

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Laiva- ja venetekniikka

2015

Markus Pulkkinen

# HYTTIALUEEN MITOITUS JA PAKOTIEJÄRJESTELYT MATKUSTAJA-ALUKSISSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Laiva- ja venetekniikka

2015 | 39

Lauri Kosomaa, yliopettaja (Turun ammattikorkeakoulu)

Tanja Sirén, Design Manager, Cabins & Interior (Elomatic Oy)

Markus Pulkkinen

# HYTTIALUEEN MITOITUS JA PAKOTIEJÄRJESTELYT MATKUSTAJA- ALUKSISSA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää matkustaja-aluksen hyttialueiden mitoitusperiaatteet ja pakotiesääntöjen vaikutukset hyttialueiden suunnittelussa. Työ on samalla yleiskatsaus hyttialueiden suunnitteluperiaatteista.

Hyttialueet ovat tiloiltaan tyypillisesti ahtaita ja sisältävät paljon tekniikkaa. Koska suurin osa putkistoista ja laitteista on sijoitettu hyttikäytävien kattoon, tekee se tilavaarusten suunnittelusta haastavaa. Hyttialueiden suunnitteluun vaikuttavat myös laivan runkorakenteiden mitat, sillä ne ovat yhteydessä hyttien kokoon ja sijoitteluun.

Matkustajien turvallisuuden takaamiseksi on hyttialueilla huomioitava pakotiesääntöjen tuomat lisävaatimukset, jotka koskevat etenkin hyttikäytäviä. Säännöt vaikuttavat esimerkiksi käytäväjärjestelyihin, käytävien päämittoihin sekä varusteluun. Käytävien on pysyttävä turvallisina ja toiminnallisina myös hätätilanteissa.

Tämän opinnäytetyön sisältö on koottu asiantuntijoita haastatteleamalla, sekä alan kirjallisuutta ja säännöstöjä tutkimalla. Tuloksena saatiin tiivis, matkustaja-aluksen hyttialueita koskeva raportti, joka ottaa huomioon myös turvallisuusnäkökohdat hyttialuesuunnittelussa.

ASIASANAT:

Laivanrakennus, matkustaja-alus, hyttialue, mitoitus, pakotie

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Naval Architecture

2015 | 39

Lauri Kosomaa, Principal Lecturer (Turku University of Applied Sciences)

Tanja Sirén, Design Manager, Cabins & Interior (Elomatic Oy)

Markus Pulkkinen

# CABIN AREA DIMENSIONING AND ESCAPE ROUTE ARRANGEMENTS ON PASSENGER SHIPS

The purpose of this thesis was to find out the principles of the cabin area dimensioning on a passenger ship and the influences of the escape rules on the cabin area design. The thesis is at the same time an overview of the principles of the cabin area design.

Cabin areas are typically narrow and contain a lot of technology. The space design is challenging since most of the piping and appliances are placed in the corridor ceiling. The cabin area design is also affected by the ship hull structures as they are related to the size and placing of the cabins.

In order to ensure passenger safety, the requirements caused by the escape route rules, which affect especially the corridors, have to be taken into account. The rules affect, for instance, corridor arrangements, main dimensions and equipment. The corridors must remain safe and functional in emergency situations.

The content of this thesis has been gathered by interviewing experts as well as investigating literature and rules of the field. The result is a concise report of the cabin area design which takes into account the safety aspects of the cabin area design.

## KEYWORDS:

Ship building, passenger ship, cabin area, dimensioning, escape route

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 HYTTIALUEIDEN MITOITUS</b>	<b>8</b>
2.1 Suunnittelun vaiheet	8
2.2 Hyttikäytävien leveyden määrittäminen	9
2.3 Hyttialueen vapaakorkeus ja pituus	10
2.4 Hyttien koot ja jakomitta	11
2.5 Referenssilinjien määrittäminen	12
2.6 Tekniikan ja laitteiden tilavaraukset	13
2.6.1 LVI	14
2.6.2 Huoltokolmion tekniikka ja laitteistot	16
2.7 Tilakategoriointi	17
<b>3 PAKOTIET</b>	<b>20</b>
3.1 Matkustaja-aluksia koskevat pakotiesäännöt (Yleiset tilat)	20
3.1.1 Poistumisreitit laipiokannen ylä- ja alapuolella	20
3.1.2 Porraskuiluihin yhteydessä olevat tilat	21
3.1.3 Pakoteiden merkitseminen	22
3.1.4 Dead-end-käytävät	22
3.1.5 Ovet	22
3.2 Lisävaatimukset ro-ro-aluksille	23
3.3 LLL-järjestelmä	23
3.3.1 PL-systeemi (Photoluminescent system)	24
3.3.2 EP-systeemi (Electrically powered system)	25
3.3.3 Asennuksen suunnittelu	27
3.3.4 Kilvet ja merkinnät	27
3.4 Evakuointianalyysi	28
3.4.1 Esimerkissä käytettävät suureet, kaavat ja taulukot	30
3.4.2 Laskuesimerkki	32
<b>4 YHTEENVETO</b>	<b>37</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>39</b>

## KUVAT

Kuva 1. Hyttikäytävän katossa olevaa tekniikkaa (Elomatic 2015).	13
Kuva 2. Huoltokolmion sijainti (ympyröity punaisella) hyttikäytävällä (Elomatic 2015).	14
Kuva 3. Reikäpaneeli ilmastoinnin päätelaitteen kohdalla (Elomatic 2015).	15
Kuva 4. Huoltokolmio (Elomatic 2015).	16
Kuva 5. Huoltokolmio, johon on sijoitettu paloposti (1) ja käsisammutin (2) (Elomatic 2015).	17
Kuva 6. Muilta kuin pääpalolaipioilta vaadittu palonkestävyys (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part C reg. 9.2.2.3).	19
Kuva 7. Seinäpaneeliin kiinnitettävä alumiininen kulma-profiili ja päätypalat. Kokovaihtoehdot 35, 50 ja 75 mm (cc-marine 2015).	25
Kuva 8. Kanteen asennettava alumiini-profiili 35 mm leveälle liuskalle (cc-marine 2015).	25
Kuva 9. Valokuidulla toteutettu LLL-valaistus ja alumiiniprofiili (Teknoware 2015).	26
Kuva 10. Oven kohdalla LLL-valolinja nousee kahvan korkeudelle (Elomatic 2015).	28
Kuva 11. Taulukkoarvot evakuointianalyysiä varten (IMO 2014d).	31
Kuva 12. Poistumisreitti hyttikäytäviltä portaikkoon (Elomatic 2015).	32

## TAULUKOT

Taulukko 1. Käytävien, ovien ja portaikkojen lähtötiedot. ....	33
Taulukko 2. Ihmismassojen virtaukset pakoreitillä.....	34

## KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Dead-end-käytävä	Dead-end-käytävällä tarkoitetaan tilannetta, jossa käytävä tai sen haara päättyy umpikujaan ja käytävän syvyys on suurempi kuin leveys.
GA	General Arrangement. Laivan yleisjärjestely eli pohjapiirustus.
IMO	International Maritime Organisation. Vuonna 1948 perustettu kansainvälinen merenkulun turvallisuutta hallinnoiva järjestö. Toimii YK:n alaisuudessa.
LED	Light Emission Diod. Puolijohdekomponentti, joka tuottaa valoa kun sen läpi johdetaan sähkövirta.
LLL	Low Location Lights. Kannen tasossa oleva hätävalaistusjärjestelmä, jonka tarkoituksena on osoittaa pakoreitin suunta savunmuodostutilanteissa.
Pääpaloalue	Kahden pystysuuntaisen pääpalolaipion rajaama osasto, jonka pituus on maksimissaan 48 m. Osastoinnin tarkoituksena on rajoittaa palon leviämistä laivassa.
Ro-ro-alus	Ro-ro-aluksella tarkoitetaan laivaa, jossa pyörien päällä kulkeva lasti rullataan ramppia ruumaan ja sieltä ulos. Myös matkustaja-autolautat ovat ro-ro-aluksia. Nimitys ro-ro tulee sanoista roll on - roll off.
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea. SOLAS-yleissopimus on Titanicin onnettomuudesta alkunsa saanut säännöstö ihmishengen turvaamiseksi merellä.
VT-ovi	Vesitiivis ovi.

# 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään miehistön ja matkustajien hyttialueiden suunnittelua matkustaja-aluksissa. Työn tavoitteena on tarjota perustiedot hyttialueiden mitoituksista ja siihen vaikuttavista seikoista, sekä selvittää tärkeimmät hyttialueiden pakotiejärjestelyjä koskevat säännöt. Pakotiesäännöt tuovat lisävaatimuksia esimerkiksi hyttialueiden varusteluun, käytäväjärjestelyihin ja mitoituksiin. Sääntöjen huomioiminen ja pakoreittien huolellinen suunnittelu on erityisen tärkeää, sillä asianmukaiset pakoreitit lisäävät merkittävästi laivan turvallisuutta ja toiminnallisuutta hätätilanteissa.

Työssä paneudutaan yleisellä tasolla myös laitteiden tilavarauksiin, sillä kaikki tekniikka vaatii itselleen ja ympärilleen tilaa, mikä on huomioitava myös tilojen mitoituksissa. Laivanrakennuksessa tekniikan vaatimat tilavaraukset on mietittävä huolellisesti, sillä niin hyttialueilla kuin muuallakin laivassa tilaa erilaisten laitteiden ja putkistojen sijoitukseen on vähän. Etenkin hyttikäytävillä tilavarausten suunnittelun tärkeys korostuu, koska käytävät ovat kapeita ja lähes kaikki tekniikka on sijoitettu kattoon.

Tämä opinnäytetyö on tehty suomalaisen konsultointi- ja suunnittelutoimisto Elomaticin toimeksiantona. Elomatic on Ari Elon vuonna 1970 perustama yritys, joka tarjoaa konsultoinnin ja suunnittelun lisäksi myös tuotekehitys ja projektinhallintapalveluita, sekä tuotteita ja kokonaisratkaisuja teollisuusyrityksille sekä julkisen sektorin organisaatioille. Yritys on vuosien saatossa laajentanut osaamistaan useille eri aloille. Sen erikoisosaamisalueita ovat muun muassa meri- ja offshore-teollisuus, sekä prosessi- ja energiateollisuus. Elomatic palvelee asiakkaitaan maailmanlaajuisesti ja sillä on toimistot Suomessa, Puolassa, Intiassa, Kiinassa, Serbiassa, Venäjällä, Italiassa ja Yhdistyneissä Arabiemiirikunnissa. (Elomatic 2015.)

## 2 HYTTIALUEIDEN MITOITUS

### 2.1 Suunnittelun vaiheet

Hyttialueiden suunnittelu aloitetaan jo konseptisuunnitteluvaiheessa. Konseptivaiheessa määritellään mm. hyttialueiden paikat laivassa sekä laivan hyttikapasiteetti. Tarkkoja mittoja ei vielä tässä vaiheessa määritellä.

Hyttialueiden muoto alkaa syntyä projektisuunnitteluvaiheessa, jolloin laivasta laaditaan alustava GA eli yleisjärjestely. GA:ssa otetaan huomioon tilaajan toiveet, ja siitä ilmenee hyttialueiden sijainti, käytäväjärjestelyt ja hyttien paikat. Projektisuunnittelun pohjalta laaditaan laivasopimus, jossa määritellään mm. hyttialueen mitoitusliittymät.

Sopimusaineiston pohjalta aloitetaan perussuunnittelu, jonka aikana yleisjärjestely, sekä järjestelmien ja tilojen suunnittelu hyväksytetään tilaajalla. Perussuunnittelun tuloksena syntyy yleisjärjestely, jossa hyttialue saa lopulliset mitanssa.

Hyttialueiden ja pakoteiden suunnittelun perustana käytetään kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n (International Maritime Organisation) SOLAS-yleissopimusta. Yleissopimus koostuu SOLAS-säännöstöstä, joka sisältää laivan turvallisuuteen liittyviä sääntöjä ja määräyksiä. Säännöstöstä löytyvät esimerkiksi laivan rakenteellista paloturvallisuutta ja pakoteita koskevat määräykset.

Myös luokituslaitokset, kuten Det Norske Veritas (DNV) ja Lloyd's Register (LR) ottavat omilla säännöillään kantaa hyttialueiden ja pakoteiden suunnitteluun. Luokituslaitosten pakotiesäännöt pohjautuvat SOLAS-säännökseen ja niiden tehtävä on lähinnä selventää ja täydentää SOLAS-säännöstössä annettuja määräyksiä.



## 2.2 Hyttikäytävien leveyden määrittäminen

Hyttikäytävien leveyden määrittämiseen vaikuttavat monet seikat. Tärkeä yksittäinen tekijä on SOLAS-säännösten mukaan käytävää käyttävien henkilöiden lukumäärä, sillä hyttikäytävät toimivat myös pakoteinä. SOLAS-säännösten mukaan pakoteiden leveydet, lukumäärä ja jatkuvuus tulee määrittää FSS-koodin (International Code for Fire Safety Systems) vaatimusten mukaisesti (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part D reg. 13.3.2.4). FSS-koodi antaa ohjeet portaikkojen, käytävien ja ovien leveyden määrittämiseen. Lisäksi on selvitettävä, missä ovat mahdolliset ruuhkapaikat ja tuleeko käytävälle kuormitusta muilta alueilta, sekä käyttääkö jokin muu pakotie kyseistä käytävää esimerkiksi läpikulkureittinä. Tilaaja voi myös asettaa omia vaatimuksiaan sille, suunnitellaanko käytävä minimien mukaan vai kasvatetaanko leveyttä tilan lisäämiseksi. Lisäksi hyttikäytävät saatetaan haluta esteettömäksi, jolloin niiden leveys on valittava niin, että esimerkiksi pyörätuolilla kulkeminen on mahdollista. Hyttikäytävillä liikuteltavat liinavaate- ja huoltokärryt on myös hyvä pitää mielessä. (Soininen 2015.)

Alustavat käytäväleveydet on hyvä määrittää jo projektisuunnitteluvaiheessa, jotta perussuunnittelun alkaessa aluksen yleisjärjestelyyn saadaan jotain, josta lähteä liikkeelle. Leveyksiin tulee laittaa riittävästi ylimääräistä, jotta käytävät eivät osoittautuisi liian kapeiksi suunnittelun myöhemmissä vaiheissa. Jos hyttikäytävät ovat liian kapeita, se ilmenee myöhemmin laivaan tehdystä evakuointianalysistä, joka paljastaa käytäville sekä portaakkoihin syntyvät ruuhkat. Evakuointianalyysi on selitetty tämän raportin luvussa 3.4. (Soininen 2015.)

Kaikkien käytävien vapaa leveys tulee FSS-koodin mukaan olla vähintään 900 mm, kun käytävää käyttävien henkilöiden lukumäärä on 90 tai alle. Jos lukumäärä on yli 90, tulee ylittävältä osalta käytävän minimileveyttä korottaa 10 mm per henkilö. Vapaalla leveydellä tarkoitetaan käytävän kaiteiden väliltä otettua mittausta. Kaide tulee ulos seinästä yleensä noin 80 mm (Soininen 2015). Jos kaiteita tai kaidetta ei ole, vapaa leveys mitataan seinäpaneeleista. (IMO 2014b. FSS-code, Ch. 13.)

Käytävät tulee mitoittaa erikseen yötilanteeseen (case 1) ja päivätilanteeseen (case 2). Hyttikäytävillä määräävänä tilanteena käytetään yötilannetta, koska hyteissä on silloin maksimikuormitus (Soininen 2015). Leveys tulee laskea aina maksimikuormituksen mukaan. Leveys ei saa pienentyä evakuointisuuntaan. (IMO 2014b. FSS-code, Ch. 13.)

Seuraavassa luettelossa on FSS-koodin määrittelemät tilojen kuormitukset yö- ja päivätilanteisiin. Henkiöiden lukumäärät tulee laskea kullekin kannelle erikseen. Kuormitustietoja tarvitaan evakuointianalyysin tekemisessä sekä portaikkojen, käytävien ja oviaukkojen leveyksien määrittämisessä. (IMO 2014b. FSS-code, Ch. 13.)

#### Yötilanne (case 1)

- Kaikkien matkustajien vuodepaikat täynnä
- Miehistön vuoteista 2/3 miehitetty
- palvelutiloissa 1/3 miehistöstä

#### Päivätilanne (case 2)

- Matkustajista yleisissä tiloissa 3/4 täydestä kapasiteetista
- Miehistöstä yleisissä tiloissa 1/3 täydestä kapasiteetista
- palvelutiloissa 1/3 miehistön määrästä
- Miehistön majoitustiloissa 1/3 miehistön määrästä

### 2.3 Hyttialueen vapaakorkeus ja pituus

Vapaalla korkeudella tarkoitetaan etäisyyttä kannesta kattopaneeliin. Katto-paneelissa olevia ulokkeita, kuten sprinkler-suuttimia, valaisimia ja info-kilpiä ei huomioida vapaassa korkeudessa. Hyttialueiden vapaa korkeus vaihtelee 2 100 mm:n ja 2 300 mm:n välillä riippuen tilaajan toiveista, ja korkeus on yleensä sama sekä hyttikäytävillä, että hyteissä. Miehistöhyttien vapaalle korkeudelle on ILO:n asettama minivaatimus, joka on 2 030 mm. (Soininen 2015.)

Kansivälillä tarkoitetaan kahden päällekkäisen kannen korkeussuuntaista etäisyyttä toisiinsa. Matkustaja-aluksissa hyttikannen kansiväli on yleensä 2 700 – 2 800 mm. (Soininen 2015.)

Hyttialueiden pituus määräytyy yleensä pääpalovyöhykkeiden (= pääpaloalue) pituuden mukaan. SOLAS-säännösten mukaan yhden pääpalovyöhykkeen pituus saa olla maksimissaan 48 m (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part C reg. 9.2.2.1).

## 2.4 Hyttien koot ja jakomitta

Risteilyaluksissa hyttien koot vaihtelevat normaalisti 15 ja 35 m<sup>2</sup>:n välillä. Royal Caribbean -varustamon Oasis of the Seas -loistoristeilijässä suurimmat sviitit ovat kooltaan jopa yli 100 m<sup>2</sup>, ja niiden tilat on jaettu kahteen kerrokseen (Royal Caribbean 2015). Matkustaja-autolauttojen hytit ovat varustelultaan suppeampia ja pinta-alaltaan huomattavasti pienempiä kuin risteilyaluksissa, sillä niissä yövytään yleensä vain yksi yö. Matkustaja-autolauttojen tyypillinen hyttikoko on 10 – 15 m<sup>2</sup>. Näiden hyttien sisäleveys tulee olla vähintään 2 500 mm, jos hyttiin halutaan kaksoisvuode. (Räisänen 2000,18–23.)

Hyttialueen suunnittelussa hyttienmoduulien koko ilmoitetaan jakomittana, joka kertoo hytin vaatiman kokonaiskansipinta-alan. Jakomitan käyttäminen hytin sisämitan sijaan on suunnittelun kannalta käytännöllisempää, sillä se ottaa huomioon hytinmoduulin seinärakenteen paksuuden ja moduulien väliin jäävän asennusvaran. Jakomitta on normaalisti 50 – 80 mm suurempi kuin hytin sisämitta. Hyttialueella ulkolaidan teräsrakenteet ja eristykset vaativat tilaa 300 – 400 mm. (Räisänen 2000,18–23.)

Jakomitan valinnassa on otettava huomioon pääpalovyöhykkeen pituus, jotta hyttirivillä olevien hyttien jakomittojen summa menee tasan pääpalovyöhykkeen pituuden kanssa. Näin käyttämättömää tilaa jää vähemmän. Toisaalta itse pääpalovyöhykkeen pituus voidaan määrittää myös hyttien jakomittojen mukaan. (Räisänen 2000,18–23.)

Hyttialueella kaarijako tulee valita niin, että kaaret eivät osu samaan kohtaan hyttien ikkunoiden tai muiden ulkonevien rakenteiden kanssa. Kaarijaksi voidaan valita esimerkiksi hyttimoduulin jakomitta jaettuna kolmesta kuuteen (Soininen 2015). Web-kaarien jaotus kannattaa valita niin, että web-kaaret osuvat hyttien väliin. Tällöin web-jako on yhtä suuri kuin hytin jakomitta. (Räisänen 2000,18–23.)

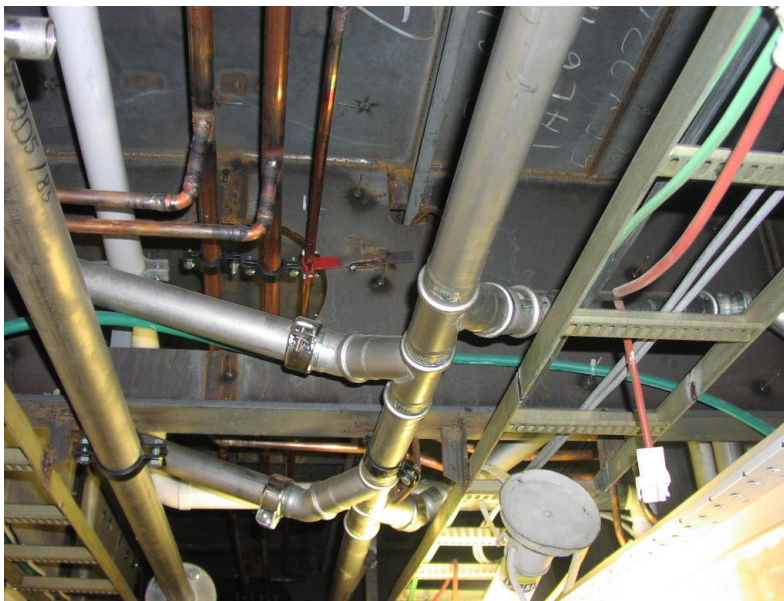
## 2.5 Referenssilinjojen määrittäminen

Referenssilinjalla tarkoitetaan mittalinjaa, jonka avulla voidaan rakennusvaiheessa määrittää jonkin asian, kuten hyttimoduulin paikka hyttikannella. Referenssilinjaksi kannattaa valita sellainen kohta laivassa, jonka sijainti ei muutu missään vaiheessa laivan suunnittelua tai rakentamista. Linjan on oltava myös sellainen, että sen avulla mitaaminen on mahdollista kaikissa suunnittelun ja rakentamisen vaiheissa. Jos linjaksi on valittu esimerkiksi teräslaipio, tulee sen olla näkyvillä niin, että mitta pystytään siitä käsin ottamaan. Toisin sanoen, laipion edessä ei saa olla sisustuspaneeleita tai laitteita, jotka estävät mitan ottamisen. (Sirén 2015.)

Hyvä valinta referenssilinjaksi on esimerkiksi pääpalolaipio, sillä sen paikka on määritelty jo hyvin varhaisessa vaiheessa laivan suunnittelua ja se kulkee katkeamatta koko laivan poikki. Huono valinta referenssilinjaksi on esimerkiksi laivan keskilinja, koska se näkyy pääasiassa vain suunnittelupiirustuksissa ja sen paikka saattaa olla todellisuudessa hankala löytää itse laivasta. (Sirén 2015.)

## 2.6 Tekniikan ja laitteiden tilavaraukset

Lähes kaikki hyttialueella oleva tekniikka on sijoitettu hyttikäytävän kattoon kattopaneelin taakse, jossa tilaa on vähän. Kuten kuvasta 1 osittain nähdään, paneelin takana kulkevat pääasiassa makea-, musta- ja harmaavesiputkien runkolinjat, sekä ilmastointikanavat, sprinkler-putket ja kaapeliradat. Muuta katossa olevaa tekniikkaa ovat mm. valaistus, savunilmaisimet, sprinkler-suuttimet ja PA-järjestelmä kuulutuksia varten.



Kuva 1. Hyttikäytävän katossa olevaa tekniikkaa (Elomatic 2015).

Tekniikan keskittäminen hyttikäytävälle johtuu siitä, että huollettavat tai korjattavat kohteet, kuten vesiputket ovat tällöin samassa paikassa ja niihin on helppo päästä käsiksi. Tekniikkaa on katon lisäksi sijoitettuna myös hyttien huoltokolmioihin. Huoltokolmioiden huoltoluukut sijoitetaan hyttikäytävälle, kuten kuvassa 2. (Lehtinen 2015.)



Kuva 2. Huoltokolmion sijainti (ympyröity punaisella) hyttikäytävällä (Elomatic 2015).

Koska hyttialuetta suunnittelee samaan aikaan useita eri alojen osastoja, on tärkeää, että yhteistyö ja tiedonkulku osastojen välillä pidetään tiiviinä. Kunkin osaston on tiedettävä mitä he voivat suunnitella ja minne. Esimerkiksi sisustussuunnittelijoiden on tiedettävä ilmastoinnin tulo- ja poistoaukkojen sijainnit, jotta he osaavat ottaa ne huomioon hyttikäytävän kattopaneelien suunnittelussa tai valaisinten sijoittelussa. Hyvällä yhteistyöllä vältetään tilankäyttöön liittyvät päällekkäisyydet ja varmistetaan, että kaikki alueen vaatima tekniikka saadaan mahduttamaan. (Lehtinen 2015.)

### 2.6.1 LVI

Kaikesta hyttialueella olevasta tekniikasta eniten tilaa vievät LVI ja siihen liittyvät komponentit. Sen vuoksi hyttialueen ja etenkin hyttikäytävien suunnittelussa on pidettävä huoli siitä, että LVI-tekniikalle, kuten vesiputkille tai ilmastointikanaville tehdyt tilavaraukset ovat riittävät. Riittävällä tilavarauksella ei ainoastaan tarkoiteta, että jokin putki tai kanava mahtuu kulkemaan tietyistä kohdasta. Sillä tarkoitetaan myös, että putkelle tai kanavalle on varattu riittävä asennustila. (Lehtinen 2015.)

LVI-tekniikka sijoitetaan hyttikäytävän kattopaneelin ja yläpuolella olevan kannen väliin, jossa tilaa on tukipalkkien korkeudesta riippuen 500 – 550 mm. Edellä mainittujen yläpuolista kantta tukevien palkkien korkeus vaihtelee 400 ja 450 mm:n välillä, jolloin täysin vapaata korkeussuuntaista tilaa jää 50 – 100 mm. (Lehtinen 2015.)

Ilmanvaihtoa varten hyttikäytävän kattoon käytävän molempiin päihin on varattava tilat ilmastoinnin päätelaitteille. Käytävän toiseen päähän sijoitetaan tuloilman päätelaite ja vastakkaiseen päähän poistoilman päätelaite. Yksittäinen päätelaite vie tilaa kattopaneelien lukumäärässä katsottuna kahdesta neljään paneelia, kuten kuva 3 osoittaa. (Lehtinen 2015.)



Kuva 3. Reikäpaneeli ilmastoinnin päätelaitteen kohdalla (Elomatic 2015).

Tilanvarauksissa on huomioitava myös putkistojen vaatimat eristeet, jotka kasvattavat putken ulkohalkaisijaa noin 20 – 30 mm. Ilmastointikanavat ovat yleensä valmiiksi eristettyjä, jolloin lisäystä ei tarvitse huomioida. Säättöä vaativat venttiilit ja laitteet pyritään keskittämään katossa olevien huoltoluukkujen taakse. (Lehtinen 2015).



## 2.6.2 Huoltokolmion tekniikka ja laitteistot

Huoltokolmiolla tarkoitetaan kahden hytin välissä olevaa pientä tilaa, johon on keskitetty hytin käyttöön, ylläpitoon ja huoltoon liittyvä tekniikka (Katso kuva 4). Yksi huoltokolmio on tehty palvelemaan kahta hyttiä. Huoltokolmio sisältää normaalisti hyttikohtaiset sulkuventtiilit makealle vedelle, fan coil unitin, sekä sulaketaulut hyttien sähköjä varten. Fan coil unit on paikallinen jäähdytysyksikkö, joka kierrättää hytin ilmaa jäähdyttäen sitä samalla. Huoltokolmiossa on sulkuventtiili myös jäähdytysyksikölle. (Lehtinen 2015.)



Kuva 4. Huoltokolmio (Elomatic 2015).

Huoltokolmiot eivät kuitenkaan sisällä ainoastaan hyttien toimintoihin liittyvää tekniikkaa. Niihin voidaan sijoittaa myös muiden järjestelmien osia, kuten esimerkiksi paineilmalinjan yksittäisiä venttiilejä. Lisäksi hyttialueilla tehtävät putkistojen runko- tai keruulinjojen pystysuuntaiset läpiviennit tehdään yleensä huoltokolmioiden kautta. Tällaisissa tilanteissa on varmistuttava siitä, että linjoilla on riittävästi tilaa kulkea, eikä kyseiseen kolmioon ole sijoitettuna muuta yli-



määräistä tekniikkaa. Putkistojen lisäksi huoltokolmioiden kautta saattaa kulkea myös laivan rungon tukirakenteisiin kuuluvat pilarilinjat. Usein pilarilinjat suunnitellaan kuitenkin huoltokolmion ulkopuolelle, jolloin ne kulkevat hytin ja käytävän seinäpaneelin välisessä tilassa. (Lehtinen 2015.)



Kuva 5. Huoltokolmio, johon on sijoitettu paloposti (1) ja käsisammutin (2) (Elo-matic 2015).

Jokainen pääpaloalue vaati sääntöjen mukaan kaksi palopostia (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part C reg. 10.2.1). Hyttialueilla palopostit sijoitetaan aina joihinkin alueen huoltokolmioista, kuten kuvassa 5 (Lehtinen 2015).

## 2.7 Tilakategoriointi

Jotta laivassa olevien tilojen palovaarallisuutta ja paloeristystarvetta pystyttäisiin arvioimaan, on IMO luonut systeemin, jolla tilat jaetaan tilakategorioihin niiden palovaarallisuuden mukaan. Tilakategorioiden avulla määritetään, minkälainen palonkestävyys tilojen välisille rajapinnoille vaaditaan. Rajapinnat voivat olla vierekkäisten tilojen välisiä laipioita tai päällekkäisten tilojen välisiä kansia. Tilat tulee eristää toisistaan joko A-, B- tai C-luokan rajapinnoilla riippuen siitä, mitkä

tilakategoriat ovat kyseessä. A-luokan rajapinta, eli teräs tai samanarvoinen materiaali, on palonkestävyydeltään kaikkein kestävin. B-luokka tulee kestävyudessa (esim. seinäpaneeli) toisena A-luokan jälkeen. C-luokka on palonkestävyydeltään kaikkein heikoin. Luokan määrittävään kirjaimeseen voidaan myös liittää numero kuvaamaan eristyskykyä. Esimerkiksi luokka B-15 tarkoittaa, että vastakkaisella puolella pinnan lämpötila ei 15 minuutin aikana nouse missään kohdassa yli 225 °C. (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part A reg. 3.)

Matkustaja-aluksissa tilakategorioita on yhteensä 14 ja ne on määritelty SOLAS-säännöstössä kohdassa Ch. II-2 part C reg. 9.2.2.3. Kyseisestä kohdasta löytyvät myös taulukot (kuva 6) tilakategorioiden välisten rajapintojen valitsemiseen.

Matkustaja-aluksissa hyttikäytävien tilakategoria on SOLAS-säännösten mukaan 3 ja hyttien 7 (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part C reg. 9.2.2.3).

Tilakategoria (3), Käytävät

- Käytävät ja aulat, jotka ovat matkustajien tai henkilökunnan käytössä

Tilakategoria (7), Asuintilat (kohtalainen palovaara)

- Kuten kategorian 6 tilat, mutta sisustuksen ja kalusteiden palovaaraa ei ole rajoitettu (kansiala on alle 50 m<sup>2</sup>).
- Yleiset tilat joissa käytettyjen kalusteiden ja sisustusaineiden palovaara on rajoitettu mutta joiden kansiala yli 50 m<sup>2</sup>.
- Asuintiloissa olevat erilliset kaapistot ja pienet varastosuojat, joiden pinta-ala on alle 4 m<sup>2</sup>.
- Lisäksi seuraavat tilat, joissa ei käytetä avoliekkiä eikä säilytetä palavia nesteitä: Myymälät, elokuvien projektorihuoneet ja filmien säilytystilat, erikoiskeittiöt, siivousvälinekomerot, laboratoriot, apteekit, pienet (<4 m<sup>2</sup>) kuivaushuoneet, arvoesineiden säilytystilat, toimenpidehuoneet.

Kuvan 6 taulukon mukaan tilakategorioiden 3 ja 7 välille tulee valita luokan B-15 rajapinta.

**Bulkheads not bounding either main vertical zones or horizontal zones**

Spaces	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	
Control stations	(1)	B-0 <sup>a</sup>	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-60	A-60	A-0	A-0	A-60	A-60	A-60	
Stairways	(2)		A-0 <sup>a</sup>	A-0	A-0	A-0	A-0	A-15	A-15	A-0 <sub>c</sub>	A-0	A-15	A-30	A-15	A-30
Corridors	(3)			B-15	A-60	A-0	B-15	<b>B-15</b>	B-15	B-15	A-0	A-15	A-30	A-0	A-30
Evacuation stations and external escape routes	(4)					A-0	A-60 <sup>b,d</sup>	A-60 <sup>b,d</sup>	A-60 <sup>b,d</sup>	A-0 <sub>d</sub>	A-0	A-60 <sup>b</sup>	A-60 <sup>b</sup>	A-60 <sup>b</sup>	A-60 <sup>b</sup>
Open deck spaces	(5)						A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0
Accommodation spaces of minor fire risk	(6)						B-0	B-0	B-0	C	A-0	A-0	A-30	A-0	A-30
Accommodation spaces of moderate fire risk	(7)							B-0	B-0	C	A-0	A-15	A-60	A-15	A-60
Accommodation spaces of greater fire risk	(8)								B-0	C	A-0	A-30	A-60	A-15	A-60
Sanitary and similar spaces	(9)									C	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0
Tanks, voids and auxiliary machinery spaces having little or no fire risk	(10)										A-0 <sup>a</sup>	A-0	A-0	A-0	A-0
Auxiliary machinery spaces, cargo spaces, cargo and other oil tanks and similar spaces of moderate fire risk	(11)											A-0 <sup>a</sup>	A-0	A-0	A-15
Machinery spaces and main galleys	(12)												A-0 <sup>a</sup>	A-0	A-60
Store-rooms, workshops, pantries, etc.	(13)													A-0 <sup>a</sup>	A-0
Other spaces in which flammable liquids are stowed	(14)														A-30

Kuva 6. Muilta kuin pääpalolaipioilta vaadittu palonkestävyys (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part C reg. 9.2.2.3).

Koska sääntöjen mukaan tilan rajapinnalla olevan aukon on oltava suljettuna vähintään samaa palonkestävyystasoa ympäröivän rajapinnan kanssa, on hyttien ovet oltava myös luokkaa B-15. B-luokasta johtuen hyttiovien tulee olla itsestään sulkeutuvia ja valmistettu palamattomasta materiaalista. Pääpalovyöhykkeiden rajalla ja porraskuiluissa ovien on oltava luokkaa A. Se tarkoittaa, että ovien on oltava itsestään sulkeutuvia ja laukaistavissa sekä etäohjatusti että paikan päältä. Tällaisia ovat esimerkiksi hyttikäytäviltä portaikkoon johtavat ovet. (IMO 1974. Ch. II-2 part C reg. 9.4.1.2.)

Hyttialueilla porrasaula ja portaikko tulee erottaa varsinaisista majoitustiloista (hyttikäytävät ja hytit) A-luokan rajapinnoilla. Ulkoseinä on myös A-luokan rajapinta ja hyttien kohdalla tarkemmin luokkaa A-60.

## 3 PAKOTIET

### 3.1 Matkustaja-aluksia koskevat pakotiesäännöt (Yleiset tilat)

Pakoteiden tarkoituksena on taata laivan matkustajille turvallinen ja nopea reitti kokoontumisasemille ja venekansille hätätilanteen sattuessa. Niiden merkitys korostuu etenkin suurissa risteily-aluksissa, joissa matkustajamäärät ovat suuria, ja tilat ovat jakautuneet useille kansille. Näistä syistä matkustajalaivoja koskevat pakotiesäännöt ovat erittäin tiukat.

Pakoteiden suunnittelun perustana käytetään IMO:n kansainvälistä SOLAS-yleissopimusta, jossa määritellään pakoteita koskevat säännöt ja vaatimukset (IMO 2014a).

Tässä osiossa käsiteltävät pakotiesäännöt eivät koske nopeita matkustaja-aluksia (high speed craft) eivätkä rahtialuksia. Osion säännöt koskevat ainoastaan risteilyalusten ja matkustaja-autolauttojen valvonta- majoitus- ja palvelutiloja. Huomioon ei oteta myöskään konetilojen pakotievaatimuksia.

#### 3.1.1 Poistumisreitit laipiokannen ylä- ja alapuolella

Laipiokannella tarkoitetaan ylintä kantta, johon vesitiiviit laipiot ulottuvat. Laipiokannen yläpuolella tiloista, tai tilaryhmistä tulee olla kaksi poistumisreittiä, joista toinen johtaa pelastautumiskannelle vievään portaikkoon. Hissit eivät voi toimia pakoteinä (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part D reg. 13.2). Pelastautumiskannelle vievän pakotien on kuljettava suojattua sisäreittiä pitkin ja sen on täytettävä SOLAS-säännöstössä annetut palonkestävyys- ja eristysarvot. (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part D reg. 13.3.2.4.)

Myös laipiokannen alapuolisia tiloja koskevat samat edellä mainitut säännöt, kuin laipiokannen yläpuolisiakin tiloja. Lisävaatimuksena on, että toinen pakoreiteistä on oltava VT-ovista riippumaton. Tällä tarkoitetaan käytännössä sitä, että tilasta poistuminen ei vaadi VT-ovien avaamista. Laipiokannen alapuolisissa

tiloissa, jotka ovat miehitettyjä vain satunnaisesti, voidaan toinen pakoreitti jättää poikkeuksellisesti kokonaan pois. (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part D reg. 13.3.2.1.)

### 3.1.2 Porraskuiluihin yhteydessä olevat tilat

Käytäviltä on oltava suora yhteys asuin- ja työskentelytiloissa oleviin portaikkoihin. Tungosten estämiseksi on portaikkojen ja käytävien mitoituksessa otettava huomioon pakotietä käyttävien henkilöiden todennäköinen lukumäärä hätätilanteen sattuessa. Pakoteinä toimivien portaikkojen ja käytävien mitoituslaskelmissa noudatetaan kansainvälistä FSS-koodia. (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part D reg. 13.3.2.)

Portaikkokuilujen rajapintojen sisällä ainoastaan seuraavat tilat ovat sallittuja:

- Yleiset käymälät
- Palamattomasta materiaalista olevat kaapit, joissa säilytetään pelastustumisvälineitä
- Info-piste

Lisäksi portaikkoihin saavat suoraan olla yhteydessä seuraavat tilat:

- Käytävät
- Hissit
- Yleiset käymälät
- Eryistilat ja ro-ro-tilat, joihin matkustajilla on vapaa kulku
- Ulkotilat
- Poistumisteinä käytettävät muut portaikot

Suora yhteys portaikkoon sallitaan myös lyhyille käytäville sekä auloille, joiden tarkoituksena on erottaa portaikkokuilu keittiötiloista tai pääpesulasta, ja mikäli niiden nettokansiala on vähintään 4,5 m<sup>2</sup>, leveys vähintään 900 mm ja ne on varustettu paloletkulla. (IMO 1974. SOLAS Ch. II-2 Reg. 13.3.2.3.)

### 3.1.3 Pakoteiden merkitseminen

Portaikot, käytävät ja uloskäynnit on varustettava hätävalaistuksella eli LLL-järjestelmällä. Järjestelmä voidaan toteuttaa joko itsevalaisevilla liuskoilla, tai erityyppisillä valo-ratkaisuilla (kuten led), ja se voidaan asentaa joko laipioon tai kanteen. Itsevalaisevien liuskojen toiminta perustuu fotoluminesenssi-ilmiöön, jolloin ne eivät vaadi toimiakseen sähköä. Valoihin perustuva LLL-järjestelmä on kytkettävä erilliseen sähkön hätäverkkoon. (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part D reg. 13.3.2.5.)

### 3.1.4 Dead-end-käytävät

Dead-end-käytävällä tarkoitetaan tilannetta, jossa käytävä tai sen haara päättyy umpikujaan ja käytävän syvyys on suurempi kuin leveys. Dead-end-käytävät ovat lähtökohtaisesti kiellettyjä, mutta tietyissä tapauksissa ne sallitaan käytännön syistä johtuen. Esimerkiksi palvelualueilla, joissa sijaitsee laivan operoinnin kannalta tärkeitä toimintoja, kuten bunkraus-asemia tai varastojen täydennykseen tarkoitettuja poikittaisia lastauskäytäviä, dead-end-käytävät ovat sallittuja. Kyseiset alueet tulee eristää laivan muista tiloista, ja matkustajien pääsy näihin tiloihin tulee estää. (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part D reg. 13.3.1.)

### 3.1.5 Ovet

Pakoteinä toimivien ovien on lähtökohtaisesti auettava pakotien suuntaan. Poikkeuksena ovat hyttien ovet, jotka voivat aueta myös pakotien suuntaa vastaan. Tällä ratkaisulla on tarkoitus välttää mahdollisia loukkaantumisia, jotka saattaisivat aiheutua hyttikäytävälle auki olevaan oveen törmäämisestä. Sillä myös estetään tukosten syntyminen hyttikäytävälle. Myös pako-trunkkien ovet voivat aueta pakotien suuntaa vastaan. Jos halutaan, että hyttien ovet aukeavat pakotien suuntaan, on hyttikäytävälle suunniteltava syvennykset eli resessit. (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part D reg. 13.3.)

### 3.2 Lisävaatimukset ro-ro-aluksille

Ro-ro-aluksissa pakotiet tulee järjestää kaikista tiloista, joissa normaalisti oleskellaan. Niiden on kuljettava mahdollisimman suoraa reittiä pitkin kokoontumisasemille ilman ylimääräisiä suunnan muutoksia. Pakoreitin käyttäminen ei saa vaatia keskilaivan ylitystä, eli reitin on kuljettava laivan sillä sivulla, josta se on alun perin lähtenyt. Matkustajatiloista kokoontumisasemille ja ulkokansille siirtyminen ei saa vaatia enempää kuin kahden kansivälin kulkemisen ylös tai alas. (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part D reg. 13.7.1.)

Pakoreiteille ei saa asettaa huonekaluja eikä muita esineitä, jotka voisivat mahdollisesti tukkia reitin. Yleisissä tiloissa huonekalut, kuten kaapit ja pöydät, on kiinnitettävä, jotta ne eivät lähtisi liikkeelle laivan kallistuessa. (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part D reg. 13.7.1.)

Ro-ro-aluksissa poistumisreitti venekansille tulee varustaa kaiteella tai muulla tartuntakahvalla koko matkalta niin, että tukea voi ottaa aina kun mahdollista. Kaiteet on asennettava molemmin puolin käytävää, jos pitkittäiskäytävän leveys on yli 1 800 mm, tai poikittaiskäytävän yli 1 000 mm. Edellä mainitut säännöt koskevat myös matkustaja-autolauttoja, eli niin kutsuttuja RoPax-aluksia. (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part D reg. 13.7.3.)

Kaiteet sijoitetaan yleensä noin 900 mm:n korkeudelle kannesta (Soininen 2015). Kaiteen on kestettävä samanaikaisesti sekä 750 N/m suuruinen vaakasuuntainen kuormitus, että yhtä suuri pystysuuntainen kuormitus. Seinäpaneelin on 0,5 metrin korkeudelle asti kestettävä 750 N/m suuruinen kuormitus, jotta sitä voidaan käyttää kulkualustana laivan ollessa voimakkaasti kallistunut. (IMO 1974. SOLAS, Ch. II-2 part D reg. 13.7.3.)

### 3.3 LLL-järjestelmä

LLL-järjestelmällä tarkoitetaan hätävalaistus-systeemiä, jonka tarkoituksena on merkitä pelastautumisasemalle johtava pakoreitti. Järjestelmä tulee olla kaikissa

yli 36 matkustajaa kuljettavissa laivoissa (IMO 2014c. Resolution A.752(18)). Valaistus sijoitetaan aina kannen tasoon, koska tulipalotilanteessa savun muodostus tekee näkemisestä lattiatason yläpuolella lähes mahdotonta. Savusta johtuen katto- tai seinäpaneeliin kiinnitettyjä ensisijaisia hätävalaistusmerkin- töjä ei pysty havaitsemaan.

LLL-järjestelmä voidaan toteuttaa joko itsevalaisevilla liuskoilla, tai erityyppisillä valoratkaisuilla. Järjestelmän on toimittava vähintään 60 minuuttia aktivoitumi- sensa jälkeen, ja sen on luotava mahdollisimman yhtenäinen valolinja koko pa- koreitin matkalta. (IMO 2014c. Resolution A.752(18).)

### 3.3.1 PL-systeemi (Photoluminescent system)

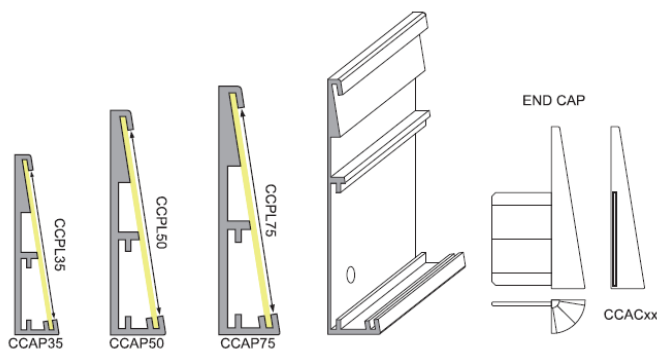
Itsevalaisevan LLL-järjestelmän eli PL-systeemin toiminta perustuu fotolumine- senssi-ilmiöön. Liuskoissa käytettävä PL-materiaali sisältää sinkkisulfidi- kemikaalia, joka ulkoiselle valolle altistuessaan varastoi energiaa. Varastoitunut energia purkautuu näkyvänä valona, kun ympäröivä valonlähde sammutetaan. Jos PL-materiaalia ei tietyn ajan kuluessa altisteta uudelleen ulkoiselle valolle, alkaa varastoituneen valon voimakkuus vähitellen heikentyä. (IMO 2014c. Re- solution A.752(18), 3.)

Liuskojen tulisi olla leveydeltään vähintään 75 mm ja niiden on toteutettava FSS-koodissa annetut valon intensiteetti-vaatimukset. Jos liuskat ovat kapeam- pia kuin 75 mm, on niiden valon intensiteettiä lisättävä. (IMO 2014c. Resolution A.752(18), 7.)

Itsevalaisevat LLL-valolinjat ovat toteutukseltaan yksinkertaisia. Niiden tukira- kenne koostuu alumiini- tai muoviprofiilista, joka kiinnitetään seinäpaneeliin (tai kanteen) ruuveilla, liimalla tai kaksipuolisella liima-teipillä. Profiiliin kiinnitetään varsinainen LLL-liuska, joka on pohjamateriaaliltaan yleensä PVC-muovia. Liuska lukitaan paikoilleen profiiliin päihin työnnettävillä päätyvaloilla. Profiileita on saatavilla eri levyisinä riippuen siitä, minkä kokoinen liuska valitaan. Liusko- jen leveys vaihtelee 35 ja 75 mm:n välillä. (cc-marine 2015.)

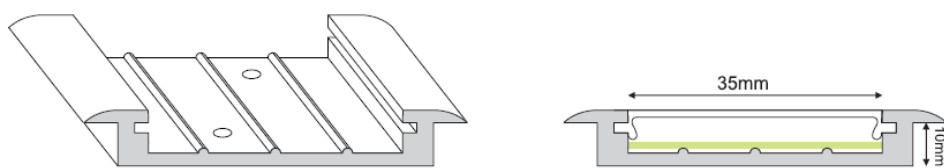


Profiileita on saatavilla myös kuvan 7 mukaisina kulma-profiileina. Tällöin liuska ei ole pystysuorassa, vaan se on asetettuna muutaman asteen kulmaan laipioon nähden.



Kuva 7. Seinäpaneeliin kiinnitettävä alumiininen kulma-profiili ja päätypalat. Korkovaihtoehdot 35, 50 ja 75 mm (cc-marine 2015).

Koska LLL-valaistus voidaan myös asentaa kanteen, on kansiasennukselle omat profiilinsa (Katso kuva 8).



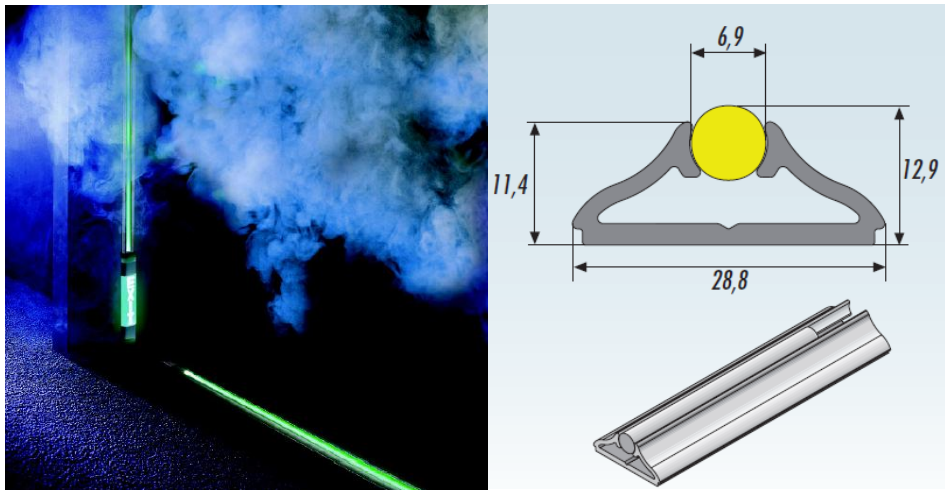
Kuva 8. Kanteen asennettava alumiini-profiili 35 mm leveälle liuskalle (cc-marine 2015).

### 3.3.2 EP-systeemi (Electrically powered system)

Sähköisesti toteutettu LLL-järjestelmä eli EP-systeemi, on kytkettävä laivan hätätauluun. Jos kyseessä on jo olemassa oleva laiva, EP-systeemi voidaan vaihtoehtoisesti kytkeä samaan tauluun päävalaistuksen kanssa. Tällöin järjestel-

män yhteyteen on asennettava erilliset vara-akut, joiden toiminta-aika on vähintään 60 minuuttia, ja joiden lataus tapahtuu päävalaistuksen kautta. EP-systeemi on järjestettävä niin, että yksittäisten valojen vioittuminen tai liuskan katkeaminen ei estä muun järjestelmän toimintaa. (IMO 2014c. Resolution A.752(18), 8.)

Valonlähteinä voidaan käyttää mm. hehkulamppuja, valodiodeja (led), elektroluminesenssi-liuskoja, tai loisteputkia (IMO 2014c. Resolution A.752(18), 8). Kuvassa 9 on esimerkki modernista valoratkaisusta, jossa hyödynnetään led-lamppuja ja optista kuitua.



Kuva 9. Valokuidulla toteutettu LLL-valaistus ja alumiiniprofiili (Teknoware 2015).

Kyseinen LLL-järjestelmä perustuu pinnalta valaisevaan optiseen valokuituun, joka koostuu valoa johtavasta ytimestä ja valoa siroavasta pinnoitteesta. Valonlähteenä käytetään LED-lamppuja, ja käyttöjännitteeksi voidaan valita 6 VDC, 12 VDC tai 24 VDC. Yhdellä LED-lampulla pystytään valaisemaan maksimissaan 3 m kuitua. Kuidun asennus tapahtuu alumiiniprofiilien avulla, jotka mahdollistavat kuidun asennuksen seinään, kanteen tai esimerkiksi kynnykseen. (Teknoware 2015)

### 3.3.3 Asennuksen suunnittelu

LLL-valaistus voidaan asentaa joko laipioon tai kanteen. Laipioon asennettaessa valolinja saa olla enintään 300 mm irti kannesta, ja kanteen asennettaessa enintään 150 mm:n etäisyydellä laipiosta. LLL-valaistus tulee asentaa aina vähintään toiselle puolelle käytävää. Jos käytävän leveys on yli kaksi metriä, on LLL-valaistuksen oltava kummallakin puolen käytävää. (IMO 2014c. Resolution A.752(18), 4.)

Hyttikäytävillä LLL-systeemi suunnitellaan lähes aina laipioon asennettavaksi. Tämä johtuu siitä, että laipioasennus on yksinkertaisempi toteuttaa ja vaatii vähemmän suunnittelua. Kansiasennuksessa LLL-systeemin joutuisi upottamaan kanteen ja mahdollisten johdotusten (EP-systeemi) vetäminen olisi hankalaa. Lisäksi laipioasennuksessa LLL-systeemi ei ole ihmisten tallottavissa ja näin ollen sen käyttöikä saadaan pidennettyä. LLL-systeemin on oltava myös yhteneväinen laivan muun LLL-systeemin kanssa, joka on yleensä laipioasenteinen.

### 3.3.4 Kilvet ja merkinnät

Dead-end-käytävissä valolinjoihin tai niiden yhteyteen tulee kiinnittää metrin välein nuoli-merkkejä, jotka osoittava poispäin Dead-end-käytävästä (IMO 2014c. Resolution A.752(18), 4.1). Oven kohdalla valolinjan on noustava kahvan korkeudelle kuvan 10 osoittamalla tavalla. Liukuviin palo-oviin ja VT-oviin on lisäksi merkittävä oven aukaisutapa. (IMO 2014c. Resolution A.752(18), 5.)



Kuva 10. Oven kohdalla LLL-valolinja nousee kahvan korkeudelle (Elomatic 2015).

LLL-systeemissä exit-merkintä tulee olla jokaisen pakotienä toimivan oven kohdalla. Merkintä tulee sijoittaa LLL-liuskaan sille puolelle käytävää, jossa oven kahva sijaitsee. (IMO 2014c. Resolution A.752(18), 6)

### 3.4 Evakuointianalyysi

Evakuointianalyysin tarkoituksena tunnistaa ja eliminoida mahdolliset ruuhkat, jotka saattavat syntyä laivan evakuointitilanteessa. Analyysillä varmistetaan, että pakotiejärjestelyt ovat joustavia ja toimivat hätätilanteissa. Evakuointianalyysillä pystytään selvittämään koko laivan evakuointiin kuluva aika. (IMO 2014d.)

Ennen analyysin tekemistä on arvioitava kullakin kannella olevien henkilöiden lukumäärä yö- ja päivätilanteissa. Tämä tehdään FSS-koodin kappaleessa 13 annettujen ohjeiden mukaisesti. Kyseiset ohjeet löytyvät tiivistettynä myös tämän opinnäytetyön luvusta 2.2. Lisäksi kullekin kannelle on tehtävä evakuointisuunnitelma, jossa esitetään ensisijaiset ja toissijaiset pakoreitit. Koska ihmisten käyttäytymistä hätätilanteissa on vaikea ennustaa, on suunnitelman laatimises-

sa pyrittävä huomioimaan kaikki mahdolliset pakotie-skenaariot. Tämä koskee koko evakuointianalyysin tekemistä. (Soininen 2015.)

Evakuointianalyysi ottaa huomioon käytävien, portaikkojen ja ovien leveydet sekä pinta-alat (pinta-ala ei koske ovia). Näiden arvojen ja FSS-koodin mukaisen henkilökuormitusarvioiden avulla lasketaan henkilötiheydet kullakin käytävällä, sekä myös portaikoissa. Kun henkilötiheydet tiedetään, pystytään selvittämään ihmismassojen virtausnopeudet ja tunnistamaan mahdolliset ruuhkakohtat. Ruuhkaa saattaa syntyä esimerkiksi kahden käytävän risteyskohdassa tai oviaukossa. Laskuissa on huomioitava myös vastavirtaan kulkeminen. Jos käytävät, portaikot tai ovet osoittautuvat liian ahtaiksi, on niiden leveyttä luonnollisesti kasvatettava. (IMO 2014d.)

Viimeisenä vaiheena lasketaan pelastautumisasemalle siirtymiseen kuluva aika kullakin kannella. Sitä pakoreittiä, jolla on pisin siirtymisaika pelastautumisasemalle, käytetään laivan evakuointiajan määrittämisessä. Siirtymisaajan tunnus on  $T$  (travel time) ja se on kerrotaan erikseen määritetyllä vastavirtakertoimella, joka ottaa huomioon ihmismassojen vastavirtaan kulkemisen. Laskemisessa huomioidaan myös reaktioaika  $A$  (awareness time), joka ihmisiltä kuluu hälytykseen reagoimiseen. Reaktioaika  $A$  yötilanteessa on 10 min ja päivätilanteessa 5 min. Lopuksi mukaan otetaan vielä pelastusveneiden laivaukseen kuluva aika  $E$  (embarkation time) ja veneiden vesille laskuun kuluva aika  $L$  (launching time). Näiden tietojen perusteella pystytään laskemaan koko laivan evakuointiin kuluva aika seuraavalla kaavalla:

$$1,25 \times (A + T) + \frac{2}{3}(E + L) \leq n.$$

Ro-ro-matkustaja-aluksissa maksimi evakuointiaika  $n$  on 60 min. Muissa kuin ro-ro-matkustaja-aluksissa, jotka sisältävät enintään kolme pääpalo-osastoa,  $n$  on myös 60 min. Yli kolme pääpalo-osastoa sisältävissä aluksissa (jotka eivät siis ole ro-ro-aluksia)  $n$  on 80 min. (IMO 2014d.)

Jos evakuointiaika ylittää sallitun maksimin, on pakoteiden mittoja tai reitityksiä muutettava. Kun muutokset on tehty, evakuointianalyysi suoritetaan uudestaan, minkä jälkeen katsotaan, päästäänkö tavoiteaikaan.

#### 3.4.1 Esimerkissä käytettävät suureet, kaavat ja taulukot

$W_c$  [m] - Vapaa leveys (Clear width)

- Käytävillä ja portaikoissa kaiteiden väliltä otettu mitta
- Oven kohdalla oviaukon leveys, kun ovi on täysin auki

$D$  [p/m<sup>2</sup>] - Alustava henkilötiheys (Initial density)

- Henkilöiden lukumäärä jaettuna käytettävän pakoreitin (hyttikäytävä) tai sen osan pinta-alalla, jossa henkilöt sijaitsevat.

$S$  [m/s] - Henkilöiden nopeus (Speed of persons)

- Pakotietä käyttävien henkilöiden nopeus
- Nopeus on riippuvainen henkilöiden ominaisvirtauksesta  $F_s$  ja pakotien tyypistä (porras, käytävä).
- Kuhunkin tilanteeseen sopiva nopeus saadaan kuvan 10 taulukoista.

$F_s$  [p/ms] - Henkilöiden ominaisvirtaus (Initial specific flow)

- Pakotien tietyn kohdan ohittavien henkilöiden lukumäärä aikayksikköä ja vapaata leveyttä kohden.
- Kuhunkin tilanteeseen sopiva alustava ominaisvirtaus saadaan kuvan 10 taulukoista.

$F_c$  [p/s] - Henkilöiden laskennallinen virtaus (Calculated flow)

- Ennustettu henkilömäärä aikayksikköä kohden pakoreitin tietyssä pisteessä.
- $F_c = F_s \times W_c$

### Muutoskohdat

- Kohtia, joissa reitti yhdistyy tai (käytävä) haarautuu, tai pakoreitin leveys muuttuu. Näissä pisteissä ulos tuleva virtaus on sisään tulevien virtausten summa.
- $\sum F_c(in) = \sum F_c(out)$

(IMO 2014d.)

**Table 1.1 Values of initial specific flow and initial speed as a function of density.**

Type of facility	Initial density $D$ (p/m <sup>2</sup> )	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
	$\geq 3.5$	0.32	0.10

**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

**Table 1.3 Values of specific flow and speed**

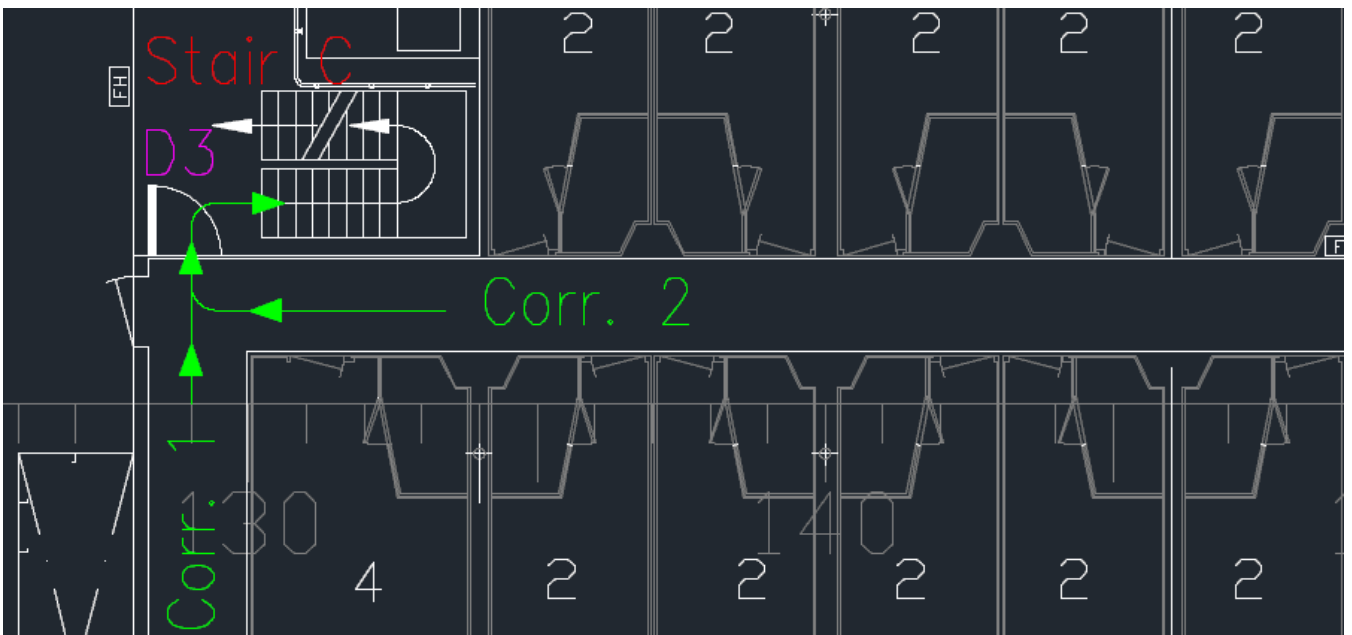
Type of facility	Specific flow $F_S$ (p/(ms))	Speed of persons $S$ (m/s)
Stairs (down)	0	1.0
	0.54	1.0
	1.1	0.55
Stairs (up)	0	0.8
	0.43	0.8
	0.88	0.44
Corridors	0	1.2
	0.65	1.2
	1.3	0.67

Kuva 11. Taulukkoarvot evakuointianalyysiä varten (IMO 2014d).

### 3.4.2 Laskuesimerkki

Tässä osiossa on esitetty hyvin yksinkertainen esimerkki evakuointianalyysin laskemisesta ro-ro-aluksen hyttialueella. Tämä laskuesimerkki käsittää vain pientä osaa koko prosessissa, eikä siis sisällä kaikkia vaiheita. Tarkoituksena on antaa lyhyt yleiskatsaus evakuointianalyysin tekemisestä. Todellisuudessa koko laivan kattava analyysi on erittäin pitkä prosessi, jonka tekemisessä saattaa kulua useita viikkoja. Lisäksi koko prosessi saatetaan joutua tekemään uudestaan, jos käytävien mittoja muutetaan.

Laskuesimerkin pohjana on käytetty suomalaisen Finnlines-varustamon Finneagle-aluksen GA:ta. Alla olevaan kuvaan merkitty vihreä viiva nuolineen esittää pakoreittiä ja sen suuntaa. Hyttikäytävät, ovet ja portaikot on merkitty joko numerolla tai kirjaimella.



Kuva 12. Poistumisreitti hyttikäytäviltä portaikkoon (Elomatic 2015).

Esimerkissä tarkoituksena on laskea henkilömäärien virtaukset kuvassa 12 esitetyllä reitillä ja selvittää niiden avulla mahdollisen ruuhkan syntyminen.



Ruuhkapisteet tunnistetaan seuraavasti:

- $D$  on suurempi tai yhtä suuri kuin  $3,5 \text{ p/m}^2$
- Kohdat, joissa sisään ja ulos tulevien virtausten (calculated flow,  $F_c$ ) ero on suurempi kuin  $1,5 \text{ p/s}$
- $F_s$  on suurempi kuin annettu maksimi (IMO 2014d.)

Evakuointianalyysissä laskut on järkevintä tehdä taulukkolaskentana, sillä laskemista ja tuloksia on paljon. Itse matematiikka on yksinkertaista. Sininen väri taulukoissa tarkoittaa, että arvo on otettu kuvan 11 taulukoista.

Item	Wc (clear width) [m]	Length [m]	Area [m <sup>2</sup> ]	Persons N	Initial density D [p/m <sup>2</sup> ]	Initial specific flow $F_s$ [p/(ms)]	Calculated flow $F_c$ [p/s]	Initial speed of persons S [m/s]
Corridor 1	1,2	9	10,8	10	0,93	0,85	1,02	1,1
Corridor 2	1,2	15,5	18,6	24	1,29	1,1	1,32	0,9
Door 3	0,9	-	-	-	-	-	0,0	-
Stair C	0,9	-	-	16	-	1,1	0,99	0,55

Taulukko 1. Käytävien, ovien ja portaikkojen lähtötiedot.

Aluksi on laskettava lähtötiedot kullekin käytävälle, portaikolle ja ovelle. Käytävien 1 ja 2 pituus (Length) sekä vapaa leveys  $W_c$  saadaan GA:sta mittaamalla. Tässä esimerkissä ne ovat valmiiksi mitattuna taulukossa 1. Seuraavaksi on selvitettävä hyteistä purkautuvien henkilöiden määrä  $N$  käytävällä 2. Oletetaan, että käytävällä 2 on 24 henkilöä. Käytävällä 1 ei ole hyttejä, mutta sen kautta oletetaan tulevan 10 henkilöä. Pituuden ja leveyden kautta saadun pinta-alan sekä oletetun henkilömäärän  $N$  avulla lasketaan henkilötiheys (Initial density)  $D$  kullakin käytävällä. Se saadaan jakamalla henkilömäärä käytävän pinta-alalla. Alustava ominaisvirtaus (Initial specific flow)  $F_s$  ja nopeus (Initial speed of persons)  $S$ , saadan kuvan 11 taulukosta (table 1.1) henkilötiheyden  $D$  avulla. Tarkojen arvojen saamiseksi on käytettävä apuna lineaarista interpolaatiota. Lopuksi lasketaan  $F_c$  (Calculated flow) kullekin käytävälle kaavasta  $F_c = F_s \times W_c$ .

Portaikon  $F_c$  oletetaan olevan 1,0 p/s, koska ylemmältä kannelta tulee 16 henkilöä. Oville yksinään, ei voi laskea virtausta  $F_c$ .

Seuraavan vaiheen tarkoituksena on selvittää, mitä tapahtuu, kun käytäviltä 1 ja 2 tulevat henkilövirrät yhdistyvät ja kulkevat oven D3 kautta portaikkoon C. Laskut ja tulokset esitetään edelleen taulukkomuodossa.

Stairs, doors & corridors	Wc (clear width) [m]	Persons (N)		Specific flow $F_s$ in [p/(ms)]	Specific flow $F_s$ out [p/(ms)]	Max specific flow $F_s$ [p/(ms)]	Specific flow $F_s$ [p/(ms)]	Calculated flow in $F_c$ [p/s]	Calculated flow out $F_c$ [p/s]	Speed of persons $S$ [m/s]
		From current route	Total including those from other routes							
Door 3	0,9	24	34	1,95	1,95	1,3	1,3	2,34	1,76	N.A.
Stair C	0,9	34	50	1,95	3,06	1,1	1,1	2,75	2,75	0,55

Taulukko 2. Ihmismassojen virtaukset pakoreitillä.

Termillä "in" tarkoitetaan sisään tulevaa virtausta ja termillä "out" ulos tulevaa virtausta. Ensinnäkin on selvitettävä ovelle D3 tuleva ominaisvirtaus  $F_s$  in. Ajatellaan, että käytäviltä 1 ja 2 tulevat virtaukset yhdistyvät, ennen kuin ne menevät oven D3 lävitse. Tällöin  $F_s$  in<sub>(ovi)</sub> määritetään laskemalla käytävien 1 ja 2 ominaisvirtaukset (Initial specific flow,  $F_s$ ) yhteen, eli

$$F_s in_{(door)} = F_{s(corr. 1)} + F_{s(corr. 2)} = 0,85 \frac{p}{ms} + 1,10 \frac{p}{ms} = 1,95 \frac{p}{ms}.$$

Maksimi  $F_s$  (max specific flow  $F_s$ ) kullekin tilanteelle saadaan kuvassa 11 olevasta taulukosta (table 1.2).

Seuraavaksi on laskettava ovelle D3 tuleva laskennallinen virtaus  $F_c$  in<sub>(door)</sub>. Se saadaan laskemalla käytävien 1 ja 2 laskennalliset virtaukset (calculated flow,  $F_c$ ) yhteen, eli

$$F_c in_{(door)} = F_{c(corr. 1)} + F_{c(corr. 2)} = 1,02 \frac{p}{s} + 1,32 \frac{p}{s} = 2,34 \frac{p}{s}.$$

Tämän jälkeen lasketaan oven  $F_c out_{(ovi)}$ . Muutospisteessä, jossa reitti jakautuu kahdeksi tai useammaksi reitiksi, jokaisen reitin  $F_c$  on verrannollinen niiden vaapaaseen leveyteen. Tätä voidaan soveltaa myös kuvan 12 tilanteessa, jossa kaksi reittiä yhdistyy yhdeksi reitiksi.  $F_c out_{(door)}$  lasketaan siis seuraavasti

$$F_c out_{(door)} = \frac{F_c in_{(door)} \times W_{c(door)}}{W_{c(corr. 2)}} = \frac{2,34 \frac{p}{s} \times 0,9 m}{1,2 m} = 1,76 \frac{p}{s}$$

Kun  $F_c out_{(door)}$  tiedetään, voidaan laskea  $F_s out_{(door)}$  hyödyntämällä kaavaa  $F_c = F_s \times W_c$ . Kaavasta johtamalla saadaan

$$F_s out_{(door)} = \frac{F_c out_{(door)}}{W_{c(door)}} = \frac{1,76 \frac{p}{s}}{0,9 m} = 1,95 \frac{p}{ms}$$

Koska  $F_s out_{(door)}$  ylittää maksimin (max specific flow), ominaisvirtaus (specific flow)  $F_s out_{(door)}$  on yhtä suuri kuin annettu maksimi, eli 1,3.

Viimeisenä vaiheena määritetään portaikolle C tulevat virtaukset. Tässä tapauksessa portaikon  $F_s in_{(stair)}$  on sama, kuin oven  $F_s out_{(door)}$ , eli 1,95.

Portaikon  $F_c in_{(stair)}$  lasketaan lisäämällä oven  $F_c out_{(door)}$  portaikossa jo olevaan virtaukseen  $F_c in_{(stair)}$ . Lasku on siis seuraava

$$F_c in_{(stair)} = F_c out_{(ovi)} + F_c in_{(stair)} = 1,76 \frac{p}{s} + 0,99 \frac{p}{s} = 2,75 \frac{p}{s}$$

$F_c out_{(stair)}$  on sama kuin  $F_c in_{(stair)}$ , eli 2,75 p/s, koska oven ja portaikon leveydet ovat samat. Lasku on kuitenkin seuraava

$$F_c out_{(stair)} = \frac{F_c in_{(stair)} \times W_{c(stair)}}{W_{c(door)}} = \frac{2,75 \frac{p}{s} \times 0,9 m}{0,9 m} = 2,75 \frac{p}{s}$$

$F_s out_{(stair)}$  lasketaan seuraavasti

$$F_s out_{(stair)} = \frac{F_c out_{(stair)}}{W_{c(stair)}} = \frac{2,75 \frac{p}{s}}{0,9 m} = 3,06 \frac{p}{ms}$$

Koska  $F_s \text{ out}_{(stair)}$  ylittää maksimin (max specific flow), ominaisvirtaus (specific flow)  $F_s \text{ (stair)}$  on yhtä suuri kuin annettu maksimi, eli 1,1 p/ms. Nopeus  $S$  portaikossa saadaan kuvasta 11 (table 1.3). Tässä tapauksessa portaita kuljetaan alaspäin, jolloin nopeudeksi  $S$  saadaan 0,55 m/s.

Taulukon 1 tuloksista huomataan, että ruuhkaa ei synny käytäville 1 eikä 2, kun niitä käsitellään erillisinä käytävinä. Käytävän 1 henkilötiheys  $D$  on 0,93 p/m<sup>2</sup> ja käytävällä 2 vastaava arvo on 1,29 p/m<sup>2</sup>. Kumpikaan ei siis ylitä arvoa 3,5 p/m<sup>2</sup>, joka on raja-arvo ruuhkan syntymiselle. Käytävien leveyttä ei tarvitse tässä tapauksessa kasvattaa.

Taulukon 2 tuloksia tarkastellessa huomataan, että ruuhkia syntyy, kun käytäville 1 ja 2 tulevat henkilövirrat yhdistyvät ja kulkevat oven kautta portaikkoon. Ominaisvirtaukset oven kummallakin puolella ja portaikoissa ylittävät annetut maksimiarvot. Ominaisvirtaus ennen ( $F_s \text{ in}$ ) ja jälkeen ( $F_s \text{ out}$ ) oven on 1,95 p/ms, mikä ylittää maksimiarvon 1,3 p/ms. Myös portaikossa ylitetään sille määritetty maksimiarvo 1,1 p/ms, eli ruuhkaa syntyy myös portaikossa. Koska virtauksen maksimiarvot ylittyvät oven kohdalla, voidaan oven leveyden kasvattamista harkita. Samaa voidaan miettiä myös portaikossa. Tämä ei kuitenkaan ole välttämätöntä, sillä ylitykset eivät ole merkittävän suuria ja pientä ruuhkaa syntyy lähes aina. Lisäksi on huomioitava kokonaisuus, eli se, vaikuttaako ruuhka negatiivisesti laivan kokonaisevakuointiaikaan. Jos esimerkissä käsiteltävä ”solmukohta” aiheuttaisi maksimievakuointiajan ylittymisen, tulisi oven ja portaikon leveyksiä kasvattaa. Todellisuudessa yksittäinen ”solmukohta” tuskin aiheuttaisi ongelmia evakuointiajassa, vaan kyse on yleensä monen asian summasta.

## 4 YHTEENVETO

Hyttialueiden suunnittelussa tiivis kommunikointi eri alojen osastojen välillä on tärkeää. Hyvällä yhteydenpidolla varmistetaan tilojen riittävyys ja vältetään tila-  
varausten päällekkäisyydet ja muut suunnitteluvirheet. LVI-tekniikka on tilaa  
vievin osa-alue ja siksi sille on jo hyvissä ajoin varattava riittävät kulku- ja asen-  
nustilat.

Laivan runkorakenteiden mitat, kuten kaarijako ja pääpaloalueen pituus, vaikut-  
tavat hyttien jakomittaan ja päinvastoin. Kaarijaot on valittava niin, etteivät kaa-  
ret osu samaan kohtaan hyttien ikkunoiden tai muiden ulkonevien rakenteiden  
kanssa. Web-kaarien tulisi osua hyttien väliin.

Hyttikäytävien leveyden sanelevat pitkälti pakotiesäännöt ja evakuointianalyysin  
tulokset. Liian kapeat käytävät ja epäkäytännölliset pakotiejärjestelyt ilmenevät  
ruuhkana evakuointianalyysissa, mikä saattaa pidentää laivan evakuointiaikaa.  
Hyttialueilla Dead-end-käytävät ovat kiellettyjä ja käytävät on varustettava joko  
itsevalaisella tai sähköisellä LLL-järjestelmällä. Yhden pääpaloalueen katta-  
valta hyttialueelta on oltava kaksi poistumisreittiä, joista toisen on johdettava  
pakotienä toimivaan portaikkoon.

Hyttialueen suunnittelu vaati useiden osa-alueiden samanaikaista huomioimista.  
Monet keskenään täysin erilaiset asiat saattavat usein olla sidoksissa toisiinsa.  
Tämän raportin osalta voidaan todeta, että turvallisuus on yhteinen nimittäjä  
monissa mitoituksiin liittyvissä asioissa.

Opinnäytetyö täyttää sille asetetut tavoitteet. Se tarjoaa yleistiedot hyttialueen  
mitoituseriaateista ja selvittää tärkeimmät hyttialueita koskevat pakotiesään-  
nöt. Asiantuntijoita haastatteleamalla, sekä alan kirjallisuutta ja säännöstöjä tut-  
kimalla tuloksena saatiin tiivis, matkustaja-aluksen hyttialueita koskeva tietopa-  
ketti, joka ottaa huomioon myös turvallisuusnäkökohdat hyttialuesuunnittelussa.  
Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää oppimateriaalina etenkin aloittelevien insi-  
nöörien koulutuksessa.

Työtä voisi kehittää pidemmälle tarkastelemalla enemmän sitä, miten luokituslaitokset ottavat kantaa hyttialueiden ja käytävien mitoituksiin. Tämä työ käsittelee edellä mainittuja asioita ainoastaan IMO:n kansainvälisten sääntöjen ja määräysten, sekä asiantuntijoiden työperäisen kokemuksen pohjalta. Lisäksi evakuointianalyysiin liittyviin laskentamenetelmiin voisi perehtyä vielä kattavammin.

## LÄHTEET

cc-marine 2015. Viitattu 31.1.2015. [www.cc-marine.com](http://www.cc-marine.com)

Elomatic 2015. Viitattu 10.2.2015 [www.elomatic.com](http://www.elomatic.com) > Company

IMO 2014a. Viitattu 18.12.2014 [www.imo.org](http://www.imo.org) > About IMO > Conventions > List of Conventions

IMO 2014b. FSS-code. Vuoden 2014 painos. IMO

IMO 2014c. IMO Resolution A.752(18)

IMO 2014d. MSC.1/Circular.1238

IMO 1974. SOLAS. Vuoden 2014 painos. IMO

Lehtinen, J. Haastattelu 16.3.2015. Elomatic Oy, Turku.

Royal Caribbean 2015. Viitattu 12.3.2015 [www.royalcaribbean.fi](http://www.royalcaribbean.fi)

Räisänen, P. (toim.) 2000. Laivatekniikka, Modernin laivanrakennuksen käsikirja. Turku. Turun Ammattikorkeakoulu

Sirén, T. Haastattelu 5.2.2015. Elomatic Oy, Turku.

Soininen, M. Haastattelu 12.2.2015. Elomatic Oy, Turku.

Teknoware 2015. Viitattu 1.2.2015. [www.teknoware.fi](http://www.teknoware.fi)