

Tero Haapala

ÄLYKKÄÄT PUTKI -JA KAAPELIREITITYKSET AVEVA MARINE  
OUTFITTING OHJELMISTOLLA

Konetekniikan koulutusohjelma  
2019

# ÄLYKKÄÄT PUTKI -JA KAAPELIREITITYKSET AVEVA MARINE OUTFITTING OHJELMISTOLLA

Haapala, Tero  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2019  
Ohjaaja: Juuso, Jarmo  
Sivumäärä: 30  
Liitteitä: 2

Asiasanat: Aveva, 3D-mallinnus, laivasuunnittelu, kaavio, SRtP

---

Tämä opinnäytetyö toteutettiin toimeksiantona Deltamarin Oy:lle, Aveva Marine 3D-ohjelmistoa apuna käyttäen. Työn tarkoituksena oli tutkia Aveva Marine Outfitting-ohjelmistolle luotujen komentokäskyjen toimivuutta Safe Return to Port -analyysiä varten.

Työn tehtävänä oli mallintaa erään Deltamarin Oy:n suunnitteleman laivan A-luokan tilojen läpi kulkevat palopumpun putkistot ja kaapeloinnit SRtP-sääntöjä noudattaen.

Työn ensimmäisessä mallinnusvaiheessa 3D-mallinnettiin laivan pohjakaavioiden mukaan huoneet Area- muodossa laivan runkomalliin. Näissä tiloissa sijaitsivat palopumput ja palopumppujen sähkötilat, sekä tiloja, joiden kautta kaapeloinnit ja putkitukset myöhemmin reititettiin, sekä omina Area- alueillaan kaavioiden mukaisesti laivan pääpaloalueet.

Toisen vaiheen mallinuksessa luotiin reititys putkistoille ja kaapeleille, käyttäen Aveva Outfitting ohjelmaan Deltamarin Oy:llä erikseen luotuja komentokäsky - toimintoja.

Tämän tutkimustyön pohjalta on tarkoitus voida hyödyntää SRtP-analyysiä tulevaisuudessa suoraan 3D-mallista. Aiemmin työ on ollut käsin tehtävää ja näin ollen aikaa vievää.

Työn aikana analysoitiin luotuja komentokäskyjä ja sitä, miten käskyikkunoiden toimivuutta voisi kehittää käyttäjäystävällisemmäksi ja sitä kautta nopeuttaa suunnittelutyötä.

Projektissa tutustuttiin myös International Maritime Organizationin (IMO) vuonna 2010 voimaan astuneisiin Safe Return to Port -säädöksiin laivasuunnittelussa -ja rakennuksessa.

Työssä tutkittiin myös International Maritime Organizationin SOLAS-sääntökirjaa, sekä laivasuunnittelussa käytettävien eri luokituslaitosten tulkintoja.

# INTELLIGENT PIPE AND CABLE ROUTING USING AVEVA MARINE OUTFITTING SOFTWARE

Haapala, Tero

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Machinery

May 2019

Supervisor: Juuso, Jarmo

Number of pages: 30

Appendices: 2

Keywords: Aveva, 3D-designing, ship design, diagram, SRtP

---

This thesis was assignment for Deltamarin Ltd and the purpose of it was to implement modeling for fire pumps and pipes and electric cables through the A-class rooms, using Aveva Marine Outfitting software.

The 1<sup>st</sup> design phase was to model a vessels fire pump rooms and electric rooms for fire pumps. Rooms for fire pump's pipes, and electric cables routings was also modelled.

In 2<sup>nd</sup> design phase fire pumps and electric cabins was designed and equipments was modelled in to model as clever as possible using regulations for ship design.

Routings for pipes, cables and openings was implemented in 3<sup>rd</sup> phase of the designing.

Based in this thesis it can be utilized in the Safe Return to Port -analysis straight to the 3D-model in the future. In present the analysis must be made by hand and it is time-consuming.

During this thesis Aveva 3D-design software command functions were analyzed. Regulations of Safe Return to Port were acquainted with, which were came in to effect in the year of 2010. SOLAS-regulations of International Maritime Organization and classification societies' interpretations was also examined.

## TERMILUETTELO

SOLAS	Safety Of Life At Sea, kansainvälinen yleissopimus, jonka tarkoitus on meriturvallisuuden varmistaminen
SRtP	Safe Return to Port, luokkamerkki, joka vaatii, että onnettomuuden sattuessa alus pääsee satamaan omin avuin
IACS	Kansainvälinen luokituslaitosten yhdistys
MSC	IMO:n meriturvallisuuskomitea
IMO	Kansainvälinen merenkulkujärjestö

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Työn tutkimus ja tavoite.....	6
1.2	Deltamarin Group.....	6
2	AVEVA .....	8
2.1	Aveva Marine Outfitting .....	8
2.2	AreaWorld .....	9
3	SAFE RETURN TO PORT .....	11
3.1	Mallinnettavan aluksen SRtP-ohjeistus.....	12
3.2	SRtP-reitityksen ongelmat.....	13
4	KOMENTOKÄSKYT JA MALLINNUS .....	16
4.1	A-luokan tilojen mallinnus .....	16
4.2	Putkilinjojen mallinnus.....	22
4.3	SRtP kaapeloinnin mallinnus.....	23
4.4	Search komentoikkuna .....	24
5	KEHITTÄMISPROSESSIN ARVIOINTI.....	27
5.1	Tuloksen kuvaus .....	27
5.2	Luotettavuus ja käyttökelpoisuus.....	27
5.3	Kehitettävät asiat.....	27
6	JOHTOPÄÄTÖS.....	29
	LÄHTEET .....	30
	LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia Aveva Marine Outfitting 3D- ohjelmaan luotujen komentokäskyjen toimivuutta. Tutkimus toteutetaan toimeksiantona Deltamarin Oy:lle, joka käyttää 3D-suunnittelussa Aveva Marine ohjelmistoja. Tutkimuksen tarkoitus on helpottaa Safe Return to Port-säädösten vaatimia juomavesiputkistojen ja sähkönsyötön reitityksiä matkustaja-aluksien suunnittelussa Aveva Marine Outfitting- ohjelmaa käyttäen. Komentokäskyt Aveva -ohjelmaan on luotu Deltamarin Oy:n Rauman toimistolla, jossa myös tutkimustyö toteutettiin. Työ on tarkoitettu etenkin konepuolen suunnittelutapoihin.

## 1.1 Työn tutkimus ja tavoite

Työn tavoitteena on saada tarkka kuva luotujen komentokäskyjen toimivuudesta Aveva Marine Outfitting ohjelmassa. Työ rajattiin A-luokan tilojen tilaelementtien mallinnuksessa arvioituihin putki ja kaapelireittien tiloihin, joten koko laivaa ei tilaelementein mallinnettu. Putki -ja kaapelireiteistä mallinnettiin 3:n pumppuhuoneen putkilinjat Safe Area- tiloihin ja kaapelireitityksessä pumppujen sähkösyöttöjen linjat. Mallinnusta rajattiin myös niin, että reittien täydellistä paikkaa ei tilaelementeistä haettu. Putkistojen ja kaapeleiden reitityksen, sekä tilaelementtien numeroinnin kautta pystyttiin toteamaan putkistojen ja kaapeleiden oikea reititys tilaelementtien kautta SRtP-sääntöjä noudattaen. Tutkimuksessa myös arvioitiin Deltamarinin Rauman toimistolla, Aveva Marine Outfitting-ohjelmistoon luotuja komentokäskyjä.

## 1.2 Deltamarin Group

Deltamarin Group on meriteknisen alan suunnittelu-, konsultointi- ja rakentamisen tukipalveluja tarjoava yritys. Deltamarin Oy:n emoyhtiö on singaporelainen AVIC International Maritime Holdings Limited, joka osti Deltamarinista vuonna 2013 79,57% osuuden. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Turussa.

Muut toimistot Suomessa sijaitsevat Helsingissä ja Raumalla. Deltamarin Oy, Suomi, DMFI, on perustettu vuonna 1990. Sen toimitusjohtajana toimii Janne Uotila. Hän on

toiminut tehtävässään vuodesta 2017 asti. Konsernin liikevaihto vuonna 2017 oli 35.8 miljoonaa euroa, josta Deltamarin Oy, Suomen osuus oli 31,3 miljoonaa euroa.

Yrityksessä ja sen yhteisyrityksessä työskentelee noin 400 työntekijää eri puolilla Eurooppaa ja Aasiaa. Suomen osuus työntekijöistä on 237 henkilöä.

Puolan toimisto, DMPL, sijaitsee Gdanskissa ja on perustettu vuonna 2008. Kiinan toimisto, DMCN, sijaitsee Shanghaissa ja sen perustamisvuosi oli 2011.

Yhteisyrityksenä toimii tällä hetkellä d.o.o, Rijekassa, Kroatiaassa. (Deltamarin Oy:n sisäinen tietokanta)

## 2 AVEVA

Aveva Group on isobritannialainen, kansainvälinen IT-alan yritys, jonka pääkonttori sijaitsee Cambridgessa, Englannissa. Alun perin hallituksen teknologiaministeriön rahoittama yhtiö on perustettu vuonna 1967 nimellä Computer- Aided Design Centre tunnetummin CAD-Centre. Yhtiössä kehitettiin 3D- ohjelmisto Plant Design Management System (PDMS). Yhtiö yksityistettiin vuonna 1983 ja vuonna 2001 se muutti nimensä Avevaksi. Vuonna 2004 yhtiö hankki omistukseensa Tribon-ohjelmiston, joka oli kehitetty etenkin laivasuunnittelun ja meriteollisuuden tarpeisiin. Vuosien saatossa yhtiö on hankkinut eri teollisuuden aloille suunnattuja ohjelmistoja nimiinsä ja on yksi maailman johtavista suunnitteluohjelmistoja tuottavista yhtiöistä. Vuonna 2018 AVEVA sulautui yhteen ranskalaistaustaisen Schneider Electricin kanssa. Schneider Electricistä tuli uuden yhtiön suurin osakkeenomistaja 60% osuudella. Sen nykyisenä toimitusjohtajana toimii Craig Hayman (aveva.com www-sivut 2019).

Aveva tarjoaa asiakkailleen insinöörisuunnitteluohjelmistoja eri teollisuudenaloille. Aveva Marine Outfitting on yksi yhtiön ohjelmistoista. Ohjelmistoista Aveva Marine Outfitting on käytössä tämän opinnäytetyön teossa.

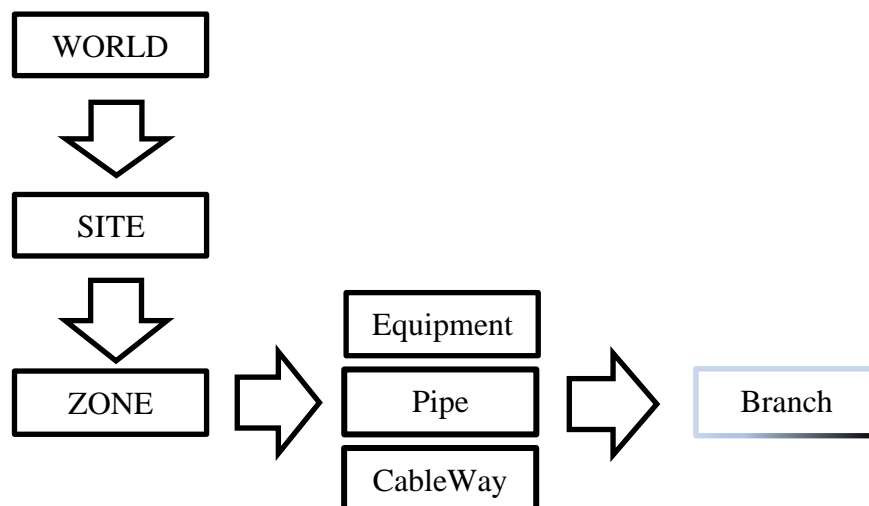
Aveva Marine Outfitting- ohjelmiston avulla pystytään luomaan laitemallinnuksia Equipment- sovelluksen kautta, reitittämään kaapeleita Cableway- sovelluksen avulla tai putkistoja Pipework- sovelluksella. Tässä työssä keskitytään Avevan sovelluksista putkien ja kaapeleiden mallinukseen käyttäen Pipework ja Cableway sovelluksia. Lisäksi Deltamarinilla Aveva Outfitting-ohjelmistoon luodusta DMTools2 komentoikkunasta käytössä on Create Area komentokäskyt. Tämän käskyikkunan avulla voitiin luoda laivan tilaelementit, jotka imitoivat laivan A-luokan tiloja.

### 2.1 Aveva Marine Outfitting

Ohjelmiston tietokanta järjestyy hierarkisesti. Hierarkiapuun ylimpänä on WORLD, joka toimii koko laivan mallimaailmana. SITE on alue tai lohko laivan mallissa ja



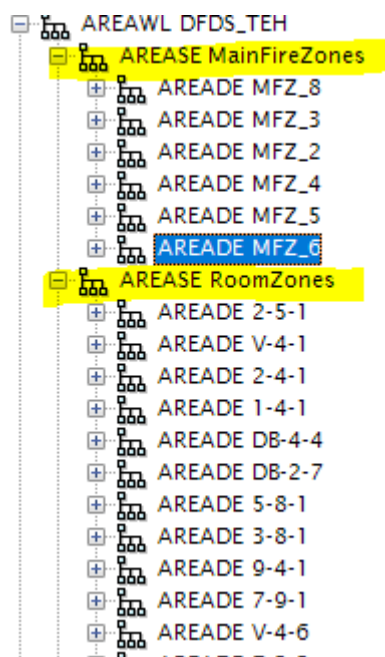
ZONE-hierarkiasta löytyy mallin työkokonaisuudet. (Kuva 1). ZONEN alle voidaan koota putkilinjojen päähaarat ja päähaarojen alle vielä sivuhaarat.



*Kuva 1 Avevan hierarkia*

## 2.2 AreaWorld

AreaWorld eli tilaelementtimaailma imitoi A-luokan tilojen muotoja ja malleja. Jokaiselle tilaelementille annetaan oma numerosarja, joka edustaa sitä A-luokan tilaa, mihin se on mallinnettu laivan koordinaatistossa ja miten se on esitetty kaavioissa (Kuvat 5-7). Myös pääpaloalueet mallinnettiin samoin metodein. AreaWorld toimii samalla Outfitting hierarkiapuun logiikalla kuin WORLD-SITE-ZONE. AreaWorld (AREAWL) luodaan projektin WORLD- tietokannan alle. AREAWL:n alle luodaan AREASE tietokanta, joka toimii samoin kuin ZONE. AREASE:n alle tulee itse mallitettavat alueet. Mallinnus tapahtuu samoin, kuin Equipment- sovelluksessa ja yleisin tapa on tehdä alueista laatikkomuotoja Areabox -toiminnolla. Alueiden ollessa monimuotoisia laatikoita yhdistetään saman AREASE -tietokannan alle.



Kuva 2 AreaWorld hierarkiapuu

### 3 SAFE RETURN TO PORT

Safe Return to Port (SRtP) perustuu Safety of Life at Seas säädöksiin, jotka kuuluvat International Maritime Organizationin sääntöihin (Päätöslauselma MSC.216(82). Nämä säädökset tulivat voimaan heinäkuun 1. päivä vuonna 2010. SOLAS-säädös II-2/21.1 vaatii, että yli 120 metriä pitkään tai vähintään kolme pääpaloaluetta, engl. Main Fire Zone, sisältävään matkustaja-alukseen tulee suunnitella Safe Area-tiloja eli turva-alueita, jossa hätätilan sattuessa on ihmiselämää tukevia toimia, kuten juomavettä, ilmastointi ja ravintoa. Tällaiseksi matkustaja-alukseksi on määritelty kaikki laivat, jotka kuljettavat 12 tai enemmän matkustajaa.

Toisin sanoen vuodon tai tulipalon syttyessä, matkustajat ja laivan henkilökunta voivat pysyä aluksessa, kun laiva pyrkii pääsemään lähimpään mahdolliseen satamaan sen omin voimin. Vaatimuksena on siis, että aluksen miehistö voi ohjata aluksen satamaan ilman, että matkustajia on evakuoitava.

Jos niin kutsuttu onnettomuuskynnys on ylitetty, SOLAS vaatii lisäksi tiettyjen elämää ylläpitävien systeemien olevan toimintakunnossa vielä kolme tuntia onnettomuuskynnyksen ylityksen jälkeen, jotta järjestelmällinen evakuointi voidaan suorittaa. Onnettomuuskynnys ylittyy yleensä silloin, kun yksi pääpaloalueista on kokonaan menetetty. (SOLAS II-2/21.3)

Laivasuunnittelussa SRtP vaatimusten toteuttaminen näiden säädösten pohjalta on äärimmäisen haastavaa. Teknisiä systeemejä, kuten ilmastointi tai vesiputket, on näin ollen turvatta eri keinoin, esimerkiksi vaaditulla paloeristyksellä tai putkistoja on tuplattava. SRtP:n vaatimien säädösten oikea toteuttaminen vaatii suunnittelijoilta luovaa lähestymistapaa ja nykyaikaisinta suunnittelutekniikkaa, kuten 3D-mallinnusohjelmat. Tulipalon ja vuotojen varalta onkin ehdottoman tärkeää suorittaa rakenteellisen palosuojaussuunnitelman eli SFP:n ja vesitiiviiden alueiden riskianalyysit. SOLAS-sääntöjen II-1/8-1, II-2/21, sekä II-2/22 mukaisten palo -ja vuotovaurioiden jälkeen, kaikkien systeemien toiminta on arvioitava ja dokumentoitava, joista arvioinnin on oltava kaksivaiheinen. (MCS.1/Circular.1369)

Kaksivaiheisen arvioinnin ensimmäisessä vaiheessa suoritetaan yleinen tarkastelu. Tähän arviointiin kuuluvat SOLAS-sääntöjen II-2/21 ja II-2/22 mukaiset systeemit.

Mikäli järjestelmä todetaan ensimmäisessä vaiheessa kriittiseksi, suoritetaan tarkempi tarkastelu. Putkistojen ja kaapelilinjojen reitit on selvitettävä, kuten myös järjestelmien putki -ja sähkönsyötön kytkennät. SRtP- sääntöjä noudattavien putkistojen ja kaapeleiden reitityksen ohjesääntönä on, että yhden reitityksen pettäessä toinen tai muut reitit ovat edelleen elossa. Tämän vuoksi laiva on jaoteltu eri pääpaloalueisiin. Tämän lisäksi pääpaloalueiden sisällä ovat A-luokan tiloiksi luokiteltavat rajapinnat.

### 3.1 Mallinnettavan aluksen SRtP-ohjeistus

Tutkittavassa aluksessa on kuusi pystysuuntaista ja kolme horisontaalista pääpaloaluetta. Pääpaloalueiden suunnittelussa on huomioitu eräs näkökohta, joka poikkeaa esitetyistä säädöksistä. (SOLAS [1] Luku II-2 säädökset 9.2 ja 10.10.)

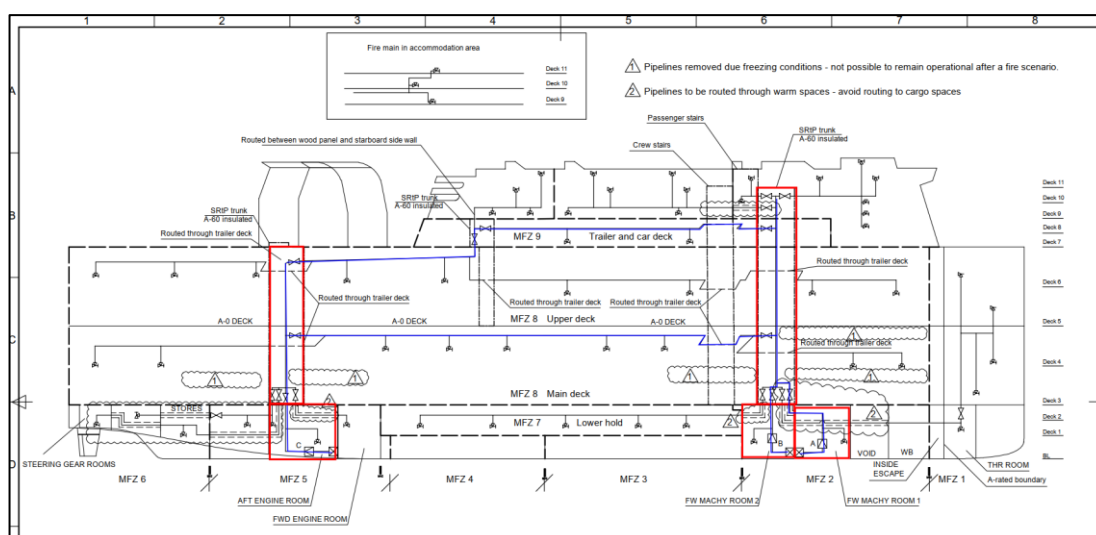
Poikkeamassa putkitunneli sijaitsee ykköskannen alla ulottuen yli useamman pääpaloalueen, joten tunneli läpäisee pääpaloalueet kolme ja neljä (MFZ3 & MFZ4). Tämän järjestelyn tarkoituksena on, että tunneli säilyy vahingoittumattomana kaikissa palotapauksissa, kuten SOLAS-säännöt II-2/21 ja II-2/22 vaativat. Jotta tunneli säilyy vahingoittumattomana, on tunneliin asennettavien laitteiden lukumäärä minimoitava. Mahdollisen tulipalon riski siitä, että palo saa alkunsa tunnelin sisältä pyritään minimoimaan. Putkitunnelin eristeenä on oltava A-60 eristeet. Paitsi tyhjien tilojen (Void) ja painolastiveden rajoilla, joissa vaatimuksena on A-0-luokan paloeristys.

Turva-alueet on jaettu eri pääpaloalueisiin, joista edessä oleva Fwd Safe Area sijaitsee pääpaloalue kahdella (MFZ2), kansilla yhdeksän ja kymmenen. Keskimmäinen turva-alue on pääpaloalue kolme (MFZ3) ja se sijaitsee kansilla yhdeksän ja kymmenen. Lisäksi laivan takana on Aft Safe Area, joka sijaitsee pääpaloalue neljässä (MFZ4), kansilla yhdeksän ja kymmenen. Näiden tietojen pohjalta voidaan todeta että, onnettomuuden, kuten aiemmin mainittujen vuodon tai tulipalon tapahtuessa MFZ2:ssa, käytettävät turva-alueet ovat MFZ3 ja MFZ4.

Vastaavasti onnettomuuden tapahtuessa MFZ3:ssa, käytettävät turva-alueet ovat MFZ2 ja MFZ4. Onnettomuuden tapahtuessa puolestaan MFZ4:ssa, käytettävät turva-alueet ovat MFZ2 ja MFZ3. (Liite 2)

### 3.2 SRtP-reitityksen ongelmat

SRtP- putkiston ja kaapeloinnin oikeinsijoittaminen alukseen on erittäin hankalaa. Säädökset ovat tiukkoja, joten niitä on seurattava tarkasti. Putkilinjojen ja kaapelireititysten sääntönä on, että eri putkilinjat eivät saa leikata samaa A-luokan tilaa. Toisin sanoen 3D -mallinnuksessa on noudatettava sääntöä, jossa tilaelementtien numerosarjat kuuluvat vain yhdelle putki- tai kaapelilinjalle. Toki voi vastaan tulla tilanteita, jolloin mikään reittimuutos ei tuota vaadittavaa numerosarjojen luetteloa. Tällaisessa tapauksessa samaa tilaelementtiä on käytettävä kahden eri putkilinjan reitissä. Tällöin suunnittelijan on paloeristettävä samaan tilaan mallinnetuista linjoista toinen vaadittavalla paloeristyksellä. Myös palopeltien asennusta on harkittava.



*Kuva 3 Leikkauskuva putki- ja kaapelireitityksistä*

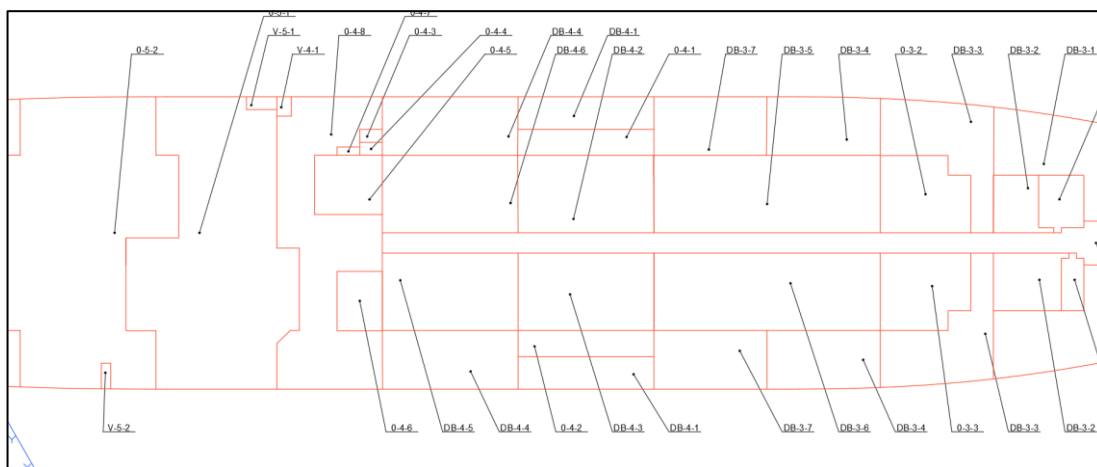
Kaavion leikkauskuvassa näkyy putkiston ja kaapelin reititys pääpaloalueiden läpi turva-alueille. Kuva on suuntaa antava, eikä leikkauskuvasta pysty tarkemmin kertomaan putkien syvyysuuntaa. Aikaisemmin reititys on hahmoteltu kuvien 4-7 pohjalta.

Kun reititys on tehty SRtP- analyysin perusteella voidaan luetteloida putkistojen ja kaapeleiden reitit A-luokan nimettyjen tilojen läpi. Tämän luettelon kautta voidaan SRtP analyysi suorittaa. Analyysissä näemme leikkaavatko putkien reitit toistensa reitit samojen A-luokan tilojen kautta. Jos reitit leikkaavat saman tilan, on reititys virheellinen. Virhe on korjattava, joko reittiä/reittejä muuttamalla tai suunnitella

oikeanlainen palosuojaus putkelle. Jotta nämä työvaiheet voisi suorittaa nopeammin, päästään tämän opinnäytetyön tutkimusaiheeseen.

Aveva Marine Outfitting- ohjelman komentokäskyt luotiin, jotta monimutkainen SRtP-putkiston ja kaapeloinnin oikea reititys nopeuttaisi työtä. Aiemmin reititys on tehty seuraamalla 2D-AutoCAD kuvia, ja sitä kautta laivan A-luokan tiloja seuraamalla yritetty luoda SRtP-sääntöjä noudattava luettelo ja SRtP-analyysi. Hidas ja helposti virheitä tuottava toteutustapa voitaisiin 3D-ohjelmaa apuna käyttäen tehdä nopeammin ja ohjelma luetteloisi mahdolliset virheet automaattisesti suoraan taulukkoon.

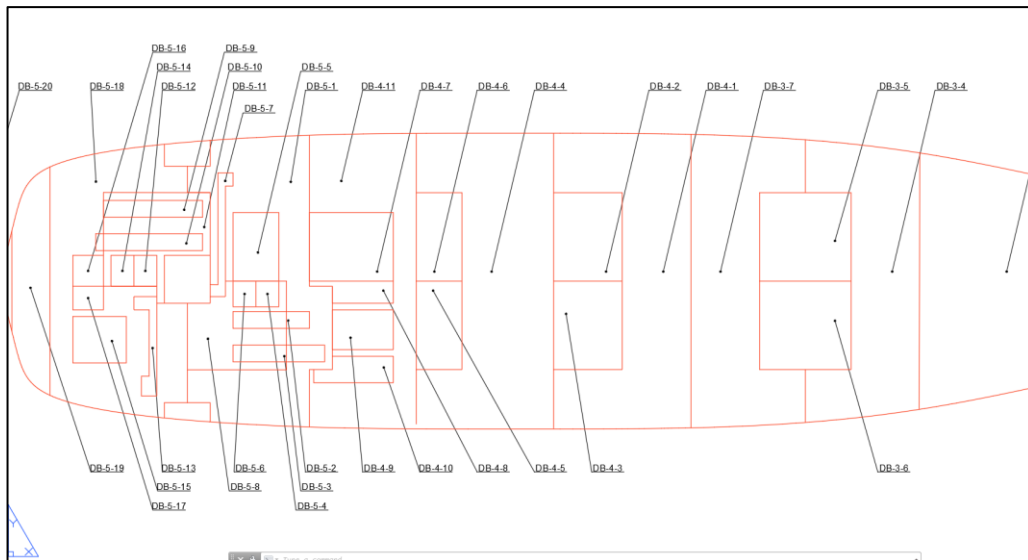
Laivan A-luokan tilaelementeille on annettu oma numerosarja, josta pystytään havaitsemaan kansinnumero, pääpalovyöhyke sekä juokseva kansikohtainen numero. Kuvassa alhaalla on kaavio esimerkkilaivan yhdestä kannesta, jossa A-luokan tilat ovat jaoteltu omiksi alueiksi ja ne on nimetty numerosarjoilla. (Kuva 6)



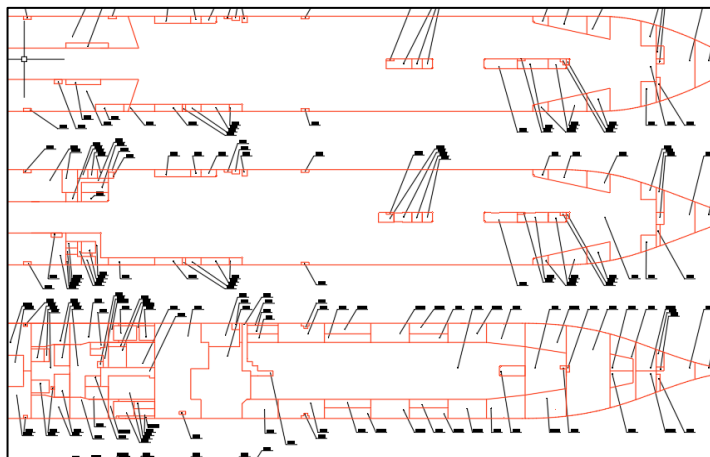
*Kuva 4 Kaavio A-luokan tiloista. Kansi Double Bottom (alempi)*

Ongelmana huomataan, että laivan ylemmille kansille siirryttäessä, kaavio on täysin erilainen (Kuvat 4 ja 5). Kaavion seuraaminen tuottaa vaivaa. Myös eri muodot kansien välillä tuo haasteen reititykseen.

Putkistojen tai kaapelireittien suunnittelussa mahdollisen reitin haku voi alemmalla kannella näyttää suoralta reitiltä, mutta ylemmäs siirryttäessä tilan muodon vaihtuessa, reittiin on tehtävä tarvittavat käännöt ja kulkulinjan muutokset.



Kuva 5 Kaavio A-luokan tiloista. Kansi Double Bottom (ylempi)



Kuva 6 Kannet 3,4,5

BLOCK	01	02	03	05	06	07	09	10	11	101	102	103	04	08	12
INVOLVED SPACES	DB-3-7	2-3-5	1-3-4	DB-31-5	2-4-8	1-31-1	DB-1-3	10-1-3	1-1-2	3-1-4	3-3-1	8-4-1	1-3-4	1-31-1	1-1-2
		1-3-4			1-31-1			9-1-3					3-3-6	3-31-1	1-5-1
								8-1-1					3-3-1	3-6-1	3-1-4
								5-7-1						3-3-1	
								3-1-2							
								4-1-2							
								3-1-6							
								1-1-2							

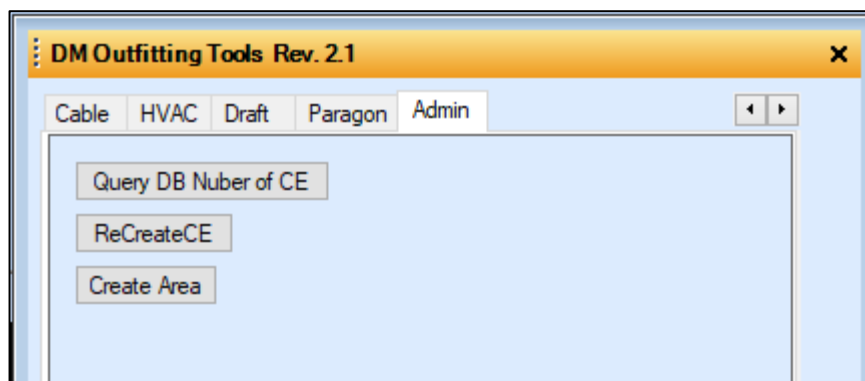
Kuva 7 Esimerkki SRtP-analyysin taulukosta

## 4 KOMENTOKÄSKYT JA MALLINNUS

Aveva Outfitting- ohjelmistoon luotua erillisiä komentokäskyjä tutkittiin, jotta saatiin tietoa, nopeuttaako suoraan 3D-mallissa tehtävä putkituksen ja kaapeleiden mallinnus SRtP- analyysin tekoa. Aluksen 3D-runkomalliin luotiin ensimmäisenä Create Area-toiminnolla A-luokan tiloja ja pääpaloalueita osoittavat alueet. Apuna käytettiin A-luokan tilojen 2D- kaaviota ja 3D-malliin aiemmin luotua runkomallia.

### 4.1 A-luokan tilojen mallinnus

Kuva 8, DMTools2 komentoikkuna, sisältää komentokäskyn Create Area. Create Arean avulla mallinnettiin A-luokan tilat laivan malliin. Area- laatikoita tehtäessä, oli laivan malli otettava rungon osalta näkyviin. Tämä tuotti ongelmia huoneiden hahmottamisessa. Rungon värimaailma peitti AREA-tilojen värimaailman ja näin ollen oli vaikea seurata tilojen seiniä. Auto-CAD- kuvien 2D- mallista pystyi kuitenkin arvioimaan oikeat seinien kohdat. Koordinaatiston lukuarvojen pohjalta voitiin asia varmentaa.

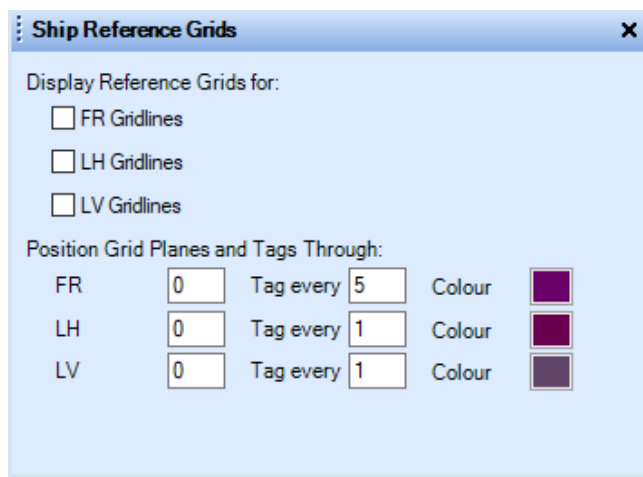


*Kuva 8 DM Tools komentoikkuna*

DWG-kaaviokuvien mukaan voitiin mitata haluttu kohde koordinaatistosta ja verrata mallista Ship Reference Grids- toiminnon avulla sama kohde koordinaatistosta.

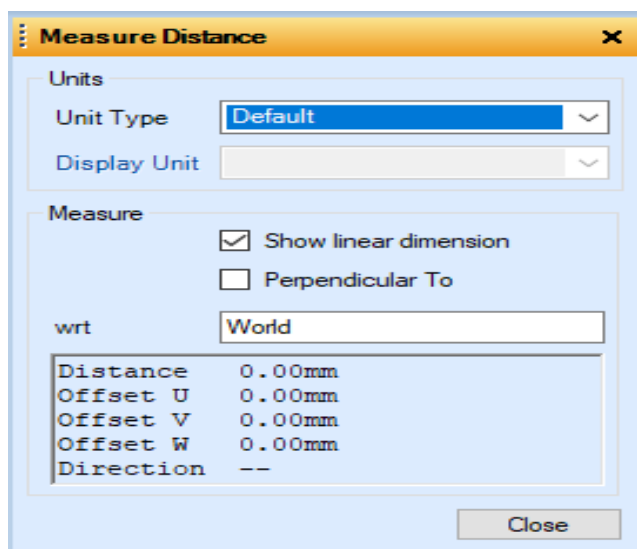
(Kuva 9)





*Kuva 9 Area elementin mallinnuksen vaihe 1*

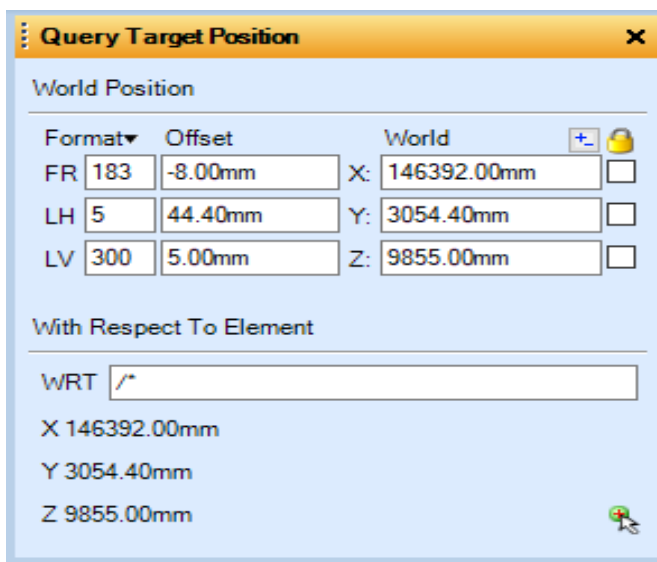
Näin voitiin tarkalleen hahmottaa, mistä kohtaa laivaa tarkastellaan ja mitata Measure Distance- komennoilla paikka tai etäisyys tarkalleen (Kuva 10).



*Kuva 10 Area elementin mallinnuksen vaihe 2*

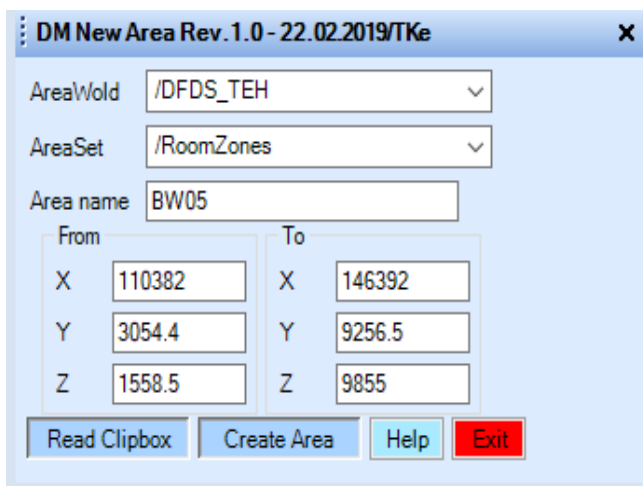
Tilojen tarkat koordinaatit pystyttiin etsimään Query Target Position komennolla (Kuva 11). Ikkunan oikealla alareunassa sijaitseva osoitinnuoli klikattiin ensin päälle, jonka jälkeen laivan rungosta klikattiin haluttua pistettä. Query Target Position antaa laivan rungosta klikatun pisteen koordinaatit. Eli halutun A-luokan tilan neljästä seinästä otetaan koordinaatit X ja Y suunnassa. X ja Y suunnat tarkoittavat laivan pituus ja leveysuuntia laivan perästä päin katsottaessa.

Z- suunnan eli korkeussuunnan pystyi myös Query Target Positionin avulla ottamaan talteen, mutta kaaviokuvista pystyi kannen korkeuden kirjoittamaan manuaalisesti AreaBox -attribuutteihin. Z- suunta manuaalisesti kirjoittaen vaikutti nopeuttavan työn etenemistä hieman.



*Kuva 11 Area elementin mallinnuksen vaihe 3*

Area tiloja mallinnettaessa, laivan mallista oli päällä Hull- mallityyppi, jolloin laivan runko oli näkyvässä. Rungon ollessa näkyvässä, näkyvä alue oli rajattava mahdollisimman pieneksi, jotta umpinaisen laivan seinistä ja rungosta sai selvän kuvan. Myös yksittäisiä seiniä oli piilotettava mallista Remove- toiminnolla, jotta oikea alue löytyi. Klikkauksen jälkeen rungon seinän koordinaatit ilmestyivät Query Target Positionin- komentoikkunaan, josta koordinaatit kopioitiin New Area-ikkunaan (Kuva 12).

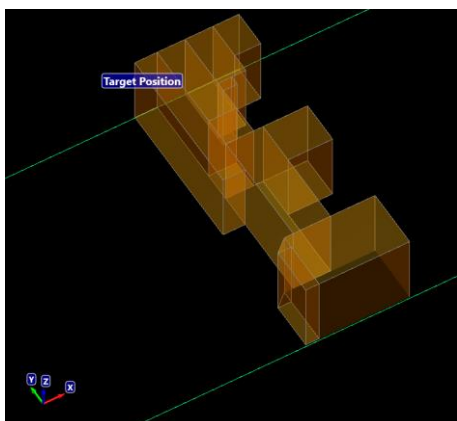


*Kuva 12 Area elementin mallinnuksen vaihe 4*

Huomioitavaa oli laivan koordinaatiston suunnat ja sijoittaa Query Targetin attribuutit oikein New Areaan attribuuttilohkoihin. Aivevan ylänauhan Edit-osiosta Model Editor-komentoikkunan laitettaessa päälle, pystyttiin AREA- lohkoa siirtää manuaalisesti haluttuun paikkaan. Vaihtoehtoisesti voitiin suoraan Attribuutti- ikkunaan kirjoittaa halutun Areaboxin koordinaatit. Attribuutti-ikkunan manuaalisesti kirjoitettua vaihtoehtoa on hyvä käyttää, kuten aiemmin todettiin, varsinkin koordinaatiston Z-suunnassa, joka osoittaa laivan vertikaalista suuntaa. Alueiden alku -ja loppukorkeus on aina jonkun kannen korkeus, joka ilmoitetaan kaaviokuvissa. Näin ollen Query Target Positionin käyttö ei korkeuksia haettaessa ole välttämätöntä.

Komentokäskyjen testaus aloitettiin näitä ohjeita noudattaen. Ja yksinkertaisia laatikoita pystyttiin luomaan nopeasti. Mallinnuksen hitaus havaittiin, kun useiden tilojen muoto olikin monikulmio.

Erillistä pursotuskäskyä ei Create Area -käskyissä ollut, joten monikulmio jouduttiin rakentamaan eri kokoisista suorakulmioista. Tällä metodilla 90° kulmassa olevat muodot saatiin tehtyä usean AreaBoxin turvin. (Kuva 13)

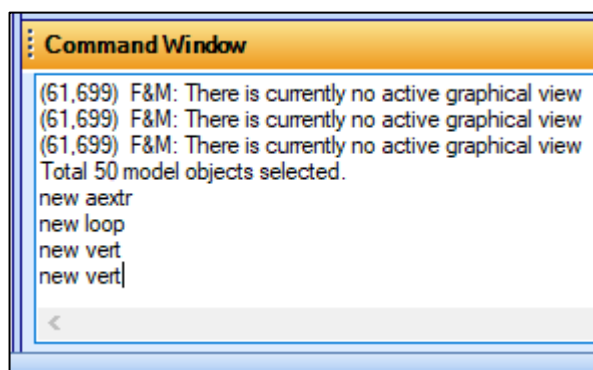


*Kuva 13 Esimerkki mallinnetusta Area- elementistä*

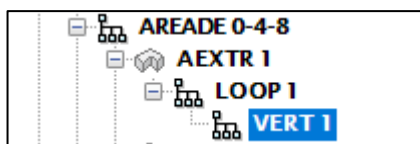
Toisen samankaltaisen ongelman tuotti laivan virtaviivaisia muotoja seuraavat alueet. Command Windown kautta koodauskäskyin erikoismuodon sai kuitenkin tehtyä. Käskyikkunaan koodattiin ensin uusi AreaExtrusion (aextr), jonka jälkeen New Loop. Loopin alle koodattiin New Vert, joita tehtiin niin monta, kuin erikoismuodossa oli koordinaattipisteitä. (Kuvat 14 ja 15)

Equipment- laitteenmallinnussovelluksessa Extrusion- pursotustoiminta on, jolla erikoismuodon voi tehdä hieman nopeammin ja helpommin. Tällaisen komentoikkunan toiminnoilla erikoismuotojen teko helpottuisi myös Arean teossa. Tällöin voi muotoilla, koordinaatistoa käyttäen, halutun elementin, antamalla muodon jokaisen koordinaattipisteen. Lisäksi kannen korkeusvälin voi lisätä elementin paksuudeksi.

(Kuva 16)



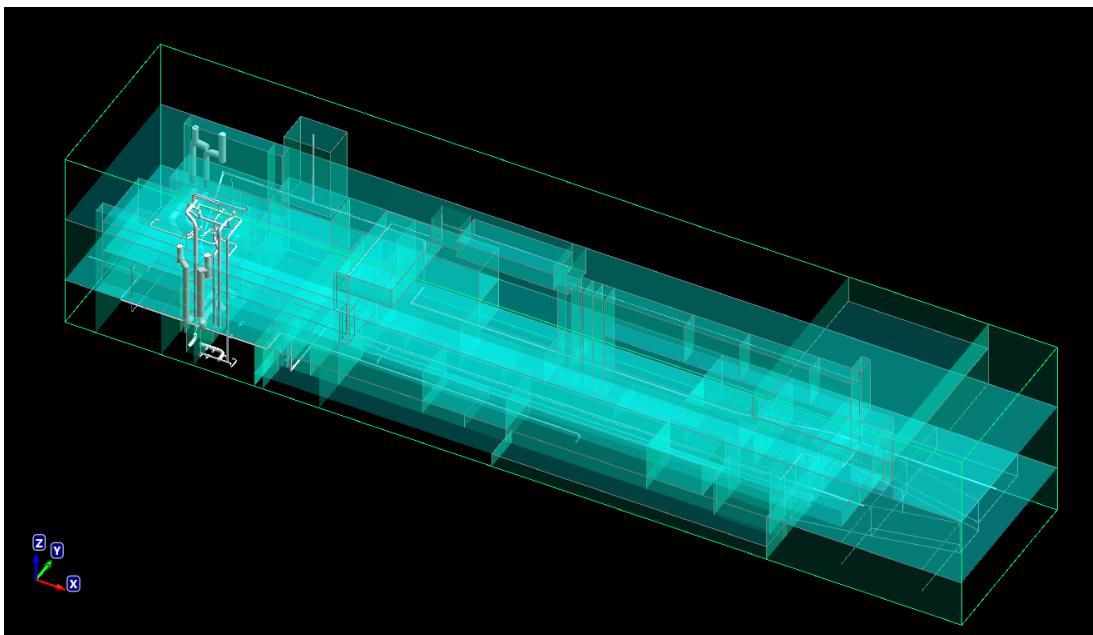
*Kuva 14 Pursotustoiminnon koodaus*



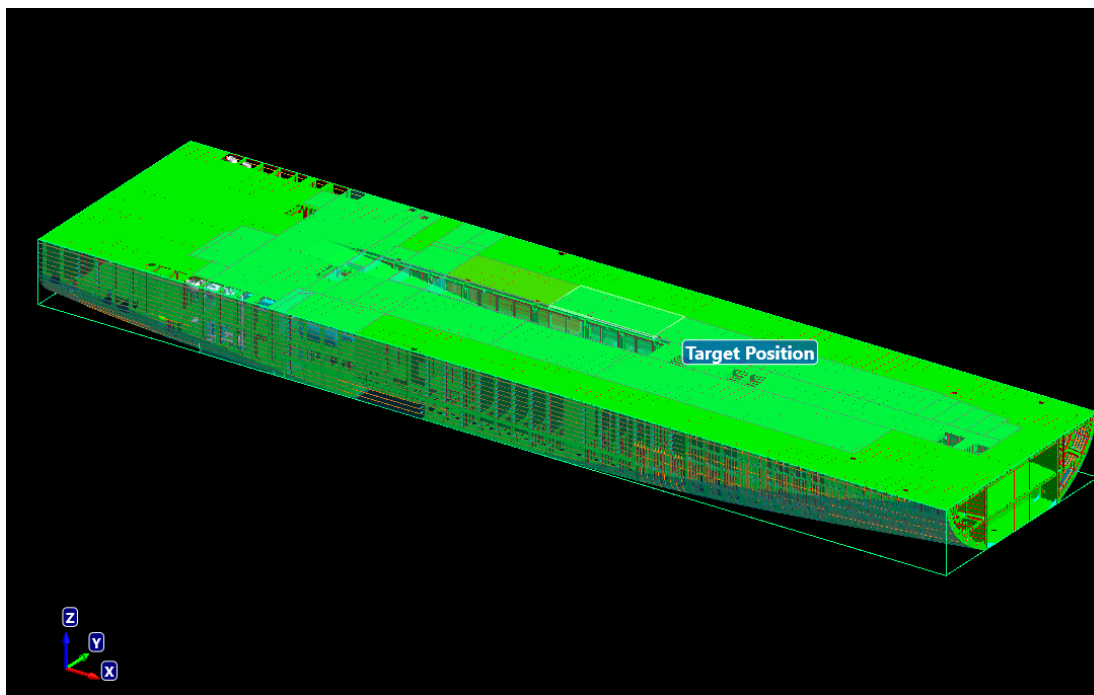
*Kuva 15 Pursotettu elementti hierarkiapuussa*

Alueiden mallinnuksessa laivan Area-maailmasta luotiin yksinkertainen malli (Kuva 16). Huomioitavaa on tilaelementtien näkyvyys 3D- mallissa. Läpinäkyvyys värimaailmassa helpottaa reitityksen seuraamista. Verrokkikuvana näemme saman laivan rungon kansilevyineen. Rungon rakennetta ei näy. Näkyvää aluetta pystyy rajaamaan, mutta tilojen hahmotus on tällöin huomattavasti vaikeampaa. (Kuva 17) Läpinäkyvät elementit siis imitoivat A-luokan tiloja, joiden kautta SRtP:n vaatimat putkilinjat ja kaapelit tuli reitittää, niin että ne eivät leikkaa samaa tilaa, kuin vain loppupisteessä.

Malli noudattelee laivan muotoja. Yhtä elementtiä tai hierarkiapuusta Areadekohdetta klikkaamalla, saadaan haluttu alue korostettua.



*Kuva 16 Laivan elementtimaailma*

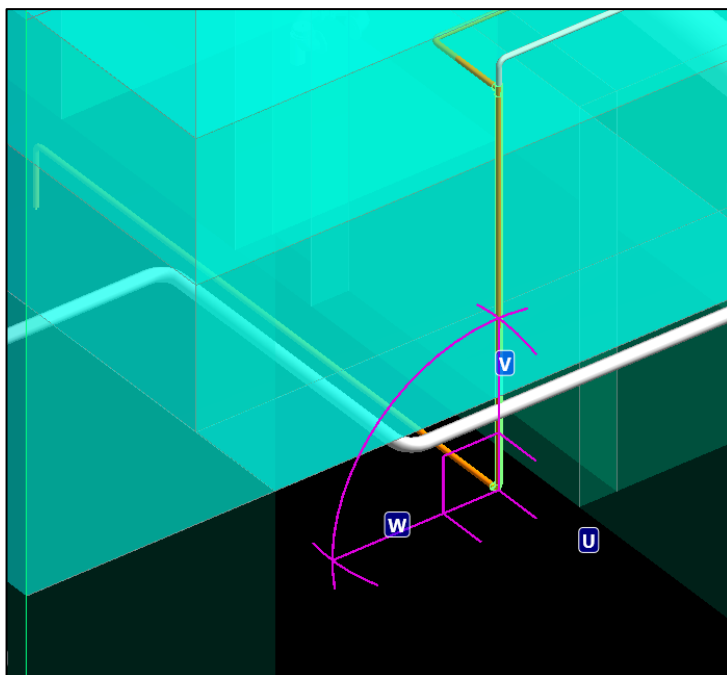


*Kuva 17 Verrokkikuva laivan rungosta*

#### 4.2 Putkilinjojen mallinnus

Putkituksen mallinnus toteutettiin Pipework- sovelluksella. Mallinnus toteutettiin noudattamalla SRtP:n sääntöjä ja alustavaa kaaviokuva.

Reitityksessä putkelle annettiin Set Pipe- toiminnolla alkupiste (Head) ja loppupiste (Tail) klikkaamalla haluttujen elementtien kohdepistettä. Kaaviokuvien mukaisesti putket nimettiin numerosarjoin ja alku -ja loppupiste sijoitettiin SRtP- kaavioita noudattaen laivan malliin. Laivasta näkyvillä oli vain Area- elementtitilat, joiden läpinäkyvyyden vuoksi reitittäminen helpottui huomattavasti. Huomioitavaa tämän tutkimuksen kohdalla oli se, että reittien tarkka paikka ei ollut prioriteettina, vaan oikeiden tilaelementtien läpi reititys. Tämän vuoksi mutkien ja muiden komponenttien lisäys putkireittiin minimoitiin.

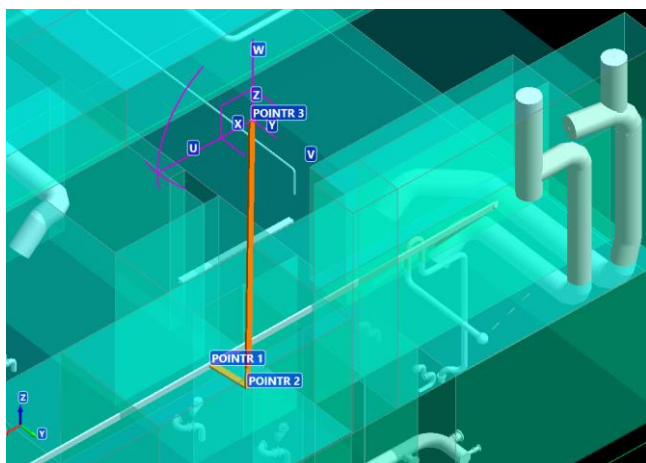


*Kuva 18 Putkilinjan mallinnus*

Putkilinjoille lisättiin Attachment Point-piste joka tilaan, jonka putkilinja läpäisee. Näin saatiin varmuus, sille että Avevan Search-komentoikkuna pystyy linjan lukemaan ja lisäämään vaadittuun luetteloon.

#### 4.3 SRtP kaapeloinnin mallinnus

Kaapeliradan tilavaruksen reititys noudatti samaa kaavaa, kuin putkien reititys. Connections ikkunan kohdasta Branch Head valittiin kaapeliradan aloituspiste Pick Head Position- teksti aktivoimalla. Branch Tail- kohdasta valittiin kaapeliradan lopetuskohta. Kaapelireittiin lisättiin Point- piste imitoimaan putkilinjaan lisättyjä Attachment Pointeja, jotta Search- ikkuna pystyi kaapelien reitin löytämään. (Kuva 18)



*Kuva 19 Kaapeliradan mallinnus*

#### 4.4 Search komentoikkuna

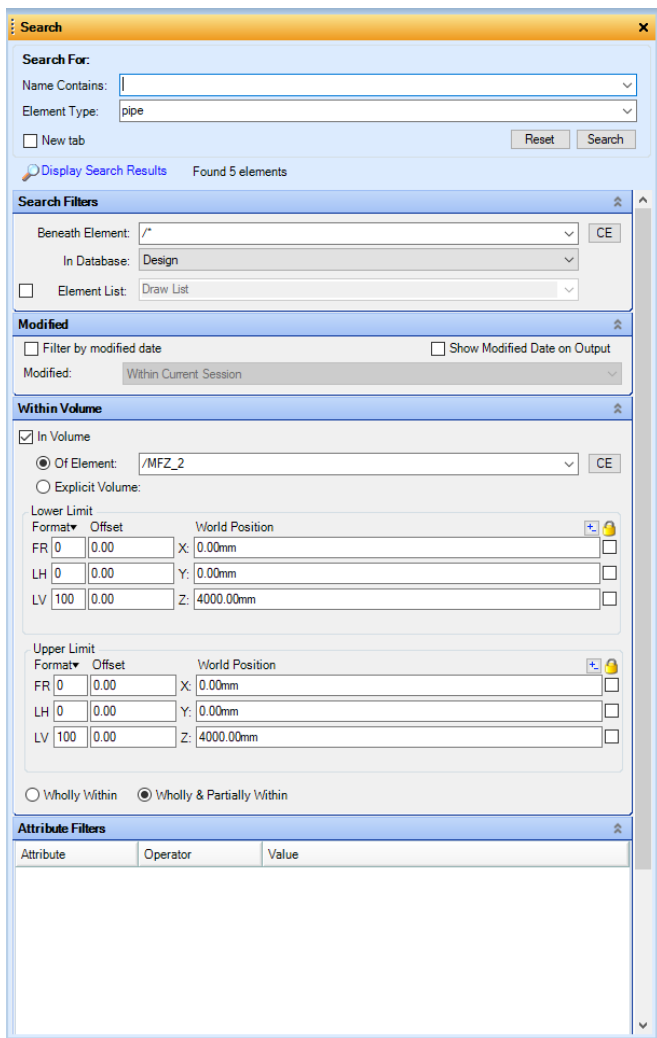
Tilaelementtien ja putkisto ja sähkönsyöttökaapeleiden mallinnuksen jälkeen voitiin testata, miten Search- komentoikkuna pystyi löytämään putki -ja kaapelilinjat ja luetteloimaan linjat niin, että tilaelementtien attribuutit näkyvät luettelossa. Putkilinjojen kohdalla komponentin ollessa tietyn tilaelementin sisällä, Search-ikkuna löysi linjan ja pystyi luetteloimaan reitin tilaelementit. Ongelmaksi muodostui se, että jos tilan läpi kulki vain suora putki Search- ikkuna ei sitä havainnut. Tällöin ongelmanratkaisuksi muodostui Attachment Pointin lisääminen suoralle putkelle, sen tilaelementin kohdalle, josta linja kulki. Attachment Point antoi kohdepisteen putkelle ja Search- ikkuna pystyi sen lukemaan ja luetteloimaan.

Sähkönsyöttökaapelin kohdalla käytössä Pointr- pisteitä jo alussa. Näin varmistettiin, että Search- ikkuna löytää kaapelireitin. Kaapelireitityksessä ei käytetty kuin suorita linjoja, jolloin kurvikomponentteja ei ollut. Metodi oli sama, kuin putkituksen teossa. Pointr- piste lisättiin kaapelilinjalle niihin kohtiin, mistä se leikkaa tilaelementin. Lisäksi Pointr piste lisättiin myös kaapelireitin alkuun (Head) ja loppuun (Tail).

Search komentokäskyjen ikkunassa sijaitsee Search For- osio, jonka elementtityypiksi kirjoitettiin pipe, jos haluttiin etsiä putkilinjoja tai cway, jolloin haettiin kaapelilinjoja. Within Volume- osioon, Of element- kohtaan haettiin tilaelementit, joista reitityslinjoja haluttiin hakea.



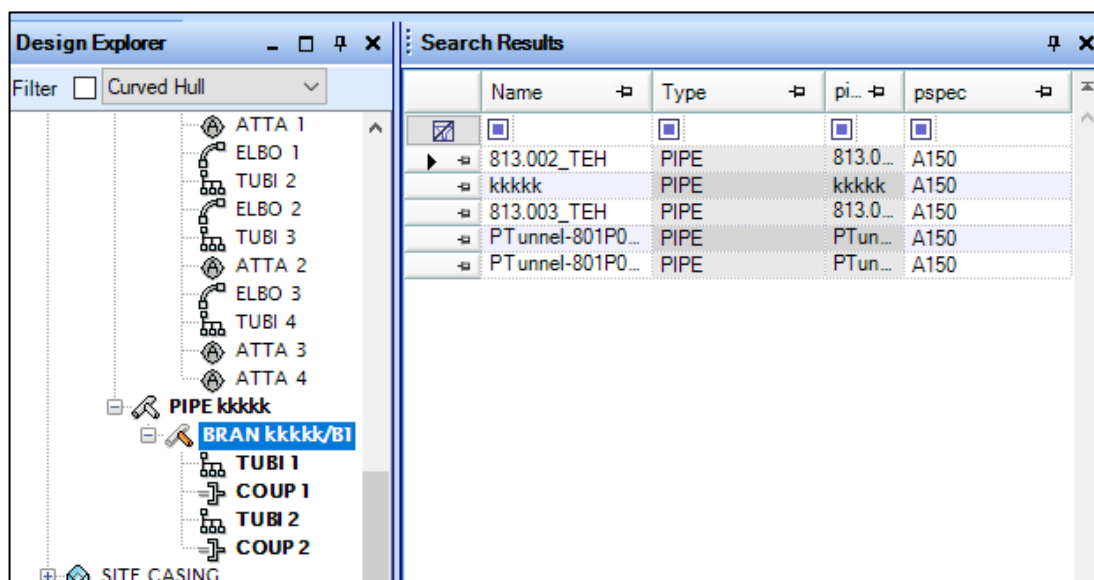
CE- nappulan avulla pystyttiin toivottu tilaelementtialue lisäämään Within Volume- osioon. Alhaalta klikattiin vielä Wholly & Partially Within kohta päälle. Tämän jälkeen Search komennolla ohjelma hakee Search Results luetteloon haetun tilaelementin putki -tai kaapelilinjat.



*Kuva 20 Search komentokäskyikkuna*

Search Result ikkunaan ilmestynyt luettelo on halutun tilaelementin kaikki putket. Esimerkkikuvassa on yhden pääpaloalueen putket lueteltuna. Jos kuvassa olisi yhden A-luokan tilaelementti, putkilinjoja saisi luettelossa olla vain yksi. Toki poikkeustapauksia on, mutta aiemmin mainittujen riittävien palosuojauksien on oltava silloin otettu huomioon ja dokumentoitu.

Valmiin luettelon voi siirtää Excel- taulukkoon, johon voidaan kerätä jokaisen tilaelementin linjaluettelot. Jokainen tilaelementti on ylempänä selostettujen metodien avulla käytävä läpi, joten hieman aikaa työ edelleen vie, mutta ajallisesti ohjelmiston käyttö apuvälineenä on huomattavasti nopeampi kuin vanha 2D- kuvien mukaan tehty luettelointi. Myös virheiden määrä vähenee ohjelmistoa käytettäessä.



Kuva 21 Tilaelementin luettelointi

## 5 KEHITTÄMISPROSESSIN ARVIOINTI

### 5.1 Tuloksen kuvaus

Tutkimustyön tavoitteena oli tutkia Aveva Marine Outfitting- ohjelmalle luotuja komentokäskyjä. Tuloksena voidaan todeta, komentokäskyjen toimivan moitteetta. Toki ohjelmistoon on syytä perehtyä ensin perusasioiden pohjalta. Näin pääsee perille ohjelmiston periaatteista ja logiikasta. Käskyikkunoita ohjelmistosta löytyy todella paljon, eikä ulkoa voi kaikkea mitenkään muistaa. Tutkimuksen rajauksen vuoksi komentoikkunoista käytettiin vain osaa.

### 5.2 Luotettavuus ja käyttökelpoisuus

Kriittisesti arvioiden, komentokäskyjen käyttömukavuus oli hyvällä tasolla. Ajoittaisia hälytysikkunoita ilmestyi AreaBox- mallinnuksen aikana, mutta tuplaklikkaamalla ne poistuivat, eikä ongelmia syntynyt. Tilaelementtien teossa voisi Extrusion toimintaa kehittää nopeammaksi, omalla komentoikkunalla laitemallinnuksen tapaan. Tämä voisi nopeuttaa erikoismuodon tekoa. (Liite 1)

Luotettavuus oli erinomaisella tasolla. Komentoikkunat myös löytyivät melko helposti. Käyttökelpoisuutensa vuoksi ehdotan, että SRtP- analyysin tekoon tämä metodi tilaelementtien, sähkönsyöttökaapeleiden ja putkituksen reititykseen SRtP- sääntöihin kuuluvien linjojen mallinnuksessa otetaan yleiseen käyttöön Deltamarinilla.

Näin nopeutetaan analyysilistan tekoa ja korjauksia voidaan listaan muokata 3D- mallin avulla.

### 5.3 Kehitettävät asiat

Aiemmin mainittu erikoismuotojen teko on isoin kehitettävä asia. Myös läpinäkyvyys tilaelementtien värimaailmassa voisi olla muokattavissa. Tällä hetkellä tilaelementtien värit näkyvät hyvin, kun rungon mallia ei ole näkyvissä. Myös kaapelit ja putkistot

erottuvat värimaailmasta hyvin. Kuitenkin rungon vihreä väri kadottaa elementtien läpinäkyvän sinisen täysin. Ehdotuksena värimaailmaan voisi olla, että läpinäkyvyys pysyisi samana, mutta värin vaihto haluamukseen helpottuisi. Search Filter komentokäskyikkunassa olevan luettelon siirtäminen Excel- muotoon tuotti useamman kerran ohjelman kaatumisen, joten pieniä virheitä koodissa on. Yksi syy voi olla myös, toisen Aveva- mallin ollessa päällä, ylikuormitus.

## 6 JOHTOPÄÄTÖS

Laivasuunnittelu ja laivanrakennusteollisuus ovat SRtP -säädöksen tultua voimaan joutuneet lisäämään suunnittelutyön vaiheita. Tämä on tarkoittanut lisää työtunteja ja sitä myötä myös lisää kustannuksia. Aiemman manuaalisesti tehdyn dokumentaation rinnalle 3D- suunnittelu on tuonut nopeutetun apuvälineen, jonka johdosta kustannukset pystytään pitämään siedettävissä rajoissa. Älykkäät putki- ja kaapelireititykset lisäävät Deltamarinilla jo aiemmin käytössä ollutta tilaelementtien mallinnuksen hyväksikäyttöä. Putkitus- ja kaapelireittien linjojen vienti tilaelementtien kautta saadaan nopeutettua SRtP-analyysin tekoa arvioni mukaan usealla päivällä. Tilaelementtien mallinnus vie suurimman osan lasketusta työajasta. Avevan komentokäskyjen tutkimisessa huomionarvoista oli se, kuinka vaikeaa SRtP-sääntöjen vaatimien reititysten teko on aiemmin ollut. Miltei mahdottomalta kuulostava 2D- mallin mukainen reititys on todella vaikeaa.

Valmiin luettelon teko vaatii edelleen myös manuaalista työtä, mutta ohjelmiston käyttö nopeuttaa työntekoa usealla päivällä ja helpottaa aikataulupaineita siltä osin. Mahdollisuudet Avevan kehittämiseen ovat rajattomat, joten mielenkiinnolla katsotaan tulevaisuuteen, miten työntekoa suunnittelutyössä voidaan entisestään tehostaa.

## LÄHTEET

Aveva.com www-sivut. 2019. Viitattu 27.5.2019  
<http://www.aveva.com/>

Deltamarin Oy:n sisäinen tietokanta

DNV GL Rules and Standards www-sivut. 2019.  
<https://www.dnvgl.com/rules-standards/>

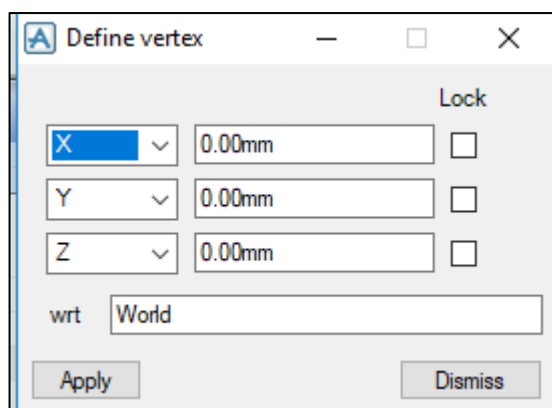
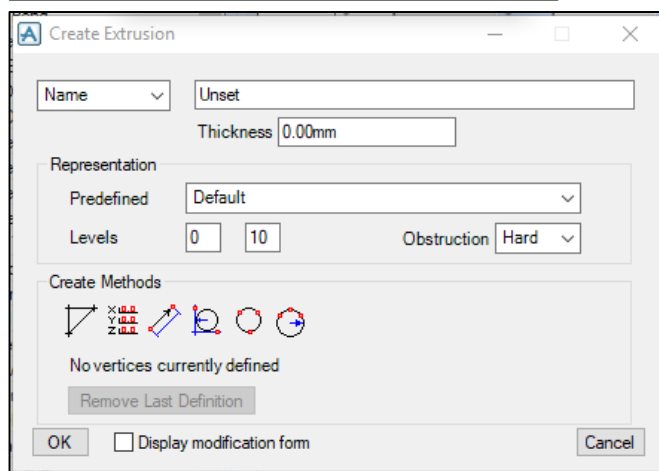
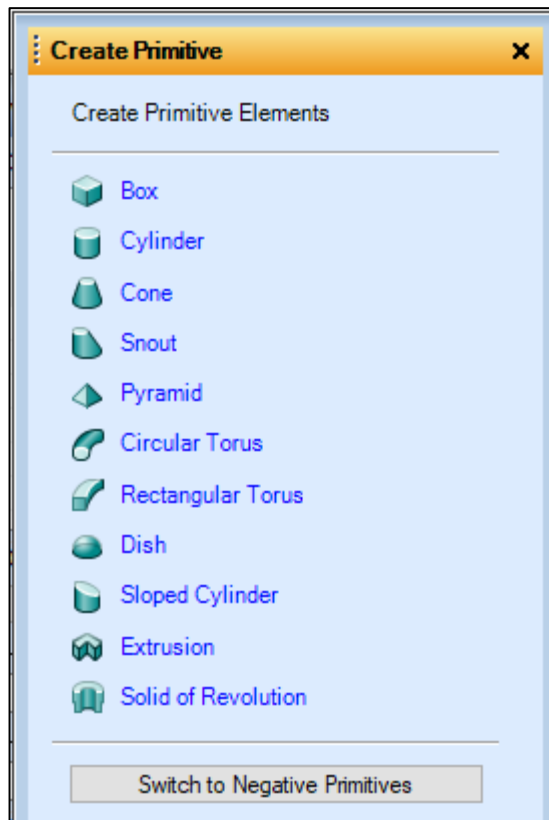
DNV GL-CG-004 Guidance for Safe Return to Port projects. 2016.

Wärtsilä - Encyclopedia of Ship technology 2019.

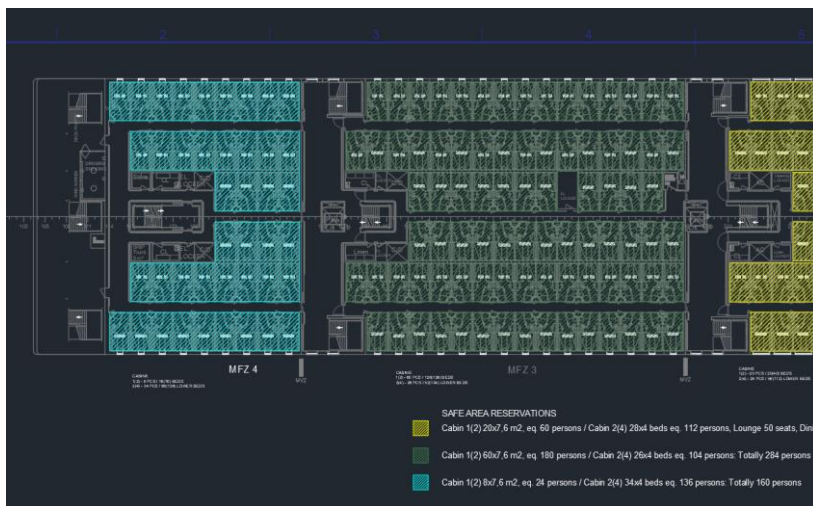
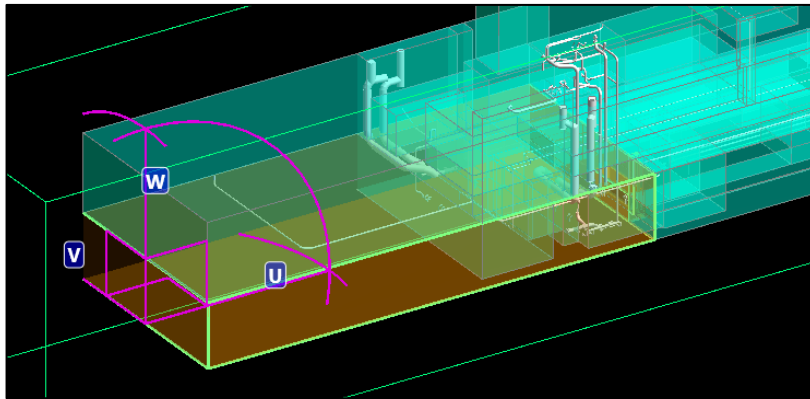
IMO. 2014. SOLAS: Consolidated edition 2014.

IMO.2014. MSC.1/Circular 1369.

IMO www-sivut. 2019.  
<http://www.imo.org>



# LIITE 2





## KUVALUETTELO

Kuva 1 Avevan hierarkia .....	9
Kuva 2 AreaWorld hierarkiapuu .....	10
Kuva 3 Leikkauskuva putki- ja kaapelireitityksistä.....	13
Kuva 4 Kaavio A-luokan tiloista. Kansi Double Bottom (alempi) .....	14
Kuva 5 Kaavio A-luokan tiloista. Kansi Double Bottom (ylempi) .....	15
Kuva 6 Kannet 3,4,5 .....	15
Kuva 7 Esimerkki SRtP-analyysin taulukosta.....	15
Kuva 8 DM Tools komentoikkuna .....	16
Kuva 9 Area elementin mallinnuksen vaihe 1.....	17
Kuva 10 Area elementin mallinnuksen vaihe 2.....	17
Kuva 11 Area elementin mallinnuksen vaihe 3.....	18
Kuva 12 Area elementin mallinnuksen vaihe 4.....	19
Kuva 13 Esimerkki mallinnetusta Area- elementistä .....	20
Kuva 14 Pursotustoiminnon koodaus .....	20
Kuva 15 Pursotettu elementti hierarkiapuussa .....	21
Kuva 16 Laivan elementtimaailma.....	21
Kuva 17 Verrokkikuva laivan rungosta .....	22
Kuva 18 Putkilinjan mallinnus .....	23
Kuva 19 Kaapeliradan mallinnus.....	24
Kuva 20 Search komentokäskyikkuna.....	25
Kuva 21 Tilaelementin luettelointi .....	26