta asennusvaiheessa kaapelien veto ja asennus sujuisi jouheasti. Suurten kaapelien taivutussäteet on otettava huomioon reitityksessä.

Kaapeleiden ja läpivientien on oltava laivakäyttöön soveltuvia, ja sertifikaattien voimassaolo on varmistettava. Lisäksi läpiviennit eivät koskaan saa huonontaa palo- tai vesitiiviyyttä laivarakenteissa. (Elodoc Perussuunnittelun työohje 2017.)

3.4 Valmistussuunnittelu (Detail Design)

Valmistussuunnitteluvaihe alkaa välittömästi perussuunnittelun perään. Joissakin tapauksissa valmistussuunnittelu on aloitettava, vaikka osa perussuunnitteluvaiheen asioista olisi vielä ilman hyväksyntää. Tämä siksi, jotta esim. pääkonehuonetilojen lay out -suunnittelu ehditään aloittaa ajoissa ja kaksoispohjien läpiviennit saadaan suunniteltua ennen kuin terästuotannon lohkovaihe alkaa. Valmistussuunnittelun lähtötietoina käytetään seuraavia: järjestely- ja järjestelmäsuunnittelun aineisto, rakennustapaselvitys, rungon luokitusaineisto, materiaalien tekniset tiedot ja arkkitehtiaineisto.

Valmistussuunnittelussa laadittavat tuotteet ovat

- työpiirustukset ja osaluettelot
- materiaalihankinnat, joita ei ole vielä hankittu perussuunnitteluvaiheessa
- päivitetty perussuunnitteluaineisto ja luovutuspiirustukset.

Suurin työ valmistussuunnitteluvaiheessa on työpiirustusten laatiminen. Työpiirustusluettelot laaditaan heti, kun alue- ja lohkojako sekä rakennustapaselvitys on käytettävissä eli käytännössä perussuunnitteluvaiheen loppupuolella. Tuotannonsuunnittelija määrittelee piirustusten valmistumisen aikataulutuksen, jonka jälkeen jokaiselle piirustukselle nimetään tekijät. Työpiirustukset voidaan jakaa karkeasti asennuspiirustuksiin ja valmistuspiirustuksiin. Valmistuspiirustukset ovat tarkoitettu esivalmisteiden, kuten esim. koneikkojen, modulien ja putkiesivalmisteiden valmistamiseen. Lisäksi sähkösuunnittelussa usein laaditaan vetolistat, joissa kaikille kaapeleille on annettu oma tunnus sekä lähtöpisteen ja loppupisteen osoitteet ovat määriteltä. Vetolistoja käyttävät telakan sähköasentajat vetäessään ja kytkiessään kaikki kaapelit. Asennuspiirustukset sisältävät kaikki ne tiedot, joiden perusteella jokin tietty kokonaisuus voidaan asentaa paikalleen.

Alusten rakentamisen läpimenoaikojen pienentyessä, nousee suunnittelutyön tuottavuus usein keskusteluun. Esiin nousee kysymys siitä, mikä on järkevä määrä suunnittelutyötä ja piirustuksia, jotka pitää vähintään tehdä. Oleellisinta

tässä on, että piirustukset tehdään tekijän tarpeisiin, eli joka laivan kohdalla ennen työpiirtämisen alkua varmistetaan tuotannon tarpeet piirustusaineiston suhteen. (Kosola 1997, 36-1.)

Sähkösuunnittelun valmistussuunnitteluvaihe voidaan jakaa kahteen vaiheeseen:

Vaihe 1. Projektin käynnistys

- Suunnitteluohjeiden koonti ja jakelu
- Aikataulujen riippuvuuksien selvittäminen eri suunnitteluosastojen välillä
- Piirustusluettelon perustaminen ja aikataulutus
- Telakan järjestelmiin tehtävät aikataulutukset projekti aikatauluun sekä piirustuskortit
- Suunnitteluresurssien riittävyyden tarkastelu ja suunnittelijoiden nimeäminen tehtäviin
- Vakioratkaisujen tutkiminen, materiaali- ja työtapa-standardit.

Vaihe 2. Varsinainen valmistussuunnittelu

- Tarvittavien lähtötietojen listaaminen ja aikatauluttaminen sekä tiedontarpeiden informointi asianosaisille
- Kaapelointikaavioiden, kaapeleiden kytkentäaineiston ja osaluetteloiden tekeminen
- Reititettävistä kaapeleista tehtävä kaapeliluettelot reitittäjälle
- Kilpiluettelot täytyy laatia
- Sähkölaitteiden sijaintitietojen ylläpitäminen
- Kaapeliratojen ja läpivientien ylläpitäminen 3D-suunnittelujärjestelmässä
- Kaapeleiden reitittäminen telakan reititysohjeistuksen mukaan, mahdollistaen kaapeleiden katkaisun oikean mittaisiksi esivalmisteiksi
- Kaapeliaineistojen tekemisessä perustettujen kytkentäkoteloiden ym. asennustarvikkeiden hankinta-alusteet tehtävä telakan tekniselle käsittelijälle tai ostajalle

- Suunnittelun valmiusasteen ja käytettyjen tuntien raportointi on tehtävä viikottain projekti aikatauluihin
- Sähköasennusvaiheessa on sähkövarustelua neuvottava
- Sähkösuunnitteluaineiston päivittäminen ja as-built -piirustusten tekeminen.

Tuotantoon lähetettävien piirustusten sisällön perusvaatimuksina on, että piirustus on valmis ja tarkastettu sekä piirustuksen kaapelit on reititetty. Piirustuksista pitää selvittää työvaiheen edellyttämät kokonaisuudet siten, että työvaiheet ovat merkittyinä. Osaluettelossa määritettyjen laitteiden ja materiaalien pitää olla tilattuina ja mahdolliset materiaalipuutteet on ilmoitettava tekniselle käsittelijälle tai ostajalle. Laitteille ja sähkösyötöille on oltava tilat varattuina ja yhteydet muihin järjestelmiin (esim. automaatio) oltava sovittuina. (Elodoc Valmistussuunnittelun työohje 2017.)

Seuraavassa kuvataan eräitä kuhunkin suunnittelukokonaisuuksiin liittyviä yleisiä seikkoja pääpiirteittäin sähkösuunnittelun osalta valmistussuunnitteluvaiheessa. Valmistussuunnittelun lähtöaineistona on laivasopimusaineisto ja perussuunnitteluvaiheessa hyväksytty aineisto. Lisäksi lähtöaineistona voi olla myös referenssilaitteen aineisto, mikäli sellainen on määritetty.

9100 Sähköntuotto- ja jakelujärjestelmät

Valmistussuunnittelun työvaiheisiin kuuluu sähkökuluttajaluetteloiden tekeminen sekä sähkölaitteiden osalta osaluettelot. Lisäksi vakiokäynnistimistä pitää tehdä piirikaaviot ja kaikista kaapeleista kaapelikaaviot. Myös kaikista erilliskoteloista sähkölaitteille pitää tehdä hankinta-alusteet ostoa varten. Kaikista tarvittavista kytkennöistä pitää tehdä kytkentäkuvat ja reititettävistä kaapeleista on tehtävä luettelo ohjeistuksen mukaan. (Elodoc Valmistussuunnittelun työohje 2017.)

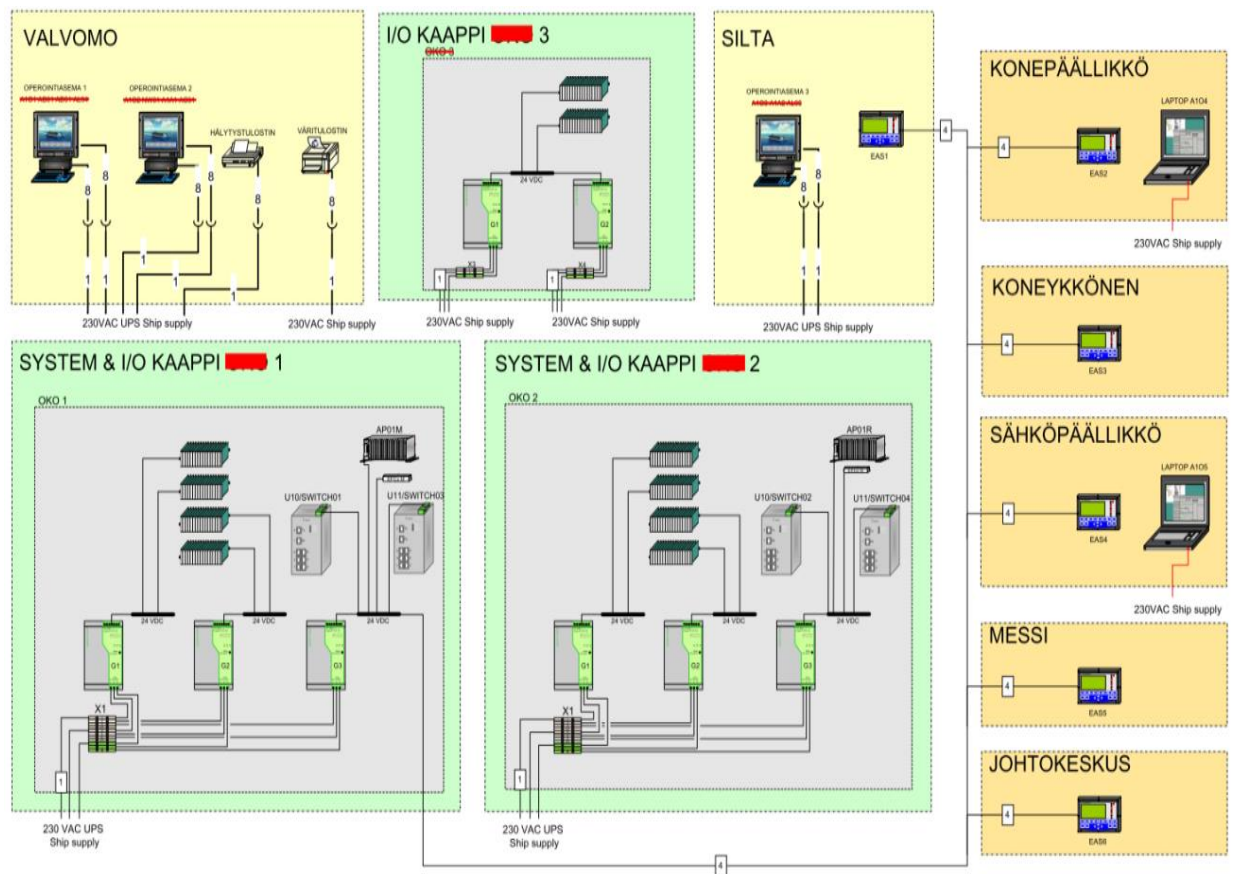
9200 Valaistus

Valaistuksen osalta valmistussuunnittelun työvaiheisiin kuuluu laatia kaapelikaaviot ja kytkentäkuvat kaikista valaisinpisteistä. Valaistussuunnittelussa on

varmistettava, että valaistuksen määrä on vaatimusten mukainen eikä katvealu-eita jää huomaamatta. Tarvittavista valaisinlaitteista on tehtävä osaluettelo ja reititettävistä kaapeleista on laadittava reititysohjeiden mukainen luettelo. (Elo-doc Valmistussuunnittelun työohje 2017.)

9300 Valvonta, säätö ja automaatio

Valmistussuunnitteluvaiheessa valvonta-, säätö- ja automaatiojärjestelmien suunnitteluun kuuluu näiden järjestelmien I/O-luettelon ylläpitäminen. Tässä työssä ei ole tarkasteltu näitä järjestelmiä syvemmin kuin mitä ne sähkönsyötön osalta tarvitsevat, kuten kuvassa 3 on havaittavissa. Tarvittavista järjestelmistä laitteiden osalta on tehtävä osaluettelot ja niihin liittyvät kytkentäkuvat. Näiden lisäksi on tehtävä kaapelikaaviot ja kaikista reititettävistä kaapeleista on laadittava luettelo reititysohjeiden mukaisesti. (Elodoc Valmistussuunnittelun työohje 2017.)



Kuva 3. IAS-järjestelmän tehonsyöttö

9400 Turvajärjestelmät

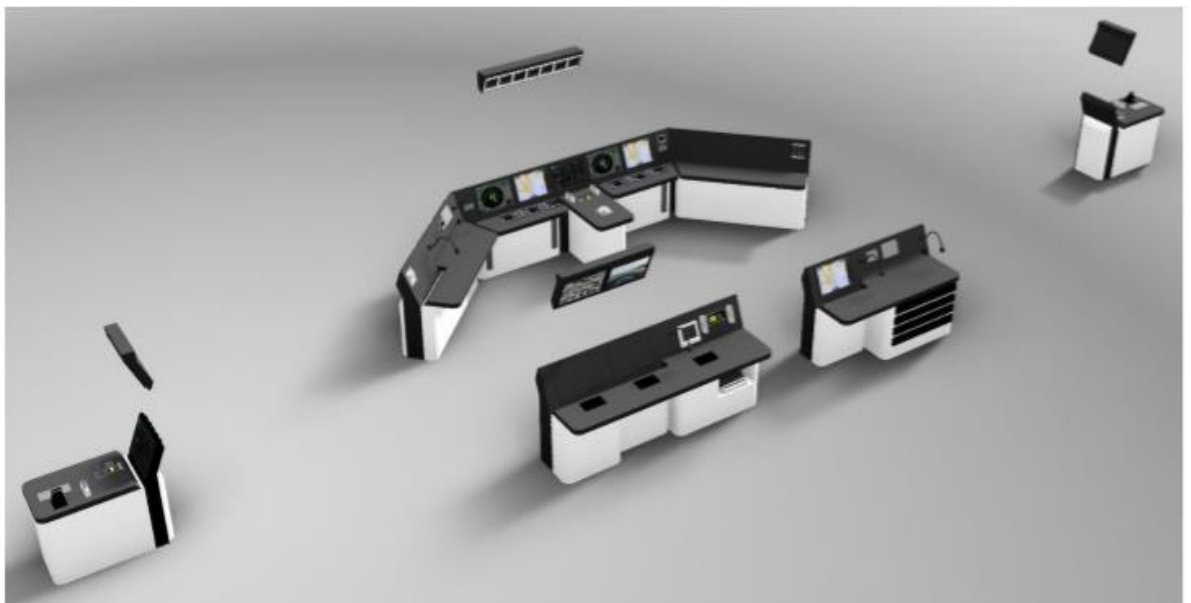
Turvajärjestelmiin kuuluvat kaikki laivan turvallisuuteen liittyvät järjestelmät, kuten palo-, kaasu-, neste-, hissi-, kylmiö-, varashälyttimet jne.

Näistä kaikista järjestelmistä on valmistusuunnittelun työvaiheessa tehtävä kytkentäkuvat sekä osaluettelot. Myös kaikista kaapeleista on tehtävä kaapelikaaviot ja reititettävistä kaapeleista on tehtävä luettelot reititysohjeiden mukaisesti. (Elodoc Valmistussuunnittelun työohje 2017.)

9500 Navigointijärjestelmät

Aluksen navigointiin liittyvät monet laitejärjestelmät kuten tutka-, kompassi-, satelliitti-, radio-, viestintä-, säänseuranta- ja kaikuluotainjärjestelmät muiden muassa. Kaikkia näitä hallitaan laivan komentosillalta, jonne niiden päätelaitteet on integroitu. Kuvassa 4 on esimerkkikuva laivan komentosillalla olevien navigointijärjestelmien paikoista.

Kaikista näistä järjestelmistä ja niiden laitteista laaditaan osaluettelot sekä kytkentäkuvat. Samoin kuin kaikissa edellisissä kohdissakin, myös navigointijärjestelmien kaapeleista tehdään kaapelikaaviot ja reititettävistä kaapeleista ohjeiden mukaiset luettelot. (Elodoc Valmistussuunnittelun työohje 2017.)



Kuva 4. Komentosillalle integroitu navigointilaitteisto

9600 Sisäisten yhteyksien järjestelmät

Sisäisiin yhteyksiin kuuluu aluksella esimerkiksi laivan sisäinen puhelin, UHF-puhelimet, kuulutusjärjestelmä, CCTV-kamerajärjestelmä, paikallinen dataverkko ja viihdejärjestelmä.

Näidenkin järjestelmien valmistussuunnittelussa pitää tehdä kaikista laitteista osaluettelot. Lisäksi pitää tehdä laitteiden kytkentäkuvat tuotantoa varten, kaapeleista kaapelikaaviot ja reititettävistä kaapeleista reititysohjeiden mukainen luettelo. (Elodoc Valmistussuunnittelun työohje 2017.)

9700 Kaapelointi, kaapeliradat ja 3D-tilajärjestelyt

Kaapeleilla on omat sääntöjen asettamat vaatimukset ja useasti myös telakan valitsemat valmistajat. Lähtökohtana on, että kaikki kaapelit, kuten myös muut laitteet, ovat laivakäyttöön hyväksytyjä.

Valmistussuunnittelussa tehtävänä on 3D-kuvissa sähkölaitteiden sijoittelun ylläpitäminen. Suunnittelussa kaapeliratojen täyttöastetta täytyy seurata, kuten myös läpivientien täyttöastetta, jotta täyttöraja ei ylity. Reittikoodikaavio on tehtävä reititykseen ja kaapelinvetoon. Tuotantoa varten on tehtävä kaapeleiden reititys ja reititysluettelot. (Elodoc Valmistussuunnittelun työohje 2017.)



Kuva 5. Kaapeliratoja

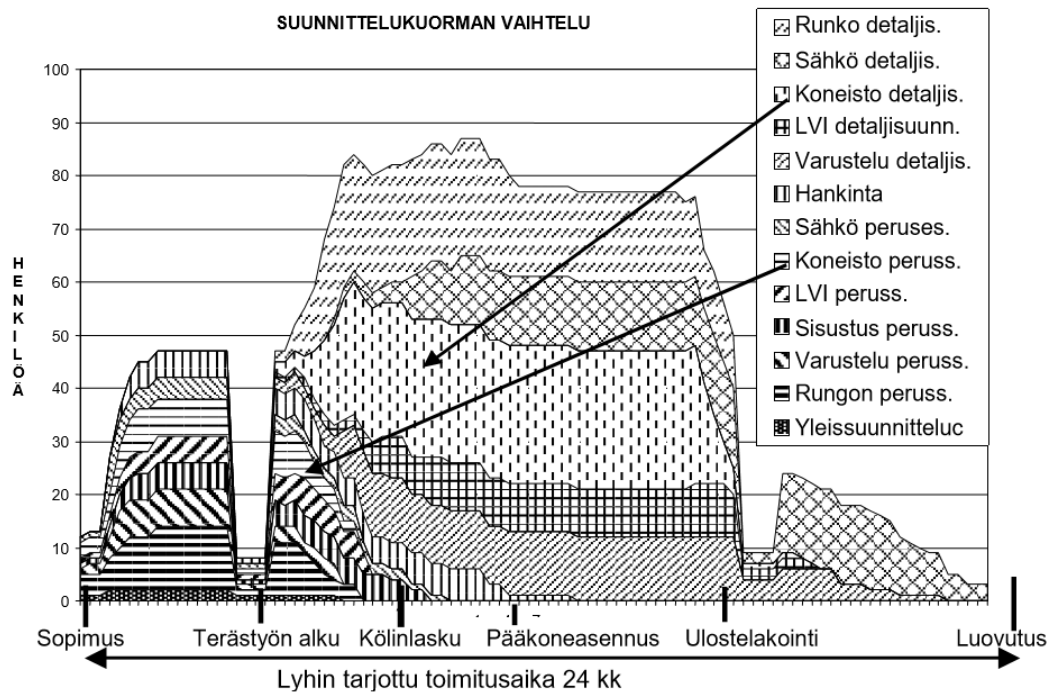


Kuva 6. Roxtec-kaapeliläpivienti

3.5 Suunnittelun aikataulu

Tilaaajan ja telakan välisen sopimuksen synnyttyä, alkavat telakan kanssa yhteistyössä olevat suunnittelutoimistot tekemään suunnitteluaineistoa laivan rakentamista varten. Runkosuunnittelu tarvitsee mahdollisimman pian suunnitelmat laivan päämoottoreista ja voimansiirrosta, jotta konehuoneiden suunnittelu saadaan alkuun ja hankintaosasto tekemään laitetilaukset.

Kuvassa 7 on esimerkki ison matkustajaristeilijän suunnittelutyön ajallisesta jakautumisesta. Aluksessa oli 4 keskinopeaa päämoottoria ja mekaaninen voimansiirto alennusvaihteineen. Sähkösuunnittelun kokonaismäärä noin 30000 työtuntia. Kuvasta on havaittavissa jako perus- ja valmistussuunnitteluun. Samoin on havaittavissa kuvasta, että valmistuspiirustusten osalta sähkösuunnittelu jatkuu pitkälle laivan varusteluvaiheeseen, kun runkosuunnittelu ja konevarustelu ovat jo päättyneet. Tämä johtuu siitä, että osa sähkösuunnittelusta on tehtävissä vasta sitten kun rakenteet ja laitesijoittelu ovat ratkaistut. Toisaalta matkustajaristeilijässä huomattava osa työstä liittyy hyttialueen detaljeihin ja yleisten alueiden valaistukseen. Lisäksi sähkötöissä tulee varsin usein vielä loppuvaiheessa muutoksia ja laivan luovutusvaiheessa tehdään joitakin AS BUILT -piirustuksia, joissa on korjattu sähköjen piirustukset sellaisiksi kuin ne oli laivassa asennettu varustelussa. (Häkkinen 2003, 4.)



Kuva 7. Esimerkki ison matkustajaristeilijän suunnittelutyön aikajanasta. (Häkkinen 2003, 4.)

4 MÄÄRÄYKSET, STANDARDIT JA DIREKTIIVIT

Laivojen suunnittelu ja rakentaminen on hyvin monimutkainen ja monivaiheinen prosessi. Jotta taataan alusten toimintavarmuus ja turvallisuus, on eri järjestöjen ja lainsäädännön kautta luotu sääntöjä ja määräyksiä, joita on pakko noudattaa laivanrakennuksessa. Ylintä päätäntävaltaa näissä määräyksissä käyttää valtiovalta, joka päättää, mitä sen hallussa olevalla alueella sallitaan tapahtuvan ja siten kaikkien päätösten pitää olla saatettu voimaan kansallisella lainsäädännöllä. Käytännön toiminnan kannalta valtioiden päätöksenteon hitaus laivatekniikan ohjailussa on selvä puute, joten tarvitaan jokin toinen organisaatio arvioimaan laivojen rakenteiden turvallisuutta ja luotettavuutta. Tähän tarpeeseen ja ennen kaikkea vakuutuslaitosten tarpeisiin syntyivät luokituslaitokset, jotka valvovat laivojen suunnittelun ja rakentamisen tapahtuvan voimassa olevien sääntöjen ja määräysten mukaisesti. Suomessa määräyksiä valvova kansallinen viranomais on TRAFI. (Karikoski 1997, 1-7.)

Seuraavassa esitellään tärkeimpiä laivatekniseen kehitykseen vaikuttavia organisaatioita, joita löytyy sekä kansallisina että kansainvälisinä järjestöinä. Organisaatiot on valittu lähinnä sähkösuunnittelun näkökulmasta.

4.1 Kansainvälinen merijärjestö IMO

IMO (International Maritime Organisation) on aivan ehdottomasti tärkein laivatekniikkaan suoraan kansainvälisesti vaikuttava organisaatio. Se on YK:n alainen järjestö, jonka päätavoitteina ovat merenkulun turvallisuuden kehittäminen ja laivaliikenteen aiheuttaman merien saastumisen ehkäiseminen. Järjestöön kuuluu nykyään 170 jäsenvaltiota ja sen pääkonttori sijaitsee Lontoossa.

IMO:n sisällä uusia määräyksiä tarkastellaan ja selvitetään perinpohjaisesti, jolloin valmisteleva työ voi viedä jopa vuosia. IMO:lle tyypilliseen tapaan asioista ei koskaan äänestetä, vaan kysymyksiä käsitellään niin kauan, että kaikkia tyydyttävä lopputulos voidaan kirjata.

Tulokset julkistetaan seuraavasti ryhmiteltyinä:

- kaikkia koskevat yleissopimukset eli konventiot (Conventions)
- tiettyjä alus/lastityyppejä koskevat koodit (Codes)
- eri asioita käsittelevät sisällöstä vastaavan komitean ”Safe Practise”-tyyppiset koodit, manuaalit, päätökset, ohjeet, tulkinnat ja julkaisut
- erillisiä asioita koskevat kiertokirjeet (Circulars).

Nämä yhteisesti hyväksytyt kriteerit on vielä saatettava kansallisella lainsäädännöllä voimaan kussakin yksittäisessä valtiossa. (Karikoski 1997, 1-8.)

Kaikkein tärkein IMO:n alainen laivojen meriturvallisuutta koskeva sopimus on kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä eli SOLAS (Safety of Life at Sea). Sopimuksen on allekirjoittanut 159 valtiota ja se takaa, että kaikissa allekirjoittajavaltioissa rekisteröidyt laivat läpäisevät tietyt minimiturvallisuusmääräykset.

Sähkösuunnittelun osalta tärkeimmät IMO:n SOLAS-määräykset tulevat osiosta SOLAS Chapter II-1 Part D Electrical Installations. Nämä määräykset ovat kuitenkin melko yleisellä tasolla olevia määräyksiä ja kansalliset sekä luokituslaitosten määräykset ovat usein paljon yksityiskohtaisemmat. Eräs sähkösuunnitteluun suuresti vaikuttava SOLAS-määräys on Safe Return to Port -säätö, joka koskee kaikkia uusia yli 120 metriä pitkiä tai vähintään kolme palovyöhykettä sisältäviä matkustaja-aluksen valmistamisia kesäkuun 2010 jälkeen. Siinä määrätään kahdentamaan kaikkien laivan tärkeimmille toiminnoille suunniteltavien sähkölaitteiden toiminta siten, että suurenkin onnettomuuden sattuessa laiva olisi vielä näiltä osin toimintakykyinen. (Karikoski 1997, 1-8.)

4.2 Luokituslaitosten toiminta

Luokituslaitokset ovat merenkulun alalla toimivia yksityisiä tarkastuslaitoksia, jotka myöntävät rakennettaville aluksille luokkamerkin niiden täytettyä luokituslaitosten asettamat rakenteelliset kriteerit. Luokkamerkin tai luokitustodistuksen tarkoituksena on määrittää alusten merikelpoisuus ja turvallisuus vakuutuslaitoksille ja rahtaajille sekä alusten matkustajillekin. Laivan valmistussopimuksen syntyessä on jo päätetty tilaajan ja valmistajan kesken siitä, mikä luokituslaitos tulee valvomaan ja tarkistamaan aluksen rakentamisen.

Luokituslaitoksia on useita ja monessa maassa. Tunnettuja luokituslaitoksia ovat seuraavat:

- Lloyd´s Register, LR
- Bureau Veritas, BV
- Det Norske Veritas Germanischer Lloyd, DNV GL
- Registro Italiano Navale, RINA
- American Bureau of Shipping, ABS
- Russian Maritime Register of Shipping, RS
- Nippon Kaiji Kyokai, ClassNK.

Sähkösuunnittelun osalta luokituslaitoksien säännöissä on omat osionsa, joissa määritellään paikoittain hyvin tarkastikin eri sähkölaitteiden vaatimuksia, kuten

- sähkönkehityslaitteita, mm. generaattorien minimäärä
- hätäenergian lähde ja hätäverkko
- hätävalaistus ja navigointilaitteiden hätäsyöttö
- peräsinkoneiden hätäsyöttö
- viestiyhteydet komentosillalta konehuoneeseen ja valvontakeskukseen
- palo- ja yleishälytys, paloilmoitus
- palopumput
- aluksen ja pelastusveneiden radiovarustus
- merenkulkulaitteet
- yleinen sähköturvallisuus ja vaaratilanteiden ehkäiseminen

Luokituslaitoksien sähkösuunnitteluun liittyviä määräyksiä löytyy esimerkiksi:

- Lloyd´s Register Rulefinder, tiedosto sisältää luokituslaitoksen säännöt ja myös SOLAS-, COLREGS- ja MARPOL-määräykset
- DNV GL Rules and Standards, sivusto sisältää luokituslaitoksen sääntöjä

(Häkkinen 2003, 3.)

4.3 Kansalliset järjestöt

Suomessa laivojen sähkölaitteita koskevia määräyksiä valvovat Liikenne ja viestintävirasto TRAFI sekä Turvatekniikan keskus TUKES. TRAFIn verkkosivuilta löytyy määräykset, jotka koskevat esim. alusten radiolaitteita tai alusten navigointilaitteita ja järjestelmiä. TUKES antaa tietoa sähkötöiden tekijöiden pätevyysvaatimuksista sekä sähköasennusten ja sähkölaitteiden vaatimuksista. Varsinkin hissien urakointi sähköasennuksien osalta kuuluu TUKESin valvontaan. Alusten sähköasennuksien teknisestä turvallisuudesta on määräyksiä esimerkiksi TRAFI/10743/03.04.01.00/2014.

4.4 Kansainväliset järjestöt ja standardit

Sähköalan kansainvälinen yhteistyöjärjestö International Electrotechnical Commission (IEC). Tärkeänä toimialana IEC:lla on sähkölaitteiden käytön turvallisuuden sekä eri käyttöolosuhteissa vaadittavien suojausten normitus kuten esimerkiksi IP-suojausluokat ja EMC-vaatimukset. Lisäksi IEC on määritellyt esimerkiksi tankkilaivoissa käytettäväksi sallitut sähkölaitteet.

Kansainvälinen Standardoimisliitto (ISO) on laatinut useita alusten laitteita ja varusteosia koskevia ohjeita eli standardeja. Kansainvälistä arvostusta ja tunnistusta nauttivat monet kansalliset standardijärjestelmät kuten esimerkiksi saksalainen DIN, englantilainen BS, ruotsalainen SS ja amerikkalainen ANSI/ASME. Suomessa toimiva standardoimisliitto on SFS. Laivatekniikkaan liittyvät yleiset standardit kuuluvat sarjaan SFS 80. (Karikoski 1997, 1-11.)

Räjähdyksvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita koskeva lainsäädäntö ja standardointi on nimeltään ATEX. ATEX-direktiivin (94/9/EY) tarkoitus on rajoittaa joidenkin tiettyjen laitteiden käyttöä tiloissa, joissa on räjähdysvaarallista ainetta.

5 PÄÄTELMÄT JA JATKOKEHITYS

5.1 Päätelmät

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada aikaiseksi yleistason ohjeistus aloittelevan laivasähkösuunnittelijan avuksi. Ohjeistukseen oli tarkoitus kerätä tietoa siitä, mitä kaikkea pitää ottaa huomioon suunnittelua tehtäessä ja mistä lisätietoa on saatavilla.

Työn alussa oli vielä sisällön laajuudesta hieman epäselvyyttä. Työn edetessä alkoi tarkentua myös sisällön määrä, joka osoittautuikin melko laajamittaiseksi. Jotta ohjeistuksesta tulisi aloittelevaa suunnittelijaa työssään oikeasti hyödyttävää, piti tiedon olla ajankohtaista ja paikkansapitävää nykypäivänä. Monissa lähdekirjoissa oli tieto jo joltain osiltaan vanhentunutta tai sisällöltään muuttunutta, joten varsinkin julkaisuajaltaan vanhimpien lähdeaineiden tiedot oli syytä tarkistaa myös muista lähteistä. Tietolähteinä työssä käytettiin Elomaticin omassa tietoverkossa sijaitsevan Elodoc-dokumenttikirjaston sisältöä, alan kirjallisuutta, Internet-tietoverkosta löytynyttä materiaalia, yritysten verkkosivujen materiaalia ja laivasähkösuunnittelua tekevien suunnittelijoiden haastatteluja.

Aivan aluksi oli päätettävä eri sähkötoiden litterointijärjestelmien väliltä. Litterointijärjestelmällä tarkoitetaan numerointijärjestelmää, jossa laivan eri osioiden suunnittelutyöt on eritelty omille päänumeroille. Suomen telakoilla on käytössä litterajärjestelmä 1–9, jossa litteran numero 9 kohtaan tulee sähkösuunnittelun tuotokset. Muualla maailmassa on telakoilla hieman erilainen numerointi, esim. Saksan telakoilla on käytössä litterajärjestelmä 1–8, jossa sähkösuunnittelu sisältyy samaan varustelusuunnittelun kanssa eli numeroon 8. Työn lähtökohdaksi päätettiin ottaa Suomen telakoilla käytössä oleva järjestelmä.

Työn etenemiseen vaikutti eniten lähdemateriaalin vaihtelevuus. Joistakin osioista oli materiaalia tarjolla runsaastikin, jolloin oli suurin työ miettiä sisällön laajuutta, jotta ei mentäisi liian yksityiskohtaiseen ohjeistukseen. Toisaalta taas joistakin osioista oli todella vähän lähdemateriaalia ja tiedon kaivaminen hidasta

ja työlästä. Työn tekemiseen menikin huomattavasti enemmän aikaa kuin olin aluksi itse suunnitellut, mutta toisaalta oma tieto laivasähkösuunnittelun osalta lisääntyi huomattavasti korvaten monin verroin työhön käytetyt tunnit.

Työn edetessä tuli hyvin selkeästi esille, että laivojen sähkösuunnittelu on monen eri instanssin toimesta tarkkaan määrättyä. Sähkösuunnittelua ohjaavat useat kansainväliset ja kansalliset säännöt ja määräykset, joiden tarkoituksena on varmistaa sähkösuunnittelun korkea laatu. Suunnittelijoilta tämä vaatii suurta määräysten tuntemusta ja jatkuvaa valmiutta tietojen päivitykseen.

Lopputuloksena saatiin yleisen tason ohjeistus laivojen sähkösuunnitteluun, joka helpottaa ja ohjaa varsinkin uuden suunnittelijan työtä ja tiedonhakua. Tavoite saavutettiin niiltä osin kuin oli tarkoituskin. Jatkossa uusi suunnittelija löytää nopeammin tietoa eri järjestelmien vaatimuksista ja aikaa säästyy itse suunnittelutyöhön.

5.2 Jatkokehitys

Jotta ohjeistuksesta on jatkossakin hyötyä, pitää sitä myös olla mahdollista päivittää etenkin käyttäjäpalautteen mukaan. Valitettavasti kenttätestaus jäi tekemättä oikeassa työympäristössä. Lisäksi ohjeistus on tarkoitus kääntää ainakin englanniksi, joka on alalla yleinen työkieli.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on myös olla lähtökohta seuraaville opinnäyte- tai diplomitöille. Elomaticilla on laivasähköosastolla olemassa suunnitelmia jatkotöille, joissa on tarkoitus pureutua eri suunnitteluosioiden tiedoissa syvemmälle.

LÄHTEET

Opinnäytetyössä käytetyt lähteet

Bacher, H. 1997. Laivanrakennusprosessi-erittelyt. Jyväskylä: Gummerus.

Bortslap, R. & Katen, H. T. 2011. Ships´Electrical Systems. Enkhuizen: DOKMAR.

DNV-GL RULES AND STANDARDS, MARITIME Classification Rules. Viitattu 20.1.2020 <https://rules.dnvgl.com/ServiceDocuments/dnvgl/#!/home>.

Stähle, O. 2018. Laivan sähköjärjestelmät. Viitattu 20.1.2020 ELODOC-dokumenttikirjasto.

Sähkösuunnittelun perussuunnitteluvaihe. 2017. Viitattu 20.1.2020 ELODOC-dokumenttikirjasto.

Sähkösuunnittelun valmistussuunnitteluvaihe. 2017. Viitattu 20.1.2020 ELODOC-dokumenttikirjasto.

Technical Specification for Ropax. 2019. Viitattu 20.1.2020 ELODOC-dokumenttikirjasto.

FURUNO Finland Oy 2020. Antennas. Viitattu 20.1.2020 <https://www.furuno.fi/>.

HELKAMA BICA 2020. Cables. Viitattu 20.1.2020 <https://helkamabica.com/>.

Häkkinen, P. 2003. Laivan sähköverkko. Helsinki: Picaset Oy.

Roxtec Finland Oy 2020, Kaapeleiden ja putkien tiivistysratkaisut. Viitattu 20.1.2020 <https://www.roxtec.com/fi/>.

Skjong, E.; Volden, R.; Rödskar, E.; Molinas, M.; Johansen, T. A. & Cunningham, J. 2016. Past, Present and Future Challenges of the Marine Vessel´s Electrical Power System. Viitattu 20.1.2020 https://www.researchgate.net/publication/301231659_Past_Present_and_Future_Challenges_of_the_Marine_Vessel's_Electrical_Power_System.

Ohjeistuksessa käytetyt lähteet

ABB 2020. Tuotteet ja palvelut. Viitattu 20.1.2020 <https://new.abb.com/fi/tuotteet-ja-palvelut>.

Danfoss 2020. SEM-SAFE Fire Safety System. Viitattu 20.1.2020 <https://semsafe.danfoss.com/visit-danfoss-semco-norshipping2017/>.

DNV-GL RULES AND STANDARDS, MARITIME Classification Rules. Viitattu 20.1.2020 <https://rules.dnvgl.com/ServiceDocuments/dnvgl/#!/home>.

Sähkösuunnittelun perussuunnitteluvaihe. 2017. Viitattu 20.1.2020 ELODOC-dokumenttikirjasto.

Sähkösuunnittelun valmistussuunnitteluvaihe. 2017. Viitattu 20.1.2020 ELODOC-dokumenttikirjasto.

Technical Specification for Ropax. 2019. Viitattu 20.1.2020 ELODOC-dokumenttikirjasto.

FURUNO Finland Oy 2020. Antennas. Viitattu 20.1.2020 <https://www.furuno.fi/>.

HELKAMA BICA 2020. Cables. Viitattu 20.1.2020 <https://helkamabica.com/>.

INELTEH 2020. Calling System. Viitattu 20.1.2020 <https://www.inelteh.hr/>.

NMEA 2020, The National Maritime Electronics Association. Viitattu 20.1.2020
<https://www.nmea.org/>.

Offshore Engineering, 2019. Education courses: 1. Introduction to Dynamic Position. Viitattu 20.1.2020 <https://www.offshoreengineering.com/education/dynamic-positioning-dp>.

Salwico Systems 2020, Salwico Fire & Gas Detection. Viitattu 20.1.2020
<https://www.salwico.nl/>.

Schneider Electric 2020, Marine. Viitattu 20.1.2020
<https://www.se.com/fi/fi/work/solutions/for-business/marine/>.

Selma 2020, Ship Electric Marine Control. Viitattu 20.1.2020 <https://www.selmacontrol.com/>.

Wärtsilä 2020, Marine. Viitattu 20.1.2020 <https://www.wartsila.com/marine>.

