

Opinnäytetyö (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitystekniikka
2016

Julia Airola

TUOTTEISTETTU EVAKUOINTIANALYYSI

– Evakuointisimulointipalvelun kehittäminen



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Tuotekehitystekniikka

Toukokuu 2016 | 55 sivua

Jari Lahtinen

Julia Airola

TUOTTEISTETTU EVAKUOINTIANALYYSI

Foreship-yritykselle tehdyn opinnäytetyön tavoitteena oli rakentaa uusimpien kansainvälisten säädösten mukaisista evakuointilaskelmista palvelutuote yrityksen palvelutarjoomaan. Tuhoisien haaksirikkojen välttämiseksi laivojen on täytettävä kansainvälisissä sopimuksissa määritellyt kriteerit, joita luokituslaitokset ja eri maiden viranomaiset valvovat. Insinööritoimistot voivat toimittaa vaaditut laskelmat aluksen turvallisuudesta viranomaisille.

Työssä perehdyttiin matkustajalaivoja koskeviin evakuointisäädöksiin ja luotiin alan asiantuntemuksesta ja kriteerien täyttämiseksi vaaditun luokitusmateriaalin tuottamisesta palvelu. Työ toteutettiin suomentamalla Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n evakuointia koskevat säädökset ja laskemalla esimerkkikonsepti niiden mukaisesti. Konseptin avulla testattiin uuden palvelun toimivuutta ja todettiin se myyntikelpoiseksi. Myyntiä varten tutustuttiin tuotteistamiseen ja lopulta tuotteistettiin palvelu.

Esimerkkikonseptissa vertailtiin kahta eri tapaa suorittaa evakuointianalyysi: käsin laskentaa ja tietokoneella simulointia. Sekä työtavoissa että tuloksissa havaittiin eroja. Tuotteen kannalta tärkeää oli, että tietokoneavusteisesti evakuointianalyysin tekeminen sujui vaivattomammin, ja sen tuottamat tulokset voivat antaa enemmän lisäarvoa asiakkaalle. Evakuointisimulointi valikoitui kehitettävän palvelun ydintuotteeksi, jonka ympärille palvelupaketti luotiin.

Palvelupaketin vakioiduksi sisällöksi määriteltiin evakuointisimulointi, pakotielaskelma ja koulutusvideomateriaali. Halutessaan asiakas voi täydentää pakettia kahdella lisäpalvelumoduulilla. Palvelutuotteen konkretisoinnin tuloksena syntyi palveluesite, asiakaspalautelomake ja työntekijän muistilista.

Asiantuntijapalvelusta on mahdollista luoda tuote, mutta sen sisältöön on jätettävä liikkumavaraa. Tuottamisella säästetään työntekijän aikaa ja parannetaan tuottavuutta.

ASIASANAT:

Evakuointi, merionnettomuudet, palvelumuotoilu, pelastussuunnitelmat, tuotekehitys, turvallisuusmääräykset

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Product development

2016 | 55 pages

Jari Lahtinen

Julia Airola

PRODUCTIZATION OF THE EVACUATION ANALYSIS

Ships must comply with the criteria specified in the international agreements to avoid disasters at sea. Engineering offices can submit the required classification procedure and calculations to the classification societies and national maritime authorities, who supervise that the criteria are fulfilled. The aim of the thesis was to create a service concept about producing the classification procedure. The thesis was commissioned by the company Foreship Ltd.

The working methods were translating the International Maritime organization's regulations and conducting an example concept according to the latest criteria. The possibilities of the new service were tested with the example concept and it was found to be saleable. The productization process was studied and after that, the service was productized.

As a result, it was found that conducting an evacuation simulation takes less time than producing a hand-calculated evacuation analysis. The results were also clearer, so the evacuation simulation was chosen to be the core of the new service. To complete the service package, additional services around the core product were created. The service package was standardized to contain an evacuation analysis, escape route calculations and video material. As an extra, the client can choose two additional modules. As a result of the concretization of the product, a service brochure, check list and feedback form were created.

The productization of evacuation expertise was found to be possible, but the product cannot be totally standardized. The service is always done according to the customer's order and the service package needs to be flexible. However, standardized methods and a marketing procedure save the employee's time and improve productivity.

KEYWORDS:

Evacuation, maritime disasters, product development, rescue plans, safety regulations, service design

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	8
2 SÄÄDÖKSET	9
2.1 Laivasuunnittelua ohjaavat säädökset	9
2.2 Risteilyaluksia koskevat pakotiesäädökset	10
2.2.1 Portaikkoja koskevat säädökset	10
2.2.2 Ovia ja käytäviä koskevat säädökset	12
2.2.3 Matkustajien jakaantuminen aluksella	13
2.3 Evakuointianalyysin suorittaminen risteilyalukselle	14
2.3.1 Yksinkertaistettu evakuointianalyysi	14
2.3.2 Laaja evakuointianalyysi	20
2.4 Laivojen suunnitteluun tulevat muutokset	25
3 ESIMERKKIKONSEPTI	26
3.1 Esimerkkikonseptissa tehdyt rajaukset	26
3.2 Pakotielaskelma	26
3.3 Evakuointianalyysi	29
3.4 Evakuointisimulointi	33
3.4.1 Esimerkkikonseptin mallinnus simulointia varten	34
3.4.2 Esimerkkikonseptin simulointi	39
3.4.3 Esimerkkikonseptin simuloinnin tulokset	41
3.5 Esimerkkikonseptin yhteenveto ja tuloksien vertailu	43
4 PALVELUKONSEPTI	45
4.1 Tuotteistaminen	45
4.2 Evakuointisimulointipalvelun tuotteistaminen	48
4.2.1 Määrittely	48
4.2.2 Vakioiminen	50
4.2.3 Konkretisointi	52
4.2.4 Seuranta ja mittaaminen	53
5 YHTEENVETO	54
LÄHTEET	55

LIITTEET

- Liite 1. Pakotielaskelma
- Liite 2. Evakuointireitit hydraulisena verkostona
- Liite 3. Evakuointianalyysi
- Liite 4. Evacuation and Escape Package -palveluesite
- Liite 5. Asiakaspalautelomake

KUVAT

Kuva 1. Evakuointiajan laskentaperiaate (IMO 2007, liite 1, kuva 3.5.3).	17
Kuva 2. Pakotielaskelmassa käsiteltävät portaikot	26
Kuva 3. Kannot 5, 6 ja 7 yksinkertaistettuna virtausverkostoksi	29
Kuva 4. Evakuointianalyysin virtausarvojen laskenta kannella 5, 6 ja 7.	30
Kuva 5. Yksinkertaistetussa evakuointianalyysissä laskettu kokonaisevakuointiaika	32
Kuva 6. Esimerkki geometriasta 3D-mallina (vas.) ja soluautomaattimallina (oik.) (TraffGo HT GmbH 2013, 3-3).	33
Kuva 7. Portaiden ja ovien värikoodaus AutoCad- (ylempi) ja AENEASed-ohjelmilla	36
Kuva 8. Esimerkkikonseptissa käytetyt reitit	38
Kuva 9. Evakuoitavien henkilöiden käyttäytymistä ohjaavat AENEASsim-ohjelmiston parametrit	39
Kuva 10. Simulointitulosten jakauma ja matka-ajan määrittämiseen valittava arvo vihreällä	40
Kuva 11. Kolmiulotteinen näkymä simuloinnin lähtötilanteesta kannella 6	41
Kuva 12. Evakuoinnin ruuhkakohdat kannella 5 (vas.) ja kannella 6 (oik.)	42
Kuva 13. Palveluliiketoiminnan kehittäminen tuotteistamisen avulla (Jaakkola ym. 2009, 6).	46
Kuva 14. Osallistavan tuotteistamisen ja työskentelyn sykli (Tuominen ym. 2015, 12).	47
Kuva 15. Muistilista AENEAS-ohjelmiston käyttöön	51

TAULUKOT

Taulukko 1. Henkilöiden ominaisvirtaus ja nopeus henkilötiheyden funktiona (IMO 2007, ANNEX1/APPENDIX 1/Table 1.1).	18
Taulukko 3. Virtaus- ja nopeusarvot portaissa ja tasaisella (IMO 2007, ANNEX1/APPENDIX 1/Table 1.3).	18
Taulukko 2. Suurimmat mahdolliset virtausarvot portaikoissa, käytävillä ja ovista kuljettaessa (IMO 2007, ANNEX1/APPENDIX 1/Table 1.2).	18
Taulukko 4. Henkilöiden kävelynopeudet tasaisella alustalla (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 3.2.3).	23
Taulukko 5. Henkilöiden kävelynopeudet portaikoissa (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 3.2.4).	23
Taulukko 6. Portaikolle nro 1. suoritettu pakotielaskelma kannella 6	27
Taulukko 7. Esimerkkikonseptissa käytetyt värikoodit	35

KÄYTETYT LYHENTEET

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
IMO	Kansainvälinen merenkulkujärjestö (Karikoski 2000, 17-1)
MSC	IMO:n Meriturvallisuuskomitea (Karikoski 2000, 17-2)
Ro-ro-alus	roll-on, roll-off -alus, jonka lastataan horisontaalisesti peräportista ja jonka lasti kulkee sisään ja ulos pyörien päällä (Siirilä 2000, 20-1)
SOLAS	Kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä (Karikoski 2000, 17-2)

Lyhenteet pakotielaskelmassa (IMO 2001):

LA	porrasanteen ala, josta on vähennetty ovien avaamisen ja portaikossa kulkevan ihmisvirran vaatima ala
LAr	vaadittu porrasanteen ala, josta on vähennetty ovien avaamisen ja portaikossa kulkevan ihmisvirran vaatima ala
LCA	porrasanteen kokonaispinta-ala
LCAr	vaadittu porrasanteen kokonaispinta-ala
N	suoraan portaikkoon etenevien ihmisten määrä
N ₁	suurin ihmismäärä yksittäisellä kannella, joka huomioidaan portaiden mitoituksessa
N ₂	toiseksi suurin ihmismäärä yksittäisellä kannella
N ₃	kolmanneksi suurin ihmismäärä yksittäisellä kannella
N ₄	neljänneksi suurin ihmismäärä yksittäisellä kannella
P	tasanteella portaikkoon pääsemistä odottavien henkilöiden määrä
W	vaadittava porrasleveys
Z	evakuoitavien henkilöiden määrä

Lyhenteet evakuointianalyysissä (IMO 2007):

A	pinta-ala
A	reaktioaika
D	henkilötiheys
E	pelastuslaittoihin siirtymiseen kuluva aika
F_c	henkilöiden laskennallinen virtaus
F_s	henkilöiden ominaisvirtaus
L	vesillelaskuaika
L	pituus
S	henkilöiden nopeus
T	matkaan kuluva aika
t_{stair}	portaiden matkaamiseen kuluva aika
t_{assembly}	portaikolta kokoontumispaikan ovelle siirtymiseen kuluva aika
t_F	yksittäisen evakuointireitin osan virtausaika
t_i	matka-aikojen summa
W_c	leveys kaiteiden välissä
γ	turvallisuuskerroin
δ	vastavirtakerroin

1 JOHDANTO

Foreship-yritykselle tehtävän opinnäytetyön tavoitteena on rakentaa uusimpien kansainvälisten säädösten mukaisista evakuointilaskelmista palvelutuote yrityksen palvelutarjoomaan. Sääntömuutoksen myötä evakuointianalyysien kysynnän oletetaan kasvavan, joten laadukas simuloiden tuotettu analyysi voisi olla myyvä ja näkyvyyttä tuova tuote.

Opinnäytetyön taustalla on vuoden 2015 helmikuussa tehty kansainvälinen sopimus, jonka mukaan evakuointianalyysi tulee suorittaa kaikille matkustaja-aluksille, joilla on yli 36 matkustajaa. Aikaisemmin analyysin tekeminen on ollut pakollista vain ro-ro-matkustaja-aluksille. (International Maritime Organization 2016.)

Evakuointianalyysille on olemassa kaksi ohjeistusta ja tekotapaa: laaja ja yksinkertaistettu evakuointianalyysi. Laaja evakuointianalyysi neuvoo tietokoneavusteisen analyysin tekotavan, kun taas yksinkertaistettu analyysi selvittää käsinlaskennan periaatteet. Tässä työssä tutkitaan molemmat analysointitavat niiden eroavaisuuksien löytämiseksi. Tietokoneavusteinen analyysi tehdään käyttäen AENEAS-simulointiohjelmistoa.

Työn alussa käsitellään pakoteita ja evakuointia käsittelevät säädökset, mikä toteutetaan kokoamalla ja suomentamalla evakuointiin liittyviä standardeja vertailuun tarvittavan tietopohjan saavuttamiseksi. Tämän jälkeen standardeissa esitellyt laskentatavat käydään läpi toteuttamalla esimerkkikonsepti, jossa samalle risteilijälle tehdään pakotielaskelma, evakuointianalyysi ja evakuointisimulointi. Lopuksi laskelmien tekeminen tuoteistetaan palvelutuotteeksi.

2 SÄÄDÖKSET

2.1 Laivasuunnittelua ohjaavat säädökset

Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO on YK:n alainen järjestö, joka pyrkii yhdenmukaistamaan käytäntöjä ja parantamaan turvallisuutta merellä (Karikoski 2000, 1-8–1-9). Järjestö julkaisee yleissopimuksia (Conventions), koodeja (Codes) ja kiertokirjeitä (Circulars), joissa määritellään merenkulun kriteerit. Säädöksiä luodaan ja päivitetään jatkuvasti uusien tutkimustulosten perusteella. (Karikoski 2000, 1-10.) Ensimmäinen yleissopimus onkin vuodelta 1914, ja se syntyi vuoden 1912 s/s Titanicin onnettomuuden seurauksena (Haatainen 2000, 17-3). Tässä työssä käsiteltävän sääntömuutoksen taustalla taas on vuoden 2012 Costa Concordian onnettomuuden tutkimusten tulokset (IMO 2015).

Tämän työn tärkeimmät kirjallisuuslähteet ovat Kansainvälisen merenkulkujärjestön laatimia säädöksiä. SOLAS-sopimukset kuuluvat IMO:n merkittävimpiin yleissopimuksiin, ja ne keskittyvät alusten turvallisuusrakenteisiin ja varusteisiin (Haatainen 2000, 17-2). IMO:n koodeista FSS-koodi (International Code for Fire Safety Systems) määrittelee paloturvallisuusjärjestelmien kriteerit ja esimerkiksi pakoteiden vaatimukset. Myös kiertokirjeissä käsitellään pelastussäädöksiä. IMO:n meriturvallisuuskomitean (MSC) kiertokirjeessä 1238 määritellään, miten evakuointianalyysi tulee suorittaa.

IMO:n kriteerien täyttymistä valvovat luokituslaitokset, jotka tekevät aluksille valtioiden valtuuttamina tarkastuksia (Haatainen 2000, 17-11) ja antavat aluksille luokkamerkin (Karikoski 2000, 1-10). Luokkamerkintä takaa vakuutusyhtiölle, että laiva on rakennettu kestäväksi ja turvalliseksi (Jaatinen 2000, 41-1). Aluksen tulevan kotimaan merenkulkuviranomaisia kutsutaan lippuviranomaisiksi. Lippuviranomaisten tehtävä on valvoa kansainvälisten ja kansallisten turvallisuus- ja ympäristökriteerien täyttymistä. (Jaatinen 2000, 41-1.) Yrityksen uuden palvelutuotteen perusideana onkin tuottaa IMO:n säädösten mukaisesti laadittu luokitusmateriaali lippuviranomaisille ja luokituslaitoksille.

2.2 Risteilyaluksia koskevat pakotiesäädökset

Matkustajien turvallisuuden takaamiseksi risteilyaluksille on suoritettava pakotielaskelma, jotta voidaan tunnistaa evakuoinnin mahdolliset ongelmakohdat ja puuttua niihin. Laskelmia tehdään alueille, joille oletetaan syntyvän ruuhkaa ihmisten siirtyessä kokoontumispaikoille evakuointitilanteessa. Esimerkiksi portaikoiden ja ovien leveydet ovat erityistarkastelun alla laivan turvallisuutta tutkittaessa.

Pakotielaskelma tehdään IMO:n FSS koodin mukaisesti niin, että dokumentoinnista käy ilmi miehistön ja matkustajien määrä normaaliolosuhteissa miehitetyillä alueilla, kunkin portaikon, oven, käytävän ja porrastasanteen kautta oletettavasti pakenevien miehistön jäsenten ja matkustajien määrä, kokoontumispaikat sekä pelastuslauttojen lastauspisteet. Materiaalissa tulee myös esittää ensi- ja toissijaiset pelastautumiskeinot sekä portaikoiden, ovien, käytävien ja tasanteiden leveydet. (IMO 2001, luku 13, osa 2.5.1.) Erilliset laskelmat tulee tehdä evakuointireitin portaikoiden, ovien ja käytävien leveyksistä sekä porrastasanteiden pinta-aloista (IMO 2001, luku 13, osa 2.5.2).

2.2.1 Portaikkoja koskevat säädökset

Kaikkien risteilyaluksen matkustajaportaikoiden tulee olla vähintään 900 millimetriä leveitä. Jos yli 90:n henkilön evakuointireitti kulkee portaiden kautta, niiden leveyttä on kasvatettava 10 mm jokaista määrän ylittävää henkilöä kohden. Ihmismäärän arvioinnissa käytetään olettamusta, että portaita käyttää niiden palvelemalla alueella olevista miehistön jäsenistä kaksi kolmasosaa sekä kaikki matkustajat. (IMO 2001, luku 13, osa 2.1.1.) Matkustajien määrä alueella voidaan määrittellä istumapaikkojen määrällä tai laskemalla alueen kokonaispinta-alasta niin, että jokaiselle matkustajalle varataan 2 neliometriä (IMO 2001, luku 13, osa 2.1.2.1.4).

Laskelmat tehdään erikseen jokaisesta pääpalo-osastosta yö- ja päiväaikaan (IMO 2001, luku 13, osa 2.1.2.2.1). Pääpalo-osastoilla tarkoitetaan laivan pitkittäissuunnassa enintään 48 metrin pituista aluetta, joka on eristetty seuraavasta osastosta palolaipioilla (Levander & Sillanpää 2000, 18-31). Laivan osastoinnilla pyritään ehkäisemään palojen leviämistä.

Portaikoita suunniteltaessa on huomioitava, ettei niiden pystysuora korkeus saa ylittää 3,5 metriä ilman, että ne jaetaan tasantein. Nousukulma ei saa olla suurempi kuin 45 astetta. (IMO 2001, luku 13, osa 2.2.3.) Jos portaat on suunniteltu yli 90:n ihmisen käyttöön, ne on suunnattava laivan pitkittäissuuntaisesti (IMO 2001, luku 13, osa 2.2.2). Portaikoissa tulee myös olla kaiteet molemmin puolin, eikä niiden väli saa olla yli 1800 millimetriä (IMO 2001, luku 13, osa 2.2.1).

Portaikoiden vaadittuun leveyteen vaikuttavat niiden ylä- ja alapuolella olevat portaikot, jos ne muodostavat yhdessä evakuointireitin. Portaikon minimileveys (W) lasketaan kaavalla (IMO 2001, luku 13, osa 2.1.2.2.1.) :

$$W = (N_1 + N_2 + 0,5 * N_3 + 0,25 * N_4) * 10 \text{ mm},$$

jossa:

N_1 = Suurin portaikkoon yksittäiseltä kannelta siirtyvä ihmismäärä

N_2 = Toiseksi suurin portaikkoon yksittäiseltä kannelta siirtyvä ihmismäärä

N_3 = Kolmanneksi suurin portaikkoon yksittäiseltä kannelta siirtyvä ihmismäärä

N_4 = Neljänneksi suurin portaikkoon yksittäiseltä kannelta siirtyvä ihmismäärä.

Laskettua minimileveyttä voidaan mahdollisesti vielä pienentää, jos laskeutumisalue portaikoiden välissä on riittävän suuri. Ajatuksena on, että maksimissaan 25 prosenttia alueen ihmisistä voi odottaa portaisiin pääsyä tasanteella. Portaisiin pääsyä odottavien määrä lasketaan varaamalla aina kolmelle henkilölle yksi neliometri siitä porrastasanteen alasta, josta on vähennetty ovien avaamisen ja portaikossa kulkevan ihmisvirran viemä ala. Näiden ihmisten määrä voidaan vähentää laskennan kohteena olevan alueen

evakuoitavien henkilöiden kokonaismäärästä portaikon minimileveyttä laskettaessa. Määrä lasketaan kaavalla(IMO 2001, luku 13, osa 2.1.2.2.1.) :

$$P = S * 3,0 \text{ henkilöä}/m^2 \text{ ja } P_{MAX} = 0,25 * Z, \text{ jossa}$$

P= Porrastasanteella portaikkoon pääsemistä odottava ihmismäärä

S= Porrastasanteen ala neliömetreinä, josta vähennetään ovien avaamisen ja portaikossa kulkevan ihmisvirran vaatima ala

Z=Kannen kokonaisihmismäärä.

2.2.2 Ovia ja käytäviä koskevat säädökset

Ovien mitoituksessa tulee noudattaa samoja periaatteita kuin portaiden mitoituksessa (IMO 2001, luku 13, osa 2.3.2). Jos ovi johtaa portaikosta kokoontumispaikalle, sen kokonaisleveys tulee olla yhtä suuri kuin portaikoiden kokonaisleveys yhteensä (IMO 2001, luku 13, osa 2.3.2). Näin ovesta kulkeminen ei muodosta merkittävää ruuhkaa ja hidasta evakuointia. Evakuointireitin ovien on avauduttava ulospäin (IMO 2004, Chapter II-2: reg. 13, 3.1.) ja auettava ilman avaimia kuljettaessa pakosuuntaan (IMO 2004, Chapter II-2: reg. 13, 3.2.6.1). Hyttien ovet voivat kuitenkin avautua myös sisäänpäin (IMO 2004, Chapter II-2: reg. 13, 3.1.5).

Käytävät eivät saa muodostaa ns. umpikujia. Syvennykset ovat sallittuja, ja ne erottaa päätyivistä käytävistä se, että niiden pituus on lyhyempi kuin niiden leveys. (IMO 2004, Chapter II-2: reg. 13, 3.1.2.) Laivan pitkittäissuuntaisilla käytävillä on oltava kaiteet molemmin puolin, jos niiden leveys on yli 1,8 metriä. Leveyssuuntaisilla käytävillä kaiteet vaaditaan molemmille puolille, jos niiden leveys ylittää yhden metrin. (IMO 2004, Chapter II-2: reg. 13, 7.3.1.)

2.2.3 Matkustajien jakaantuminen aluksella

Matkustajien jakaantuminen aluksen tiloihin on huomioitava evakuointijärjestelyjä tutkittaessa. Yö- ja päiväaikaan ihmiset ovat jakaantuneet alukselle eri tavalla. Nämä kaksi tilannetta huomioidaankin pakotielaskelmia tehtäessä. Yöaikaa tarkasteltaessa oletetaan kaikkien matkustajien ja kahden kolmasosan miehistöstä olevan hyteissään (IMO 2001, luku 13, osa 2.1.2.2.2.1). Lopun miehistön oletetaan jakaantuneen työpisteillensä. Tätä tilannetta kutsutaan nimellä Case 1.

Case 2 -nimellä kutsutaan tilannetta, jonka oletetaan vastaavan ihmisten jakaantumista risteilyalukselle päivisin. Päivällä voidaan arvioida kolmen neljäosan julkisten tilojen matkustajille varatusta kapasiteetista ja yhden kolmasosan miehistölle laskettavasta kapasiteetista olevan täynnä. Majoitus- ja työpisteille sijoitetaan laskennassa molempiin yksi kolmasosa miehistöstä. (IMO 2001, luku 13, osa 2.1.2.2.2.1.)

2.3 Evakuointianalyysin suorittaminen risteilyalukselle

Sääntöpäivityksen myötä pakotielaskelman lisäksi risteilyaluksille tulee pakolliseksi tehdä myös evakuointianalyysi (IMO, 2015). Pakotielaskelmassa tutkitaan pakoteiden mitoituksen riittävyttä, kun taas evakuointianalyysissä lasketaan aluksen evakuointiin kuluva aika.

Evakuointianalyysin tekemiseen tarjotaan kahta eri tapaa, jotka ovat yksinkertaistettu evakuointianalyysi ja laaja evakuointianalyysi (IMO 2007, kohta 5). Yksinkertaistetulle menetelmälle ominaista on rajaavien olettamusten tekeminen, joka helpottaa analyysin toteuttamista. Olettamusten todenmukaisuus heikkenee kuitenkin aluksen monimutkaisuuden kasvaessa. Suurille aluksille suositellaankin tehtäväksi laaja evakuointianalyysi. (IMO 2007, kohta 6.) Evakuointianalyysien suurin ero on se, että yksinkertaistettu evakuointianalyysi lasketaan käsin taulukkolaskentana, kun taas laaja evakuointianalyysi tehdään tietokoneella simuloiden.

2.3.1 Yksinkertaistettu evakuointianalyysi

Yksinkertaistettu evakuointianalyysi keskittyy oikean hätätilanteen simuloinnin sijaan tutkimaan evakuoinnin sujuvuutta ennalta määriteltyjen kiintopisteiden kautta (IMO 2007, liite 1, kohta 1.1). Analyysi auttaa tunnistamaan puutteelliset ja soveltumattomat pakotiejärjestelyt, syntyvät ruuhkat sekä optimoimaan pelastusjärjestelyt (IMO 2007, liite 1, kohta 1.3).

Analyysin dokumentoinnin tulee selvittää perusolettamukset, joita on käytetty laskennan pohjana. Siinä tulee olla piirrosmerkkikaavio tutkituista palo-osastoista ja selvitys ihmisten jakaantumisesta aluksen tiloihin jokaisen käsitellyn skenaarion alkutilanteessa. Tehdyt laskelmat esitetään raportissa yksityiskohtineen ja termistöineen. Tuloksista on käytävä myös ilmi laskettu kokonaisevakuointiaika ja löydetty ruuhkapisteet. (IMO 2007, liite 1, kohta 5.)

Ennalta tehdyt oletukset

Yksinkertaistettua evakuointianalyysiä tehtäessä oletetaan kaikkien miehistön jäsenten ja matkustajien aloittavan evakuointitoimensa samanaikaisesti ja toisiaan estämättä, sekä kulkevan pääasiallista evakuointireittiä. Kävelynopeus riippuu ihmistiheydestä, eikä ohittamisia tai vastakkaissuuntaista ihmisvirtaa ole. Ihmismäärän ja ihmisten jakaantumisen aluksen tiloihin oletetaan vastaavan pakotielaskelman arvoja. Kaikki evakuointijärjestelyt ovat käytettävissä, ellei dokumentissa toisin ilmoiteta ja ihmiset pääsevät liikkumaan esteettä. Vastakkaiseen suuntaan kulkeva ihmisvirta huomioidaan vastavirtakorjauskertoimen avulla. Laivan liikkeiden vaikutukset, matkustajien ikä ja liikkumisongelmat, järjestelyjen joustamattomuus, käytävien käytöstä poisto sekä savusta johtuva huono näkyvyys huomioidaan turvallisuuskertoimella. (IMO 2007, liite 1, kohta 3.2.)

Tutkittavat skenaariot

Evakuointianalyysissä tulee käydä läpi vähintään neljä skenaariota. Skenaariot kuvastavat erilaisia mahdollisia tilanteita, joiden erityispiirteistä huolimatta evakuoinnin tulisi sujua ongelmitta. Kaksi ensimmäistä ovat pakotielaskelman yhteydessä selvitettyt yö- ja päivätilanteet eli Case 1 ja Case 2. Case 3 -tilanteessa ihmiset ovat jakautuneet laivan tiloihin yö- eli Case 1 -tilannetta vastaavasti, kun taas Case 4 -tilanteessa ihmisten oletetaan jakaantuneen alukselle samalla tavalla kuin päivätilanteessa Case 2.

Skenaarioiden Case 3 ja Case 4 tarkastelu keskittyy pisimmän matka-ajan omaavaan pääpalo-osastoon ja sille on kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäinen vaihtoehto on laskea evakuointiin kuluva aika, kun edellä mainitun pääpalo-osastoston suurin portaikko ei ole käytettävissä. Tätä vaihtoehtoa tulisi käyttää, mikäli se on mahdollista. Toinen vaihtoehto on lisätä tarkastelunalaisen osaston ihmisvirtaan puolet suurimman viereisen osaston ihmismäärästä. (IMO 2007, liite 1, kohta 3.3.)

Kokonaisevakuointiaika

Maksimievakuointiaika on 60 minuuttia, jos aluksessa on päävertikaalivyöhykkeitä kolme tai vähemmän. Jos vyöhykkeitä on enemmän, maksimiaika on 80 minuuttia. (IMO 2007, liite 1, kohta 3.5.2.2.)

Evakuointiaika lasketaan kaavalla(IMO 2007, liite 1, kohta 3.5.1) :

$$1,25 * (A + T) + \frac{2}{3} (E + L) \leq n, \text{ kun } E + L \leq 30 \text{ min} ,$$

jossa:

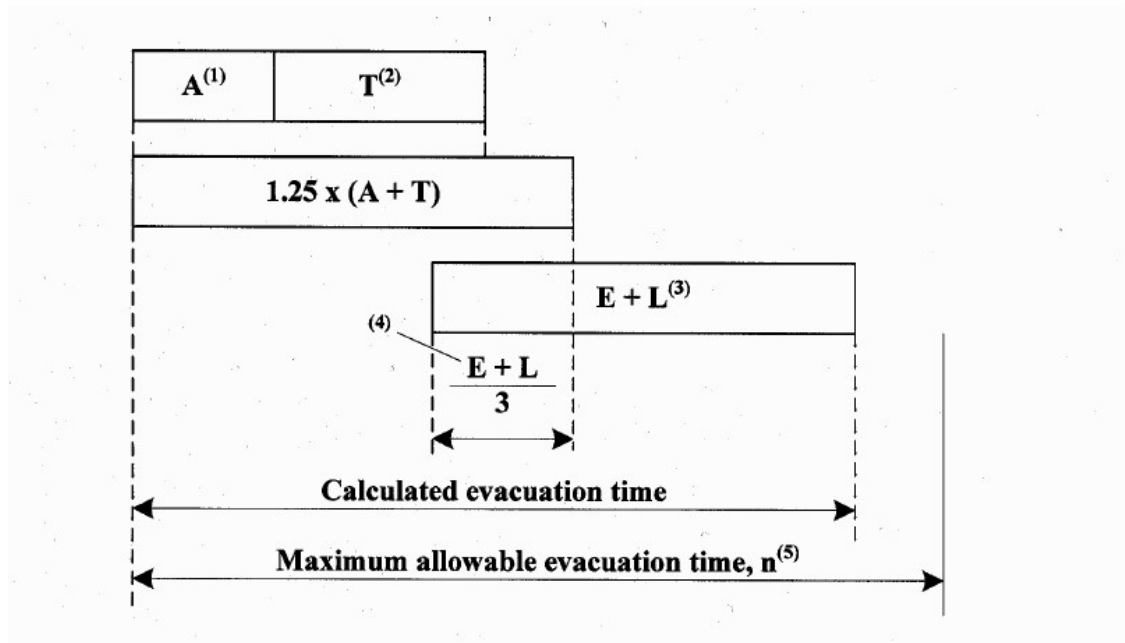
A = hätätilatietoisuuden saavuttamiseen kuluva aika eli reaktioaika, joka on kymmenen minuuttia yöskenaarioissa Case 1 ja Case 3, viisi minuuttia päiväskenaarioissa Case 2 ja Case 4

T = matkaan kuluva aika

E = Lastausaika, eli aika joka kuluu pelastuslauttoihin siirtymiseen

L= Pelastuslauttojen vesillelaskuaika.

Laskennassa siis summataan reaktioaika kokoontumispaikoille siirtymiseen kuluvaan matka-aikaan ja kerrotaan tämä turvallisuuskertoimella 1,25. Saatuun summaan lisätään vielä pelastuslauttojen lastaamiseen ja vesillelaskuun kuluva aika, jonka oletetaan ajoittuvan ensimmäiseltä kolmannekseltaan päällekkäin turvallisuuskertoimella kerrotun summan kanssa. Päällekkäisaika voi maksimissaan olla puoli tuntia. (IMO 2007, liite 1, kuvaaja 3.5.3.) Pelastuslauttojen lastaus- ja vesillelaskuaika saadaan vastaavilla välineillä tehtyjen testien tuloksista tai lauttojen valmistajilta. Ellei tietoja ole saatavilla, aikana voidaan pitää 30 minuuttia. (IMO 2007, liite 1, kohta 3.6.)



- (1) 10 min in case 1 and case 3, 5 min in case 2 and case 4
- (2) calculated as in appendix 1 to these Guidelines
- (3) maximum 30 min in compliance with SOLAS regulation III/21.1.4
- (4) overlap time = $\frac{1}{3} (E+L)$
- (5) values of n (min) provided in 3.5.2

Figure 3.5.3

Kuva 1. Evakuointiajan laskentaperiaate (IMO 2007, liite 1, kuva 3.5.3).

Matka-aika

Matka-aika kuvastaa sitä aikaa, joka matkustajalla menee siirtyä kokoontumispaikalle siitä hetkestä, kun hän on ymmärtänyt kyseessä olevan hätätila (IMO 2007, liite 1, figure 3.5.3). Matka-aika selvitetään taulukkolaskennan avulla (IMO 2007, liite 1, appendix 2). Se tarvitaan kokonaisevakuointiajan laskemiseen.

Laskelma aloitetaan määrittämällä pakotiereittiä vastaava hydraalikaavio, jossa esimerkiksi käytävät ja portaikot esitetään putkina, ovet venttiileinä ja yleiset tilat säiliöinä (IMO 2007, liite 1, appendix 1, 2.2.1). Tämä yksinkertaistaa pakoreittien ja ihmisvirran hahmottamista. Evakuointireitin osille lasketaan henkilötiheys, jonka avulla voidaan oheisista taulukoista lineaarisesti

interpoloida aluetta koskevat virtausarvot. Virtausarvojen avulla saadaan kunkin pakoreitin osan viemä aika. Kokonaismatka-ajan laskemiseksi pakoreitin yksittäisten osien viemät ajat lasketaan yhteen. (IMO 2007, liite 1, appendix 1, 2.2.) Suurin saatu arvo valitaan aluksen evakuoinnin matka-ajaksi ja kerrotaan vastavirtakertoimen ja korjauskertoimen summalla, joka on 2,3 tilanteissa Case 1 ja Case 2. Case 3 ja Case 4 tilanteissa kertoimien summa on 1,6. (IMO 2007, liite 1, appendix 1, 1.8.)

Taulukko 1. Henkilöiden ominaisvirtaus ja nopeus henkilötiheyden funktiona (IMO 2007, ANNEX1/APPENDIX 1/Table 1.1).

Table 1.1[†] - Values of initial specific flow and initial speed as a function of density

Type of facility	Initial density D (p/m ²)	Initial specific flow F_s (p/(ms))	Initial speed of persons S (m/s)
Corridors	0	0	1.2
	0.5	0.65	1.2
	1.9	1.3	0.67
	3.2	0.65	0.20
	≥ 3.5	0.32	0.10

Taulukko 3. Suurimmat mahdolliset virtausarvot portaikoissa, käytävillä ja ovista kuljettaessa (IMO 2007, ANNEX1/APPENDIX 1/Table 1.2).

Table 1.2[†] - Value of maximum specific flow

Type of facility	Maximum specific flow F_s (p/(ms))
Stairs (down)	1.1
Stairs (up)	0.88
Corridors	1.3
Doorways	1.3

Taulukko 2. Virtaus- ja nopeusarvot portaissa ja tasaisella (IMO 2007, ANNEX1/APPENDIX 1/Table 1.3).

Table 1.3[†] - Values of specific flow and speed

Type of facility	Specific flow F_s (p/(ms))	Speed of persons S (m/s)
Stairs (down)	0	1.0
	0.54	1.0
	1.1	0.55
Stairs (up)	0	0.8
	0.43	0.8
	0.88	0.44
Corridors	0	1.2
	0.65	1.2
	1.3	0.67

Ruuhkapisteiden tunnistaminen

Evakuointianalyysin dokumentoinnista on käytävä ilmi evakuointitilanteessa syntyvät ruuhkat. Ruuhkan tunnusmerkkejä ovat 3,5 tai useampi henkilö yhden neliömetrin alueella ja merkittävät jonot. Merkittävä jono syntyy, jos ulospäin suuntautuva ihmisvirta on 1,5 ihmistä sekunnissa hitaampi kuin sisään tuleva ihmisvirta. (IMO 2007, liite 1, appendix 1, 2.2.13.2.)

2.3.2 Laaja evakuointianalyysi

Laajan evakuointianalyysin tarkoituksena on tunnistaa ja poistaa evakuoinnin ruuhkakohdat sekä laskea evakuointiin kuluva aika. Analyysin avulla voidaan huomioida myös vastavirtaan kulkevat miehistön jäsenet sekä havainnollistaa evakuointijärjestelmän joustavuutta. (IMO 2007, liite 2, kohta 1.1.) Laaja evakuointianalyysi tehdään tietokoneella simuloiden (IMO 2007, liite 2, note *).

Laajan evakuointianalyysin dokumentoinnista tulee käydä ilmi tehdyt ennakkoletukset, simuloinnin algoritmi, laskujen yksityiskohdat, kokonaisevakuointiaika sekä tunnistetut ruuhkapisteet. Algoritmin selvitys sisältää esimerkiksi muuttujat, joita on käytetty dynaamisten olosuhteiden selvittämiseksi sekä muuttujien yhteydet käytettyihin lähtöarvoihin ja aluksen geometriaan. (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 6.)

Ennalta tehdyt oletukset

Vastaavasti kuin yksinkertaistettua evakuointianalyysiä tehtäessä, myös laajan evakuointianalyysin taustalla jonkin verran on ennakkoletuksia. Laajan evakuointianalyysin ennakkoletuksena on, että miehistö on välittömästi evakuointitehtäviään vastaavissa asemissa tilanteen alkaessa (IMO 2007, liite 2, kohta 3.2.5.1). Lisäksi matkustajat seuraavat opasteita ja miehistön ohjeita reittivalinnoissaan, eivätkä savu, kuumuus tai myrkylliset palokaasut vaikuta ihmisten kykyyn toimia tilanteessa. Perheille ominainen ryhmäkäytös ja laivan liikkeitä jätetään myös huomiotta. (IMO 2007, liite 2, kohta 3.2.5.) Olettamuksien, rajallisten skenaariomäärien ja mallin puutteellisuuden vuoksi käytetään turvallisuuskerrointa 1,25 (IMO 2007, liite 2, kohta 3.2.5).

Tutkittavat tilanteet/skenaariot

Laajassa evakuointianalyysissä tulee käydä läpi vähintään neljä skenaariota. Skenaariot ovat pakotielaskelmasta tutut Case 1 ja Case 2 sekä yksinkertaistetussa evakuointianalyysissä käytetyt Case 3 ja 4. Laajan evakuointianalyysin yhteydessä ihmisten jakauma kuitenkin eroaa skenaarioiden Case 1 ja Case 2 osalta. (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 4.)

Yöskenaariossa Case 1 kaikki matkustajat ovat hyteissään ja maksimimäärä makuupaikkoja on käytössä. Kaksi kolmasosaa miehistön jäsenistä on hyteissään, yksi kuudesosa työpisteillään, yksi kahdestostaosa hätäasemilla ja yksi kahdestoistaosa kokoontumispaikoilla, joista he lähtevät evakuoinnin alkaessa kulkemaan kohti alueen kaukaisinta matkustajahyttiä. (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 4.1.)

Päiväskenaariossa Case 2 yleisten tilojen kapasiteetti on 75 prosenttisesti matkustajien käytössä. Yksi kolmasosa miehistöstä on hyteissään, yksi kolmasosa yleisissä tiloissa, yksi kuudesosa palvelutiloissa, yksi kahdestoistaosa hätäasemilla ja yksi kahdestoistaosa kokoontumispaikoilla, joista he lähtevät evakuoinnin alkaessa kulkemaan kohti alueen kaukaisinta matkustajahyttiä. (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 4.2.)

Kokonaisevakuointiaika

Evakuointiajan laskemiseen käytetään samoja kaavoja ja lähtöarvoja kuin yksinkertaistetunkin evakuointianalyysin tekemiseen, mutta hätätilatietoisuuden saavuttamiseen varattava aika jätetään laskusta pois (IMO 2007, liite 2, figure 3.5.3). Se huomioidaan matka-aikaa laskettaessa vaste-aikana, joka lasketaan yöskenaarioihin kaavalla(IMO 2007, liite 2, appendix, osa 3.2.2) :

$$y = \frac{1,01875}{\sqrt{2\pi} \cdot 0,84 (x-400)} \exp \left[-\frac{\ln(x-400)-3,95)^2}{2 \cdot 0,84^2} \right], \text{ jossa: } 400 < x < 700.$$

Päiväskenaarioihin Case 2 ja Case 4 kaava (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 3.2.2) on:

$$y = \frac{1,00808}{\sqrt{2\pi} \cdot 0,94 x} \exp \left[-\frac{\ln(x)-3,44)^2}{2 \cdot 0,94^2} \right], \text{ jossa: } 0 < x < 300.$$

Kaavoissa x on vasteaika sekunteina ja y tiheysfunktio vasteajalle x.

Matka-aika

Simuloitaessa evakuointitilannetta laajan evakuointianalyysin suorittamiseksi jokainen henkilö esitetään mallissa erillisenä tekijänä, jolle on määritetty erilaisia ominaisuuksia. Ominaisuudet vaihtelevat yksilöiden välillä. Perussäännöt yksilöiden päätöksentekoon ja liikkeisiin antaa ohjelman algoritmi. (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 1.) Simulaatiota varten tulee selvittää laskennan lähtöarvot, jotka on jaettu neljään ominaisuusluokkaan (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 2.1).

Simuloinnin ominaisuusluokat ovat geometrical, population, environmental ja procedural, jotka on tässä työssä käännetty olemaan nimeltään geometriset tekijät, väestö, ympäristötekijät ja menettelytavat. Ympäristötekijöitä ja menettelytapoja ei huomioida analyysiä tehtäessä, koska niistä ei ole vielä tarpeeksi tilastotietoa saatavilla (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 3.5).

Geometrinen tekijöiden luokkaan kuuluvat pakoteiden sijoittelu ja käytettävyys sekä ihmisten jakaantuminen alukselle. Analyysissä käsiteltävät tilanteet Case 1, Case 2, Case 3 ja Case 4 kuuluvat siis tämän luokan alle. (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 3.1.)

Väestö-luokassa otetaan huomioon risteilyaluksella olevien henkilöiden ikä, sukupuoli, fyysiset ominaisuudet ja hätäsignaaliin reagoimisaika (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 3.2.1). Sukupuolen ja iän määrittämät kävelynopeuden minimi- ja maksimit tasaisella ja portaissa löytyvät oheisista taulukoista.

Taulukko 4. Henkilöiden kävelynopeudet tasaisella alustalla (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 3.2.3).

Table 3.4 – Walking speed on flat terrain (e.g., corridors)

Population groups – passengers	Walking speed on flat terrain (e.g., corridors)	
	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)
Females younger than 30 years	0.93	1.55
Females 30-50 years old	0.71	1.19
Females older than 50 years	0.56	0.94
Females older than 50, mobility impaired (1)	0.43	0.71
Females older than 50, mobility impaired (2)	0.37	0.61
Males younger than 30 years	1.11	1.85
Males 30-50 years old	0.97	1.62
Males older than 50 years	0.84	1.4
Males older than 50, mobility impaired (1)	0.64	1.06
Males older than 50, mobility impaired (2)	0.55	0.91
Population groups – crew	Walking speed on flat terrain (e.g., corridors)	
	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)
Crew females	0.93	1.55
Crew males	1.11	1.85

Taulukko 5. Henkilöiden kävelynopeudet portaikoissa (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 3.2.4).

Table 3.5 – Walking speed on stairs

Population groups – passengers	Walking speed on stairs (m/s)			
	Stairs down		Stairs up	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Females younger than 30 years	0.56	0.94	0.47	0.79
Females 30-50 years old	0.49	0.81	0.44	0.74
Females older than 50 years	0.45	0.75	0.37	0.61
Females older than 50, mobility impaired (1)	0.34	0.56	0.28	0.46
Females older than 50, mobility impaired (2)	0.29	0.49	0.23	0.39
Males younger than 30 years	0.76	1.26	0.5	0.84
Males 30-50 years old	0.64	1.07	0.47	0.79
Males older than 50 years	0.5	0.84	0.38	0.64
Males older than 50, mobility impaired (1)	0.38	0.64	0.29	0.49
Males older than 50, mobility impaired (2)	0.33	0.55	0.25	0.41
Population groups – Crew	Walking speed on stairs (m/s)			
	Stairs down		Stairs up	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Crew females	0.56	0.94	0.47	0.79
Crew males	0.76	1.26	0.5	0.84

Matka-ajan määrittämiseksi simuloinnit tulee suorittaa 50 kertaa jokaiselle tilanteista Case 1, Case 2, Case 3 ja Case 4. Simuloinneissa tulee käyttää vähintään kymmentä eri väestöjakaumaa, ja jokaisella väestöllä toistaa simulaatio vähintään viisi kertaa. Ellei näiden viiden toiston tuloksissa ole merkittävää eroa, analysoitavien väestöjen määrää tulee nostaa 50:een. Saaduista matka-ajan arvoista valitaan se, joka ylittää 95 prosenttia mitatuista arvoista. (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 5.)

Ruuhkapisteiden tunnistaminen

Laajan evakuointianalyysin dokumentoinnista on käytävä ilmi evakuointitilanteessa syntyvät ruuhkat (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 6.3.1). Jos ihmistiheys on neljä henkilöä neliometriä kohden yli kymmen prosenttia kokonaisajasta, ruuhkaumaa pidetään merkittävänä (IMO 2007, liite 2, osa 3.7).

2.4 Laivojen suunnitteluun tulevat muutokset

Sääntömuutoksen myötä vaadittuun luokitusmateriaaliin kuuluu pakotielaskelman lisäksi evakuointianalyysi. Pakotielaskelmassa tutkitaan evakuointireittien leveyden riittävyys eli keskitytään laivan geometriaan ja ihmismääriin. Pakotielaskelma ei kuitenkaan kerro, kauanko evakuointi kestää. Ajan laskemiseksi on suoritettava evakuointianalyysi.

Yhteenvedona käsitellyistä säädöksistä voidaan todeta, että evakuointianalyysin tuloksia ovat ruuhkaumakohtien sijainti ja kokonaisevakuointiaika. Yksinkertaistetussa evakuointianalyysissä matka-aika kokoontumispaikoille lasketaan virtausarvoilla, jotka kuvaavat ihmisvirran kulkua portaikoissa ja käytävillä. Tulos saadaan taulukkolaskennan avulla, jossa jokaiselle pakotien osalle määritellään oma kestonsa. Laaja evakuointianalyysi tehdään tietokoneavusteisesti, jolloin ohjelmiston algoritmi laskee matka-ajan sille syötettyjen lähtöarvojen avulla. Ruuhkaumat määrittyvät alueille laskettujen ihmistiheyksien perusteella.

Evakuointianalyysin suorittaminen käsin on työlästä ja tarkkuutta vaativaa työtä, joka täytyy tehdä uudestaan, jos laivan yleisjärjestely muuttuu. Tietokoneavusteinen laskenta on helpompi suorittaa uudestaan vain tarvittavia lähtöarvoja muuttamalla. Simulointeja voi myös toistaa useita kertoja peräkkäin. Tästä syystä tietokoneavusteinen laskenta tulee varmasti yleistymään, ja se tuo mukanaan mahdollisuuden erikoisratkaisujen kokeiluun laivojen suunnittelussa.

3 ESIMERKKIKONSEPTI

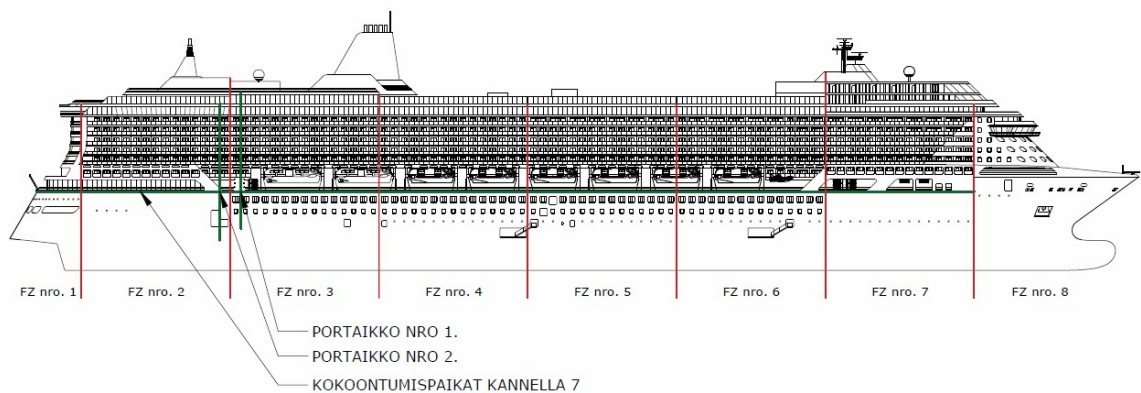
3.1 Esimerkkikonseptissa tehdyt rajaukset

Säädöksiä (ks. luku 2) käydään läpi esimerkkikonseptin avulla. Esimerkkikonseptina käytetään 135'000 GT risteilylaivaa, jonka peräosan kolmeen ensimmäiseen palovyöhykkeeseen tutkimus rajataan. Laskenta ja simulointi suoritetaan päivätilannetta kuvaavassa Case 2 -skenaariossa. Konsepti tehdään IMO:n säännösten mukaisesti yrityksen uuden palvelukonseptin toimivuuden ja mahdollisuuksien selvittämiseksi.

Esimerkkikonseptissa tehdään pakotielaskelma sekä laaja ja yksinkertaistettu evakuointianalyysi. Pakotielaskelma ja yksinkertaistettu evakuointianalyysi tehdään taulukkolaskentana ja laaja evakuointianalyysi AENEAS-simulointiohjelmalla. Laskelmat on esitetty työn liitteinä.

3.2 Pakotielaskelma

Pakotielaskelman suorittaminen on ollut jo ennen sääntömuutosta pakollista kaikille risteilyaluksille. Pakotielaskelma suoritetaan tässä esimerkissä pääpalosastojen kaksi ja kolme portaikoille (kuva 2). Esimerkissä käsitellään vain päiväskenaario näille kahdelle portaikolle.



Kuva 2. Pakotielaskelmassa käsiteltävät portaikot

Laskenta aloitetaan taulukoimalla jokaiselle portaikolle lähtöarvot. Lähtöarvoja ovat porrastasanteiden alat, kansien ihmismäärät päivällä sekä portaikoiden leveydet. Jokaiselle porrastasanteelle lasketaan ihmismäärä, joka voi odottaa tasanteella väliaikaisesti portaisiin pääsyä. Suoraan portaikkoon etenevien ihmisten lukumäärällä selvitetään portaikon leveyden riittävyys. Portaikoiden leveysien summa kannella seitsemän määrää portaikoilta kokoontumispaikoille johtavien ovien minimileveyden.

Taulukko 6. Portaikolle nro 1. suoritettu pakotielaskelma kannella 6

KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
6	Z			260	
	P			65	25,00 %
	N			195	
	LA			82,0	N1 195
	LAr				N2 156
	LCA			65,0	N3 16
	LCAr				N4 4
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3600 (3600)	OK

Esimerkkinä laskennasta voidaan käyttää pakotielaskelmataulukon osaa, jossa todennetaan kannen 6 portaikon riittävyys. Ensimmäisellä rivillä on kannelta evakuoitavien ihmisten kokonaismäärä Z. Toiselle riville on laskettu porrastasanteella portaisiin pääsyä odottavien ihmisten maksimimäärä, kun yhdellä neliometrillä voi seistä 3 henkilöä ja maksimissaan 25 % kannen kokonaisihmismäärästä voi jäädä odottamaan vuoroaan tasanteelle. Kokonaishenkilömäärästä vähennetään vuoroaan odottavien määrä ja saadaan taulukon kolmannelle riville laskettu N, suoraan portaikkoon etenevien ihmisten lukumäärä.

Taulukkoon merkityt suureet LA, LAr, LCA ja LCAr viittaavat porrastasanteiden pinta-aloihin. LA on tasanteen kokonaispinta-ala ja LAr vaadittu tasanteen kokonaispinta-ala. LCA tarkoittaa porrastasanteen vapaata pinta-alaa, eli kokonaispinta-alaa, josta on vähennetty ovien avaamisen ja ihmisvirran viemä pinta-ala. LCAr on vaaditun vapaan pinta-alan suure. LA- ja LCA-arvot ovat

lähtöarvoja, jotka on mitattu laivan piirustuksista. LCA-arvoa käytetään porrastasanteella odottavien henkilöiden P laskentaan. Porrastasanteella voraan odorravien henkilöiden suurin mahdollinen määrä lasketaan kaavalla(IMO 2001, luku 13, osa 2.1.2.2.1) :

$$P = LCA * 3,0 \text{ henki öä}/m^2, \text{ kun } P_{MAX} = 0,25Z .$$

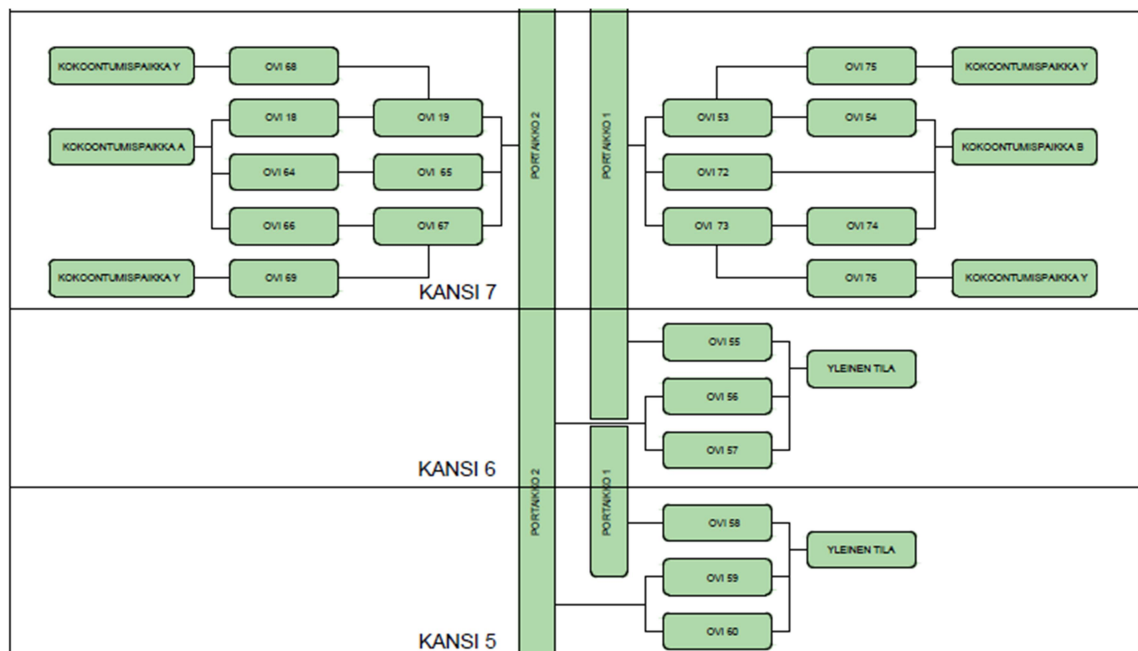
Kannella 6 portaikon riittävyteen vaikuttavat myös sen alapuolisilta kansilta sille siirtyvät ihmismäärät. Ne otetaan huomioon esimerkkitaulukon oikeassa reunassa suureiden N_1 , N_2 , N_3 ja N_4 avulla. Kuudennen ja sen alapuolisten kansien ihmismäärät järjestetään suuruusjärjestykseen ja neljä suurinta nimetään niin, että N_1 on suurin ihmismäärä ja N_4 neljänneksi suurin. Kansien vertikaalisella järjestyksellä ei ole väliä. Vaadittava porrastleveys W saadaan näiden ihmismäärien perusteella niin, että ihmismäärät N_1 ja N_2 lasketaan yhteen 0,5-kertaisen $N_3:n$ ja 0,25-kertaisen $N_4:n$ kanssa ja summa kerrotaan kymmenellä millimetrillä. Pienin mahdollinen leveys portaikoille lasketaan kaavalla(IMO 2001, luku 13, osa 2.1.2.2.1) :

$$W = (N_1 + N_2 + 0,5 * N_3 + 0,25 * N_4) * 10 \text{ mm} .$$

Esimerkkikohdassa kannella 6 vaadittu ja nykyinen porrastleveys ovat yhtä suuret, ja vastaavia tuloksia esiintyi kaikilla kansilla. Pakotielaskelmasta voidaankin huomioida, että ovet ja portaat ovat mitoitettu hyvin tarkasti esimerkin risteilylaivalla, kun vaadittavat ja nykyiset porrastus- ja ovileveydet ovat niin lähellä toisiaan. Laskelman tekeminen vie melko vähän aikaa, joten sen voisi hyvin sisällyttää kehitettävään palvelupakettiin simulaation ohelle.

3.3 Evakuointianalyysi

Evakuointianalyysin tekeminen aloitettiin laatimalla virtausverkosto tutkittavista alueista, jotka esimerkkilaskennassa rajattiin laivan kolmeen perimmäiseen palo-osastoon ja niille sijoittuviin portaikoihin 1. ja 2. (ks. kuva 2. s. 26). Virtausverkostoa on havainnollistettu esittelemällä osa sitä alla, ja se on kokonaisuudessaan löydettävissä tämän työn Liite-osiosta. Kaikki verkoston osat numeroitiin ja listattiin taulukkoon lähtöarvoineen. Laskennassa käytettyjä lähtöarvoja ovat alueiden ihmismäärät N , käytävien, ovien ja portaiden esteiltä vapaat leveydet W_c sekä käytävien ja portaiden pinta-alat A ja pituudet L .



Kuva 3. Kannot 5, 6 ja 7 yksinkertaistettuna virtausverkostoksi

Laskenta aloitetaan henkilötiheyden D selvittämisellä. Se lasketaan jakamalla ihmismäärä N kyseisen evakuointireitin osan pinta-alalla A . Henkilötiheyttä tarvitaan henkilöiden ominaisvirtauksen F_s ja nopeuden S selvittämiseen. Arvot saadaan lineaarisesti interpoloimalla IMO:n kiertokirjeessä 1238 esitetystä taulukosta 1.1, jossa henkilöiden ominaisvirtaus ja nopeus on esitetty henkilötiheyden funktiona. Kyseinen taulukko on esitetty tässä työssä evakuointianalyysiä käsittelevässä luvussa 2.2.1.4. Matka-aika.

Henkilöitiheyden D laskentakaava (IMO 2007, ANNEX 1/APPENDIX 1/1.2) on:

$$D = \frac{N}{A}$$

Lineaarisen interpoloinnin kaava (Wikipedia 2016) on:

$$f = f_0 + \frac{(t-t_0)}{(t_1-t_0)} * (f_1 - f_0) .$$

F_s -arvon avulla lasketaan henkilöiden laskennallinen virtaus F_c , joka on vapaan leveyden W_c ja henkilöiden ominaisvirtauksen F_s tulo. Sen kaava (IMO 2007, ANNEX 1/APPENDIX 1/1.5) on:

$$F_c = F_s * W_c .$$

Evakuointireitin osa	Henkilömäärä	Henkilöiden ominais- ja laskennallinen virtaus					Nopeus	Ruuhkaa	Alueelle	Osien matka-ajat			summa	t_i	minuutteina
	N	F_s in	F_s max	F_S	F_c	S			tF	t_{stair}	$t_{assembly}$	t_i	T		
Kansi 7 ovi 68	76	1,3	1,3	1,3	1,95			Y	38,974359		124,4444				
Kansi 7 ovi 18	150	1,3	1,3	1,3	2,366			A	63,39814		148,8682				
Kansi 7 ovi 64	439	1,3	1,3	1,3	4,407			A	99,61425		205,1431				
Kansi 7 ovi 66	151	1,3	1,3	1,3	2,366			A	63,820795		149,2909				
Kansi 7 ovi 69	76	1,3	1,3	1,3	1,963			Y	38,716251		85,47009				
Kansi 7 ovi 19	300	1,3	1,3	1,3	3,51				85,470085						
Kansi 7 ovi 65	439	1,3	1,3	1,3	4,16				105,52885						
Kansi 7 ovi 67	300	1,3	1,3	1,3	3,51				85,470085						
Kansi 7 ovi 53	212	1,3	1,3	1,3	2,34				90,598291						
Kansi 7 ovi 72	500	1,3	1,3	1,3	4,68				106,83761		106,8376				
Kansi 7 ovi 73	212	1,3	1,3	1,3	2,34				90,598291						
Kansi 7 ovi 75	37	1,3	1,3	1,3	1,95			Y	18,974359		109,5726				
Kansi 7 ovi 54	67	1,3	1,3	1,3	2,106			B	31,813865		122,4122				
Kansi 7 ovi 74	37	1,3	1,3	1,3	2,106			B	17,568851		108,1671				
Kansi 7 ovi 76	37	1,3	1,3	1,3	1,95			Y	18,974359		109,5726				
Kansi 7 portaikko 1	467	0,88	0,88	0,88	3,168	0,44			147,41162	20,73941		495,9947	1140,8	19,01313103	
Kansi 7 portaikko 2	631	1,2222222	0,88	0,88	3,168	0,44			199,17929	18,50208		576,3049	1325,5	22,09168897	
Kansi 6 ovi 55	260	1,3	1,3	1,3	3,224				80,645161						
Kansi 6 ovi 56	121	1,3	1,3	1,3	1,573				76,923077						
Kansi 6 ovi 57	121	1,3	1,3	1,3	1,573				76,923077						
Kansi 6 portaikko 1	260	1,694	0,88	0,88	3,168	0,44	kyllä		82,070707	20,45945					
Kansi 6 portaikko 2	242	1,263	0,88	0,88	4,4	0,44	kyllä		55	18,1682					
Kansi 5 ovi 58	207	1,3	1,3	1,3	2,873				72,050122						
Kansi 5 ovi 59	195	1,3	1,3	1,3	2,535				76,923077						
Kansi 5 ovi 60	194	1,3	1,3	1,3	2,522				76,923077						
Kansi 5 portaikko 1	207	0,798	0,88	0,798	2,873	0,506	ei		72,050122	17,23431					
Kansi 5 portaikko 2	389	1,405	0,88	0,88	3,168	0,44	kyllä		122,7904	17,37215					

Kuva 4. Evakuointianalyysin virtausarvojen laskenta kannella 5, 6 ja 7.

Kaikille virtausverkoston osille lasketaan erilliset virtausarvot, joista lasketaan evakuointireittien osien matka-ajat. Aikoja yhdistelemällä saadaan laskettua eri evakuointireiteille vertailukelpoiset matka-ajat. Matka-aikoja ovat t_{stair} , t_{deck} , $t_{assembly}$, t_F , t_I sekä T . Matka-ajoista t_{stair} on pisin portaiden matkaamiseen kuluva aika, t_{deck} pisin kannelta poistumiseen kuluva aika, $t_{assembly}$ pisin portaikolta kokoontumispaikan ovelle siirtymiseen kuluva aika, t_F yksittäisen evakuointireitin osan virtausaika ja t_I pisimpien edellä mainittujen matka-aikojen summa (IMO 2007, ANNEX 1/APPENDIX 1/2.2.11), eli:

$$t_I = t_F + t_{deck} + t_{stair} + t_{assembly} .$$

Matka-aikaa t_I merkitään kirjaimella T , kun se on kerrottu turvallisuuskertoimella γ ja vastavirtakertoimella δ . Turvallisuuskerroin on 2 skenaarioissa Case 1 ja Case 2. Case 3 ja Case 4 -tilanteissa turvallisuuskerroin on 1,3. Vastavirtakertoimena käytetään arvoa 0,3. (IMO 2007, ANNEX 1/APPENDIX 1/1.8.) Näin ollen esimerkkikonseptissa laskettavan matka-ajan t_I kerroin on 2,3. Kokonaismatka-ajan kaava (IMO 2007, ANNEX 1/APPENDIX 1/1.8) on siis:

$$T = (\gamma * \delta) t_I .$$

Suurin saatu T -arvo valitaan käytettäväksi koko laivan evakuoinnissa matka-aikana T , joka yhdessä reagointiajan A , pelastuslauttojen lastausajan E ja vesillelaskuajan L kanssa muodostaa aluksen kokonaisevakuointiajan. Kokonaisevakuointiaika lasketaan kaavalla (IMO 2007, liite 1, kohta 3.5.1) :

$$1.25 (A + T) + \frac{2}{3} (E + L) \leq n, \text{ kun } E + L \leq 30 \text{ min} .$$

EVAKUOINTIIN KULUVA AIKA		
1.25 (A+T) + 2/3 (E+L) ≤ n, kun E+L ≤ 30 min		
A	5 min	
T	22,09169 min	
2/3 (E+L)	20 min	
Kerroin	1,25	
Yhteensä	53,86461 min	
eli	53 min	52 s

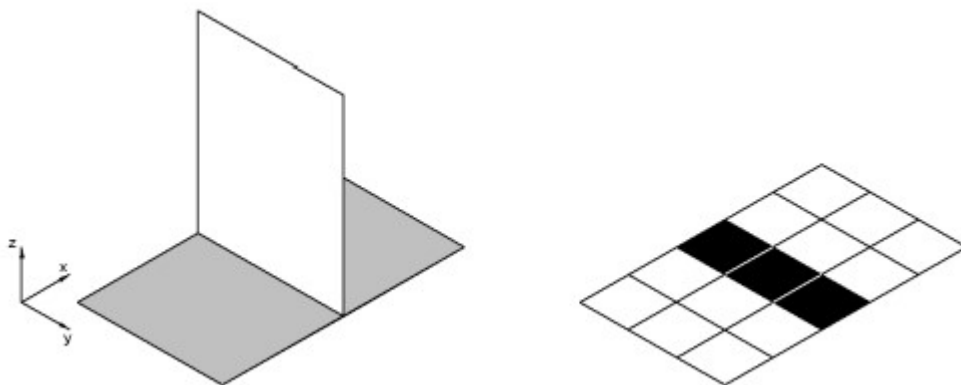
Kuva 5. Yksinkertaistetussa evakuointianalyysissä laskettu kokonaisevakuointiaika

Evakuointianalyysin toteuttaminen käsin taulukkolaskennan avulla on aikaa vievää, tarkkuutta vaativaa ja paikoin haastavaa. Vaiheen korvaaminen simuloinnilla tulee todennäköisesti helpottamaan aluksen turvallisuuden tutkimista jo aikaisessa suunnitteluvaiheessa ja mahdollistamaan vaihtoehtoisten ratkaisujenkin kokeilun, kun laajaa laskentaa ei tarvitse tehdä käsin.

3.4 Evakuointisimulointi

Evakuointisimulointi toteutetaan AENEAS-simulointiohjelmistolla, joka on suunniteltu simuloimaan evakuointitilanne evakuointianalyysissä käytetyn IMO:n Meriturvallisuuskomitean kiertokirjeen 1238 mukaisesti. Ohjelmiston ovat yhteistyössä kehittäneet TraffGo-HT ja DNV GL. (TraffGo HT, 2016.)

AENEAS-ohjelmiston toiminta perustuu soluautomaattiin (cellular automaton) (TraffGo HT GmbH 2013, 3-1). Soluautomaatissa simuloitavan aluksen geometria siirretään ruudukkoon, jossa yhden ruudun pinta-ala on 0,16 neliömetriä. Kyseinen ala on sama, jonka yksi simuloitava henkilö varaa käyttöönsä simuloinnin aikana. (Meyer-König ym., 2001, 299.) Myös seinät ja huonekalut varaavat käyttöönsä ristikon soluja, joihin henkilöt eivät voi siirtyä aluksessa kulkiessaan (TraffGo HT GmbH 2013, 3-3).



Kuva 6. Esimerkki geometriasta 3D-mallina (vas.) ja soluautomaattimallina (oik.) (TraffGo HT GmbH 2013, 3-3).

AENEAS-ohjelmistoon kuuluu kolme erillistä ohjelmaa: AENEASed, AENEASsim ja AENEASview. AENEASed-ohjelma on tarkoitettu simuloitavan kannen 2D-kuvan editointiin, AENEASsim simulointiin ja AENEASview simulointitulosten 3D-katseluun. (TraffGo HT GmbH 2013, 2-1–2-3.)

3.4.1 Esimerkkikonseptin mallinnus simulointia varten

Ennen kuin evakuointilannetta voidaan simuloida, aluksen piirustukset tulee muokata sellaiseen muotoon, jota simulointiohjelmisto voi lukea. Alukselle on myös sijoitettava evakuoitavia ihmisiä ja merkittävä pelastautumiseen käytettävät ovet ja portaikot.

Geometrian mallinnus

AutoCad-ohjelmalla suunniteltu laiva voidaan tuoda AENEASed-ohjelmaan tallentamalla se DXF-muotoon. Ennen tätä laivan piirustuksia kannattaa kuitenkin muokata AutoCadissä, koska AENEASed on hidaskäyttöisempi editointiohjelma vähäisen työkalumääränsä vuoksi. Editointiohjelman tarjoamat geometrian muokkaustyökalut rajoittuvat viivan piirtämiseen, siirtämiseen, poistamiseen, katkaisemiseen ja sen värin vaihtoon. Edes peruuta-käskyä editorissa ei ole, joten AutoCadillä suurten kokonaisuuksien, kuten risteilijöiden piirustusten, muokkaus simulointia varten käy huomattavasti nopeammin.

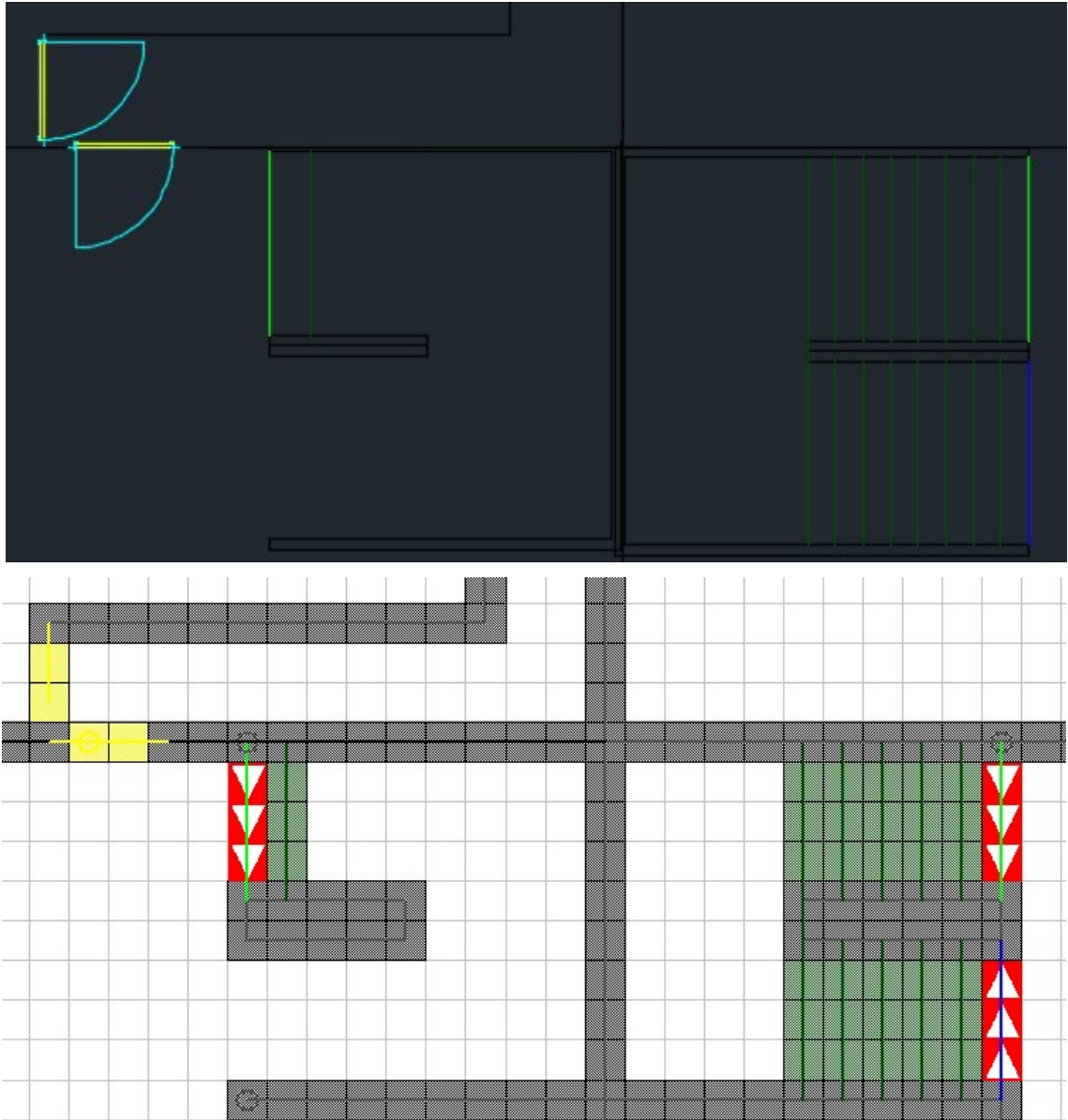
Esimerkkikonseptin kuvien valmisteleminen simulointia varten aloitettiin poistamalla kuvista kaikki tarpeeton. Esimerkiksi kansien mittatikkujen numerot saattavat muuttua editointiohjelmassa alueiden ihmismääriksi, joten ne kannattaa poistaa etukäteen. Esimerkkikonsepti on rajattu risteilijän peräosaan, joten keski- ja keulaosa poistettiin simuloitavista kuvista.

Kun ylimääräinen materiaali on piirustuksesta poistettu, kuva muokataan sellaiseen muotoon, jota AENEASsim-simulointiohjelmisto pystyy lukemaan. Tämä tehdään värikoodauksen avulla. Kuvan seinät, ovet, portaikot, teksti, kokoontumispaikat ja huonekalut tarvitsevat jokainen oman värinsä. Muuttamalla kaikki kuvan ovet keltaisiksi ja asettamalla editointiohjelman värikoodi-ikkunassa keltaisen tarkoittamaan ovea, simulointiohjelmisto ymmärtää, että keltainen viiva kuvassa tarkoittaa ovea. Esimerkkikonseptissa kaikki kuvan elementit muutettiin vastaamaan niille valittuja värejä taulukon 4 mukaisesti.

Taulukko 7. Esimerkkikoseptissa käytetyt värikoodit

Värikoodit		
Elementti	AENEASed-elementti	Väri
seinä	wall	musta
huonekalu	wall	punainen
ovi	door	keltainen
portaikko	stair	tumman vihreä
alimmainen askelma	up	sininen
ylimmäinen askelma	down	vaalean vihreä
huomiotta jätettävät	ignore	turkoosi

Värikoodauksen lisäksi joitain elementtejä kuvissa tulee muokata vähän enemmänkin. Alkuperäisten ovien värejä muutettiin niin, että vain oviaukko jäi symboloimaan oven paikkaa keltaisena viivana, kun muut yksityiskohdat piilotettiin muuttamalla ne turkooseiksi. Portaikoihin lisättiin siniset ja vaalean vihreät viivat osoittamaan alimmaista ja ylimmäistä askelmaa. Portaikot mallinnettiin niiden yhdistämistä kansista alemmalle kokoisuudessaan ja ylemmälle vain kahden ylimmän askelman osalta. Kerroksia yhdistävät portaikot myös kohdistettiin niin, että ne olivat päällekkäin.



Kuva 7. Portaiden ja ovien värikoodaus AutoCad- (ylempi) ja AENEASed-ohjelmilla

Viimeinen AutoCadilla tehty valmisteluvaihe on kansi erottelu erillisiksi tiedostoiksi. Tämä tehdään niin, että jokainen kansi tallennetaan omaan kuvaansa ja kuvat muutetaan DXF-muotoon.

Reittien ja evakuoitavien ihmisten lisääminen malliin

Editointiohjelmassa työkalut on jaettu kolmeen ryhmään, jotka ovat geometria, reitit ja agentit. Koska geometria mallinnetaan valmiiksi AutoCadilla, AENEASed-ohjelmalla kuviin lisätään vain evakuointireitit ja agentit eli evakuoitavat henkilöt. Tätä varten AutoCadilla tehdyn valmistelun jälkeen kuvat tuodaan yksi kerrallaan AENEASed-editointiohjelmaan aloittaen alimmasta kannesta. Editointiohjelmaan määritellään valitut värikoodit ja tarkistetaan kuvista muodostunut geometria.

Esimerkkikonseptissa päädyttiin käyttämään kolmea pääevakuointireittiä, jotka nimettiin FZ1:ksi FZ2:ksi ja FZ3:ksi. Reittien nimet viittaavat palo-osastoihin, joilla reitit kulkevat. Evakuointireitit piirretään jatkuvina viivoina laivan eri osista kokoontumispaikoille saakka selkeyden vuoksi. Ohjelman toiminnan kannalta riittäisi myös, jos reitit merkittäisiin vain ovien ja portaiden kohdalle.

Kokoontumispaikat merkitään editointiohjelman Egress dialog-viivatyyppillä. Pääreittien lisäksi esimerkkikonseptissa käytetään kuutta jatkoreittiä, kun pääreitit haarautuivat kannella 7 sijaitseville kokoontumispaikoille. Jatkoreitit nimetään niiden sijainnin mukaan. Vaihtoehtoisten reittien määrittely on myös mahdollista AENEAS-ohjelmistolla, mutta esimerkkikonseptissa käsiteltiin evakuointianalyysistä tuttua Case 2-tilannetta, jossa evakuointi tapahtuu pääevakuointireittejä pitkin. Vaihtoehtoisia reittejä ei tässä tapauksessa siis tarvittu.

The screenshot shows a software window titled 'Routes' with a 'Details' tab. It contains a table of routes and two panels for alternatives and followups.

Routes:	Stay	Save	Agents	Elements	A	F
FZ 1	100	100	584	42	0	0
FZ 2	100	0	1156	118	0	3
FZ 2 kansi 7 alaovi	100	100	0	3	0	0
FZ 2 kansi 7 keskiövi	100	100	10	4	0	0
FZ 2 kansi 7 yläovi	100	100	0	3	0	0
FZ 3	100	0	982	100	0	3
FZ 3 kansi 7 alaovi	100	100	0	3	0	0
FZ 3 kansi 7 keskiövi	100	100	137	4	0	0
FZ 3 kansi 7 yläovi	100	100	0	3	0	0

Alternatives:	Probability	Route

Followups:	Probability	Route
	35	FZ 2 kansi 7 alaovi
	30	FZ 2 kansi 7 keskiövi
	35	FZ 2 kansi 7 yläovi

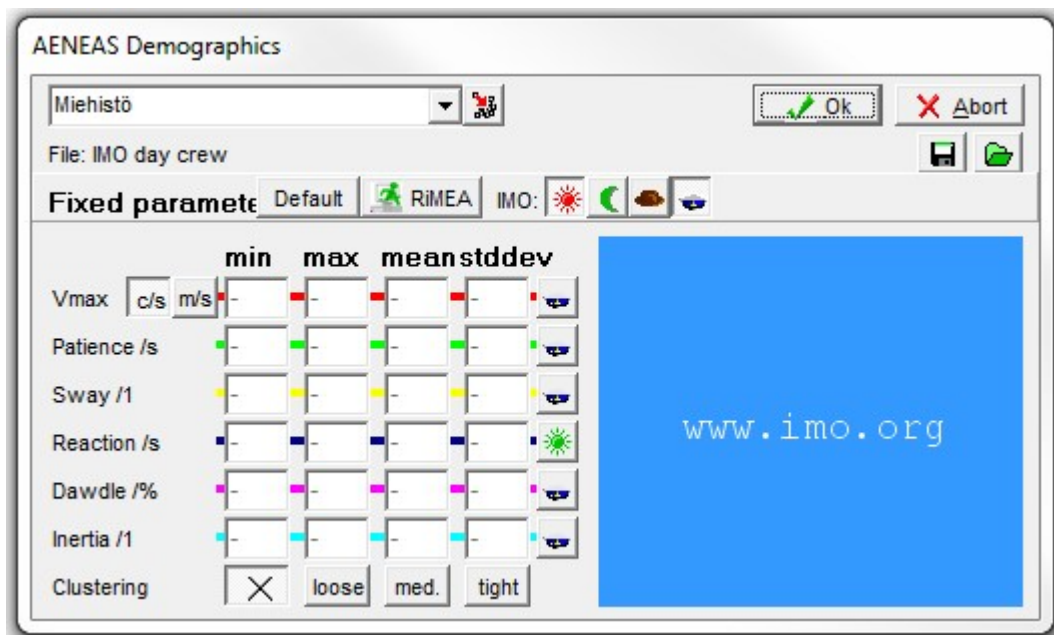
Kuva 8. Esimerkkikonseptissa käytetyt reitit

Viimeinen AENEASed-ohjelmalla suoritettava vaihe on evakuoitavien ihmisten (Agents) lisääminen laivaan. Ihmisiä sijoiteltiin laivaan vastaavasti kuin esimerkkikonseptissa lasketussa yksinkertaistetussa evakuointianalyysissä. Simuloitavan aluksen ihmiset jaettiin kahteen ryhmään: miehistöön ja matkustajiin. Henkilöitä lisättäessä valitaan ensin kohta, johon ihmiset halutaan. Valittaessa yksittäinen solu ihmiset jakaantuvat huoneeseen, jossa solu sijaitsee. Jos valitaan useampi solu, ihmiset jakautuvat näiden solujen alueelle. (TraffGo HT GmbH 2013, 4-15.) Henkilöiden lukumäärä, ryhmä ja evakuointireitti määritellään halutun sijainnin valitsemisen jälkeen.

3.4.2 Esimerkkikonseptin simulointi

Kuvien editoinnin jälkeen projekti ladattiin AENEASsim-simulointiohjelmistoon. Latauksen yhteydessä AENEASsim tarkistaa mallin toimivuuden, ja ilmoittaa virheellisten kohtien koordinaatit (TraffGo HT GmbH 2013, 4-7).

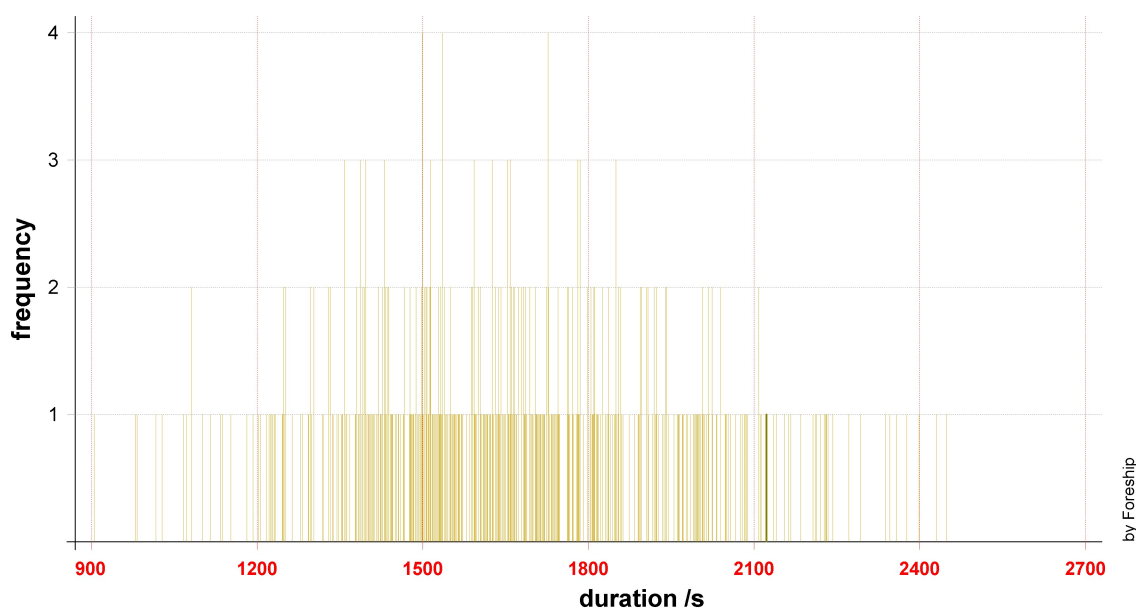
Simulointiohjelmassa ihmisryhmille määritellään ominaisuudet, joiden mukaan ne toimivat evakuointitilanteessa. AENEASed-ohjelmistossa on sisäänrakennettuna IMO:n Meriturvallisuuskomitean kiertokirjeessä 1238 määrittelemät käyttäytymismallit yö- ja päivätilanteissa sekä miehistölle että matkustajille. Käyttäjän ei siis tarvitse erikseen ohjelmoida kiertokirjeen määrittelemiä ihmisryhmiä, jotka on esitelty tämän työn laajaa evakuointianalyysiä käsittelevän luvun taulukoissa 4 ja 5 (ks. sivu 23).



Kuva 9. Evakuoitavien henkilöiden käyttäytymistä ohjaavat AENEASsim-ohjelmiston parametrit

Itse simulointiin AENEASsim-ohjelmassa on kolme vaihtoehtoa: Quick Demo, Mean Run ja Single run. Quick Demo -simuloinnilla voidaan testata simuloinnin toimivuutta ja tarkistaa, että kaikki toimii halutulla tavalla. Mean-simuloinnilla tuotetaan suuri määrä satunnaisista lähtökohdista aloitettuja evakuinteja ja saadaan kvantitatiivisia tuloksia. Esimerkkikonseptissa Mean-simulointeja tehtiin 500 kappaletta.

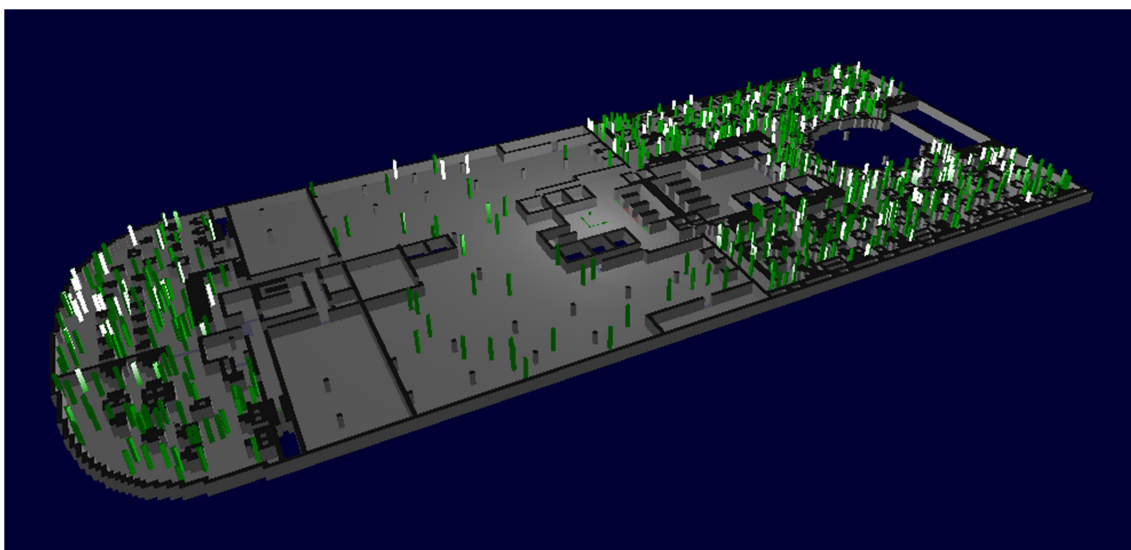
Mean Run -tuloksista valitaan yksi, josta tehdään Single run tarkempien, yksittäisestä evakuointitilanteesta kertovien tulosten saamiseksi (TraffGo HT GmbH 2013, 5-14). Tämä tulos valitaan IMO:n standardin mukaisesti niin, että se on tehdyistä simuloinneista se, joka ylittää 95 prosenttia mitatuista arvoista (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 5). Ohjelmisto laskee tämän valmiiksi ja piirtää sen vihreällä tuottamaansa tulosten kaavioon, jossa saatujen matka-aikojen toistuvuus ilmoitetaan niiden keston funktiona.



Kuva 10. Simulointitulosten jakauma ja matka-ajan määrittämiseen valittava arvo vihreällä

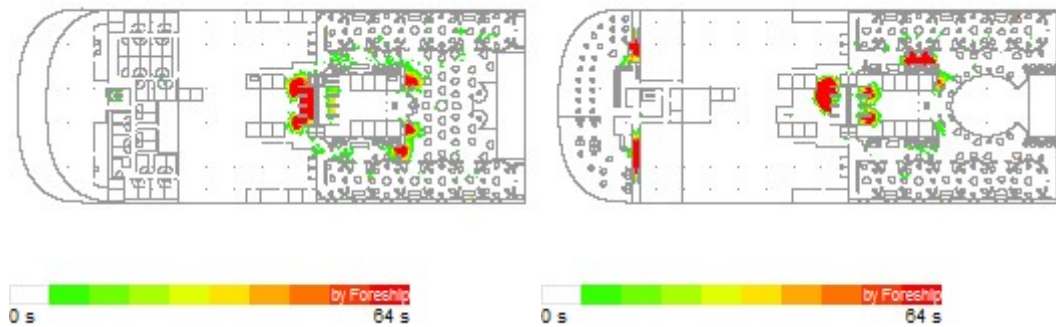
3.4.3 Esimerkkikonseptin simuloinnin tulokset

Projektin tuloksien tarkastelua varten AENEAS-ohjelmistopakettiin kuuluu AENEASview-ohjelma, jolla simuloinnin kulkua voidaan tutkia kolmiulotteisessa ympäristössä. AENEASview on ilmaisohjelma, jonka asiakas voi ladata tulosten katselua varten ilman, että omistaa simulointilisenssin. Evakuoitavat henkilöt näkyvät videolla vihreinä palkkeina, ja katselija voi valita tutkittavakseen yhden kannen kerrallaan. Katseluohjelmalla tutkittava tiedosto on *.dl-muotoinen ja se saadaan Single Run -simuloinnin tuloksena.



Kuva 11. Kolmiulotteinen näkymä simuloinnin lähtötilanteesta kannella 6

Muita simuloinnin tuloksia voidaan tutkia kuvankatseluohjelmilla ja taulukkolaskentaohjelmilla. Mean Run -simuloinnin tulokset kirjautuvat taulukkoon, josta voidaan tutkia esimerkiksi pelastuneiden henkilöiden määrää ajan funktiona kaikissa suoritetuissa simuloinneissa. Single Run -simulointi tuottaa kuvat jokaisen kannen ihmistiheyksistä, joista selviävät aluksen pahimmat ruuhkakohdat. Jos ihmistiheys on neljä henkilöä neliometriä kohden yli kymmenen prosenttia evakuoinnin kestosta, ruuhkauma pidetään merkittävänä (IMO 2007, liite 2, osa 3.7). Nämä kohdat näkyvät punaisella Single Run -simuloinnin tuottamissa kuvissa.



Kuva 12. Evakuoinnin ruuhkakohdat kannella 5 (vas.) ja kannella 6 (oik.)

Esimerkkikonseptin simuloinnin tuloksista säädösten vaatimat dokumentit ovat ruuhkaumien tunnistaminen ja matka-aika. Evakuoinnin ruuhkaumat käyvät ilmi ohjelmiston tuottamista kuvista, joihin ne on merkitty punaisella. Matka-aika on löydettävissä ohjelmiston tuottamasta taulukosta significant-nimellä. Esimerkkikonseptissa se oli 10 minuuttia ja 47 sekuntia, ja se sisältää hätätilatietoisuuden saavuttamiseen vaadittavan ajan A . Kokonaisevakuointiajaksi saadaan 33 minuuttia 29 sekuntia, kun matka-aika T kerrotaan turvallisuuskertoimella ja siihen lisätään evakuointilauttoihin siirtymiseen ja vesillelaskuun kuluva aika $E+L$. Kokonaisevakuointiaika lasketaan kaavalla(IMO 2007, liite 1, kohta 3.5.1) :

$$1.25 (A + T) + \frac{2}{3} (E + L) \leq n, \text{ kun } E + L \leq 30 \text{ min}$$

3.5 Esimerkkikonseptin yhteenveto ja tuloksien vertailu

Esimerkkikonsepti toteutettiin risteilijän kolmelle palo-osastolle päivätilanteessa, jossa kaikki evakuointireitit ovat käytettävissä. Konseptiin kuuluvat evakuoinnin toimivuutta testaavat laskelmat pakotielaskelma, yksinkertaistettu evakuointianalyysi sekä laaja evakuointianalyysi eli evakuointisimulointi. Pakotielaskelman tulos oli, että pakotiet ovat riittävän leveitä. Evakuointianalyysien tuloksena saatiin pakoteiden ruuhkakohdat ja aluksen kolmen ensimmäisen pääpalo-osaston kokonaisevakuointiaika. Analyysien välillä oli eroja sekä ruuhkakohdissa että evakuointiajoissa.

Simuloinnin kokonaisevakuointiajaksi saatu tulos on 19 minuuttia ja 23 sekuntia lyhyempi kuin evakuointianalyysissä laskettu aluksen kokonaisevakuointiaika, joka on 53 minuuttia 52 sekuntia. Poikkeavaa kestoa voidaan selittää ensinnäkin käytetyillä kertoimilla. Yksinkertaistetusta evakuointianalyysistä saatu matka-aika t_i kerrotaan turvallisuuskertoimella γ ja vastavirtakertoimella δ , joiden summa esimerkkikonseptissa käytetyssä Case 2 -skenaariossa on 2,3. Laajassa evakuointianalyysissä näitä kertoimia käytetään. Ennen kertoimia yksinkertaisen evakuointianalyysin matka-aika on 9 minuuttia ja 36 sekuntia, eli jopa yhden minuutin ja 11 sekuntia lyhyempi kuin simuloinnin matka-aika. Ilman kertoimia tulokset olisivat siis olleet hyvin samaa luokkaa.

Analyyseissä todetut ruuhkaumat sijoituivat osittain eri alueille. Simuloinnissa suuria ruuhkaumasia syntyi ravintoloiden sisälle ihmisten pyrkiessä kulkemaan kalusteiden välistä, eikä pelkästään oville ja portaikoihin, niin kuin yksinkertaisen evakuointianalyysin ennalta tehdyissä olettamuksissa on määritetty. Nämä ruuhkaumat jäivätkin yksinkertaisessa evakuointianalyysissä huomioimatta.

Soluautomaattiin perustuva simulointi ei välttämättä sovi laivojen ovien ja porrastelevyysien optimointiin, koska soluautomaatin pohjana olevaan ruudukkoon ei voida mallintaa kuin 0,4 metrillä jaollisia elementtejä. Laivoissa hyvin yleistä 900 millimetrin ovileveyttä ei voida siis käyttää, joten simuloidussa mallissa kulkuväylät ovat todellista kapeampia. Ohjelmisto on kuitenkin

sertifioitu laivojen evakuointianalyysin suorittamiseen IMO:n 1238-kiertokirjeen mukaisesti, joten sen puutteet voidaan hyväksyä ja ohjelmaa käyttää, kunnes laivojen erikoisvaatimukseen paremmin vastaava simulointiohjelma löytyy.

Säädösten tunteminen ja evakuointilaskelmien tekeminen on yrityksen asiantuntijuutta, jota myydään asiakkaalle palveluna. Tässä työssä tutkittujen IMO:n säädösten ja AENEAS-ohjelmiston avulla Foreshipin asiakkaille voidaankin alkaa myydä uutta palvelua. Palvelun sisältö selkenee tämän työn seuraavassa luvussa 4, jossa käsitellään kehitetyn palvelun jalostamista palvelukonseptiksi.

4 PALVELUKONSEPTI

4.1 Tuotteistaminen

Tämän työn evakuointisäädösten tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella, millaisen palvelupaketin alan asiantuntemuksesta voisi luoda yrityksen asiakkaille. Ajankohtaisen tutkimustyöstä teki vuoden 2015 helmikuussa voimaan astunut sääntömuutos, joka teki evakuointianalyysin tekemisestä pakollisen kaikille uusille risteilyaluksille. Yritys näki sääntömuutoksen mahdollisuutena, jonka synnyttämään asiakastarpeeseen haluttiin luoda tuotteistettu ratkaisu: uusi palvelukonsepti.

Tekesin teettämässä Palvelujen tuotteistamisesta kilpailuetua -oppaassa tuotteistaminen tarkoittaa palvelun sisäisten ja ulkoisten prosessien määrittelyä, systematisoimista, konkretisointia ja vakiointia (Jaakkola ym. 2009, 5). Jari Parantaisen Tuotteistaminen-kirjassa tuotteistaminen taas määritellään jalostusprosessiksi, jonka tuloksena asiantuntemuksesta saadaan myyntimarkkinointi- ja toimituskelpoinen tuote (Parantainen, 2007, 11). Tuotteistamisen määritelmä kuvastaakin sen avulla haettavia tavoitteita, joten tuotteistamisprosessi kannattaa aloittaa määrittelemällä, mitä tuotteistaminen omalle yritykselle merkitsee.

Tuotteistaminen voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen tuotteistamiseen, joista ulkoinen viittaa asiakkaille näkyvään puoleen ja sisäinen vain yrityksen sisäisissä toimintavoissa esille tulevaan osuuteen. Palvelua tuotteistettaessa etsitään tapauskohtaisesti sopiva tuotteistamisen aste, eli tasapaino vakioinnin ja räätälöinnin välille. (Tuominen ym. 2015, 5.) Tuotteistaminen voidaan siis esimerkiksi rajata vain yrityksen sisäisiin prosesseihin tai vain osaan niistä yrityksen asiakkaiden tarpeiden mukaan. Tuotteistettua palvelua voidaan kutsua myös palveluinnovaatioksi (Jaakkola, 2009, 1).

Tuotteistamisprosessissa palvelusta luodaan tuote, joten sen toteuttamisessa käytetään tuotekehitysmalleja niin kuin muidenkin tuotteiden suunnittelussa. Kuitenkaan perinteinen teollisen tuotannon käyttämä vaiheittainen tuotekehitysmalli ei välttämättä ole toimivin vaihtoehto palveluiden tuotteistamiseen (Jaakkola ym. 2009, 5). Tuotteistamisprojektin tuotekehitysmalliksi voidaan valita esimerkiksi iteratiivinen tuotteistamisprosessimalli tai ohjelmistokehittäjien suunnittelema ketterä tuotekehitysmenetelmä.

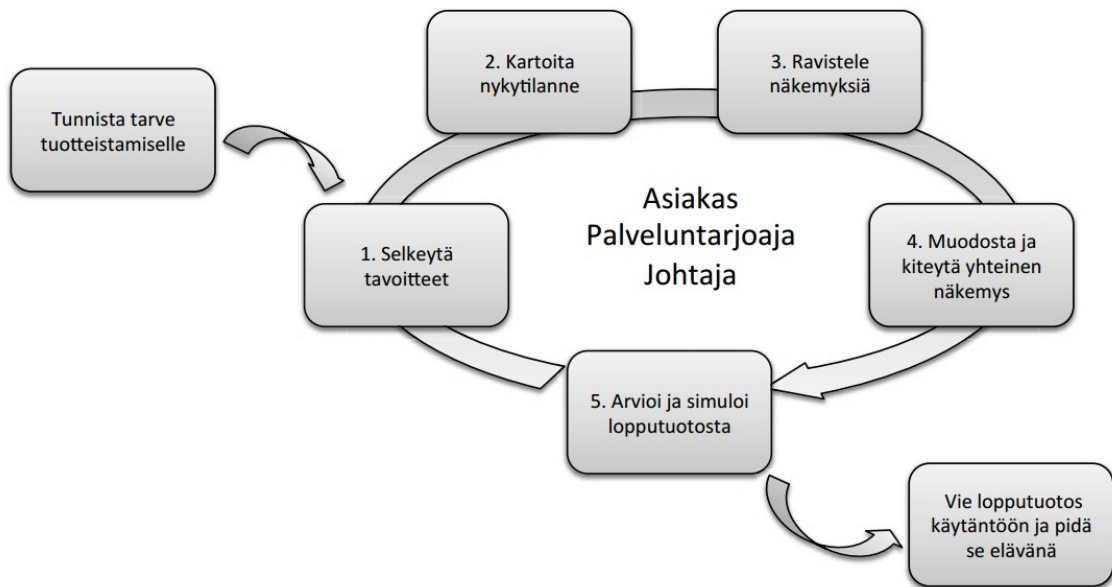
Parantainen (2007, 133) on soveltanut ketterää kehittämistä palveluiden tuotteistamiseen luomalla Hittipalvelun ketterän kehittämisen mallin. Malli koostuu kahdesta päävaiheesta, jotka ovat lupaus- ja lunastamisvaihe. Lupausvaiheessa valitaan asiakas ja asiakkaan ongelma, johon sitten ehdotetaan hyvää ratkaisua. Ratkaisu muotoillaan lupaukseksi. Lupausvaiheessa kartoitetaan myös kilpailutilanne, palvelun hyödyt, hinnoittelu ja toimitussisältö. (Parantainen, 2007, 125.) Tehty lupaus lunastetaan, jos asiakkaat kiinnostuvat siitä. Lunastusvaiheessa suunnitellaan palvelulle käsikirjoitus, vaatimusmäärittely ja työohjeitus, julkaistaan se ja tuotetaan erilaisia tarvittavia dokumentteja, kuten raporttimalleja, palveluesitteitä ja ostajan oppaita. (Parantainen, 2007, 196.)

Iteratiivisessa tuotteistamisprosessissa tuotteistaminen toteutetaan vaiheittain ja prosessi sekä tuote pidetään joustavina. Palvelun sisällöstä tuotteistetaan osa kerrallaan, ja kokonaisuus on jatkuvasti kehittyvä. (Tuominen ym. 2015, 11.) Palvelun sisältö voidaan jakaa vaiheisiin esimerkiksi niin, että tuotteistetaan erillisinä osina palvelutarjooma, palvelun sisältö ja toteutus, viestintä, hinnoittelu ja seuranta (Jaakkola ym. 2009, 6).



Kuva 13. Palveluliiketoiminnan kehittäminen tuotteistamisen avulla (Jaakkola ym. 2009, 6).

Iteratiivisessa tuotteistamisprosessissa voidaan hyödyntää myös osallistavan tuotteistamisen ja työskentelyn sykliä, joka on viisivaiheinen. Tuotteistaminen aloitetaan selvittämällä asiakastarve ja yhteiset tuotteistamisen tavoitteet. Tämän jälkeen kerätään ja analysoidaan tietoa, jonka avulla saadaan kartoitettua nykytilanne. Kolmannessa vaiheessa rivistellaan näkemyksiä, niin että yritetään tutkia kehitettävää palvelua mahdollisimman monista eri näkökulmista. Eri näkökulmien perusteella palvelusta luodaan kaikille osallistujille yhteinen näkemys. Viimeisessä tuotekehitysvaiheessa palveluinnovaatiota arvioidaan ja pohditaan sen jatkokehitystarpeita. (Tuominen ym. 2015, 12-13.)



Kuva 14. Osallistavan tuotteistamisen ja työskentelyn sykli (Tuominen ym. 2015, 12).

Palvelun tuotteistamista suunniteltaessa yrityksen on siis ensin syytä määritellä, mitä tuotteistaminen sille merkitsee ja millaista tuotteistamisen astetta se palvelulleen tavoittelee. Ennen prosessin aloittamista on myös valittava tuotekehitysmalli, jonka mukaan työn tulisi edetä.

4.2 Evakuointisimulointipalvelun tuotteistaminen

Kun evakuointisimulointipalvelun tuotteistaminen Foreship-yrityksen uudeksi palveluinnovaatioksi aloitettiin, määriteltiin tuotteistaminen niin, että se on määrittelyä, vakioimista ja konkretisoimista. Tuotteistamisen painopiste päätettiin aluksi pitää ulkoisissa toimintatavoissa.

Tuotekehitysprosessin malliksi valittiin iteratiivinen tuotekehitysmalli. Osallistava tuotekehitysprosessi työssä ei tullut kyseeseen, koska tuotteistamista on tekemässä vain yksi henkilö, mutta sitä voidaan hyödyntää mahdollisissa jatkokehitysprojeekteissa. Tuotteistamisprosessin kulku vastaa kuvassa 13. (ks. sivu 46) esitettyä mallia palveluliiketoiminnan kehittämiseksi tuotteistamisen avulla. Palvelun hinnoittelua ei tässä työssä käsitellä kilpailullisista syistä.

4.2.1 Määrittely

Yrityksen asiakkaille on syntynyt uusi tarve evakuointianalyysin muuttuessa pakolliseksi vaiheeksi uusien risteilijöiden suunnittelussa. Vaaditun luokitusmateriaalin tuottaminen on uuden tuotteen ydinpalvelu, jonka ympärille lisä- ja tukipalvelut rakennetaan. Tuotteistamisen tavoitteena on saada asiakas valitsemaan juuri Foreship-yrityksen tuottama palvelu.

Ydinpalvelu sisältää sekä konkreettisia että aineettomia osia (Jaakkola ym. 2009, 13, Kuva 7). Simulointipalvelun konkreettiset tulokset ovat luokituslaitoksen vaatimat dokumentit sekä kolmi- ja kaksiulotteinen video henkilöiden oletetusta liikkumisesta aluksella evakuointitilanteessa. Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO 2007, liite 2, appendix, osa 6) mukaan laskennan dokumentoinnissa on esitettävä tehdyt ennako-oletukset, simuloinnin algoritmi, laskujen yksityiskohdat, kokonaisevakuointiaika sekä tunnistetut ruuhkapisteet. Palvelun aineettomana tuloksena voidaan pitää tarkkaa tietoutta konseptin geometrian ongelmakohtista.

Foreship ei ole ainut yritys, joka on huomannut markkinoille syntyneen asiakastarpeen. Esimerkiksi TraffGo HT myy sekä simulointiin tarvittavaa ohjelmistoa että simulointipalveluita. TraffGo HT:n palvelu on kevyesti tuotteistettu, ja siinä lisäpalveluna tarjotaan käsinlaskettua analyysiä henkilöiden virtauksesta aluksella. Hinnoittelu on tuntiperusteinen ja siitä on tehty kaikkien kiinnostuneiden saataville tarkistuslista, josta käy ilmi myös asiakkaalta palvelun suorittamiseksi vaadittavat toimet. (TraffGo-Ht, 2016.)

Jotta asiakas valitsisi juuri Foreship-yrityksen tuottamaan evakuointilaskelmansa, palvelupakettiin tarvitaan ydinpalvelun ohelle lisäarvoa asiakkaalle tuottavia lisäpalveluita. Näitä voi esimerkiksi olla yksittäisten tilojen poistumisteiden tutkiminen varhaisessa suunnittelun vaiheessa, pakotielaskelma tai evakuoinnin kulusta kertova videomateriaali miehistön kouluttamiseen.

Esimerkiksi teatterinäytöksen päättyessä katsojat pyrkivät kaikki poistumaan samanaikaisesti teatterista, eikä kenestäkään ole mukava jonottaa. Simuloinnilla voidaan tutkia, kuinka sujuvasti poistuminen tapahtuu, missä ovat ruuhkakohdat ja kuinka kauan salin tyhjentyminen kestää. Jos simulointi tehdään suunnittelun varhaisessa vaiheessa, sujuvuutta voidaan parantaa muokkaamalla poistumisteitä. Lyhyempi jonotusaika lisää taatusti asiakastytyvyyttä. Tämä tekee erillisten tilojen pakoteiden tutkimisen varustamolle arvokkaaksi lisäpalveluksi.

Palvelun tuottamiseen tarvittavat tukipalvelut on myös määriteltävä palveluinnovaatiota kehitettäessä, jotta voidaan selvittää palveluprosessin kulku ja sen vaatimat resurssit. Tukipalvelut ovat ydinpalvelun mahdollistavia yrityksen toimintoja, kuten laskutusta ja markkinointia. (Jaakkola ym, 2009, 11.) Evakuointisimulointipalvelun käytettävyyttä tukevat markkinointi, laskutus ja yhteydenpito asiakkaan kanssa, joten sen tuottamiseen tarvittavat resurssit ovat markkinointimateriaalin tuottaja, talousosasto sekä työntekijän aika.




Foreshipin vastaus markkinoille syntyneeseen tarpeeseen on helposti muutoksiin vastaava luokitusmateriaali, joka parantaa myös

asiakastyytyvyyttä. Tuotteen nimeksi valikoitui Evacuation and Escape Package.

4.2.2 Vakioiminen

Evakuointisimulointipalvelu tuotetaan aina tilauksesta ja asiakkaan tarpeiden mukaan. Palvelun suunnittelun aloittaminen kokonaan alusta jokaisen asiakkaan kohdalla olisi kuitenkin hidasta ja hukkaisi resursseja (Jaakkola ym, 2009, 19). Esimerkiksi työohjeet, muistilistat ja valmiit dokumenttipohjat nopeuttavat palvelun tuottamista, vaikka tuote olisi hyvinkin räätälöity.

Uuden palvelun tuottajille eli yrityksen työntekijöille luotiin muistilista, jonka avulla simuloinnin tärkeimmät työvaiheet ja niiden järjestys vakioitiin. Työmenetelmien vakioiminen parantaa palvelun laatua ja jakaa asiantuntijan tiedon koko yrityksen henkilöstön käyttöön (Jaakkola ym, 2009, 21). Simuloinnin muistilistaa seuraamalla työvaiheet tehdään parhaassa mahdollisessa järjestyksessä, ja simuloinnin voi suorittaa kuka tahansa yrityksen henkilöstöstä.

SIMULOINNIN MUISTILISTA	
EDITOINTI	<p>AutoCad</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Poista kaikki ylimääräinen kuvista ▪ Suunnittele värikoodaus ja muuta elementtien värit sen mukaiseksi ▪ Muokkaa ovet ja portaat, kohdista portaat päällekkäin ▪ Erottele kannet erillisiksi DXF-tiedostoiksi <p>AENEASed</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lataa kannet projektiin alimmasta ylimpään (Deck → Import...) ▪ Tarkista värikoodaus ja geometria, palaa tarvittaessa korjailemaan AutoCadiin (Project → Color coding...) ▪ Luo tarvittavat ihmisryhmät ja reitit (Agents → Groups, Routes → Routes dialog) ▪ Piirrä reitit ja niiden päättymiskohdat kokoontumispaikolle (Routes → Draw route, Egress dialog) ▪ Lisää ihmiset (Agents → Insert agents)
SIMULOINTI	<p>AENEASsim</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kytk Dongle ja tarkista lisenssi (Settings → Licence) ▪ Kirjaa ylös virhekoordinaatit ja palaa editoriin korjaamaan ne (editorissa Ctrl + G) ▪ Määrittele ihmisryhmien käyttäytymismallit (Settings → Demographics... → IMO) ▪ Aja Demo-simulointi ja varmista ihmisten kulkevan halutulla tavalla  ▪ Valitse tulosten tallennuskansio ja aja Mean-simulointi  ▪ Avaa tuloksien tiedostokooltaan suurin excel-tiedosto ja etsi significant-simuloinnin seed-arvo ▪ Valitse tulosten tallennuskansio ja aja Single-simulointi tuloksista haetulla seed-arvolla 
TULOKSET	<p>AENEASview</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Avaa Single Run -simuloinnilla saatu *.dl-tiedosto simulointivideon 3D-katselua varten (seed=x.dl) <p>Microsoft Excel</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pelastuneiden henkilöiden määrä ajan funktiona kaikissa suoritetuissa simuloinneissa (seed=x-x.xls) <p>Kuvankatselu</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Yksittäisen simuloinnin kesto, joka ylittää 95% muista (durdist, seed=x-x.bmp) ▪ Ruuhkaumat (Density,seed=x,Kansi x.bmp) ▪ Henkilöiden jakautuminen aluksella (000000.bmp)

Kuva 15. Muistilista AENEAS-ohjelmiston käyttöön

Jotta räätälöidyn palvelun voi onnistuneesti muuttaa vakioiduksi tuotteeksi, se kannattaa rakentaa moduuleista (Jaakkola ym, 2009, 19). Foreship-yrityksen modulaarinen palveluinnovaatio sisältää evakuointianalyysin, pakotielaskelman ja koulutusvideomateriaalia. Peruspaketin lisäksi asiakas voi valita Concept Design Review -moduulin, jossa tarkastellaan aluksen ongelmakohtia jo konseptisuunnitteluvaiheessa simuloinnin avulla. Lifecycle services -moduuli taas huolehtii aluksen turvallisuudesta koko sen elinkaaren ajan ja auttaa testaamaan muutostöiden vaikutuksia niin turvallisuuteen kuin asiakastyytyväisyyteenkin.

Palvelutarpeeseen vaikuttaa suuresti se, missä vaiheessa laivaprojektiaan asiakas palvelun ostaa. Palvelun sisällön tulee olla todella joustava. Asiakas voi valita tarvitsemansa palvelut simuloinnin ympärille rakennetuista moduuleista tarpeidensa mukaan. Asiakas voi myös ostaa simulointipalvelun konseptisuunnittelun moduulina, mikä tuo kilpailuetua yrityksen molemmille palveluille. Yrityksen työtä helpottaa, kun myytävät palvelumoduulit ja ydinpalvelun tuotantomenetelmä on vakioitu.

4.2.3 Konkretisointi

Palvelun ostamista helpottaa, kun asiakkaalla on jotain konkreettista kädessään, jonka avulla hän voi arvioida palvelun laatua ja sisältöä (Jaakkola ym, 2009, 27). Konkretisoinnin avulla palvelusta tehdään aineellisempi. Konkretisointi voi esimerkiksi olla esitteitä, painotuotteita, referenssejä tai sertifikaatteja. (Jaakkola ym, 2009, 28.)

Foreship-yrityksen asiakkaille uusi tuotteistettu palvelu esitellään palveluesitteessä. Sitä voidaan levittää laadukkaana painotuotteena laiva-alan messuilla ja sähköpostitse pdf-muodossa. Siitä käy ilmi palvelun sisältö ja asiakkaalta vaadittavat toimet. Suuret värikuvat tekevät siitä mielenkiintoisen ja houkuttelevan näköisen.

4.2.4 Seuranta ja mittaaminen

Yrityksen toimintatapoihin ei ole kuulunut asiakaspalautteen systemaattinen kerääminen, mutta uuden palvelun kohdalla siihen aiotaan panostaa. Palveluesitteessä listataan asiakkaalta vaaditut toimet, joiden joukossa palautteen antaminen on myös mainittu. Näin ollen asiakas sitoutuu vastaamaan kyselyyn, jos ostaa tuotteen.

Asiakaspalautelomake vakioi palveluprosessista saadun palautteen vertailu- ja tilastointikelpoiseksi. Tieto kootaan koko henkilöstön saatavilla olevaan sijaintiin ja sen avulla palvelua kehitetään jatkuvasti. Kyselyllä seurataan palvelun laatua. Se voidaan jakaa tekniseen ja toiminnalliseen laatuun. Tekninen laatu kuvaa lopputulosten laatua, kun taas toiminnallinen laatu viittaa palveluprosessin onnistumiseen. (Jaakkola ym, 2009, 34.)

Teknisen ja toiminnallisen laadun tarkkailuun sopivia kysymyksiä ovat seuraavat:

1. Vastasiko palvelu tarpeeseen?
2. Vastaako lopputulos ennako-oletuksia?
3. Miten kommunikointi yrityksen kanssa toimi?
4. Pysyttiinkö aikataulussa?
5. Ostaisitteko palvelun uudelleen?

Palvelun tuottanut yrityksen työntekijä kirjaa samaan lomakkeeseen palvelun tuottamiseen kuluneen ajan, koetut ongelmat ja myydyn paketin toimitussisällön. Kerätyn tiedon perusteella palvelua kehitetään jatkuvasti Osallistavan tuotteistamisen syklin periaatteita noudattaen.

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tutkia evakuointisimuloinnin mahdollisuuksia palvelutuotteena. Tarkoin säädelyllä alalla kansainvälisten sopimusten tunteminen on välttämätöntä, joten evakuointia käsittelevät säädökset käännettiin suomeksi. Säädösten perusteella toteutettiin esimerkkikonsepti, jossa perehdyttiin laskennan yksityiskohtiin ja testattiin AENEAS-simulointiohjelman soveltuvuutta palvelun tuottamiseen. Palvelu todettiin myyntikelpoiseksi ja tuotteistettiin palvelukonseptiksi. Työn päätuloksena voidaankin pitää Evacuation and Escape Package -nimistä uutta tuotetta Foreship-yrityksen palvelutarjoomassa.

Työtä voidaan pitää onnistuneena, koska haluttu lopputulos saavutettiin. Aikataulussa projekti ei pysynyt; työstä tuli suunniteltua yksityiskohtaisempi. Säädösten kokonaisvaltainen suomentaminen ei välttämättä ollut lopputuloksen kannalta kovin hyödyllistä, mutta sitäkin opettavaisempaa. Lopputuloksen validiteettia on vielä vaikea arvioida – palvelukonseptin toimivuus selviää vasta, kun sitä on toimitettu muutamalle asiakkaalle, laskettu kannattavuus ja näin testattu todellisilla markkinoilla.

Tuote vaatii varmasti jatkokehitystä. Systemaattisen asiakaspalautteen keruun avulla ensimmäiset ongelmakohdat löydetään nopeasti ja toimintatapoja voidaan hioa aina projektin loppuun seuraavaa tilausta varten. Myös AENEAS-simulointiohjelmiston vaihtamista paremmin risteilijöille sopivaan simulointiohjelmaan kannattaa pohtia tekniikan kehittyessä. Palvelukonsepti on kuitenkin nyt keväällä 2016 valmis pilotoitavaksi.

LÄHTEET

Haatainen, P. 2000. Yleiset säännöt, ohjeet ja standardit laivatekniikassa. Teoksessa Räisänen, P. (toim.) Laivatekniikka, Modernin laivanrakennuksen käsikirja. Toinen, korjattu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 17-1–17-11.

International Maritime Organization 2001, FSS CODE, International Code for Fire Safety Systems. Viitattu 23.5.2016
<http://www.dma.dk/themes/LNGInfrastructureproject/Documents/IMO/FSS%20CODE.pdf>
 (Suom. Julia Airola)

International Maritime Organization 2004, SOLAS, 4. painos. Lontoo: International Maritime Organization

International Maritime Organization 2007, Guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ships. Viitattu 23.5.2016
<https://imo.amsa.gov.au/secure/circulars/msc/1238.pdf>

International Maritime Organization 2015. Sub-Committee on Ship Design and Construction (SDC), 2nd session, 16-20 February 2015. Viitattu 4.5.2016 www.imo.org > Media Centre > Meeting Summaries > SDC (Ship Design and Construction) formerly DE, FP and SLF > SDC 2

Jaakkola, E. Orava, M. Varjonen, V. 2009, Palvelujen tuotteistamisesta kilpailuetua, Opas yrityksille. 4. Painos. Helsinki: Libris Oy

Jatinen, J. 2000. Laivaprojektin hyväksyttäminen ja luovuttaminen. Teoksessa Räisänen, P. (toim.) Laivatekniikka, Modernin laivanrakennuksen käsikirja. Toinen, korjattu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 41-1–41-5.

Karikoski, A. 2000. Laivatekniikan kehitys ja sitä ohjaavat organisaatiot. Teoksessa Räisänen, P. (toim.) Laivatekniikka, Modernin laivanrakennuksen käsikirja. Toinen, korjattu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 1-1–1-15.

Levander, K. ja Sillanpää, K. 2000. Matkustaja-alukset. Teoksessa Räisänen, P. (toim.) Laivatekniikka, Modernin laivanrakennuksen käsikirja. Toinen, korjattu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 18-1–18-34.

Lineaarinen interpolaatio 2016. Wikipedia. Viitattu 20.4.2016
https://fi.wikipedia.org/wiki/Lineaarinen_interpolaatio.

Meyer-König, T. Klüpfel, H. ja Schreckenber, M. 2001. Assessment and Analysis of Evacuation Processes on Passenger Ships by Microscopic Simulation, Pedestrian Evacuation Dynamics, Spinger Verlag

Parantainen, J. 2007. Tuotteistaminen, Rakenna palvelusta tuote 10 päivässä. 2. Painos, Hämeenlinna: Talentum Media Oy

Siirilä, T. 2000. Ro-ro- ja sto-ro-alukset. Teoksessa Räisänen, P. (toim.) Laivatekniikka, Modernin laivanrakennuksen käsikirja. Toinen, korjattu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 20-1–20-10.

TraffGo HT GmbH 2013. User Manual, version 2.6.1, PedEd AENEASed, PedGo AENEASsim, PedView AENEASview. Germany: TraffGo HT GmbH

TraffGo HT 2016. AENEAS. Viitattu 4.3.2016 <http://traffgo-ht.com/en/pedestrians/products/aeneas/index.html>

TraffGo HT 2016. Service. Viitattu 24.3.2016 <http://traffgo-ht.com/en/pedestrians/products/service/index.html>

Tuominen, T. Järvi, K. Lehtonen, M. Valtanen, J. Martinsuo, M. 2015. Palvelujen tuotteistamisen käsikirja, Osallistavia menetelmiä palvelujen kehittämiseen. Helsinki: Unigrafia Oy

LIITTEET

Liite 1. Pakotielaskelma

Laskennassa käytettyjen kirjainten selitykset									
Z = Evakuoitavien henkilöiden määrä									
P = Tasanteella portaikkoon pääsemistä odottavien henkilöiden määrä									
N = Suoraan portaikkoon etenevien ihmisten määrä									
LA = Porrastasanteen ala, josta on vähennetty ovien avaamiseen ja portaikossa kulkevan ihmisvirran vaatima ala									
LAr = Vaadittu porrastasanteen ala, josta on vähennetty ovien avaamiseen ja portaikossa kulkevan ihmisvirran vaatima ala									
LCA = Porrastasanteen kokonaispinta-ala									
LCAr = Vaadittu porrastasanteen kokonaispinta-ala									
N ₁ = Suurin ihmismäärä yksittäisellä kannella, joka huomioidaan portaiden mitoituksessa									
N ₂ = Toiseksi suurin ihmismäärä yksittäisellä kannella, joka huomioidaan portaiden mitoituksessa									
N ₃ = Kolmanneksi suurin ihmismäärä yksittäisellä kannella, joka huomioidaan portaiden mitoituksessa									
N ₄ = Neljänneksi suurin ihmismäärä yksittäisellä kannella, joka huomioidaan portaiden mitoituksessa									
Laskennassa käytetyt kaavat									
$P=LA \times 3,0 \text{ hlö/m}^2$									
$P_{MAX} = 0,25Z$									
Vaadittu porrasteleveys = 10 mm/hlö									
Minimi porrasteleveys = 900 mm									
Vaadittava porrasteleveys W peräkkäisissä portaikoissa									
$W=(N_1 + N_2) \times 10 \text{ mm,}$									
$W=(N_1 + N_2 + 0,5N_3) \times 10 \text{ mm,}$									
$W=(N_1 + N_2 + 0,5N_3 + 0,25N_4) \times 10 \text{ mm}$									

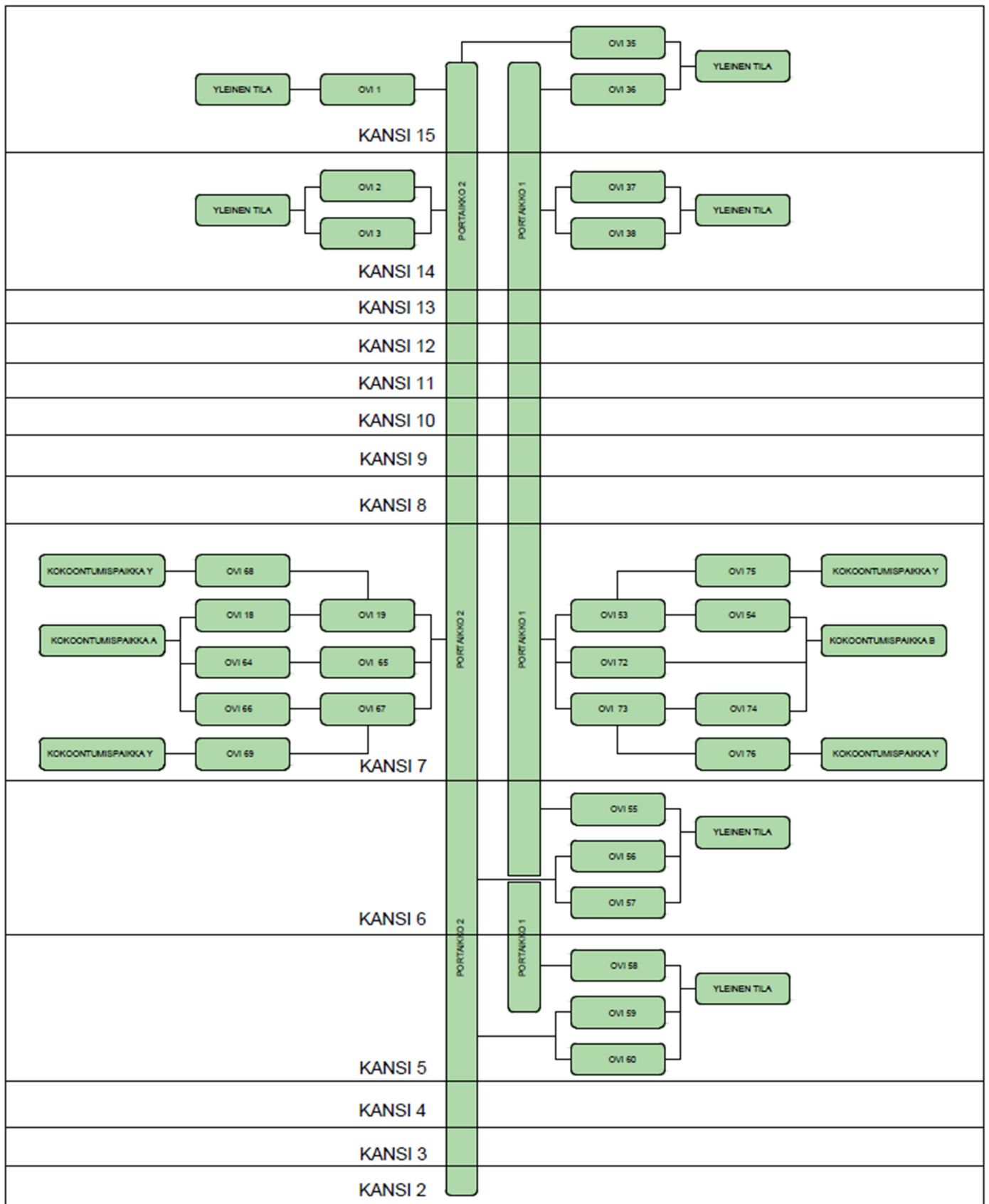
TILANNELASKEMA 2 (PAIVÄ)					
PORTAIKKO NRO. 1					
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
16	Z			-	
	P				0,00 %
	N				
	LA			21,9	N1
	LAr				N2
	LCA			-	N3
	LCAr				N4
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			0	(1800) OK
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
15	Z		129	129	
	P			32	24,81 %
	N			97	
	LA			42,1	N1 97
	LAr				N2
	LCA			32,4	N3
	LCAr				N4
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			970	(1800) OK
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
14	Z			349	
	P			87	24,93 %
	N			262	
	LA			86,8	N1 262
	LAr				N2 97
	LCA			65,5	N3
	LCAr				N4
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3590	(3600) OK
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
13	Z			1	
	P				0,00 %
	N			1	
	LA			86,8	N1 262
	LAr				N2 97
	LCA			69,6	N3 1
	LCAr				N4
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3595	(3600) OK
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
12	Z			1	
	P				0,00 %
	N			1	
	LA			86,8	N1 262
	LAr				N2 97
	LCA			69,6	N3 1
	LCAr				N4 1
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3597,5	(3600) OK
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
11	Z			1	
	P				0,00 %
	N			1	
	LA			86,8	N1 262
	LAr				N2 97
	LCA			70,9	N3 1
	LCAr				N4 1
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3597,5	(3600) OK
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
10	Z			1	
	P				0,00 %
	N				
	LA			86,8	N1 262
	LAr				N2 97
	LCA			70,9	N3 1
	LCAr				N4 1
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3597,5	(3600) OK

KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
9	Z			1	
	P			0,00 %	
	N				
	LA			86,8	N1 262
	LAr				N2 97
	LCA			70,9	N3 1
	LCAr				N4 1
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3597,5	(3600) OK
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
8	Z			1	
	P			0,00 %	
	N				
	LA				N1 262
	LAr				N2 97
	LCA				N3 1
	LCAr				N4 1
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3597,5	(3600) OK
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
7	Z				
	IHMISET SIIRTYVÄT SUORAAN KOKOONTUMISPAIKOILLE				
	SUURIN VAADITTU PORRASLEVEYS YLÄPUOLISSA KERROKSISSA			3600	
	SUURIN VAADITTU PORRASLEVEYS ALAPUOLISSA KERROKSISSA			3600	
	VAADITTAVA (NYKYINEN) OVIEEN YHTEENLASKETTU LEVEYS (mm)			7200	(7200) OK
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
6	Z			260	
	P			65	25,00 %
	N			195	
	LA			82,0	N1 195
	LAr				N2 156
	LCA			65,0	N3 16
	LCAr				N4 4
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3600	(3600) OK
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
5	Z			207	
	P			51	24,64 %
	N			156	
	LA			76,4	N1 156
	LAr				N2 16
	LCA			68,8	N3 4
	LCAr				N4
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			1740	(3600) OK
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
4	Z			21	
	P			5	23,81 %
	N			16	
	LA			10,9	N1 16
	LAr				N2 4
	LCA			8,1	N3
	LCAr				N4
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			200	(900) OK
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ	
3	Z			5	
	P			1	20,00 %
	N			4	
	LA			3,7	N1 4
	LAr				N2
	LCA			1,7	N3
	LCAr				N4
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			40	(900) OK

TILANNELASKEMA 2 (PAIVÄ)						
PORTAIKKO NRO. 2						
KANSI	LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ		
15	Z	128	88	216		
	P			54	25,00 %	
	N			162		
	LA			50	N1	162
	LAr				N2	
	LCA			47	N3	
	LCAr				N4	
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			1620	(1800)	OK
14	Z	257		257		
	P			64	24,90 %	
	N			193		
	LA			74,7	N1	193
	LAr				N2	162
	LCA			55,2	N3	
	LCAr				N4	
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3550	(3600)	OK
13	Z			1		
	P				0,00 %	
	N			1		
	LA			77	N1	193
	LAr				N2	162
	LCA			60,1	N3	1
	LCAr				N4	
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3555	(3600)	OK
12	Z			1		
	P				0,00 %	
	N			1		
	LA			77	N1	193
	LAr				N2	162
	LCA			60,1	N3	1
	LCAr				N4	1
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3557,5	(3600)	OK
11	Z			1		
	P				0,00 %	
	N			1		
	LA			77,0	N1	193
	LAr				N2	162
	LCA			61,1	N3	1
	LCAr				N4	1
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3557,5	(3600)	OK
10	Z			1		
	P				0,00 %	
	N			1		
	LA			77,0	N1	193
	LAr				N2	162
	LCA			61,1	N3	1
	LCAr				N4	1
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3557,5	(3600)	OK
9	Z			1		
	P				0,00 %	
	N			1		
	LA			77,0	N1	193
	LAr				N2	162
	LCA			61,1	N3	1
	LCAr				N4	1
	VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3557,5	(3600)	OK

KANSI		LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ		
8	↓	Z			1		
		P				0,00 %	
		N			1		
		LA			73,8	N1	193
		LAr				N2	162
		LCA			57,0	N3	1
		LCAr				N4	1
		VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3557,5	(3600)	OK
KANSI		LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ		
7	↓	Z					
		IHMISET SIIRTYVÄT SUORAAN KOKOONTUMISPAIKOILLE					
		SUURIN VAADITTU PORRASLEVEYS YLÄPUOLISSA KERROKSISSA			3560		
		SUURIN VAADITTU PORRASLEVEYS ALAPUOLISSA KERROKSISSA			4990		
		VAADITTAVA (NYKYINEN) OVIEN YHTEENLASKETTU LEVEYS (mm)			8550	(8600)	OK
KANSI		LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ		
6	↑	Z	10	242	252		
		P			63	25,00 %	
		N			189		
		LA			102,8	N1	307
		LAr				N2	189
		LCA			84,2	N3	3
		LCAr				N4	3
		VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			4982,5	(5000)	OK
KANSI		LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ		
5	↑	Z	389	20	409		
		P			102	24,94 %	
		N			307		
		LA			107	N1	307
		LAr				N2	3
		LCA			99,4	N3	3
		LCAr				N4	2
		VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			3107,5	(3600)	OK
KANSI		LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ		
4	↑	Z			4		
		P			1	25,00 %	
		N			3		
		LA			112,0	N1	3
		LAr				N2	3
		LCA			97,6	N3	2
		LCAr				N4	
		VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			70	(900)	OK
KANSI		LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ		
3	↑	Z			4		
		P			1	25,00 %	
		N			3		
		LA			7,9	N1	3
		LAr				N2	2
		LCA			6,9	N3	
		LCAr				N4	
		VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			50	(900)	OK
KANSI		LASKETTAVA SUURE	FZ 2	FZ 3	YHTEENSÄ		
2	↑	Z			2		
		P			0	0,00 %	
		N			2		
		LA			16,6	N1	2
		LAr				N2	
		LCA			15,6	N3	
		LCAr				N4	
		VAADITTAVA (NYKYINEN) PORRASLEVEYS (mm)			20	(900)	OK

Liite 2. Evakuointireitit hydraulisena verkostona



Liite 3. Evakuointianalyysi

Evakuointianalyysissä käytetyt suureet	
N	ihmismäärä
W_c	vapaa leveys
A	pinta-ala
L	pituus
D	henkilötiheys
F_s	henkilöiden ominaisvirtaus
S	henkilöiden nopeus
F_c	henkilöiden laskennallinen virtaus
A	tietoisuus/reaktioaika
T	matkaan kuluva aika
E	Pelastuslauttojen laivausaika
L	Vesillelaskuaika

PORTAIKOT											
Portaikon nro	1	2	1&2	1	2	1	2	1	2	1	2
Kansi	W_c		korkeus	tasanteiden etäisyys		matka tasanteella		matka tasanteelle		kokonaispituus	
16	1800		3,00	2,160		2,894		2,629753		8,153506	
15	1800	1800	3,20	2,160	1,560	2,894	2,894	2,688048	2,234636	8,270095	7,363273
14	3600	3600	3,20	1,890	1,560	2,894	2,894	2,476308	2,234636	7,846615	7,363273
13	3600	3600	2,75	1,890	1,365	2,894	2,894	2,337247	1,937485	7,568495	6,768971
12	3600	3600	2,75	1,890	1,365	2,894	2,894	2,337247	1,937485	7,568495	6,768971
11	3600	3600	2,75	1,890	1,365	2,894	2,894	2,337247	1,937485	7,568495	6,768971
10	3600	3600	2,75	1,890	1,365	2,894	2,894	2,337247	1,937485	7,568495	6,768971
9	3600	3600	2,75	1,890	1,365	2,894	2,894	2,337247	1,937485	7,568495	6,768971
8	3600	3600	3,55	2,430	1,755	2,894	2,894	3,00924	2,496127	8,91248	7,886254
7	3600	3600	3,90	2,430	1,755	2,894	2,894	3,11567	2,623457	9,12534	8,140913
6	3600	5000	3,70	2,430	1,755	2,894	2,894	3,054079	2,550005	9,002158	7,99401
5	3600	3600	3,20	2,430	1,755	2,894	2,894	2,90945	2,374874	8,7129	7,643747
4	900	900	3,00	1,560	1,560	1,688	1,688	2,164163	2,164163	6,016325	6,016325
3	900	900	2,80	1,560	1,560	1,688	1,688	2,096092	2,096092	5,880183	5,880183
2		900	2,80		1,560		1,688		2,096092		5,880183
1			4,40								

MITAT JA ALKUOLOSUHTEET					
Kohta		W_c	N	F_s	F_c
Ovi	1	1060	128	1,30	1,378
Ovi	35	900	88	1,30	1,17
Ovi	36	1240	129	1,30	1,612
Ovi	2	1220	122	1,30	1,586
Ovi	3	1230	123	1,30	1,599
Ovi	37	1800	175	1,30	2,34
Ovi	38	1800	174	1,30	2,34
Ovi	4	900	1	1,30	1,17
Ovi	5	900		1,30	1,17
Ovi	6	900		1,30	1,17
Ovi	39	900	1	1,30	1,17
Ovi	40	900		1,30	1,17
Ovi	41	900		1,30	1,17
Ovi	7	900	1	1,30	1,17
Ovi	8	900		1,30	1,17
Ovi	9	900		1,30	1,17
Ovi	42	900	1	1,30	1,17
Ovi	43	900		1,30	1,17
Ovi	44	900		1,30	1,17
Ovi	10	900	1	1,30	1,17
Ovi	11	900		1,30	1,17
Ovi	45	900	1	1,30	1,17
Ovi	46	900		1,30	1,17
Ovi	12	900	1	1,30	1,17
Ovi	13	900		1,30	1,17
Ovi	47	900	1	1,30	1,17
Ovi	48	900		1,30	1,17
Ovi	14	900	1	1,30	1,17
Ovi	15	900		1,30	1,17
Ovi	49	900	1	1,30	1,17
Ovi	50	900		1,30	1,17
Ovi	16	900	1	1,30	1,17
Ovi	17	900		1,30	1,17
Ovi	51	900	1	1,30	1,17
Ovi	52	900		1,30	1,17

Ovi	18	1820	150	1,30	2,366
Ovi	19	2700	300	1,30	3,51
Ovi	64	3390	439	1,30	4,407
Ovi	65	3200	439	1,30	4,16
Ovi	66	1820	151	1,30	2,366
Ovi	67	2700	300	1,30	3,51
Ovi	68	1500	76	1,30	1,95
Ovi	69	1510	76	1,30	1,963
Ovi	70	900	50	1,30	1,17
Ovi	71	900	51	1,30	1,17
Ovi	53	1800	212	1,30	2,34
Ovi	54	1620	67	1,30	2,106
Ovi	72	3600	500	1,30	4,68
Ovi	73	1800	212	1,30	2,34
Ovi	74	1620	37	1,30	2,106
Ovi	75	1500	37	1,30	1,95
Ovi	76	1500	37	1,30	1,95
Ovi	20	900	5	1,30	1,17
Ovi	21	900	5	1,30	1,17
Ovi	22	900	5	1,30	1,17
Ovi	23	900	5	1,30	1,17
Ovi	55	2480	260	1,30	3,224
Ovi	56	1210	121	1,30	1,573
Ovi	57	1210	121	1,30	1,573
Ovi	24	900	10	1,30	1,17
Ovi	25	900	10	1,30	1,17
Ovi	26	900	10	1,30	1,17
Ovi	27	900	10	1,30	1,17
Ovi	58	2210	207	1,30	2,873
Ovi	59	1950	195	1,30	2,535
Ovi	60	1940	194	1,30	2,522
Ovi	28	1800	4	1,30	2,34
Ovi	29	1800	4	1,30	2,34
Ovi	61	900	21	1,30	1,17
Ovi	77	900	10	1,30	1,17
Ovi	78	1800	3	1,30	2,34
Ovi	79	1800	8	1,30	2,34
Ovi	30	900	4	1,30	1,17
Ovi	31	1800	4	1,30	2,34
Ovi	63	900	5	1,30	1,17
Ovi	32	900	1	1,30	1,17
Ovi	33	900	1	1,30	1,17
Ovi	34	900	2	1,30	1,17

MITAT JA ALKUOLOSUHTEET										
Kohta	W _c	L	A	Merkinnät	N	D	F _s	F _c	S	
Käytävä 1	1300	41280	53,664	Ovelle 4	1	0,02	0,43	0,54461517	1,382234676	
Käytävä 2	1650	34560	57,024	Ovelle 5	0	0,00	0,42	0,689464286	1,389289286	
Käytävä 3	1300	35820	46,566	Ovelle 6	0	0,00	0,42	0,543214286	1,389289286	
Käytävä 22	1300	41500	53,95	Ovelle 39	1	0,02	0,43	0,54401893	1,382272074	
Käytävä 23	1450	21870	31,7115	Ovelle 40	0	0,00	0,42	0,605892857	1,389289286	
Käytävä 24	1300	41500	53,95	Ovelle 41	0	0,00	0,42	0,543214286	1,389289286	
Käytävä 4	1300	41320	53,716	Ovelle 7	1	0,02	0,43	0,54450629	1,382241505	
Käytävä 5	1450	34560	50,112	Ovelle 8	0	0,00	0,42	0,605892857	1,389289286	
Käytävä 6	1300	35820	46,566	Ovelle 9	0	0,00	0,42	0,543214286	1,389289286	
Käytävä 25	1300	41500	53,95	Ovelle 42	1	0,02	0,43	0,54401893	1,382272074	
Käytävä 26	1450	21870	31,7115	Ovelle 43	0	0,00	0,42	0,605892857	1,389289286	
Käytävä 27	1300	41500	53,95	Ovelle 44	0	0,00	0,42	0,543214286	1,389289286	
Käytävä 7	1300	41280	53,664	Ovelle 10	1	0,02	0,43	0,54461517	1,382234676	
Käytävä 8	1300	48470	63,011	Ovelle 11	0	0,00	0,42	0,543214286	1,389289286	
Käytävä 28	1300	41500	53,95	Ovelle 45	1	0,02	0,43	0,54401893	1,382272074	
Käytävä 29	1300	41500	53,95	Ovelle 46	0	0,00	0,42	0,543214286	1,389289286	
Käytävä 9	1300	41280	53,664	Ovelle 12	1	0,02	0,43	0,54461517	1,382234676	
Käytävä 10	1300	48470	63,011	Ovelle 13	0	0,00	0,42	0,543214286	1,389289286	
Käytävä 30	1300	41500	53,95	Ovelle 47	1	0,02	0,43	0,54401893	1,382272074	
Käytävä 31	1300	41500	53,95	Ovelle 48	0	0,00	0,42	0,543214286	1,389289286	
Käytävä 11	1300	41280	53,664	Ovelle 14	1	0,02	0,43	0,54461517	1,382234676	
Käytävä 12	1300	48470	63,011	Ovelle 15	0	0,00	0,42	0,543214286	1,389289286	
Käytävä 32	1300	41500	53,95	Ovelle 49	1	0,02	0,43	0,54401893	1,382272074	
Käytävä 33	1300	41500	53,95	Ovelle 50	0	0,00	0,42	0,543214286	1,389289286	
Käytävä 13	1300	41500	53,95	Ovelle 16	1	0,02	0,43	0,54401893	1,382272074	
Käytävä 14	1300	41500	53,95	Ovelle 17	0	0,00	0,42	0,543214286	1,389289286	
Käytävä 34	1230	41500	51,045	Ovelle 51	1	0,02	0,43	0,525151893	1,38187272	
Käytävä 35	1230	41500	51,045	Ovelle 52	0	0,00	0,42	0,513964286	1,389289286	
Käytävä 15	1300	4800	6,24	Ovelle 21	5	0,80	0,79	1,026845238	1,085941071	
Käytävä 16	1300	4800	6,24	Ovelle 23	5	0,80	0,79	1,026845238	1,085941071	
Käytävä 17	1300	4800	6,24	Ovelle 25	10	1,60	1,16	1,51047619	0,782592857	
Käytävä 18	1300	4800	6,24	Ovelle 27	10	1,60	1,16	1,51047619	0,782592857	
Käytävä 36	2925	41500	121,3875	Ovelle 61	21	0,17	0,50	1,457171902	1,32379531	
Käytävä 20	4930	5680	28,0024	Ovelle 31	4	0,14	0,48	2,386997485	1,335211268	
Käytävä 19	1950	13900	27,105	Ovelle 63	4	0,15	0,49	0,948428828	1,333420838	
Käytävä 21	1370	2800	3,836	Ovelle 34	2	0,52	0,66	0,904096939	1,19190734	
Käytävä 37	1980	11160	22,0968	Ovelle 63	5	0,23	0,52	1,035370456	1,303625621	

REITIN OSIEN YHTEENLASKU														
Evakuointireitin osa	Henkilömäärä	Henkilöiden ominais- ja laskennallinen virtaus				Nopeus	Ruuhkaa	Alueelle	Osien matka-ajat			summa	t _(γ+δ)	minuutteina
		N	Fs in	Fs max	FS				Fc	S	tF			
Kansi 15 ovi 1	128	1,3	1,3	1,3	1,378			92,888244						
Kansi 15 ovi 35	88	1,3	1,3	1,3	1,17			75,213675						
Kansi 15 ovi 36	129	1,3	1,3	1,3	1,612			80,024814						
Kansi 15 portaikko 1	216	0,896	1,1	0,896	1,612	0,71429 ei		133,99504	11,57813					
Kansi 15 portaikko 2	129	1,416	1,1	1,1	1,98	0,55 kyllä		65,151515	13,38777					
Kansi 14 ovi 2	122	1,3	1,3	1,3	1,586			76,923077						
Kansi 14 ovi 3	123	1,3	1,3	1,3	1,599			76,923077						
Kansi 14 ovi 37	175	1,3	1,3	1,3	2,34			74,786325						
Kansi 14 ovi 38	174	1,3	1,3	1,3	2,34			74,358974						
Kansi 14 portaikko 1	565	1,748	1,1	1,1	3,96	0,55 kyllä		142,67677	14,26657					
Kansi 14 portaikko 2	374	1,435	1,1	1,1	3,96	0,55 kyllä		94,444444	13,38777					
Kansi 13 portaikko 1	565	1,10	1,1	1,10	3,96	0,55 ei		142,67677	13,7609					
Kansi 13 portaikko 2	374	1,10	1,1	1,10	3,96	0,55 ei		94,444444	12,30722					
Kansi 12 portaikko 1	565	1,10	1,1	1,10	3,96	0,55 ei		142,67677	13,7609					
Kansi 12 portaikko 2	374	1,10	1,1	1,10	3,96	0,55 ei		94,444444	12,30722					
Kansi 11 portaikko 1	565	1,10	1,1	1,10	3,96	0,55 ei		142,67677	13,7609					
Kansi 11 portaikko 2	374	1,10	1,1	1,10	3,96	0,55 ei		94,444444	12,30722					
Kansi 10 portaikko 1	565	1,10	1,1	1,10	3,96	0,55 ei		142,67677	13,7609					
Kansi 10 portaikko 2	374	1,10	1,1	1,10	3,96	0,55 ei		94,444444	12,30722					
Kansi 9 portaikko 1	565	1,10	1,1	1,10	3,96	0,55 ei		142,67677	13,7609					
Kansi 9 portaikko 2	374	1,10	1,1	1,10	3,96	0,55 ei		94,444444	12,30722					
Kansi 8 portaikko 1	565	1,10	1,1	1,10	3,96	0,55 ei		142,67677	16,20451		326,1541	750,15	12,50257429	
Kansi 8 portaikko 2	374	1,10	1,1	1,10	3,96	0,55 ei		94,444444	14,33864		387,8182	891,98	14,86636399	
Kansi 7 ovi 68	76	1,3	1,3	1,3	1,95		Y	38,974359		124,4444				
Kansi 7 ovi 18	150	1,3	1,3	1,3	2,366		A	63,39814		148,8682				
Kansi 7 ovi 64	439	1,3	1,3	1,3	4,407		A	99,61425		205,1431				
Kansi 7 ovi 66	151	1,3	1,3	1,3	2,366		A	63,820795		149,2909				
Kansi 7 ovi 69	76	1,3	1,3	1,3	1,963		Y	38,716251		85,47009				
Kansi 7 ovi 19	300	1,3	1,3	1,3	3,51			85,470085						
Kansi 7 ovi 65	439	1,3	1,3	1,3	4,16			105,52885						
Kansi 7 ovi 67	300	1,3	1,3	1,3	3,51			85,470085						
Kansi 7 ovi 53	212	1,3	1,3	1,3	2,34			90,598291						
Kansi 7 ovi 72	500	1,3	1,3	1,3	4,68			106,83761		106,8376				
Kansi 7 ovi 73	212	1,3	1,3	1,3	2,34			90,598291						
Kansi 7 ovi 75	37	1,3	1,3	1,3	1,95		Y	18,974359		109,5726				
Kansi 7 ovi 54	67	1,3	1,3	1,3	2,106		B	31,813865		122,4122				
Kansi 7 ovi 74	37	1,3	1,3	1,3	2,106		B	17,568851		108,1671				
Kansi 7 ovi 76	37	1,3	1,3	1,3	1,95		Y	18,974359		109,5726				
Kansi 7 portaikko 1	467	0,88	0,88	0,88	3,168	0,44		147,41162	20,73941		495,9947	1140,8	19,01313103	
Kansi 7 portaikko 2	631	1,2222222	0,88	0,88	3,168	0,44		199,17929	18,50208		576,3049	1325,5	22,09168897	
Kansi 6 ovi 55	260	1,3	1,3	1,3	3,224			80,645161						
Kansi 6 ovi 56	121	1,3	1,3	1,3	1,573			76,923077						
Kansi 6 ovi 57	121	1,3	1,3	1,3	1,573			76,923077						
Kansi 6 portaikko 1	260	1,694	0,88	0,88	3,168	0,44 kyllä		82,070707	20,45945					
Kansi 6 portaikko 2	242	1,263	0,88	0,88	4,4	0,44 kyllä		55	18,1682					
Kansi 5 ovi 58	207	1,3	1,3	1,3	2,873			72,050122						
Kansi 5 ovi 59	195	1,3	1,3	1,3	2,535			76,923077						
Kansi 5 ovi 60	194	1,3	1,3	1,3	2,522			76,923077						
Kansi 5 portaikko 1	207	0,798	0,88	0,798	2,873	0,506 ei		72,050122	17,23431					
Kansi 5 portaikko 2	389	1,405	0,88	0,88	3,168	0,44 kyllä		122,7904	17,37215					

EVAKUOINTIIN KULUVA AIKA	
$1.25 (A+T) + \frac{1}{3} (E+L) \leq n$, kun $E+L \leq 30$ min	
A	5 min
T	22,09169 min
$\frac{1}{3} (E+L)$	20 min
Kerros	1,25
Yhteensä	53,86461 min
eli	53 min 52 s

Liite 4. Evacuation and Escape Package -palveluesite

May 2016

Evacuation and Escape Package

Our offer

Our Evacuation and Escape Package includes required documents for class approval according to the latest IMO regulations. Documents will be in clear visual form and simulations are done with a certified software. Complete high quality documentation will be prepared and results will be accurate.

Figure 1. 3D view of evacuation situation

Figure 2. Travel times of 500 simulations

Scope of the work

ESCAPE CALCULATIONS

Hand-calculated procedure is done according to the FSS Code.

EVACUATION ANALYSIS

Simulated analysis is done according to the IMO MSC Circular 1238. Documentation for travel time and congestion points will be prepared.

VIDEOS

3D and 2D video material is provided to train the crew and to observe the evacuation situation.

Foreship Evacuation and Escape Package additional modules

CONCEPT DESIGN REVIEW

An early-stage simulation will be done to test the concept design and improve the flow on public areas.

LIFECYCLE SERVICES

Fast ability to test new layouts when planning renovation. Fast delivery of the classification documents for the renovation.

Clients' role and effort

Client needs to choose modules and deliver required documents. At the end of the project client will fill our simple customer feedback form.


Required documents

- General arrangement CAD-drawing
- Information about the initial distribution of persons.
- Information of egress routes

Figure 3. Duration of congestions

FORESHIP Ltd. | HITSAAJANKATU 4 A | FI-00810 HELSINKI | FINLAND | DNV ISO9001:2008 | www.foreship.com

Liite 5. Asiakaspalautelomake

	May 2016				
Customer Feedback					
Evacuation and Escape Package					
We want to constantly improve our services. To do so we are collecting feedback after every delivery of Evacuation and Escape Package. Please fill the form and email it to julia.airola@foreship.com . Your honest reply has a great value to us.					
Company name: _____					
Date: _____					
Did the service respond to your needs?					
1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Did the final result correspond to the presuppositions?					
1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
How well the communication with Foreship worked out?					
1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Did the planned schedule keep?					
1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Would you order the service again?					
1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comments:					
<input type="text"/>					
Thank You!					
FORESHIP Ltd. HITSAAJANKATU 4 A FI-00810 HELSINKI FINLAND DNV ISO9001:2008 www.foreship.com					