

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Meritekniikka

2018

Mikko Turpeinen

PORTAIKKOJEN MODUULIRAKENTAMISEN KANNATTAVUUS

Verrattuna vanhan tavan porrarakentamiseen
matkustajalaivassa

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Meritekniikka

Kevät 2018 | 32

Mikko Turpeinen

PORTAIKKOJEN MODUULIRAKENTAMISEN KANNATTAVUUS

Verrattuna vanhan tavan porrarakentamiseen matkustajalaivassa

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla portaikkojen moduulirakentamisen ja vanhan tavan porrarakentamisen kannattavuutta R&M Ship Technologies Finland Oy:n toimeksiantona.

Työssä tarkastellaan, mitä eri komponentteja matkustaja- ja miehistöportaikkoihin liittyy ja miten rakennustavat eroavat toisistaan. Samalla vertaillaan kahden eri rakennustapojen kustannuksia.

Työn alussa käsitellään tarkemmin, mitä portaikot ovat ja mitä niiden rakenteisiin kuuluvat. Samassa luvussa esitellään myös, mitä sääntöjä ja määräyksiä portaikkojen rakennuksessa on otettava huomioon. Työn pääluvussa selvitetään moduulirakentamisen tavoitteita ja kannattavuutta. Lopussa vertaillaan moduloinnista syntyviä lisäkustannuksia verrattaessa vanhaan rakennustapaan.

Työstä saadut tulokset osoittavat vanhan tavan portaikon rakennustavan kannattavammaksi moduulirakentamisesta syntyvien lisäkustannusten takia. Työn tavoitteet saavutettiin.

ASIASANAT:

Matkustajaportaikko, miehistöportaikko, modulointi, moduulirakentaminen, askelma, reisipalkki, lepotaso

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Naval Architecture and Marine Engineering

Spring 2018 | 32

Mikko Turpeinen

PROFITABILITY OF STAIRWAYS` MODULE CONSTRUCTIONS

Compared to the old method of constructing in a passenger ship

The main objective of this thesis was to investigate the profitability of stairways` module construction and compare it to the old way of constructing stairways in passenger ships. This thesis was commissioned by R&M Ship Technologies Finland Oy.

In the thesis the different components used in building passenger and crew stairways and, also the differences between the construction methods were introduced. The costs of the construction methods were considered as well.

This thesis consists of different chapters. In the beginning, the stairways of passenger ships and what they consist of are explained. After that, all the regulations that should be considered when constructing the stairways are introduced. In the end, the cost efficiency of the module construction compared to the old method of constructing the stairways is explained.

The results of the research indicate that it is more efficient to use the old method of constructing the stairways, rather than module construction. According to the research results of the thesis, it is more cost effective to build the stairways with the old construction method, since there are a lot of extra costs in the module constructing. The objective of the thesis was achieved.

KEYWORDS:

Passenger stairs, crew stairs, modulation, module construction, step, stringer, landing

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Tavoitteet ja tarkoitus	7
1.2 Yritysesittely	7
2 PORTAIKOT	8
2.1 Rakenteet	9
2.2 Rakentamista koskevat säännöt ja määräykset	15
3 PORTAIKON MODUULIRAKENTAMINEN	17
3.1 Kiinnitys	18
3.2 Haasteet ja kannattavuus	19
3.3 Rajoitteet	20
3.4 Kuljetus ja varastointi	21
3.5 Aikataulu	21
3.6 Tavoitteet ja tarkoitus	21
4 VANHAN TAVAN PORRASRAKENTAMINEN	23
4.1 Prosessin kulku	23
4.2 Varastointi ja kuljetus	24
4.3 Aikataulu	24
5 PORTAIKON VUORAUS JA TEKNIikka	25
5.1 Matkustajaportaikko	25
5.2 Osittain vuorattu miehistöportaikko	26
6 KUSTANNUSTEN VERTAILU	28
6.1 Moduloinnista aiheutuvat lisäkustannukset verrattuna vanhaan tapaan	28
6.2 Teräsrakenteiden kustannukset	29
7 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	32

KUVAT

Kuva 1. Miehistöportaikon rakennusvaihe.	8
Kuva 2. Miehistöportaikon rakenteet.	9
Kuva 3. Miehistöportaikon reisipalkit ja askelmat.	10
Kuva 4. Tukirauta matkustajaportaikon askelman sisällä.	11
Kuva 5. Matkustajaportaikon reisipalkit ja askelmat.	11
Kuva 6. Matkustajaportaikon kaiteet. (Orsap.fi 2018)	13
Kuva 7. Miehistöportaikon kaiteet.	13
Kuva 8. Lepotason kiinnitys pituussuunnalta L-raudoilla.	14
Kuva 9. Lepotason kiinnitys teräsputki-menetelmällä.	15
Kuva 10. Miehistöportaikon moduuli.	17
Kuva 11. Vuorattu matkustajaportaikko. (Orsap.fi 2018)	26
Kuva 12. Osittain vuorattu miehistöportaikko.	27
Kuva 13. Teräsrakenteiden kustannukset	30

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Hitsaus	Teräsrakenteiden liitostapa
IMO	International maritime organization/ kansainvälinen merenkulkujärjestö
Kehyskaari	Isompi jäykistäjä
Lohko	Lohkovalmistuksen perusyksikkö. Siihen kuuluu kansi ja sen alapuoleiset rakenteet kuten laipiot.
Moduuli/ esivalmiste	Erikseen hyvissä olosuhteissa rakennettu osakokoonpano, joka asennetaan laivaan.
mm	Mittayksikkö. Millimetri.
m ²	Neliömetri
Pulbi	Pienempi jäykistäjä
RHS-putki	Teräksestä tehty suorakulmainen putki
SOLAS	Kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä
Suurlohko	Rungon koonnin koontiyksikkö. Tehdään lohkoista, joita on yleisesti 3-4 päällekkäin.
Toleranssi	Terästyön hyväksyttävä epätarkkuus

1 JOHDANTO

1.1 Tavoitteet ja tarkoitus

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia portaikkojen moduulirakentamisen kannattavuutta hinnallisesti ja ajallisesti verrattuna vanhan tavan porraskentämiseen. Samalla selvitetään, mistä moduulirakentamisen lisäkustannukset syntyvät.

Työ on tehty kokonaistoimittajan näkökannalta, eikä työssä ole huomioitu telakan kustantamia materiaaleja. Työ tehtiin R&M Ship Technologies Finland Oy:n toimeksiantona.

Työ aloitetaan perehtymällä matkustajalaivan portaikkoihin ja niiden rakenteisiin. Tämän jälkeen tutustutaan ja perehdytään siihen, mitä moduulirakentaminen ja vanhan tavan porraskentäminen tarkoittavat. Lopuksi tutkitaan, mitä portaikkojen vuoraukseen ja tekniikkaan kuuluvat sekä vertaillaan kustannuksia portaikon rakennustapojen välillä.

Työn tavoitteena on vertailla portaikkojen rakennustapoja kustannuksellisesti keskenään ja selvittää, kumpi rakennustavoista on edullisempi toteuttaa.

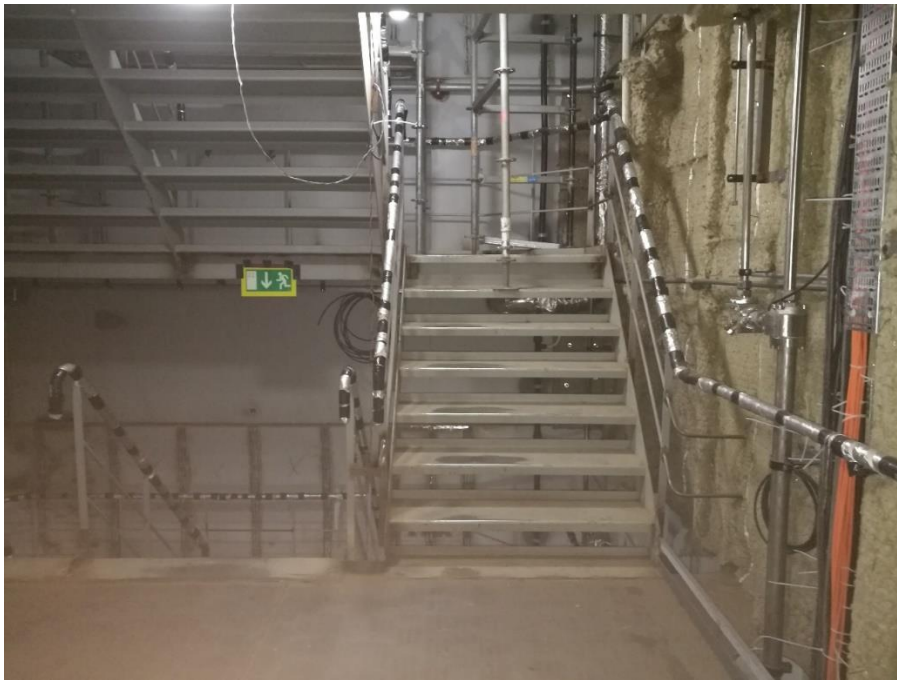
1.2 Yritysesittely

R&M Group on kansainvälinen konserni, jolla on takanaan yli 130-vuoden historia. Konsernin päämaja sijaitsee Hampurissa. Tytäryhtiöitä on Suomen lisäksi muun muassa Intiassa, Norjassa ja Yhdysvalloissa. R&M on maailmanlaajuinen sisustusvarustelutoimittaja, jonka toimituslaajuuteen kuuluvat avaimet käteen -tyyppiset ratkaisut eri laivatyypeille ja merenkulun sovelluksille. (Rm-group.com.)

Suomen aluetoimisto R&M Ship Technologies Finland Oy on perustettu vuonna 2007 ja se toimii sisustusvarustelun kokonaistoimittajana Turun Meyerin telakalla ja Rauman telakalla. R&M Ship Technologies Finland Oy:llä on yli 10 vuoden kokemus kokonaistoimittajana maailman suurimpien risteilyaluksien rakennuksessa ja uudelleen rakennuksissa. (R&M Ship Technologies Finland Oy 2017.)

2 PORTAIKOT

Portaikkojen ensisijaisena tehtävänä on toimia suurillekin matkustajamäärille hyvänä ja joustavana kulkutienä laivan eri tilojen ja kansien välillä. Toisena tehtävänä niillä on toimia yhtenä pakotienä pelastusvenekansille ja kokoontumisalueille hätätilanteissa. Miehistöportaikon rakennusaikana hätäpoistumisreitti on merkitty selvästi ja kiinnitetty portaidon rakenteisiin, joka on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Miehistöportaikon rakennusvaihe.

Miehistö- ja matkustajaportaidon rakenteiden materiaalina laivoissa käytetään terästä, ja niiden rakenteet koostuvat seuraavanlaisista komponenteista (Simolin 2017):

- Porraskuilu
- Reisipalkit
- Askelmat
- Lepotasot
- Kaiteet
- Kiinnitysjärjestelmät

Miehistöportaikon rakenteet näkyvät kuvasta 2.



Kuva 2. Miehistöportaikon rakenteet.

2.1 Rakenteet

Miehistö- ja matkustajaportaikoiden rakenneosissa on vähän eroavaisuuksia niiden erilaisen käyttötarkoituksen vuoksi, esimerkiksi: reisipalkkien, askelmien ja kaidejärjestelmien välillä. Miehistöportaikoita ei vuorata samalla tavalla kuin matkustaja portaikoita, sillä niiden ei tarvitse olla ulkomuodoltaan yhtä esteettisiä. Tällöin kustannukset pysyvät pienempinä.

Reisipalkit ja askelmat

Reisipalkeilla tarkoitetaan porraskaskelmien molemmin puolin kulkevia palkkeja, jotka kuuluvat portaikon kantavaan tukirakenteeseen. Ne kiinnitetään molemmista päistä kanteen tai lepotasolle ja niihin kiinnitetään myös askelmat sekä kaidejärjestelmät.

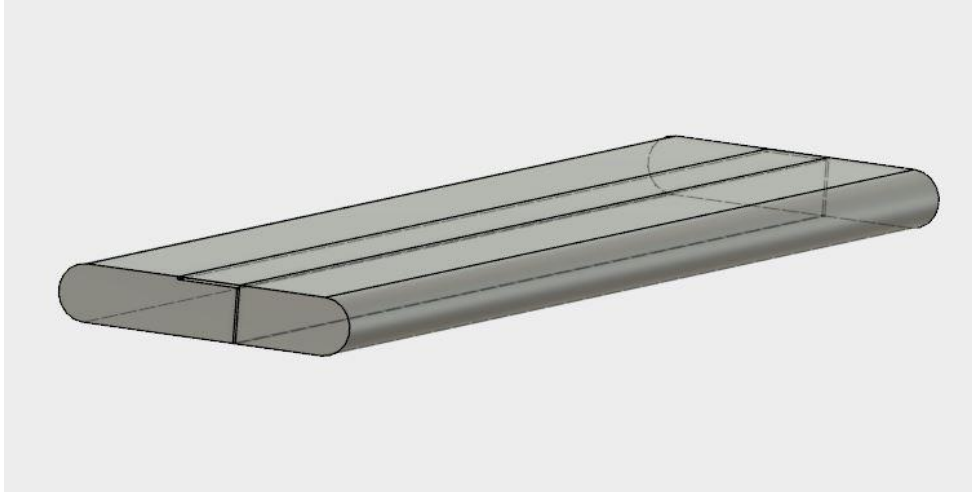
Miehistöportaikon reisipalkki tehdään yhdestä teräslevystä, jonka ainepaksuus on 7 mm. Matkustajaportaikon reisipalkki eroaa tässä sen verran, että kaksi teräslevyä, ainepaksuudeltaan 4 mm, taivutetaan U-muotoon ja ne hitsataan yhteen niin, että ne muodostavat kotelon ja tekevät siten reisipalkista vahvemman.

Askelmien tarkoitus on edesauttaa nousemista tasolta toiselle. Miehistöportaikon askelma tehdään yhdestä 5 mm teräslevystä, joka taivutetaan S-muotoon. Miehistöportaikon askelmat ja reisilevyt on esitelty kuvassa 3.

Matkustajaportaikon askelma tehdään kahdesta 3 mm teräslevystä, jotka taivutetaan U-muotoon ja hitsataan yhteen. Askelman vahvistamiseksi askelman sisäpuolelle hitsataan tuki, joka on havainnointu kuvassa 4. (Simolin 2017.) Askelman leveys määräytyy FSS-koodin pakotielaskelman mukaisesti. Portaikon minimileveys tulee olla vähintään 900 mm, tällöin askelman leveys tulee olla sama (FSS Code 2007, 30). Matkustajaportaikon reisipalkit ja askelmat on esitetty kuvassa 5.



Kuva 3. Miehistöportaikon reisipalkit ja askelmat.



Kuva 4. Tukirauta matkustajaportaikon askelman sisällä.



Kuva 5. Matkustajaportaikon reisipalkit ja askelmat.

Lepotasot

Lepotasoilla tarkoitetaan portaiden ylä- ja alapäässä olevia tasanteita. Lepotasoja käytetään tilanteissa, joissa portaikon pystysuora nousu ylittää 3,5 metriä (FSS Code 2007, 36). Lepotasojen pinta-alat määräytyvät portaikkoa pakotienä käyttävien henkilömäärien mukaisesti. Lepotason pienin sallittu pinta-ala on 2 m² ja sen pinta-alaa kasvatetaan 1 m² jokaista 10 henkilöä kohden, jotka ylittävät 20 henkilöä. Lepotason ei kuitenkaan tarvitse olla suurempi kuin 16 m². (FSS Code 2007, 37.)

Kaiteet

Kaiteet, käsijohteet ja niiden tukipylväät ovat tukia portaikoissa. Niiden tehtävänä on estää putoaminen ja kaatuminen ja lisätä turvallisuutta. Miehistöportaikkoon kaiteet rakennetaan moduulipakettina, mutta matkustajaportaikkoon vain käsijohde tehdään moduulina. Kaidetyypit on esitelty kuvissa 6 ja 7. Suomen Standardisoimisliitto on määritellyt standardissa (SFS – EN 711), mihin mittoihin kaiteet tulee asentaa ja mitä materiaaleja saa käyttää miehistö- ja matkustajaportaikoissa. FSS-koodin määrittämän säännön mukaan kaiteet pitää olla molemmin puolin portaikkoa ja suurin sallittu etäisyys kaiteiden välillä on 1800 mm. Jos tämä etäisyys ylittyy, tulee asentaa välikaide (FSS Code 2007, 36). Kaidetyypit eroavat hieman toisistaan molemmissa portaikoissa. Esimerkiksi matkustajaportaikon putoamisvaara-alueen peittämiseen käytetään lasipaneelia, kun taas miehistöportaikossa käytetään teräksisiä välikaiteita.



Kuva 6. Matkustajaportaiden kaiteet. (Orsap.fi 2018)



Kuva 7. Miehistöportaiden kaiteet.

Kiinnitysjärjestelmät

Kiinnitysjärjestelmillä tarkoitetaan portaikon rakenteiden kiinnittämistä laivan runkoon ja toisiinsa hitsaamalla. Askelmat ja reisipalkit kiinnitetään toisiinsa, jonka jälkeen ne kiinnitetään kanteen ala- ja yläpäästä. Lepotasoja tarvittaessa ne hitsataan aina ennen portaiden kiinnitystä laipioihin kiinni kuudesta eri kohdasta. Neljä kiinnitystä tehdään lepotason pituussuunnassa L-rautoja käyttäen, jotka on esitetty kuvassa 8. Lepotason pohjaan kiinnitetään suorakulmainen teräsputki ja sen sisään asennetaan toinen teräsputki, joka liikkuu teleskoopin lailla ulospäin lepotason sisältä, jolloin asentaminen on helpompaa ja asentamisvaraa on enemmän. Teräsputken kiinnitys on esitetty kuvassa 9. Lopuksi putkien välinen liitoskohta hitsataan umpeen ja toiset päät hitsataan laipioihin kiinni. (Simolin 2017.)



Kuva 8. Lepotason kiinnitys pituussuunnalta L-raudoilla.



Kuva 9. Lepotason kiinnitys teräsputki-menetelmällä.

2.2 Rakentamista koskevat säännöt ja määräykset

Portaikoon rakennukseen on asetettu sääntöjä ja määräyksiä, jotka on säädetty ihmishengen turvaamista varten merenkulussa. IMO on kansainvälinen merenkulkujärjestö, joka on laatinut ne ja niitä tulee noudattaa laivanrakennuksessa. Tärkeimmät huomioon otettavat määräykset turvallisuuteen liittyen ovat SOLAS-sopimus ja paloturvallisuusohje FSS-koodi, jotka määrittävät pakoteinä käytettävien portaikoiden tarkemmat säädökset, määräykset ja vaatimukset. SOLAS-sopimus on julkaistu ensimmäisen kerran vuonna 1974 ja FSS-koodi on lisätty tukemaan tätä vuonna 2001. Hallinnointi ja muutokset näihin toteuttaa IMO.

SOLAS-sopimuksen määräyksiä:

- Portait ja tikkaat on järjestettävä niin, että ne tarjoavat pakotien matkustajien sekä miehistön asuintiloista pelastusveneiden ja pelastuslauttojen lastauskanalle tai kokoontumisasemalle (SOLAS 2014, 193).

- Pakotienä käytettävässä portaikossa pakotiereitti täytyy merkitä hätävalaistuksella ja valaistuksen on jatkuttava yhtenäisenä aina poistumiskäynnille asti. Hätävalaistus merkitään valolla tai jälkivalaisevalla nauhalla. Suurin sallittu korkeus valaistukselle on 300 mm kannesta. (SOLAS 2014, 194.)

FSS-koodin määräyksiä:

- Pakotienä käytettävän portaikon minimi leveys ei saa olla alle 900 mm. Leveyttä kasvatetaan 10 mm jokaista henkilöä kohden, jotka ylittävät 90 henkilöä. Pakotienä käytettävän portaikon henkilömäärään otetaan huomioon 2/3 miehistöstä sekä kaikki matkustajat niistä tiloista, joita portaikko palvelee. (FSS Code 2007, 30.)

Pakotienä käytettävän portaikon leveysien mitoitusperusteet määräytyvät pakotielaskelmasta portaikkoa käyttävien henkilömäärien mukaan (FSS Code 2007, 30-31).

- Portaikot, jotka palvelevat yli 90 henkilöä, tulee olla sijoitettuna laivan keula- ja peräosaan (FSS Code 2007, 36).
- Portaikkojen pystysuora nousu ilman lepotasoja saa olla enintään 3,5 metriä ja kaltevuuskulma maksimissaan 45° (FSS Code 2007, 36).

3 PORTAIKON MODUULIRAKENTAMINEN

Portaikon moduulirakentamisella tarkoitetaan erikseen ulkopuolisella työpajalla tai telakan alueen tiloissa rakennettavaa portaikon osakokoonpanoa, joka kootaan yhdeksi moduuliksi askelmista, reisisalkeista, lepotasoista ja kaiteista. Moduloinnilla tarkoitetaan moduulin rakentamista yhden tai useamman kannen korkuiseksi moduuliksi.

Moduulin rakentamisen jälkeen, moduuli on valmis kiinnitettäväksi suurlohkoon tai laivaan. Kiinnitys tapahtuu lepotasosta ja portaista laivan runkorakenteisiin. Moduuli voi olla yhden kannen korkuinen, mutta parhaan hyödyn saamisen takaamiseksi, niiden tulisi olla 3-4 kannen korkuisia. Miehistöportaikon moduuli näkyy kuvassa 9. Matkustajaportaikon moduuli rakennetaan ilman kaiteita ja ne tehdään portaikon varustelun loppuvaiheessa. (Simolin 2017.)



Kuva 10. Miehistöportaikon moduuli.

Telakka ja tilaaja voivat vaatia, että modulointitapaa on pakollista käyttää ja toisinaan portaikon rakentaja saa itse päättää, millä tavoin haluaa sen tehdä. On myös sellaisia

tilanteita, jolloin modulointi ei ole mahdollista ja portaikko täytyy rakentaa perinteisellä vanhalla tavalla. (Ilkka Hiekkänen 9.4.2018.)

Arkkitehtiaineistolla on myös vaikutus siihen millä tavalla portaikkoa lähdetään rakentamaan. Silloin kun suunnittelu alkaa, päätetään mitä tehdään moduulirakenteina ja mitkä osat portaikosta rakennetaan perinteisesti paikan päällä vanhalla tavalla. Portaikoita ei siis rakenneta pelkästään käyttämällä moduulipaketteja, vaan perinteistä vanhaa tapaa käytetään myös. Moduuleita pyritään rakentamaan mahdollisimman paljon telakan ulkopuolella, koska telakan olosuhteet ovat rakentamisen kannalta haasteelliset. (Teuvo Virtanen 9.4.2018.)

Moduulin rakennus aloitetaan hyvissä ajoin suunnittelulla, jotta tiedetään tarkalleen ottaen minkälainen moduulista pitää tehdä, jotta valmistukseen jää riittävästi aikaa ja moduuli pystytään asentamaan suunnitellussa vaiheessa. Jos moduulin rakentaminen viivästyy, eikä sitä pystytä asentamaan sille tarkoitettuun ajankohtaan, on vaarana ongelmien ilmaantuminen ympäristön muuttumisen takia laivanrakennuksen edetessä.

Portaikon moduulin valmistuksen yhteydessä sen ympärille rakennetaan RHS-putkesta runkorakennekehikko, jotta kuljettaminen olisi tukevaa ja moduuli pysyisi kasassa noston aikana. (Simolin 2017.)

3.1 Kiinnitys

Moduuliportaikko kiinnitetään runkoon lepotasosta, jonka pohjassa on suorakulmainen reikä koko lepotason poikittaissuunnan matkalta. Tällöin sen sisään voidaan asentaa suorakulmainen teräsputki, jonka sisällä on toinen teräsputki, joka liikkuu teleskooppimaisesti ulospäin lepotason sisältä, tehden asentamisesta helpompaa. Myös asentamisvara on tällöin enemmän.

Moduuli kohdistetaan oikeaan asemaan ja teräsputkea vedetään ulospäin molemmin puolin lepotasoa runkoon kiinni ja niiden liittymäkohdat hitsataan ympäri. Suorakulmaisen teräsputken sisällä liikkuvan teräsputken sauma hitsataan myös umpeen, jotta moduuli ei pääse kiinnittämisen jälkeen enää liikkumaan. Kiinnitystapa on esitetty kuvassa 8. Moduulirakennusvaiheessa kiinnitysrakennetta tehtäessä täytyy ottaa huomioon kuilun leveys ja siellä kulkevat pulbit ja kehyskaaret. Kiinnitysrakenteen tulisi olla niin kapea, että varmistutaan moduulin nostovaiheessa sen mahtuminen kuiluun. (Simolin 2017.)

3.2 Haasteet ja kannattavuus

Miehistöportaikossa eri kansilla on eri pakotielevyydet, koska yleiset tilat sijaitsevat keskilaivassa, jolloin portaikkoa käyttää useampi henkilö ja pakotielevyydet kasvavat pakotiemääräysten mukaisesti. Tästä johtuen portaikko on leveämpi sen keskiosassa kuin sen ylä- ja alapäästä, joka tuo ongelmia moduulin pudottamisessa portaikkokuiluun. Moduulirakenteet täytyy siis rakentaa pienemmissä, yhden kannen korkuisissa osissa, jolloin miehistöportaikon moduulirakentaminen ei ole kannattavaa ajallisesti eikä kustannuksellisesti. Yleensä miehistöportaikon vapaantilantarpeeseen ei kiinnitetä huomiota, mikä vaikeuttaa modulointia huomattavasti. (Simolin 2017).

Moduloinnin kannalta matkustajaportaikon rakentaminen on helpompaa pakotiemääräyksien takia, koska portaikon kuilun leveys pysyy samana jokaisen kannen matkalta ja silloin moduulikin on samankokoinen ja se voidaan tiputtaa kuiluun ongelmitta (FSS Code 2007, 30).

Moduulirakenne tiputetaan ja asennetaan suurlohkoon suurlohkovaiheessa tai kun suurlohko on nostettu runkoon. Jos myynti- ja perussuunnittelussa ei ole otettu huomioon RHS-runkorakennekehikon tarvitsemia lisäneliöitä tai sitä, että RHS-runkorakennekehikko mahtuisi myös kuiluun, niin se joudutaan purkamaan ennen nostoa. Tämä lisää työvaiheita portaikon rakennuksessa, jolloin aikaa ja työtä tehdään tuplamäärä, jolloin myös kustannukset kasvavat.

Moduulirakenteen asentaminen suurlohkovaiheessa tarkoittaa siis sitä, kun lohkoja rakennetaan, ettei niissä ole portaita suurlohkovaiheeseen asti tai jopa siihen asti, että suurlohko nostetaan laivaan. Aikaa kuluu kauan ennen kuin portaita pääsee käyttämään siirtymiseen kannelta kannelle ja väliaikaiset telineet ovat käytössä siihen asti. Telineet täytyy aina purkaa ja rakentaa uudestaan, kun lohko tai suurlohko vaihtaa varustelupaikkaa. Varustelupaikkoja ovat esimerkiksi lohkon varustelu ennen maalausta tai suurlohkovarustelu maalauksen jälkeen.

Jotta kulkuväylät olisivat aina käytettävissä, eikä tarvittaisi telineitä tai muita apukeinoja kansien välillä liikkumiseen, niin rakennettaisiin yhdenkannen korkuisia moduulipor-taikoita. Kannen korkuisen moduulin rakentamisesta ei kuitenkaan synny kustannuksellisia säästöjä tai ajallista nopeutta rakentamiseen verrattaessa vanhan tavan rakentamiseen, koska moduuli rakennetaan valmiiksi muualla kuin lohossa, suurlohossa tai laivassa.

Haasteita voi ilmetä myös moduulia rakennettaessa, kun korkeusasema pyritään tekemään millintarkasti, mutta telakan terästyön toleranssit voivat heittää noin 10-20 mm. Kun moduuliportaikkoa rakennetaan 3000 mm kansivälin mukaan ja se on hitsattu sekä kiinnitetty erittäin hyvin, saatetaan huomata kansivälin heittävän 10-20 mm ja ettei alatai yläpään pääaskelmat osu kannen tasalle, vaan jäävät vajaaksi. Tällaisessa tapauksessa joudutaan purkamaan portaat lepotasosta ja askelmat reisipalkeista sekä muuttamaan korkeuksia siten, että ne saadaan asennettua oikeisiin kohtiin. Askelmien välit täytyvät olla aina yhtä korkeat portaiden matkalta kannelta lepotasolle, sillä jo 10 millimetrin heitto voi olla vaarallinen portaiden käyttäjälle. Näin myös moduulin tarkoitus häviää, kun joudutaan tekemään lisätyötä portaikon sopivuuden hyväksi. (Simolin 2017.)

Moduulin ollessa 3-4 kannen korkuinen, sen pudottaminen porraskuiluun on haasteellista, koska kuilu on suhteessa pienempi kuin moduulin leveys ja sen takia se joudutaan laskemaan kääntäen asemaansa (Teuvo Virtanen 9.4.2018).

3.3 Rajoitteet

Korkeiden moduulien rakennusta telakan ulkopuolella rajoittaa niiden kuljettamisen vaikeus telakalle. Telakan ulkopuolelta niitä ei ole järkevää kuljettaa maakuljetuksena, koska ne ovat niin leveitä ja korkeita, etteivät ne mahdu siltojen alta. Kustannukset ovat suuret maakuljetuksissa ja myös merikuljetuksissa. (Ilkka Hiekkänen 2018.)

Modulointipaja tulisi olla telakan tiloissa telakan alueella siksi, että siellä logistiset kuljetusmahdollisuudet ovat hyvät. Tällä tavoin pystyttäisiin rakentamaan suurlohkon korkuisia moduuleita, jotka voidaan pudottaa suoraan suurlohkoon. (Teuvo Virtanen 9.4.2018.)

Yleensä yli kannen korkuisia moduuleita ei yritetä tehdä, koska terästen mitat alkavat heittelemään suurlohkossa enemmän, mitä suurempi moduuli on. Tämän kautta suurempien moduulien sovitukset suurlohkoon on muodostunut liian vaikeaksi ja aikaa vieväksi, mikä kasvattaa myös kustannuksia. (Ilkka Hiekkänen 9.4.2018.)

3.4 Kuljetus ja varastointi

Moduulien kuljettaminen ja varastointi ovat kustannuksellisesti kalliimpaa, kuin vanhan tavan porraskorjauksen. Moduulit ovat isoja ja vievät paljon tilaa kuljetuksessa, jolloin kuljetaan käytännössä turhaa ilmaa. Näin ollen moduulien varastointiin tarvitaan myös suuret neliömäärät, jos niiden rakennusta ei ole ajoitettu oikeaan ajankohtaan asennuksen kanssa. (Simolin 2017.)

3.5 Aikataulu

Porrastason, eli kannen korkeuden moduulin rakentamiseen aikaa kuluu noin yhden päivän verran. Todellisuudessa kuudentoista kannen korkeuden portaikon teräsrakenteiden rakentamiseen kuluu siis aikaa noin 16 päivää, jonka jälkeen niitä pystyisi käyttämään kulkureittinä. Laivanrakennuksessa edetään telakan aikataulujen mukaisesti, eikä suurlohkoihin päästä joka päivä moduulia asentamaan. Aikataulusta riippuen, kuluu joitakin kuukausia, kunnes kaikki moduulit ovat asennettu ja portaat ovat kulku kelpoiset. (Ilkka Hiekkänen 9.4.2018.)

3.6 Tavoitteet ja tarkoitus

Portaikoon moduloimisen päätarkoituksena on tehdä samanlaisia portaikkopaketteja monta päällekkäin tilassa, minne on tehty valmiiksi malli, jossa portaiden nousut ja kulmat ovat valmiina. Tällöin kaikista osista tulee samanlaisia ja työ on jouhevaa sekä nopeaa. (Simolin 2017).

Kustannusten pienentäminen

Hyvissä olosuhteissa moduulipajalla rakennettujen moduulien työn tasaisempi ja parempi laatu takaavat kustannusten pienentämisen. Kun malli on rakennettu valmiiksi, pystytään moduuliportaikkokokoonpano rakentamaan tehokkaammin ja nopeammin keskeneräisen laivan sijaan, jolloin säästetään aikaa. (Ilkka Hiekkänen 9.4.2018.)

Työtä pois laivasta

Nykypäivänä turvallisuus on erittäin tärkeää ja sen vuoksi pyritään saamaan mahdollisimman paljon työtä pois laivasta parempiin olosuhteisiin tehtäväksi, minkä moduloiminen mahdollistaa. Moduloinnin myötä saadaan myös paljon tulityötä pois laivasta, joka puolestaan vähentää tulipalojen riskiä huomattavasti laivassa ja suurlohkoissa telakan alueella. (Simolin 2018.)

4 VANHAN TAVAN PORRASRAKENTAMINEN

Vanhan tavan porraskentamisella tarkoitetaan sitä menetelmää, jolla ennen modulointi rakennustavan käyttöön ottoa rakennettiin portaikot. Portaikon rakenne materiaalit tuodaan rakennuspaikalle lohkon tai suurlohkon viereen, josta portaikkoa lähdetään vaihe kerrallaan rakentamaan, eikä portaikon ympärille tarvitse rakentaa RHS-runkorakennekehikkoa. Tämä tuo projektissa kustannuksellisia säästöjä. Portaikon rakenteisiin kuuluvat aikaisemmin mainitut: askelmat, reisivalkit, lepotasot, kaiteet, kiinnitysjärjestelmät ja porraskuilu. Portaat koostuvat askelmista ja reisivalkkeista, jotka tulevat yhtenä pakettina, jolloin niissä on valmiina oikeat nousut ja kulmat. (Simolin 2017.)

4.1 Prosessin kulku

Lepotaso

Lohko rakennetaan teräslaatoista, -valkeista, -jäykistäjistä, -laipioista ja -laidoista. Lohkonkoonti tehdään siten, että se on valmiiksi väärinpäin, jolloin lohkovaiheessa on helppo käydä asentamassa portaikon kuiluun tuleva lepotaso ja muut painavat varustelut, kuten ilmakeinavat ja putket. Lohko on yhden kansivälin kokoinen ja lepotaso asennetaan sen puoliväliin. Lepotaso kiinnitetään samalla tavalla, kuin moduuliportaikko lepotasosta.

Portaat

Portaat toimitetaan lohkovaiheessa portaikon kuilun tai lohkon sisään talteen suurlohkovaiheen asennusta varten, jotta niiden asentaminen suurlohkovaiheessa olisi vaivatonta eikä telineitä tarvittaisi tässä vaiheessa kansien välien kulkemiseen. Portaat kulkevat lohkon mukana, vaikka lohko menisi umpeen ja silloin niiden tuominen paikalleen olisi mahdotonta. Suurlohkovaiheen alkaessa portaat pudotetaan paikoilleen ja ne kiinnitetään kevyesti. Lohkosauvojen ja muiden sauvojen hitsauksien jälkeen portaat kiinnitetään lopulliseen paikkaansa ja varmistetaan etteivät ne vedä mihinkään suuntaan.

Kaiteet

Nykyään miehistöportaikon kaiteet asennetaan heti portaiden asennuksen jälkeen portaan mittaisena moduulipakettina, jolloin vältetään väliaikaisten kaiteiden käyttäminen portaiden turvallisuuden takaamiseksi. Aikaisemmin väliaikaisista kaiteista on tullut lisäkustannuksia telakalle, kun kaiteet on asennettu myöhäisemmässä vaiheessa.

Matkustajaportaikossa käytetään edelleen väliaikaisia kaiteita myöhäiseen varusteluvaiheeseen saakka, koska niissä käytetään lasia ja muita sisustusmateriaaleja, joiden halutaan pysyvän hyvä kuntoisina portaikon luovutukseen asti. (Simolin 2017.)

4.2 Varastointi ja kuljetus

Käyttäessä vanhaa tapaa portaikon rakennuksessa, portaikon rakenteet tilataan suoraan toimittajalta telakalle. Telakalla rakenneosat varastoidaan ja niitä voidaan ottaa sitä mukaan, kun portaikon rakennus sitä vaatii. Tällöin rakenteiden varastointi vie vähemmän tilaa, kuin isojen moduulien varastoiminen. Kuljetuksessa rakenteet pakataan tiiviisti päällekkäin, joka mahdollistaa suurien määrien kuljetuksen kerralla. Logistiset kustannukset ovat tämän vuoksi pienemmät verrattaessa moduuleiden kuljetukseen. (Simolin 2017.)

4.3 Aikataulu

Portaikkojen rakennustapojen rakennusajat eivät kustannuksellisesti eroa toisistaan niin paljoa, että niissä syntyisi eroja. Suurimmat aikataululliset erot syntyvät, kun portaikoiden pintamateriaalien työstäminen alkaa. (Simolin 2017.) Kokonaisuudessa portaikon rakennusprojektiin aikaa kuluu noin 1,5 vuotta. Rakennusprojekti alkaa, kun ensimmäiseen lohkoon pääsee töihin ja päättyy kun alue on luovutettu tilaajalle. (Teuvo Virtanen 9.4.2018.)

5 PORTAIKON VUORAUS JA TEKNIikka

Vuoratulla portaikolla tarkoitetaan sitä, että portaikon seinissä, katossa ja lattiassa on käytetty arkkitehdin määrittämiä näkyviä sisustus- ja pintamateriaaleja. Näistä esimerkkejä ovat: seinä-, katto- ja lattiapäällysteet, taiteet ja muut tekniikkaan liittyvät asiat.

Portaikko voi olla joko kokonaan vuorattu, osittain vuorattu tai vuoraamaton. Matkustajaportaitko eli risteilyaluksen pääportaitko on aina kokonaan vuorattu. Miehistöportaitkot ovat yleensä aina vuoraamattomia tai osittain vuorattuja, riippuen tilaajan tahdosta käyttää kustannuksia vuoraukseen. (Simolin 2017.)

Kaikista portaikon materiaaleista pystytään rakentamaan esivalmisteina ja moduuleina noin 30 %. Muut portaikon materiaalit rakennetaan metri tavarasta, jotka muokataan paikan päällä sopiviksi asennusta varten. (Teuvo Virtanen 9.4.2018.)

5.1 Matkustajaportaitko

Yleisesti matkustajaportaitkossa kulkee vain pakolliset tekniikkaan liittyvät järjestelmät, kuten esimerkiksi: palosammutusvesi, ilmastointi ja sähkö. Muut järjestelmät pyritään jo suunnitteluvaiheessa sijoittamaan miehistöportaitkoon, koska isompien korjaustarpeiden ilmaantuessa portaikon käyttö pitää keskeyttää. Matkustajaportaitkon pitää olla koko ajan käytössä asiakkaiden kulkemista varten, jolloin on varmempaa sijoittaa muut järjestelmät miehistöportaitkoon, jossa korjaukset eivät häiritse asiakkaita.

Matkustajaportaitkon vuoraamiseen kuluu ajallisesti enemmän aikaa ja sen eteen nähdään enemmän vaivaa, kuin miehistöportaitkon. Tästä johtuen matkustajaportaitkon vuorauksessa käytetään samoja materiaaleja, kuin muillakin yleisillä alueilla. Matkustajaportaitkon valmis lopputulos on esitetty kuvassa 11 (Orsap 2018). Portaitko voidaan varustella seuraavanlaisilla materiaaleilla ja komponenteilla:

- Kokolattiamatto
- Lasikaiteet
- Seinäpaneelit,
- Kattopaneelit
- Televisiot ja taide



Kuva 11. Vuorattu matkustajaportaikko. (Orsap.fi 2018)

5.2 Osittain vuorattu miehistöportaikko

Miehistöportaikon ulkoasu riippuu paljon tilaajasta, jolloin tilaaja määrittelee, kuinka paljon resursseja portaikon sisustamiseen käytetään. Valmis miehistöportaikon lopputulos on esitetty kuvassa 12. Osittain vuorattuun miehistöportaikkoon kuuluvat sisustusvarustelut (Simolin 2017):

- Kansien, laipioiden, ja portaiden maalaus
- Palo-, ääni- ja lämpöeristeet, jotka suojataan lasikuitukankaalla noin 2 metriin asti
- Lattian/ portaiden pintamateriaalit



Kuva 12. Osittain vuorattu miehistöportaikko.

6 KUSTANNUSTEN VERTAILU

Tässä luvussa vertaillaan kustannuksia modulointirakennustavan ja vanhan rakennustavan välillä matkustaja ja miehistöportaikoissa. Kustannuksiin ei ole huomioitu telakan kustantamia materiaaleja, eikä väliaikaisten telineiden ja kaiteiden aiheuttamia kustannuksia. Luvun lopussa on lasketusta esimerkki laskelmasta saadut tulokset portaikoiden teräsrakenteiden kustannuksista.

Portaikon sisustusvarustelun kustannuksiin ei vaikuta kummalla rakennustavalla portaitko on rakennettu. Matkustaja- ja miehistöportaiden suurimmat kustannukselliset erot syntyvät esivalmisteiden määristä. Miehistöportaiden esivalmistekustannusten määrä on suurempi, koska suurin osa laivan järjestelmistä asennetaan kulkemaan mieluiten miehistöportaitkoon. Näitä esivalmisteita ovat putki- ja kanavaesivalmisteet.

Sisustus- ja pintamateriaaleista synnyttävät huomattavasti suuremmat kustannukset matkustajaportaitkoon kuin miehistöportaitkoon, sillä niin kuin aiemmassa luvussa kerrottiin, miehistöportaiden sisustamiseen käytetään vain maalia ja lattiapinnoitetta.

6.1 Moduloinnista aiheutuvat lisäkustannukset verrattuna vanhaan tapaan

Vanhaa tapaa käyttäen, portaiden rakennemateriaalit ovat tilattu hyvissä ajoin telakalle varastoon. Tällöin päästään lohkoaikataulujen mukaisesti aloittamaan portaiden rakennus oikeaan aikaan. Varastoimisesta syntyvät kulut pysyvät pieninä, koska rakennemateriaalit ovat tiiviisti pakattu ja ne eivät vie yhtä paljon neliöitä varastolta kuin moduulit.

Työn määrä tunteina pysyy alhaisena, sillä lohkovaiheessa asennettavan lepotason asennukseen menee noin puoli päivää kahdelta työntekijältä. Seuraavaksi portaiden asennus, jonka jälkeen tuodaan kaidepaketti.

Teoriassa ylimääräisiä kustannuksia ei ole käyttäessä vanhan tavan porraskentämistä. Käytännössä ylimääräisiä kustannuksia tulee aina, sillä on vaikea ennustaa mitä ongelmia eri työvaiheet tuovat. Esimerkkinä, jos telakan terästyön laatu ei ole riittävän vahva portaiden kuilun laipoissa. Tällöin kiinnitettäessä lepotasoa, pitää ensin vahvistaa kiinnityskohdat riittävän vahvaksi. Edellä mainittu esimerkki ylimääräisistä kustannuksista on oleellinen molempia rakennustapoja käyttäessä.

Moduloinnista aiheutuvat lisäkustannukset, joita ei synny vanhan tavan rakentamisessa ovat seuraavanlaisia:

- Pajatoiminta
- RHS-runkorakennekehikon rakennus ja sen purkaminen tarvittaessa
- Kuljetus telakalle
- Valmistelut moduulin asentamista varten

Moduulien rakentamista varten rakennetaan malli, jotta moduuleiden rakennus olisi tehokasta. Tällöin, jos portaikossa on useita eri kansileveyksiä ja kansikorkeuksia, joudutaan rakentamaan useampi malli, mikä kasvattaa kustannuksia. (Simolin 2017.)

6.2 Teräsrakenteiden kustannukset

Tässä opinnäytetyössä laskettujen esimerkkiportaikkojen teräsrakenteiden kustannusten määrittämiseen on käytetty lähteistä saatuja tietoja, joihin lukeutuvat teräksen painoarvo $7,9 \text{ kg/m}^2$, teräksen kilohinta, materiaalipaksuudet sekä askelmien ja reisilevyjen leveydet/ syvyydet (R&M Ship Technologies Finland Oy). Tietojen avulla lasketut rakenteiden neliömäärät on kerrottu teräksen painoarvolla, jonka jälkeen kilomäärät on kerrottu kilohinnalla.

Portaikot ovat 13 kannen korkuisia ja niissä on 12 lepotasoa. Portaikoita yhtäaikaisesti pakotienä käyttävien henkilöiden määrä on matkustajaportaikossa 250 henkilöä ja miehistöportaikossa 180 henkilöä. Portaikoiden leveyksien, lepotasojen pinta-alojen ja reisilevyjen pituuksien määrittämiseen on käytetty FSS-koodin pakotieohjetta (FSS Code, 30-37). Askelmia yhden kannen välille on arvioitu matkustajaportaikkoon 28 kappaletta ja miehistöportaikkoon 21. Reisipalkkeja molempien portaikoiden kansiväleissä on 7 kappaletta. Kuvassa 13 on esitetty teräsrakenteiden kustannukset, joihin on sisällytetty kilohintaan kuuluvaksi myös teräskateet, mutta ei matkustajaportaikon lasikaiteita. Teräsrakenteiden hinnat pysyvät samoina, riippumatta siitä kummalla tavalla portaikkoa rakennetaan.

Tulokset esimerkki laskelmista**Portaikun rakenteiden kustannukset 13 kannen matkalta**

	Matkustajaportaitko (€)	Miehistöportaitko (€)
Askelmat	29679,61	17661,55
Reisilevyt	16904,36	7109,38
Lepotasot	28989,56	10164,25
YHT.	75573,53	34935,18

Kuva 13. Teräsrakenteiden kustannukset

Matkustajaportaitkon rakenteiden suurempiin hintoihin vaikuttavat portaitkon leveys ja suurempi teräksen tarve vahvemman lujisuuden saavuttamiseksi, koska matkustajaportaitkoa käyttää pakotienä samanaikaisesti useampi henkilö kuin miehistöportaitkkoa.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla portaikkojen moduulirakentamista ja vanhan tavan porraskentamista ja niiden kustannuksia. Tavoitteena oli selvittää modulointiin liittyvät ylimääräiset kustannukset, joita ei vanhan tavan porraskentämistä käytettäessä tule.

Moduulirakentaminen on siinä tapauksessa kannattavaa, jos portaikon kansivälit ja leveydet pysyisivät samana koko portaikon matkalta, jolloin moduulit pystyttäisiin rakentamaan yhdestä mallista. Moduulien rakennus pitäisi myös tapahtua telakka-alueen sisäpuolella, jotta olisi järkevää rakentaa isoja kokonaisuuksia, jolloin niitä ei tarvitse kuljettaa telakan ulkopuolelta.

Tällä hetkellä moduulirakentamisesta saadut hyödyt eivät ole niin suuria, että kokonainen portaikko olisi kannattavaa rakentaa moduuleina. Moduulirakentamisesta syntyvien lisäkustannusten takia vanhan tavan rakennustapa on ajallisesti ja kustannuksellisesti kannattavampaa.

Työn aiheen selvittyä olin kesätöissä telakalla, joten pääsin tutustumaan samalla portaikoihin ja tutkimaan, millaisia ne käytännössä matkustajalaivassa ovat.

Työn kirjallista osuutta varten tutkin laivanrakennukseen liittyvää kirjallisuutta ja suoritin asiantuntijahaastattelun R&M Ship Technologies Finland Oy:n asiantuntijan kanssa. Tutkimusta kirjalliseen osuuteen auttoivat myös haastattelut Orsapiin ja NIT:n työntekijöiden kanssa.

Työhön asetetut tavoitteet saavutettiin, ja työn avulla opin tuntemaan portaikon eri rakenteet paremmin ja yksityiskohtaisemmin. Kokonaisuudessaan opin, millaiset ovat molempien rakennustapojen periaatteet ja miten kustannukset muodostuvat käytettäessä modulointia tai vanhaa tapaa.

LÄHTEET

International Maritime Organization. 2007. International Code for Fire Safety Systems (FSS Code). London: IMO

International Maritime Organization. 2014. SOLAS Consolidated edition 2014. London: IMO

Orsap. 2018. Viitattu 12.3.2018 <http://www.orsap.fi/en/references/44/mein-schiff-3/>

R&M Group. 2018. Viitattu 13.4.2018 <https://www.rm-group.com/>

Simolin 2017. Haastattelu. R&M Ship Technologies Finland Oy:n Toimi-ala johtajaa haastatteli 24.11.2017 Mikko Turpeinen.

SFS – EN 711. Sisävesiliikennealukset. Kannen ja sivulaitojen kaiteet. Vaatimukset, testaus ja tyypit. Suomen Standardisoimisliitto. Viitattu 1.3.2018 <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/7/415132.html.stx>