

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Meritekniikka

2020

Tomi Myllylä

TERÄSLOHKON MAALAUSPINTA-ALAN MÄÄRITTÄMINEN

AVEVAn ohjelmistoja käyttäen

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Meritekniikka

Huhtikuu 2020 | 36 sivua

Toni Salminen (Deltamarin Oy), Lauri Kosomaa (Turun AMK)

Tomi Myllylä

TERÄSLOHKON MAALAUSPINTA-ALAN MÄÄRITTÄMINEN

AVEVA:n ohjelmistoja käyttäen

Opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä teräslohkon maalauspinta-alan laskentaan. Työssä esitellään maalauspinta-alojen laskennassa käytettäviä tapoja määrittää maalauspinta-ala suunnitteluaineiston perusteella. Työ on tehty helpottamaan kokemattoman suunnittelijan perehdyttämisestä maalauspinta-alojen laskentaan.

Opinnäytetyössä selvitetään laivan maalausprosessin eri vaiheita käytännönläheisesti ja tutkitaan pintakäsittelyn hyödyllisyyttä. Työssä erotellaan maalauspinta-aloihin vaikuttavia tekijöitä ja esitetään mahdollisia maalauspinta-alojen määrittämisen tai laskennan aikana ilmeneviä virheitä. Työssä tutkitaan lisäksi tietokoneavusteisesti suoritettavan laskennan hyötyjä materiaalinhankinnassa ja laskentaan käytetyssä ajassa.

Maalauspinta-alojen laskennassa käyttäjän virheet tilojen määrittämisessä sekä ohjelmistojen asettamat rajoitteet muodostavat suurimmat virheet lopputuloksessa. Huolellisella perehdytyksellä kokemattomalle suunnittelijalle voidaan osoittaa mahdollisten virheiden syyt ja kuinka ne tulisi välttää.

ASIASANAT:

Laivanrakennus, Pintakäsittely, Korroosio

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Naval Architecture and Marine Engineering

April 2020 | 36 pages

Toni Salminen (Deltamarin Ltd), Lauri Kosomaa (Turku University of Applied Sciences)

Tomi Myllylä

DETERMINATION OF THE PAINTING AREA OF A STEEL BLOCK

By using AVEVA software

The aim of this thesis was to study the painting area calculation of a steel block. The thesis introduces the software used for the calculation of painting areas and shows their features. The thesis was done to facilitate the orientation of an inexperienced designer with the calculation process of painting areas.

The thesis studies the different stages of the ship painting process in a practical way and shows the usefulness of surface finish. The thesis distinguishes factors affecting the painting areas and presents possible errors that occur during the determination or calculation of the painting areas. The thesis also studies the benefits of computer aided calculation in material acquisition and computation time.

The results show, when calculating the painting areas, the user's mistakes in defining spaces and the constraints imposed by software cause the biggest mistakes in the final result. With careful orientation, an inexperienced designer can see reasons for possible errors and how they should be avoided.

KEYWORDS:

Shipbuilding, Corrosion, Coating

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tavoitteet	7
1.2 Deltamarin Group	8
2 LAIVAN MAALAUUS	9
2.1 Metallin korroosio	9
2.2 Teräksen esikäsittely	11
2.3 Teräksen maalaus	13
2.4 Maalaustavat	14
3 MAALAUSPINTA-ALOJEN MÄÄRITTÄMINEN	16
3.1 Yleistä	16
3.2 Maalauspinna-alojen määrittämisen hyödyllisyys	17
3.3 Maalauspinna-alojen määrittämisen aikataulukutus	18
4 MAALAUSPINTA-ALOJEN LASKENTA	20
4.1 Tarvittavat lähtötiedot	20
4.1.1 GA ja Tankkikaavio	20
4.1.2 Teräskuvat	22
4.1.3 3D-Malli – AVEVA	23
4.2 Käytössä olevat ohjelmat – AVEVA painting areas	25
4.2.1 SURFACE-käsky	27
4.2.2 ROOM-käsky	27
4.2.3 COMBINE- ja SUM-käskyt	29
4.3 Käytössä olevat ohjelmat – Käsien laskenta / Excel	29
4.4 Käytettyjen ohjelmistojen vertailu	31
4.5 Mahdolliset virheet	32
5 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	35

KUVAT

Kuva 1. Teräksen sähkökemialliset reaktiot (Deltamarin 2020).	10
Kuva 2. Puhdistuksen toimenpiteet ja laatuasteet (SFS 8145).	12
Kuva 3. Esimerkkejä vettä ja likaa keräävistä rakenteista (ISO 12944-3).	14
Kuva 4. Kansikohtainen piirustus	16
Kuva 5. Laivan poikkileikkaus – maalausalueet	17
Kuva 6. Osa laivan yleisjärjestelystä	21
Kuva 7. Osa laivan tankkikaaviosta	22
Kuva 8. Osa laivan detail-teräskuvasta	23
Kuva 9. AVEVA 3D-kuva teräslohkosta	24
Kuva 10. AVEVA Hull Data Structure	24
Kuva 11. AVEVA painting areas -osaluettelo	26
Kuva 12. SURFACE-käskyllä rajattu alue (Rajattu alue näytetty keltaisella)	27
Kuva 13. ROOMS-käskyllä rajattu alue (Rajattu alue näytetty keltaisella)	28
Kuva 14. Profiilin pinta-alan laskennassa huomioitavat puolet	30

TAULUKOT

Taulukko 1. Käsini ja tietokoneella suoritettujen laskennan vertailu	32
--	----

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Anodinen reaktio	Elektrodireaktio, jossa positiivinen varaus siirtyy sähkönjoh- teesta elektrolyyttiin (SFS 68-1).
AVEVA	Suunnitteluohjelmisto
GA	“General arrangement” Laivan yleisjärjestely
IMO	“International maritime organisation” Kansainvälinen me- renkulkujärjestö
ISO	“International Organization for Standardization” Kansainväli- nen standardisoiimisjärjestö
Katodinen reaktio	Elektrodireaktio, jossa negatiivinen varaus siirtyy elektro- nijohteesta elektrolyyttiin (SFS 68-1).
Polvio	Rakenteiden risteyskohtaan tuleva vahvikerauta
Profiili	Laivan sekundäärinen lujuuselementti. Laipioon, kanteen, laidoitukseen tai kehyskaareen hitsattava vahvikerauta
SFS	Suomen standardisoiimisliitto
.csv	“comma-separated values” -tiedostomuoto

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia laivan teräslohkon maalauspinta-alojen määrittämistä ja selvittää siinä käytettäviä ohjelmistoja. Työssä selvitetään maalauspinta-alojen määrittämiseen liittyviä vaatimuksia ja syitä eli vastauksia kysymyksiin, miksi ja milloin maalauspinta-aloja on syytä määrittää. Maalauspinta-alojen määrittämisessä voidaan käyttää hyödyksi tietokoneavusteisia ohjelmistoja, tai laskenta voidaan suorittaa käsin. Työn on tarkoitus helpottaa kokemattoman suunnittelijan perehdyttämistä maalauspinta-alojen määrittämiseen ja laskentaan.

Opinnäytetyön toimeksianto tuli Deltamarinilta, joka tarvitsi selvitystä maalauspinta-alojen määrittämisestä ja laskennasta oman suunnittelunsa tueksi. Työn referenssiprojekti on Euroopassa rakennettava ropax-alus. Yrityksen toiveena oli, että työssä tutkitaan AVEVA:n tarjoaman painting areas -ohjelmiston ominaisuuksia maalauspinta-alojen määrittämiseen. Toiveena opinnäytetyöhön oli myös verrata AVEVA:n painting areas -ohjelmiston käyttöä käsin suoritettavaan laskentaan.

Työssä selvitetään myös laivanrakennuksessa käytettävän teräksen korroosiota ja korroosionestoa yleisellä tasolla. Korroosionestokeinoista työssä käsitellään vain teräksen pinnoittamista maalilla.

1.2 Deltamarin Group

Deltamarin Group on vuonna 1990 perustettu meriteknisen alan suunnittelun, konsultoinnin ja rakentamisen tukipalveluita tarjoava yritys. Yrityksellä on referenssejä jo vuodesta 1984 alkaen. Deltamarin Group:iin kuuluvat Deltamarin Oy (Suomi), Deltamarin Sp.z.o.o. (Puola), Deltamarin Co. Ltd (Kiina) ja yhteisyritys Brodoplan d.o.o (Kroatia). Yrityksen pääkonttori sijaitsee Turussa ja Deltamarin Group:in muut toimistot sijaitsevat Helsingissä, Raumalla, Gdanskissa ja Shanghaissa. Yritys ja sen yhteisyritys työllistävät tällä hetkellä noin 400 työntekijää eri puolilla Eurooppaa sekä Aasiassa. Yrityksellä on osaamista kaikista eri laivatyypeistä ja offshore-aluksista. Deltamarinin osaaminen ulottuu uudisrankenteista muunnosprojekteihin, ja yritys pyrkii tarjoamaan palveluita koko laivan elinkaaren ajaksi. (Deltamarin intranet 2020.)

Deltamarinin emoyhtiö on kiinalainen CMI (China Merchants Industry) 79.57 %:n omistusosuudella talvesta 2019 lähtien. Loput osakekannasta (20.43 %) on pidetty yhtiön työntekijöiden omistuksessa. Konsernin liikevaihto vuonna 2018 oli 47,5 miljoonaa euroa. Yrityksen toimitusjohtajana on vuodesta 2017 lähtien toiminut Janne Uotila. (Deltamarin intranet 2020.)

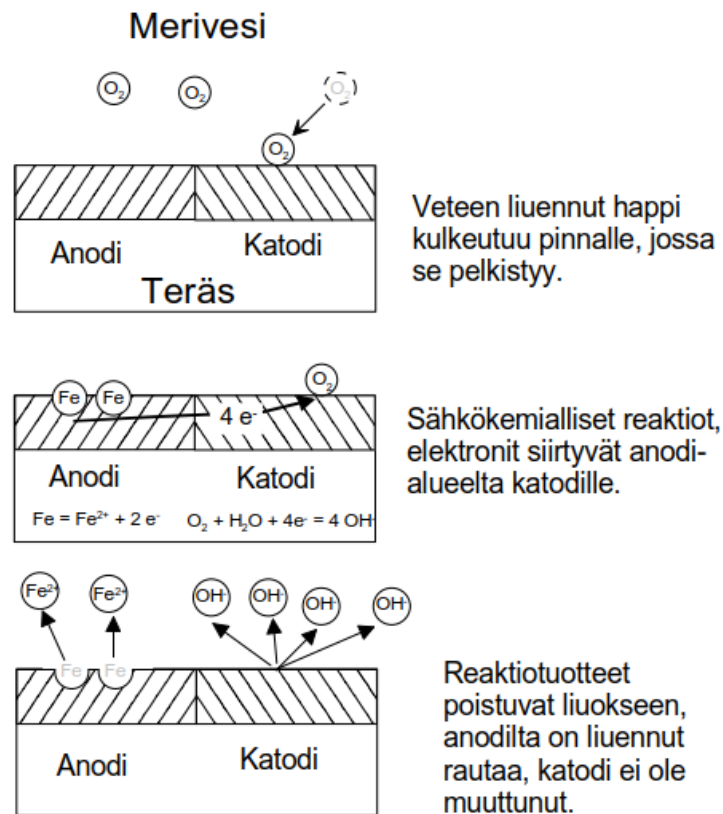
2 LAIVAN MAALAUUS

Metallien käyttö laivanrakennuksessa johtaa juurensa 1500-luvulle, jolloin laivan pohjat suojattiin lyijylevyillä. Lyijylevyillä pyrittiin suojaamaan laivan puurunkoa laivamadoilta ja estämään samalla kasvustojen tarttumisen pohjaan. Rauta- ja teräsrunkoisten laivojen yleistyessä 1800-luvun puolivälissä korroosiosta tuli laivamatoja suurempi ongelma laivanrakennuksessa. Tarvittiin uusia ja halvempia keinoja suojaamaan laivaa korroosiolta. Korroosionestoon ja kasvuston estämiseen laivojen pohjissa alettiin käyttämään maalausta 1900-luvun alussa. Maalauksella kyettiin hillitsemaan teräksen syöpymistä ja näin pidentämään huomattavasti laivojen käyttöikää. (Aromaa 2013.)

2.1 Metallin korrosio

Korroosiolla tarkoitetaan tapahtumasarjaa, jossa metalli kuluu ja muuttuu käyttökeltomaan muotoon. Tapahtumasarjassa metalli reagoi siihen vaikuttavan ympäristön kanssa ja pyrkii palaamaan luonnolliseen muotoonsa. Metallit varastoivat itseensä valmistusprosessin aikana runsaasti energiaa. Alkuaineiden luonnollinen pyrkimys alhaisempaan energiatilaan johtaa metallin reagoimiseen ympäristön kanssa. Käsitteenä korrosio määritellään metallin fysikaalis-kemialliseksi reaktioksi. Korrosio ei kuitenkaan rajoitu ainoastaan metalleihin, vaan termiä käytetään myös muiden materiaalien kohdalla. Tässä työssä keskitytään tutkimaan korroosion vaikutusta metalleihin ja erityisesti teräkseen. (Korroosiokäsikirja 2004.)

Korroosion sähkökemiallinen reaktio selitetään metallin pinnalle syntyneillä paikallispareilla, jotka muodostavat pintaan korroosiokennon. Syntynyt korroosiokenno jakautuu anodeihin ja katodeihin, mikä muodostaa teräkseen suljetun virtapiirin. Paikallisparien välille muodostuu jännite, jossa kaikki anodisen reaktion vapauttamat elektronit kulutetaan katodisessa reaktiossa. Reaktiossa hapetin kulkeutuu materiaalia ympäröivästä liuoksesta katodialueelle, jossa se pelkistyy. Pelkistymisen vaatimat elektronit otetaan materiaalin anodisesta liukenemisreaktiosta, ja liukenemisesta syntyneet ionit kulkeutuvat materiaalia ympäröivään liuokseen (kuva 1). Tavallisesti teräksen kohdalla katodisessa reaktiossa happi pelkistyy ja anodisessa reaktiossa teräs hapettuu. (Deltamarin 2020.)



Kuva 1. Teräksen sähkökemialliset reaktiot (Deltamarin 2020).

Metallin korroosionkestävyyteen vaikuttaa myös metallin jalous ja kyky muodostaa suojaavia reaktiokerroksia. Jalometallit eivät normaaliympäristöissä reagoi johtuen niiden korkeasta potentiaalista. Potentiaali ilmaisee sähkökemiallisen reaktion todennäköisyyttä ja sitä, kuinka helposti anodi on valmis luopumaan elektronista. Tietyt jalometallit pystyvät myös muodostamaan suojaavia reaktiokerroksia metallin pintaan. Tiivis reaktiokerros metallin pinnalla estää sähkökemiallisten reaktioiden jatkumisen. Ilmiötä, jossa reaktiokerros muodostuu metallin pintaan, kutsutaan passivoitumiseksi. Tästä voidaan pitää esimerkkinä kuparin passivoitumista. (Deltamarin 2020.)

Laivanrakennuksessa metallit altistuvat äärimmäisiin olosuhteisiin. Kosteaa ja suolapitoista ilmasto kiihdyttää metallissa tapahtuvaa korroosiota. Jotta teräs reagoisi ympäristön kanssa, on ilman suhteellisen kosteuden oltava vähintään 60 %. Metallin pinnalla ja ilmassa olevat epäpuhtaudet kiihdyttävät myös metallissa tapahtuvaa korroosiota. Näin ollen korroosionopeus on suurimmillaan meriveden roiskevyöhykkeellä. Tällöin happea, kosteutta ja suoloja on erityisen paljon saatavilla. Vesirajan alla korroosionopeus

hidastuu huomattavasti hapenpuutteen takia. Vesirajan alapuolella korroosiota aiheuttavat eniten veden virtaus ja mikrobikasvustojen määrä. Korroosiota voidaan yrittää estää tai hidastaa eristämällä metalli siihen reagoivasta ympäristöstä. Pinnoittamalla metalli voidaan eristää ympäristöstä. Näin ollen korroosionesto perustuu katodisen tai anodisen reaktion pysäyttämiseen teräksen pinnalla. (TRY 2015.)

2.2 Teräksen esikäsittely

Pinnan esikäsittelyllä pyritään saavuttamaan maalin parempi tarttuminen teräkseen. Haastavissa olosuhteissa mikään maaliyhdiste ei riitä suojaamaan terästä, jos maalaus on toteutettu huonosti puhdistetulle pinnalle. Yleisimpiä epäpuhtauksia teräspinnalla ovat öljyt, rasvat, suolat, eliöperäiset kasvustot ja ruoste. Nämä epäpuhtaudet tulee poistaa maalattavan alueen pinnalta, jotta maali pystyy tarttumaan teräkseen. Pinnan puhdistuksen laiminlyönti johtaa maalauksen ennen aikaiseen pettämiseen. (RTV Pinnan puhdistus.)

Esikäsittelyasteen määrittämisessä standardien käyttö on yleistä. Teräsrakentamisessa yleisimmin käytetty standardi SFS-ISO 8501 määrittelee kuvia apuna käyttäen esikäsittelyasteen asteikolla 0–3. Tämä standardi ei toimi tehokkaasti telakkateollisuudessa, koska laivanrakennuksessa työskennellään usein konepajamaalattun teräksen kanssa. Suomessa laivanrakennuksessa on yleisesti käytetty omaa suomalaista standardia SFS 8145, joka huomioi SFS-ISO 8501 -standardia paremmin konepajamaalauksen teräksen pinnalla (kuva 2). Standardi SFS 8145 määrittelee kuusi esikäsittelyn astetta. Esikäsittelyasteen valinta määritetään maalattavan alueen käyttökohteen ja käytettävän maalin mukaan. (RTV Pinnan puhdistus.)

PUHDISTUS				1	2	3	4	5	6
Maalattavat alueet	1	Rasvan, öljyn, pölyn, suojojen ja roskien poisto							
Hitsausliitokset ja ilman konepajapohjaa olevat alueet	2	Kevyt teräsharjaus							
	3	Teräsharjaus	St 2						
	4	Teräsharjaus (vain työselosteessa mainituissa erityiskohteissa)	St 3						
	5	Kevyt suihkupuhdistus	Sa 1						
	6	Huolellinen suihkupuhdistus	Sa 2						
	7	Hyvin huolellinen suihkupuhdistus	Sa 2½						
	Konepajapohjapintojen suihkupuhdistus	8	Kevyesti						
9		Huolellisesti							
10		Hyvin huolellisesti							
Vain työselosteessa mainituissa erityiskohteissa	11	Suihkupuhdistus metallinpuhtaaksi	Sa 3						

Kuva 2. Puhdistuksen toimenpiteet ja laatuasteet (SFS 8145).

Yksi yleisimmistä keinoista esikäsitelyssä on suihkupuhallus. Suihkupuhalluksessa puhallusaine iskeytyy suurella nopeudella pintaan ja poistaa epäpuhtaudet. Suihkupuhalluksessa suuttimen kärkeä liikuttamalla puhdistettavan pinnan kohdalla niin pitkään, että pinta vastaa sille asettua esikäsitelyastetta. (RTV Pinnan puhdistus.)

Alue on myös siivottava suihkupuhalluksen jälkeen. Siivouksessa poistetaan alueelle kertyneet puhallusaineet ja pölyt. Siivouksen yhteydessä tehdään myös suihkupuhalluksen tarkistus, jolloin arvioidaan korjauspuhallusten tarpeellisuus. Mikäli tankki on IMO-merkitty, tulee siihen tehdä myös pöly- ja suolakoe ennen maalausta. IMO-tankkeja ovat laivassa sijaitsevat merivesipainolastitankit (IMO 215.82). Pöly- ja suolakokeella tarkistetaan alueella olevia mahdollisia pieniä epäpuhtauksia, joita tarkastaja ei voi havaita ilman apulaitteita.

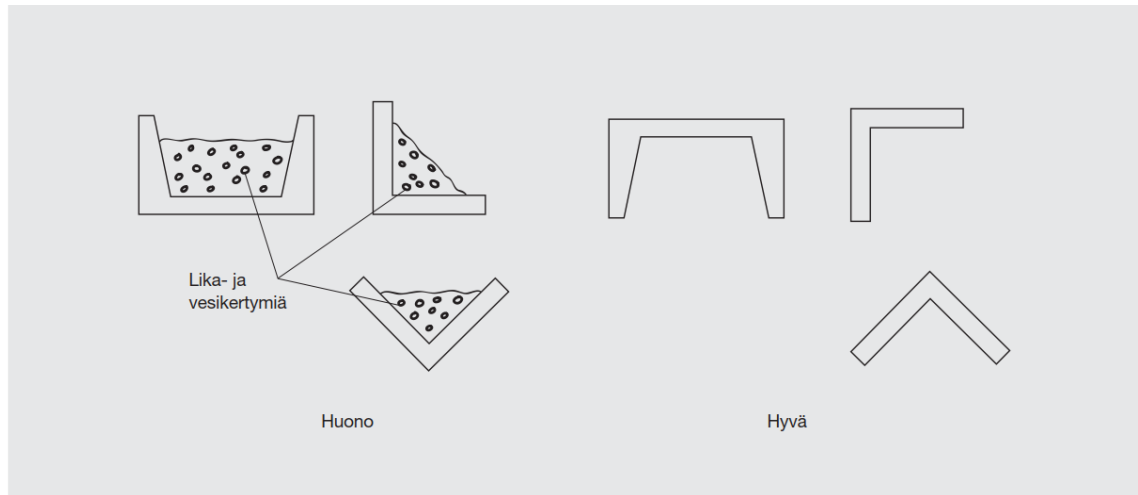
Taltaus, koneellinen teräsharjaus ja koneellinen hionta ovat teräksen esikäsitelyssä myös yleisesti käytettyjä keinoja. Tällaiset esikäsitelyt ovat helppoja toteuttaa ja vaativat usein vain käsikäyttöisiä työstövälineitä, mutta ovat varsin tehottomia keinoja pinnan puhdistamiseen. Nämä esikäsitelymenetelmät kykenevät irrottamaan pinnasta vain pintaruosteen, ja suuremmat ruostekerrostumat jäävät teräkseen kiinni. Siksi kyseisiä keinoja tulee käyttää vain niille rajatuissa ympäristöissä. Näitä ympäristöjä ovat pienet ja paikoitellen vaurioituneet alueet ja hitsausaumamat. Lisäksi kyseiset

esikäsittelemenetelmät soveltuvat vanhojen paksujen maalikerrostumien irrottamiseen. (RTV Pinnan puhdistus.)

2.3 Teräksen maalaus

Teräksen korroosionkestävyyteen vaikuttaa ympäristön ja teräksen väillä tapahtuva vuorovaikutus. Maalausta käytetään parantamaan teräksen korroosiokestävyyttä eristämällä sen pinta ympäristöstä. Eristämisessä maali luo tiiviin kalvon, joka estää ionien pääsyn teräspinnalle. Maaleihin voidaan sisällyttää myös epäjalompia metalleja, jotka suojaavat terästä. Epäjalompi metalli maalissa "uhrautuu" estäen teräksen ruostumisen. Epäjalomman metallin "uhrautuminen" perustuu galvaaniseen korroosioon, jossa epäjalompi metalli muodostuu anodiksi ja syöpyy. Maalin koostumukseen vaikuttavat maalin sisältämät sidosaineet, pigmentit, täyteaineet, liuotteet ja apuaineet. Koostumusta muuntelemalla saadaan eri maalityyppejä, jotka soveltuvat eri käyttötarkoituksiin. (Teknos 2013.)

Ennen teräksen maalausta tulee suunnitella tarvittavien maalikerrosten määrä. Useita maalikerroksia käytettäessä jokaisella maalikerroksella on oma tehtävänsä teräksen suojaamisessa. Pohjamaalin tehtävänä on tarjota hyvä tarttumapinta seuraaville maalikerroksille ja muodostaa teräksen pinnalle eristekerros. Eristekerros suojaa terästä veden ja hapen vaikutuksilta. Välikerrosta käytetään, kun halutaan kasvattaa maalikerroksen paksuutta. Paksumpi maalikerros hidastaa teräksen diffuusiota. Pintamaalin tehtävänä on tarjota mahdollisimman hyvä korroosionkesto teräkselle sen käyttöympäristössä ja suojata alempia maalikerroksia. Sen valinta riippuu näin ollen käyttöympäristöstä. (Deltamarin 2020.)



Kuva 3. Esimerkkejä vettä ja likaa keräävistä rakenteista (ISO 12944-3).

Laivan maalaus tulee huomioida jo teräsuunnitteluvaiheessa. Terävät kulmat ja nurkat heikentävät maalaustulosta huomattavasti. Myös niittiliitokset ovat maalauksen kannalta erittäin hankalia kohtia, joten niitä tulee välttää. Lisäksi vettä ja likaa keräävät rakenteet tulisi poistaa suunnitteluvaiheessa, koska ne altistuvat korroosiolle muita kohtia helpommin (kuva 3). Teräsuunnitteluvaiheessa on huomioitava maalattavan alueen luoksepäästävyys. Ahtaat välit estävät maalin levittäytymisen tasaisesti teräksen pintaan. Hitsausliitosten tulisi olla yhtenäisiä, jotta niiden saumoihin ei syntyisi hankalasti maalattavia aukkoja. Mikäli aluetta ei voida käsitellä kokoonpanon jälkeen, tulee alueen materiaalit maalata etukäteen tai valita niihin syöpymätön materiaali. (Teknos 2013.)

2.4 Maalaustavat

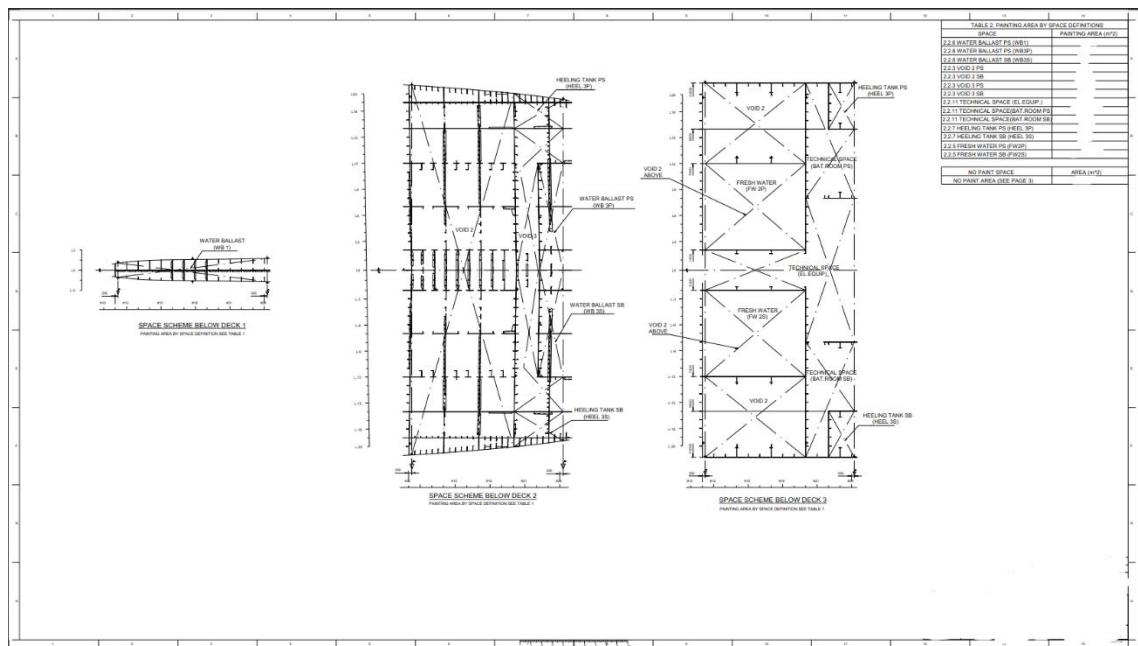
Telakkateollisuudessa käytetään usein suurpaineruiskumaalausta. Suurpaineruiskutuksessa suihkutettavan maalin mukana ei ole ilmaa ja näin ollen se pääsee tunkeutumaan helposti kulmiin ja pinnan huokosiin. Suurpaineruiskutus perustuu suureen paineeseen, jolla maali syötetään suuttimen läpi. Suuttimen läpi kulkeutuva maali iskeytyy suurella nopeudella pintaan ja maali hajoaa ilmassa tehokkaasti. Tehokkaan hajoamisen takia maalia ei tarvitse ohentaa. Suurpaineruiskutus on tehokas maalauskeino, kun halutaan maalata suuria alueita. Ongelmina suurpaineruiskun käytössä ovat maalipinnan huono ulkonäkö ja suuret letkupaineet. (RTV Maalaus.)

Telamaalausta käytetään usein laivan ulkopintojen maalaamisessa. Telamaalauksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota maalipinnan paksuuteen, koska suurien alueiden maalauksessa maalipintojen kalvonpaksuus saattaa vaihdella paljonkin riippuen siitä, kuinka usein telaa on kastettu maaliin. Telamaalaus sopii vain tasaisten pintojen maalaukseen, koska tela ei kykene levittämään maalia ahtaisiin väleihin. (RTV Maalaus.)

3 MAALAUSPINTA-ALOJEN MÄÄRITTÄMINEN

3.1 Yleistä

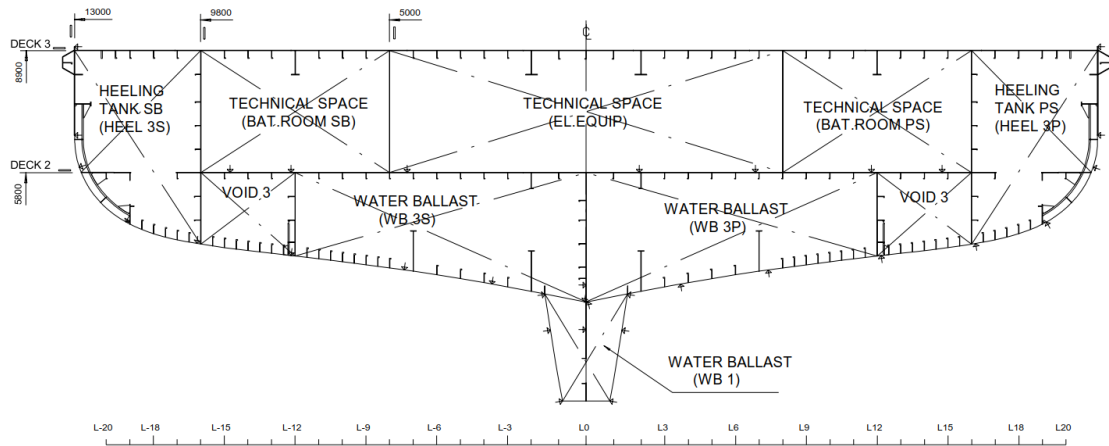
Maalauispinta-alojen määrittämisellä tarkoitetaan tietyn huoneen tai alueen kaikkien osien pinta-alojen yhteenlaskua. Työ voidaan toteuttaa suurlohkokohtaisesti, lohkokoh-
 taisesti tai tilakohtaisesti. Laskenta pyritään tekemään sellaiselle kokonaisuudelle, jonka
 telakka maalaa. Usein työ tehdään suurlohkokohtaisesti, ja jokaisen suurlohkon tilat ja-
 otellaan pienempiin maalausalueisiin. Laskennassa on huomioitava, että saman tilan tai
 tankin alueella voi olla useampi suurlohko. Maalauispinta-alueella tarkoitetaan yhtä lai-
 van yhtenäistä aluetta, joka rajataan kansien ja teräslaipioiden avulla. Maalauispinta-alo-
 jen määrittämisen pohjana toimii laivan yleisjärjestely, jonka pohjalta laskentaa aletaan
 suorittamaan. Maalauispinta-alojen määrittämisen tarkoituksena on luoda suurlohkosta
 kansi- ja aluekohtaiset piirustukset, joista maalausalueet ilmenevät eroteltuina (kuva 4).



Kuva 4. Kansikohtainen piirustus

Teräsrakenteissa tilat koostuvat useista eri komponenteista, mikä vaikeuttaa tilan koko-
 naispinta-alan laskemista (kuva 5). Tilat voivat olla myös epäsäännöllisen muotoisia, ja
 ne voivat pitää sisällään monimutkaisia geometrisiä muotoja. Komponenttien määrä ja
 alueiden haastavat muodot vaikeuttavat alueiden nopeaa käsin laskemista. Näin ollen

maaluspinta-alojen määrittämiseen on kehitelty tietokoneohjelmistoja, jotka kykenevät tarkempaan ja nopeampaan laskentaan kuin käsin suoritettu laskenta.



Kuva 5. Laivan poikkileikkaus – maalausalueet

3.2 Maaluspinta-alojen määrittämisen hyödyllisyys

Suurlohkot sisältävät yksinään useiden tuhansien neliömetrien edestä maaluspinta-alaa. Tuotanto tarvitsee oman hankintansa pohjaksi alueiden maaluspinta-alat. Maaluspinta-alojen laskenta suoritetaan, jotta suurlohkossa tarvittava maalimäärä saataisiin mahdollisimman tarkasti selville. Eri tilat vaativat eri maaleja. Maalien koostumukset ja maalauskerrosten määrä voivat vaihdella suurestikin riippuen tilan käyttökohteesta. Näin ollen jokaiselle tilalle tulee määrittää oma käyttökohteensa, jotta valitun maalin ominaisuudet vastaisivat mahdollisimman hyvin sen kohtaamia olosuhteita.

Maaluspinta-alojen määrittäminen on hyödyllistä tehdä, tapahtui maalaus alihankintana tai omana työnä telakalla. Omana työnä tehtävään maalaukseen tuotannon materiaalin-hankinta tarvitsee tiedot tarvittavista maaleista. Kun maalimäärä optimoidaan, varastot voidaan pitää mahdollisimman pieninä. Varastointi ei tuota yritykselle juurikaan lisäarvoa, ja varastoihin sitoutunut pääoma olisi hyödyllisempää sijoittaa muihin tarpeisiin. Tarkalla ja suunnitellulla materiaalin-hankinnalla saadaan pienennettyä varastoja ja siksi tarvittavien maalien määrä tulisi selvittää mahdollisimman tarkasti. (Logistiikan maailma 2020.)

Maalaustyö voidaan myös ostaa alihankintana. Alihankinnalla tarkoitetaan ulkopuolisen yrityksen palkkaamista tiettyyn työtehtävään. Alihankintaa käytetään, kun sen uskotaan

tuovan säästöjä tai olevan tehokkaampi tapa tuottaa haluttu toiminto (Tilastokeskus 2006). Alihankintana tehtävässä maalauksessa olisi aina hyvä tarkistaa saadut tarjoukset ja tutkia laivan maalauksen kustannuksia. Ilman tietoa todellisesta maalintarpeesta on vaikeaa arvioida saatujen tarjousten kilpailukykyä ja oikeellisuutta.

Maalauspinna-aloja määritettäessä luodaan myös tekniset piirustukset, joista eri tilojen maalauspinna-alat selviävät. Teknisiä piirustuksia voidaan käyttää hyödyksi maalausprosessin aikana. Ne tehdään ensisijaisesti selkeyttämään ja helpottamaan maalarin työtä. Näin ollen niiden tulee olla mahdollisimman selkeät ja helppolukuiset, jotta niistä selviää jokaisen tilan sijainti ja rajat. Teknisten piirustusten tulee sisältää riittävä määrä poikki- ja pitkittäisleikkauksia, jotta jokainen tila on selkeästi hahmotettavissa. Piirustusten tulokinnan helpottamiseksi alueesta voidaan tehdä shell expansion -kuva. Shell expansion tarkoittaa laivan ulkolaidoituksen leivittämistä 2D-kuvaksi. Näin ollen laivan ulkolaidoituksen ulko- ja sisäpinnan maalausalueet näkyvät selkeästi. Maalauspinna-alojen teknisten piirustusten lähtökohtana on oltava se, että teknisestä piirtämisestä kokematonkin henkilö osaisi lukea kuvaa.

3.3 Maalauspinna-alojen määrittämisen aikataulus

Hyvällä suunnittelulla saadaan aikaan tehokas aikataulu. Mahdollisimman suuri osuus terästyöstä ja varustelusta tulisi tehdä jo ennen maalausta. Laivassa tapahtuva työskentely vahingoittaa tällöin maalausta mahdollisimman vähän. Maalauksen aikatauluttamisella pyritään välttämään tuotantokapeikkoja ja päällekkäisiä töitä. Laivan maalauksen aikataulut voidaan jakaa karkeasti lohkovaiheen maalaukseen ja rungon koontivaiheen maalaukseen. (Deltamarin 2020.)

Lohkovaiheessa maalaus tapahtuu laivan ollessa telakalla lohkoina. Tällöin maalaus toteutetaan usein hallituissa olosuhteissa sille varatulla paikalla. Lohkovaiheen maalaus on tehokas työvaihe, jossa työergonomiaan ja maalausolosuhteisiin keskitytään. Oikeassa lämpötilassa ja pölyttömässä ympäristössä maalauksen onnistuminen on todennäköisempää ja maalaus saadaan myös tehtyä nopeammin. Lohkovaiheen maalauksen osuutta tulisi pitää mahdollisimman suurena laivan maalausprosessissa. Yhden lohkon maalaus vie esikäsittelyineen 5–12 päivää. (Deltamarin 2020.)

Kaikkea maalaustyötä ei voida tehdä lohkovaiheessa. Suurlohkojen yhdistäminen tapahtuu hitsaamalla rungonkoontivaiheessa. Tässä vaiheessa suurlohkot ovat jo maalattuja. Hitsauksesta syntyvä kuumuus, kuona ja roiskeet vahingoittavat maalia, joten suurlohkorajat on hyvä maalata vasta hitsauksen jälkeen. Tällöin maalauksen ajankohta siirtyy lohkovaiheesta rungon koontiin.

Rungon koontivaiheen maalauksella tarkoitetaan kaikkea maalausta, joka tapahtuu rungon maata telakan altaalla. Rungon koontivaiheen aikana tapahtuvan maalauksen määrä tulisi pitää mahdollisimman pienenä. Rungon koontivaiheen aikana tapahtuvassa maalauksessa puhdistustapojen ja työturvallisuuskäytäntöjen huomioiminen on haastavaa, kun laivalla työskentelee samanaikaisesti useita eri ammattiryhmiä. Maalausolosuhteet riippuvat ulkona vallitsevasta säästä ja näin ollen ne voivat vaihdella paljon. (Deltamarin 2020.)

Maalauspinnoitusten määrittäminen on hyvä tehdä vasta, kun laivan yleisjärjestelyyn ja teräskuviin ei tule enää muutoksia. Maalauspinnoitukset ovat riippuvaisia alueen koosta, muodosta ja teräsrakenteista, joten jos niihin tulee muutoksia, maalauspinnoitukset joudutaan laskemaan uudelleen. Maalauspinnoitusten määrittäminen tulee näin ollen aikatauluttaa hyvin myöhäiseen vaiheeseen laivan suunnitteluprosessissa.

4 MAALAUSPINTA-ALOJEN LASKENTA

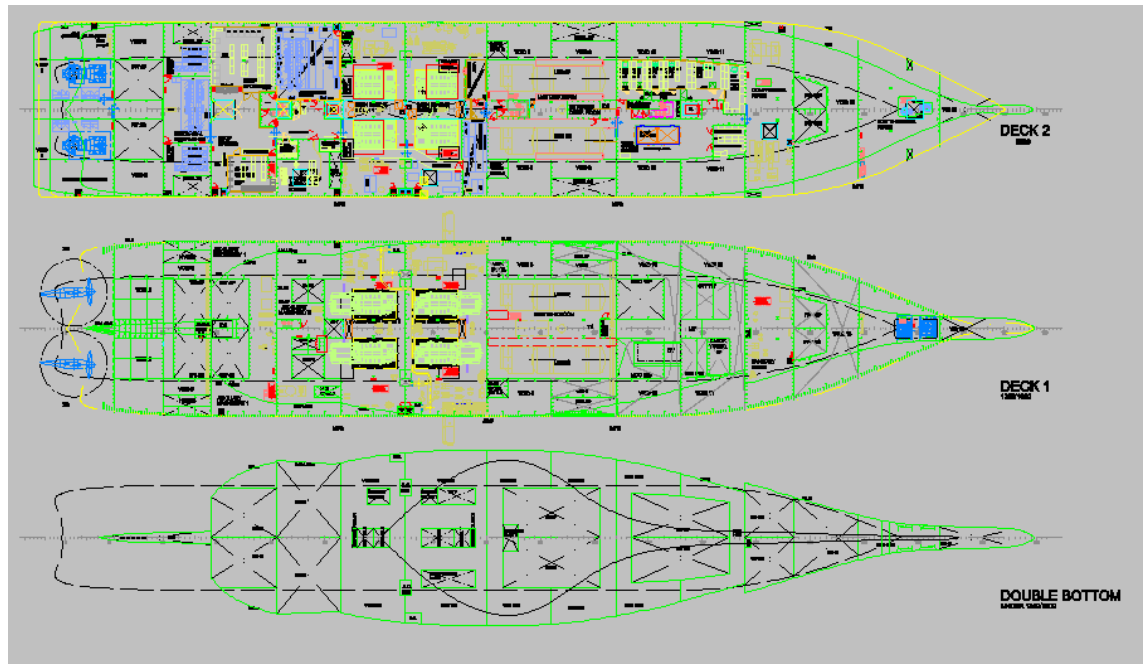
4.1 Tarvittavat lähtötiedot

Maalauspinna-alojen laskenta voidaan aloittaa, kun lähtötietoja on saatu riittävästi selville. Lähtötietoina käytettävien aineistojen tulisi olla hyväksytyjä ja valmiita ennen laskennan aloittamista. Muutokset lähtötiedoissa vaikuttavat suoraan maalauspinna-alojen laskennan lopputulokseen. Muutokset maalauspinna-alojen laskennan jälkeen voivat näin ollen aiheuttaa virheitä lopputulokseen.

Maalauspinna-alojen laskenta tehdään laivan yleisjärjestelyn pohjalta. Tällöin tärkein yksittäinen materiaali lähtötiedoksi on kuva laivan yleisjärjestelystä. Pinna-alojen määrittämiseen tarvitaan myös teräskuvat suurlohkoista. Mikäli työ halutaan toteuttaa tietokoneavusteisesti, tarvitaan laivasta myös tietokoneella tehty malli. Mallista tulee näkyä laivan kaikki rakenteelliset osat. Helpoin tapa tähän on käyttää laivasta tehtyä 3D/AVEVA-mallia ja ajaa tästä niin monta leikkausta, että saadaan kaikki alueet ja tilat näytettyä.

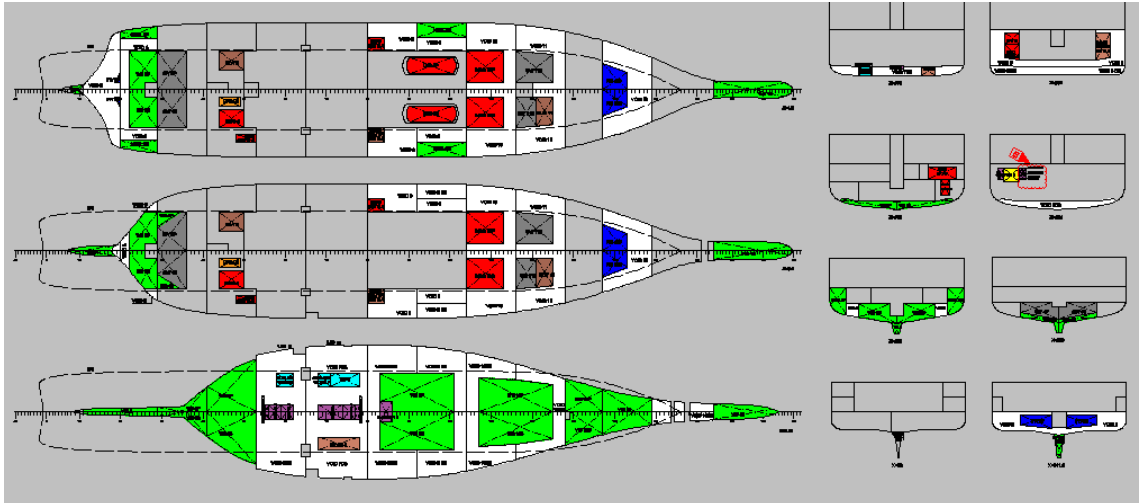
4.1.1 GA ja Tankkikaavio

GA on lyhenne sanoista general arrangement ja tarkoittaa laivan yleisjärjestelyä. Yleisjärjestelyä voidaan pitää laivan pohjapiirustuksena, jossa eri tilat ja alueet on sijoitettu laivaan. Yleisjärjestely on tärkein yksittäinen perusta laivan suunnittelulle. Laivan yleisjärjestelystä täytyy käydä ilmi myös laivan mitat (kuva 6). Yleisjärjestelyssä tilanvaraukset ovat keskeisimmässä roolissa ja niiden muuttaminen myöhäisessä vaiheessa voi nostattaa kustannuksia huomattavasti. (Deltamarin 2020.)



Kuva 6. Osa laivan yleisjärjestelystä

Tank arrangement plan eli tankkikaavio on tekninen piirustus, jossa esitetään laivan kaikki tankit. Tankkien positiot, tilavuudet ja nimet tulee myös esittää piirustuksessa (kuva 7). Kuva tulisi olla nähtävissä myös laivan komentosillalla ja laivan toimistossa. Tankkien nimeämisessä tulee käyttää nimien lisäksi numerokoodia. Numerokoodi tulee olla hitsattuna tankin laidoitukseen, huoltoluukkuihin ja laipioihin. Numerokoodin on oltava kaikissa laivan dokumenteissa sama, ja selkeyden vuoksi nimeämisessä on hyvä käyttää standardisoituja nimiä ja numerokoodeja (Wärtsilä-encyclopedia). Tankkikaaviosta selviää myös tankin käyttötarkoitus ja sisältö. Tankin käyttötarkoitus määrittää tankin esikäsittelyasteen, käytettävän maalin ja maalaustavan.



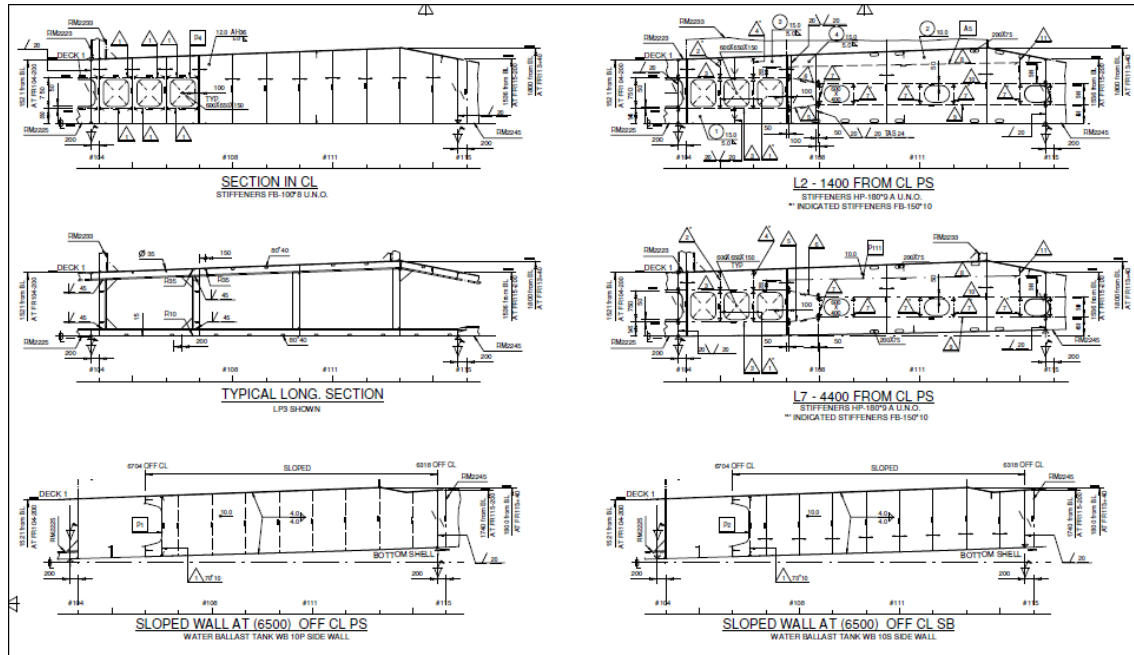
Kuva 7. Osa laivan tankkikaaviosta

Yleisjärjestelyn avulla voidaan tarkastella tiloja ja niiden rajoja. Maalauspinno-alojen laskennassa on tärkeää hahmoittaa tilan rajaavat kannet ja laipiot, jotta laskentatulokset olisi päteviä. Laivan maalauspinno-alojen laskija tarvitsee lähtöaineistokseen yleisjärjestelyn, jonka avulla hän voi aloittaa tilojen määrittämisen. Tankkikaaviota käytetään apuna maalauspinno-alojen laskennassa sijaintien ja alueen muotojen hahmottamiseen. Lisäksi on hyvä tarkistaa laivan yleisjärjestelyn ja tankkikaavion yhteensopivuus mahdollisten virheiden varalta.

4.1.2 Teräskuvat

Laivan teräsrakenteiden on oltava yhteensopivia laivan yleisjärjestelyn kanssa. Kantavien rakenteiden tulisi olla jatkuvia ja niiden sijoittelu laivaan tulisi tapahtua loogisesti. Mikäli kantavia rakenteita ei saada jatkuviksi, laivan teräsrakenteista tulee monimutkaisia, painavia ja kalliita. Teräsjärjestelyn suunnittelu alkaa yleisjärjestelyn pohjalta. Yleisjärjestelystä saadaan selville tärkeimpien laipioiden ja rakenteiden sijainnit, joiden perusteella teräsrakenteet sijoitetaan laivaan. (Deltamarin 2020.)

Maalauspinno-alojen laskennassa tarvitaan lohkon teräskuvat, jotta alueella sijaitsevat teräsrakenteet tiedettäisiin ja osattaisiin näin myös ottaa laskennassa huomioon (kuva 8). Teräskuvien avulla laskennan suorittava henkilö pystyy hahmottamaan alueella olevat teräskomponentit ja näin ollen ottamaan ne huomioon laskennassa.

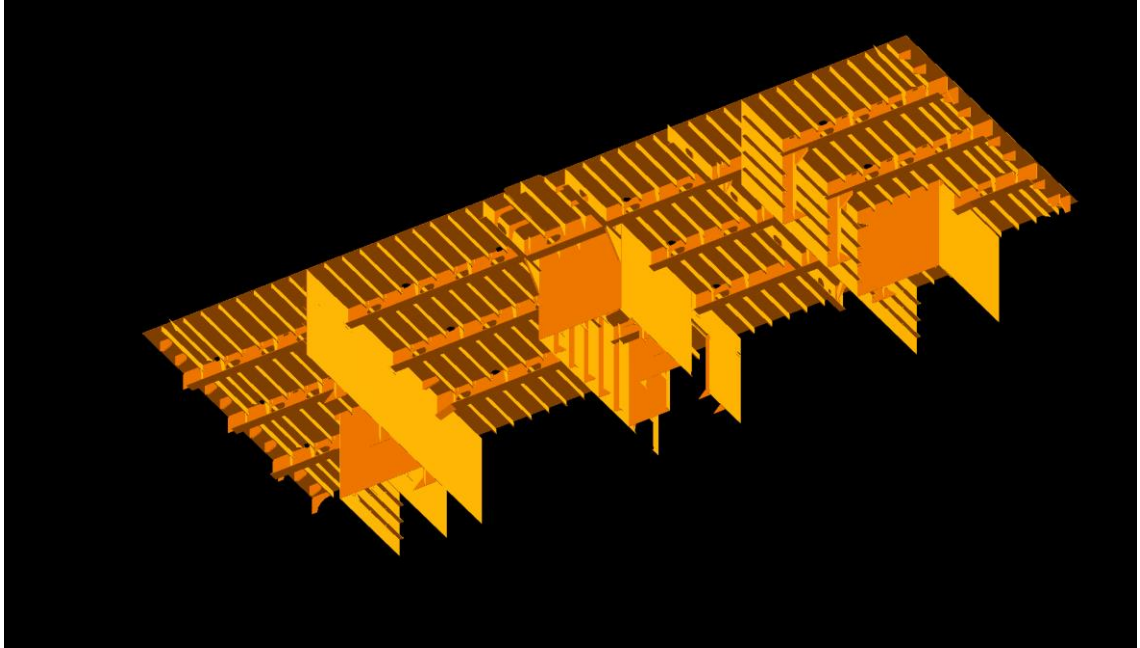


Kuva 8. Osa laivan detail-teräskuvasta

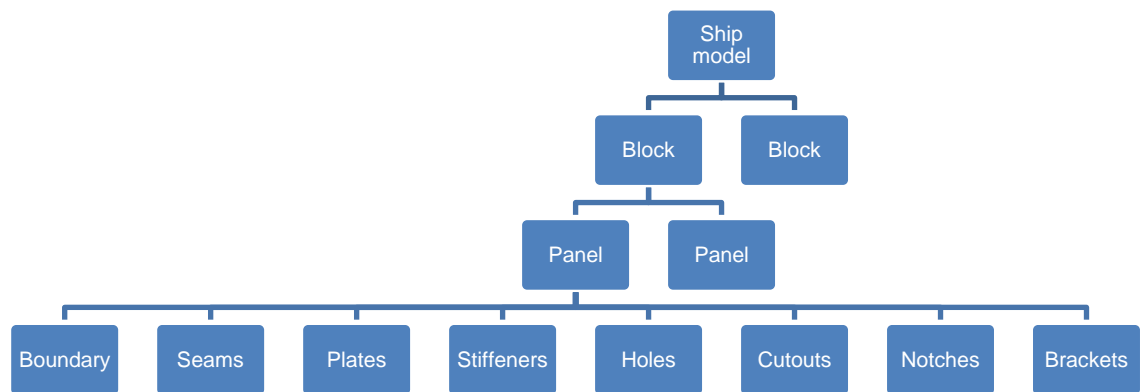
4.1.3 3D-Malli – AVEVA

Mikäli työ halutaan tehdä tietokoneavusteisesti, tarvitaan suurlohkosta 3D-malli, jonka pohjalta laskentaa voidaan alkaa suorittamaan. Lohkon teräsrakenteet tulee olla mallinnettuna, jotta maalauspinna-ala voidaan lähteä määrittämään. 3D-malli voi myös pitää sisällään varustelun osia. Varustelun osien huomioiminen tai huomioimatta jättäminen maalauspinna-alan laskennassa riippuu telakan tarpeista. Tässä työssä perehdytään vain laivan teräsrakenteiden pinta-alojen määrittämiseen. Tällöin laskentaan huomioidaan vain laivan rungon teräsrakenteet.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään tietokoneavusteisista laskentaohjelmista AVEVA:n tarjoamaan painting areas -ohjelmistoon. Tällöin maalauspinna-alojen laskenta vaatii, että laivan teräsrakenteet on mallinnettu AVEVA-ympäristöön (kuva 9). AVEVA-ohjelmistossa laivan malli on jaettu lohkoihin. Lohko koostuu usein kannesta ja sitä ympäröivistä laipioista. AVEVA Marine -ohjelmistossa lohkoa hierarkkisesti seuraava taso on paneeli. Paneeli on tasomainen tai käyrä levykenttä, joka voi muodostua yhdestä tai useammasta levyosasta. Paneeli sisältää myös siinä olevat jäykisteet, liitospolviot, reunan laipiot, aukot, pyöristeet ja pilarit (kuva 10). Lohkoon tulee olla mallinnettuna kaikki teräsosat, jotta laskenta voidaan suorittaa tietokoneavusteisesti. (Aveva Marine Hull -Kou-lutusmateriaali.)



Kuva 9. AVEVA 3D-kuva teräslohkosta



Kuva 10. AVEVA Hull Data Structure

4.2 Käytössä olevat ohjelmat – AVEVA painting areas

AVEVA on ohjelmistoja kehittävä monikansallinen yritys, joka on perustettu vuonna 1967 Cambridgen yliopistossa Isossa-Britaniassa. Yritys tarjoaa ensisijaisesti palveluita, jotka on suunniteltu teollisuuden käyttöön. Yritys on luonut laivansuunnitteluun oman AVEVA Marine -ohjelmiston, joka on maailmanlaajuisesti telakkateollisuuden yleisessä käytössä. (AVEVA:n www-sivut 2020.)

AVEVA Marinen avulla voidaan malintaa koko laiva yksityiskohtaisesti. AVEVA Marine on jaettu rungon suunnitteluun keskittyvään AVEVA Marine Hull -ohjelmaan ja varusteluun keskittyvään AVEVA Marine Outfitting -ohjelmaan. Tässä opinnäytetyössä keskitytään tutkimaan AVEVA Marine Hull -osan tarjoamaa painting areas -ohjelmaa, jolla pinta-alojen laskenta on mahdollista.

Painting areas ohjelmassa pinta-aloja on mahdollista määrittää pintojen (surface) avulla tai tilojen (rooms) avulla. Ohjelmassa alueet rajataan kuuden tason avulla (Aft, Fore, PS, SB, Down, Up). Luodun alueen on oltava laatikonmuotoinen, ja monimutkaisemman muotoiset alueet on jaettava pienempiin alueisiin. Tasot voivat olla viitattuja koordinaatistoon tai paneeliin. Paneeli voidaan määrittää ohjelmassa joko osoittamalla tai nimeämällä. Ohjelma laskee tasojen rajaaman alueen sisällä olevien osien pinta-alat yhteen. Jos käyttäjä haluaa jättää jokin paneelin alueen sisältä laskematta, voidaan käyttää komentoa EXCLUDE. Komentoa käytettäessä käyttäjä valitsee alueen sisältä paneelit hiirellä osoittaen, mitkä halutaan jättää huomioimatta laskutoimituksessa. Ohjelma näyttää rajatun alueen ennen kuin laskenta suoritetaan. Näin ollen käyttäjällä tulisi olla alueesta avoinna 3D-kuva tai kaksi 2D-kuvaa, jotta rajattu alue voidaan tarkistaa ennen laskentaa. (Aveva Marine Hull -Koulutusmateriaali.)

Ohjelma tuottaa lasketusta alueesta kaksi .csv-tiedostoa. Ohjelman antamat tulokset ovat laskettuja alueita, jotka esitetään ohjelman Log Viewer -luettelossa. Näiden alueiden perusteella ohjelma myös laskee ja luettelee puhdistukseen ja maalaukseen kuluvat kokonaisajat käyttämällä aikakertoimia, jotka on annettu syöteinä tai oletusarvoina. Testausta ja tarkastusta varten ohjelma tekee yksityiskohtaisen luettelon kunkin osan pinta-alasta (kuva 11). Osaluettelosta käyttäjä voi tarkistaa paneelien nimiä hyväksi käyttäen, onko ohjelma laskenut kaikki halutut paneelit. Huomioitavaa on se, että ohjelmaan annetut raja-arvot tallennetaan käyttämällä EXIT-komentoa. Ohjelma palaa tällöin edeltävään vaiheeseen, jossa annettu arvo on kutsuttu ja tallentaa samalla annetun arvon.

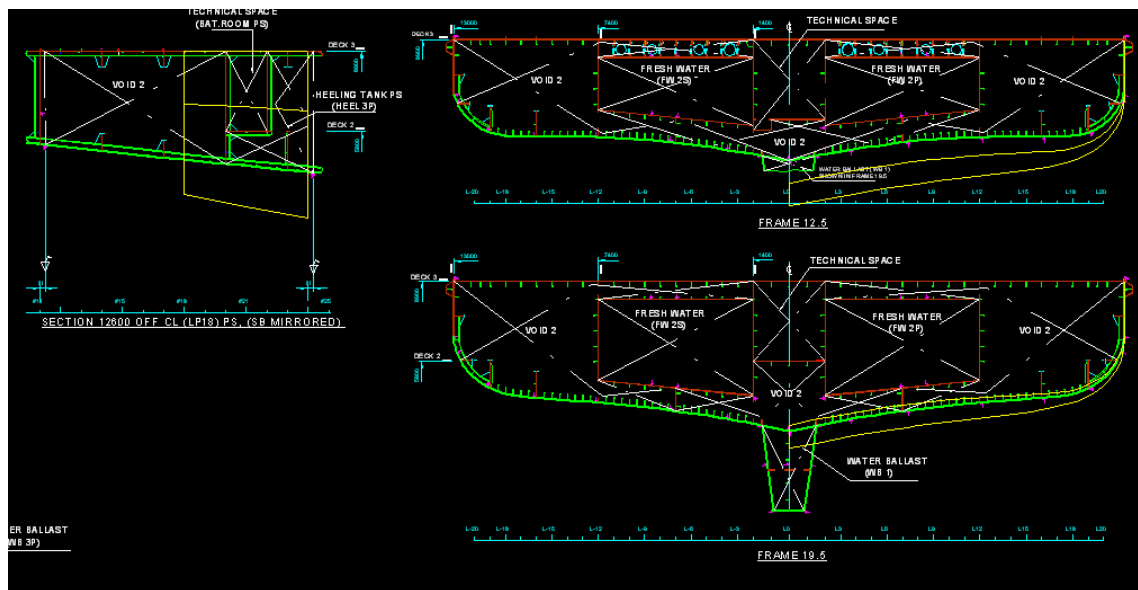
Type	Number	Prof-length	Area[m**]	Remark	Func. Desc.
Plate	2		8.6		
Plate	3		1.14		
Bracket	9		0.227		
Bracket	10		0.227		
Bracket	11		0.227		
Bracket	12		0.227		
Stiffener	17	2.786	1.256		
Stiffener	18	2.789	1.255		
Stiffener	19	2.789	1.255		
Stiffener	22	2.857	0.602		
Stiffener	23	2.857	0.602		
Stiffener	27	0.892	0.403		
Panel subtracted			-0.15		
Plate	1		8.682		
Bracket	1		0.072		
Bracket	2		0.047		
Bracket	3		0.072		
Stiffener	2	2.891	1.037		
Panel subtracted			-0.02		
Plate	1		3.299		
Stiffener	1	0.554	0.117		
Stiffener	2	0.554	0.117		
Stiffener	3	0.601	0.127		
Stiffener	4	0.601	0.127		
Flange	1	2.8	1.68		

Kuva 11. AVEVA painting areas -osaluettelo

4.2.1 SURFACE-käskey

Laskelmat voidaan suorittaa SURFACE-käskyllä tasomaisille ja kaareville paneeleille sekä osapinnoille (Shell ja Decks), joita ei tarvitse kuvata paneeleiksi. Tasolevyjen pinta-ala määritetään halkaistujen levyosien perusteella. Määrittäessä laskettavaa aluetta voidaan käyttää hyödyksi myös valmiiksi luotuja pintoja mallissa. Pinnan määrittämisen aikana on erityisen tärkeää muistaa määrittää laskettava puoli. Mikäli käyttäjä valitsee vahingossa väärän puolen paneelista, tulee lopputuloksesta virheellinen. (Aveva Marine Hull -Koulutusmateriaali.)

Valitun tasoalueen tulee aina olla rajattu laskettaessa kansien (decks) tai laidoituksen (shell) pinta-alaa. Laskettaessa rajattua aluetta, ohjelma ottaa huomioon ainoastaan valitun pinnan, joka sisältyy rajatun alueeseen (kuva 12). Rajattuun alueeseen sisältyvät paneelit jäävät pois laskuista, mikäli niitä ei ole viitattu valittuun pintaan.



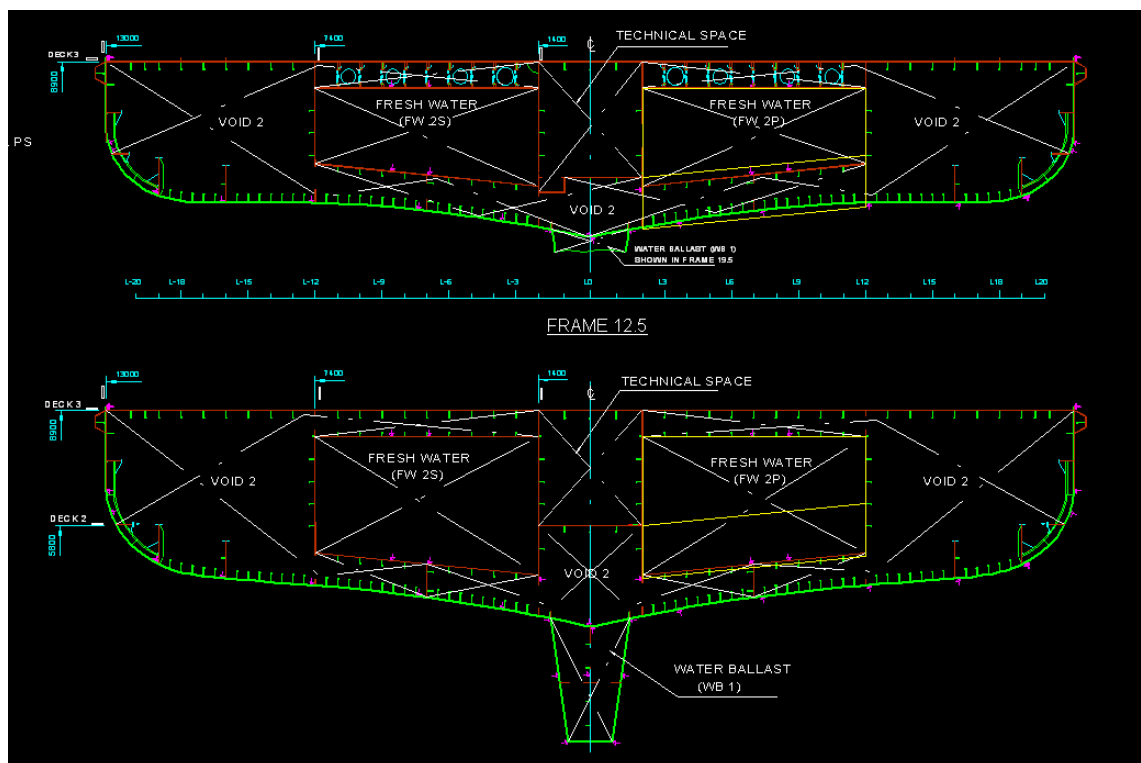
Kuva 12. SURFACE-käskyllä rajattu alue (Rajattu alue näytetty keltaisella)

4.2.2 ROOM-käskey

Toinen vaihtoehto maalauspinna-alojen määrittämiseksi AVEVA painting areas -ohjelmassa on käyttää hyödyksi tiloja. Ohjelmassa tilat luodaan manuaalisesti viittaamalla valmiisiin paneeleihin tai luomalla koordinaatistoon viitattuja tasoja. Ohjelma pyytää käyttäjää rajamaan laskettavan alueen kuudella eri tasolla. Tasojen ei tarvitse olla viitattuja

olemassa oleviin rakenteisiin vaan ne voidaan myös määritellä koordinaatistoon, pintaan, pintakäyrään tai complex-rajaaan. Ohjelma muodostaa tasoja käyttäen rajatun tilan ja laskee sen sisältämien paneelien maalauspinta-alat. Mikäli ROOM-käskyllä viitataan johonkin paneeliin, laskee ohjelma automaattisesti vain paneelin sisäpuolisen osan. (Aveva Marine Hull -Koulutusmateriaali.)

ROOM-käsky soveltuu parhaiten laivan sisäpuolisten tilojen laskentaan. Jos paneeli kuuluu rajatun alueen sisälle, otetaan se automaattisesti huomioon. Mikäli käyttäjä haluaa jättää jonkin paneelin pois rajatun alueen sisältä, voidaan käyttää EXCLUDE-käskyä. Jos halutaan sisällyttää jokin paneeli rajatun alueen ulkopuolelta, on se mahdollista ottaa huomioon käyttämällä INCLUDE-käskyä. Alueiden rajaamisen monipuoliset keinot antavat käyttäjälle mahdollisuuden rajata juuri sen tilan, jonka tarve vaatii. Tilan täytyy olla kuitenkin ”laatikon” muotoinen ja rajattu kuuteen tasoon (kuva 13). Monimutkaisemmat alueet täytyy pilkkoa pienemmiksi ja yksinkertaisimmiksi osiksi ja laskea yhteen. (Aveva Marine Hull -Koulutusmateriaali.)



Kuva 13. ROOMS-käskyllä rajattu alue (Rajattu alue näytetty keltaisella)

4.2.3 COMBINE- ja SUM-käskyt

Lasketut pinta-alat ja huoneet voidaan yhdistää suuremmiksi yksiköiksi. Tämä helpottaa monimutkaisella topologialla varustettujen huoneiden osittamista pienemmiksi, yksinkertaisemmiksi yksiköiksi. AVEVA tarjoaa tämän kaltaisiin tilanteisiin kaksi eri käskyä (COMBINE & SUM) helpottamaan laskentaa.

COMBINE-käskyllä monimutkaisimmat alueet voidaan yhdistää yhdeksi alueeksi. Käskyllä on mahdollista laskea yhteen sekä SURFACE-käskyllä laskettuja pintoja että ROOMS-käskyllä laskettuja tiloja. Yhdistettävien tilojen tulee olla laskettu saman istunnon aikana. Ohjelma tallentaa lasketun kokonaisuuden tietokantaan. (Aveva Marine Hull -Koulutusmateriaali.)

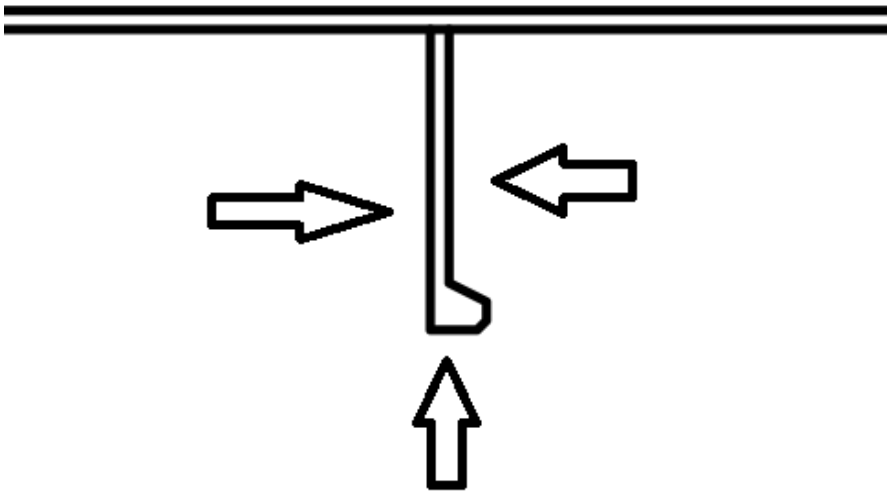
Toinen vaihtoehto ohjelmassa monimutkaisten pinta-alojen laskemiseen on SUM-käsky. SUM-käskyllä käyttäjän on mahdollista valita aiemmin tietokantaan tallennetuista alueista tarvittavat ja laskea niiden pinta-alat yhteen. Käskyllä ei ole mahdollista vaihtaa aikaisemmin laskettujen alueiden tietoja. Käsky ei myöskään tallenna lopputulosta ohjelman tietokantaan, ellei käyttäjä ole sitä erikseen pyytänyt. (Aveva Marine Hull -Koulutusmateriaali.)

4.3 Käytössä olevat ohjelmat – Käsien laskenta / Excel

Yksi vaihtoehto maalauspinta-alojen määrittämiseen on tehdä se manuaalisesti laskeamalla alueen kaikki komponentit yhteen. Yksinkertaisimmissa laatikon muotoisissa huoneissa tämä on nopea ja yksinkertainen tapa saada vaadittava maalimäärä selville. Laskentaa aletaan suorittamaan lohkon teräskuvien perusteella.

Taivutettujen peltien ja epäsäännöllisten geometrinen muotojen määrän kasvaessa, laskenta käsin hankaloituu. Komponenttien määrä vaikuttaa myös käsin suoritettavan laskennan tarkkuuteen. Paneeleilla sijaitsevat profiilit sisältävät kolme laskettavaa pintaa ja niiden jokaisen huomioiminen laskennassa on työlästä (kuva 14). Laskennassa tulee huomioida päällekkäin menevät osat. Toisiaan sivuavat profiilit eivät tarvitse maalia niiden yhteiselle sivulle, joten se tulee jättää pois laskuista.

Käsin suoritettavassa maalauspinta-alojen laskennassa saavutettava tarkkuus on yhteydessä siihen käytetyn ajan kanssa. Käsin on mahdollista saada nopeasti karkea arvio alueen vaatimasta maalimäärästä, mutta alueiden tarkemman maalimäärän määrittämiseen on ajallisesti tehokkaampaa käyttää siihen suunnattuja tietokoneavusteisia laskentaohjelmistoja.



Kuva 14. Profiilin pinta-alan laskennassa huomioitavat puolet

4.4 Käytettyjen ohjelmistojen vertailu

Vertailu toteutettiin laskemalla sama teräslohko sekä käsin että AVEVA:n painting areas -ohjelmalla. Teräslohkon laskentaan käytetty aika yritettiin pitää mahdollisimman samana molempien laskentojen aikana, jotta lopputuloksesta tulisi vertailukelpoinen. Käsin suoritettussa laskennassa otettiin huomioon alueella sijaitsevat levyt, jäykisteet ja girderit. Pienemmät komponentit jätettiin käsin suoritettavasta laskennasta pois, sillä ne olisivat vaatineet huomattavasti lisää aikaa laskentaan ja niiden vaikutus lopputulokseen olisi ollut pieni.

Taulukossa 1 on esitetty lasketut alueet ja niiden pinta-alat neliömetreinä. Kun käytetty aika laskennassa pidetään vakiona, huomataan taulukosta 1, että käsin laskettuihin maalausalueisiin saadaan keskimäärin 7 % pienempi lopputulos kuin AVEVA:n painting areas -ohjelmalla laskettuihin alueisiin. Lopputuloksessa ero käsin lasketun lohkon ja tietokoneohjelmalla lasketun lohkon välillä oli 9 %. Suurempana ongelmana esiin nousi yksittäisten maalausalueiden suuret tarkkuuserot. Vaikeasti rajattavissa olevat alueet, jotka sisältävät useita eri komponentteja ja monimutkaisia geometrisia muotoja johtivat pahimmillaan 21 %:n poikkeamaan lopputuloksessa. Tästä esimerkkeinä ovat lohkon ballasti-tankit ja void-alueet. Näissä alueissa maalauspinta-aloihin muodostuneet laskennalliset virheet olivat useita kymmeniä neliömetrejä. Isot virheet laskennassa tuovat materiaalinhankintaan ongelmia ja johtavat näin varastoissa pidettävän puskurin kasvatamiseen.

Jokaisella maalausalueella pinta-alan tarkkuuden tulisi olla noin viiden neliömetrin sisällä todellisesta. Käsin suoritettussa laskennassa vain yksi kahdeksasta maalausalueesta saavutti vaadittavan tarkkuuden. Käsin suoritettavaa maalauspinta-alojen laskentaa tulisi käyttää vain, mikäli laskettava alue on erittäin yksinkertainen. Muissa tapauksissa AVEVA:n painting areas -ohjelmisto on nopeampi ja tarkempi vaihtoehto maalauspinta-alojen laskentaan.

Taulukko 1. Käsillä ja tietokoneella suoritettujen laskennan vertailu

	Käsillä laskettu		Laskettu AVEVA		Erotus
	PS-side	SUM	SUM		
WB1	118.7	237.4	300		79 %
WB3	114.18	228.36	216		106 %
Void 2	755.46	1510.92	1678		90 %
Void 3	138.07	276.14	320		86 %
Battery room	120.4	240.8	288		84 %
Tech. Space	131.66	263.32	287		92 %
Heel 3	117.25	234.5	232		101 %
FW2	147.95	295.9	274		108 %
	Summa	3287.34	3595		91 %

Erotusten keskiarvo 93 %

4.5 Mahdolliset virheet

Maalauspinnoitusten laskennan hyödyllisyys perustuu tarkkuuteen. Laskennalla on saavutettava riittävä tarkkuus, jotta saaduista tuloksista on hyötyä tilaajalle. Mahdollisten virheiden todennäköisyys kasvaa alueella sijaitsevien osien lukumäärän kasvaessa. Monimutkaiset geometriset muodot ja pienet yksityiskohdat voivat myös aiheuttaa ongelmia, suoritettiin laskenta käsillä tai käyttäen AVEVA:n painting areas -ohjelmistoa.

AVEVA:n tarjoama ohjelmisto asettaa tiettyjä rajoitteita pinta-alojen laskentaan. Ohjelmisto ei esimerkiksi voi ottaa laskennassa huomioon profiilien päissä olevia viisteitä (end cuts) eikä clipsejä laskennassa. Ohjelma ottaa huomioon profiiliin ja paneelin välisen kiinnityssivun ja vähentää sen lopputuloksesta, mutta päällekkäin osuvien profiilien ja polvioiden yhteisiä alueita ei vähennetä laskennassa. Ohjelma laskee myös polviot aina kokonaisuuksina, vaikka rajattu alue halkaisee ne. Rajan ylittävien profiilien oletetaan olevan kohtisuorassa leikkaukseen nähden, vaikka profiilit ohittaisivat alueen rajan kulmassa. Kokonaisuudessaan ohjelman asettamat rajoitteet aiheuttavat lopputulokseen vain pieniä virheitä.

Käyttäjistä johtuvat virheet ovat myös mahdollisia laskennassa. Alueen raja-arvot voivat olla väärin asetettuja, ja tällöin ohjelma voi laskea esimerkiksi paneelin väärän puolen. Paneelin puuttuminen tai paneelin väärän puolen valitseminen johtaa laskennassa huomattavaan virheeseen lopputuloksessa.

Käsin suoritettavassa laskennassa pienien osien ja haastavien geometrinen muotojen huomioiminen on työlästä ja aikaa vievää. Alueet voivat pitää sisällään useita eri komponentteja, ja niiden ulkopinta-alojen laskenta voi olla vaikeaa ilman käyttäjän tekemiä pyöristyksiä. Käsin suoritettavassa laskennassa virheet johtuvat pääsääntöisesti käyttäjistä. Kuvan lukeminen väärin, näppäilyvirhe laskettaessa, päällekkäisten profiilien huomioiminen ja komponenttien laskettavien osien väärin määrittäminen ovat yleisempiä virheitä käsin suoritettavassa laskennassa.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia teräslohkon maalauspinnoitusten määrittämistä ja siihen käytettäviä ohjelmistoja. Työn on tarkoitus helpottaa kokemattoman suunnittelijan perehdyttämistä maalauspinnoitusten määrittämiseen. Lisäksi työssä käsitellään laivanrakennuksessa yleisesti käytettäviä esi- ja pintakäsittelymenetelmiä ja niiden käytön syitä.

Toimeksiantoyrityksen toiveena oli keskittyä tutkimaan AVEVA:n tarjoamaa painting areas -ohjelmaa. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään laivan maalausprosessia käytännönläheisesti ja avataan maalauspinnoitusten määrittämisen perusteita. Tutkimusosio toteutettiin tutkimalla AVEVA:n tarjoaman painting areas -ohjelmiston ominaisuuksia ja vertailemalla käsin suoritettavan laskennan eroja tietokoneavusteisesti suoritettavaan laskentaan. Kokemattoman suunnittelijan perehdyttämisen helpottamiseksi työssä on myös nostettu esiin yleisimpiä virheitä maalauspinnoitusten laskennassa.

Käsin suoritettavan laskennan ongelmat tulevat selvästi esille laskettavan alueen komponenttien määrän kasvaessa. Käsin laskennalla ei päästä useimmissa tapauksissa riittävään tarkkuuteen, joten sitä tulisi käyttää apuna ainoastaan laskettujen alueiden pinnoitusten tarkistuksessa. Mikäli teräslohkosta on saatavilla 3D-malli ja maalauspinnoitusten laskemiseen soveltuva ohjelmisto, tulisi niitä ehdottomasti suosia. Tietokoneella suoritettavassa laskennassa päästään huomattavasti tarkempiin tuloksiin nopeammin kuin käsin suoritettavassa laskennassa. Työssä havaittiin, että laskentaprosessi tulisi myös jättää mahdollisimman myöhäiseen vaiheeseen laivansuunnitteluprosessissa, jotta lopputulosten tarkkuus olisi mahdollisimman hyvä.

Työn avulla kokematon suunnittelija saa kokonaiskäsityksen laivan teräslohkon maalauspinnoitusten määrittämisestä ja laskennasta. Tulevaisuudessa työstä voidaan luoda yritykselle oheismateriaalina vielä yksityiskohtaisemmat käyttöohjeet AVEVA:n painting areas -ohjelman käytöstä.

LÄHTEET

Alihankinta. 2006. Tilastokeskus. Viitattu 4.2.2020

<https://www.stat.fi/meta/kas/alihankinta.html#tab1>

Aromaa,J. 2013. Korroosion ja korroosioneston historia. Aalto-yliopiston julkaisusarja.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-5287-8>

Aveva Marine Hull – Koulutusmateriaali 2016. Ei saatavissa. Viitattu 5.2.2020

Avevan www-sivut. 2020. Viitattu 4.2.2020

<https://sw.aveva.com/marine/>

Deltamarin intranet 2020. Tietoa Deltamarinista. Viitattu 14.2.2020

Deltamarin 2020. Deltamarinin sisäinen tietokanta.

IMO 215.82. 2006. Viitattu 11.2.2020

<http://www.imo.org/>

Korroosionestomaalauksen käsikirja. 2013. Teknos Oy. Viitattu 12.2.2020

https://www.teknos.com/globalassets/teknos.fi/teollisuuteen/downloads/fi_korroosionestomaalauksen_kasikirja_2013.pdf

Kunnossapitoyhdistys ry. 2004. 2. painos. Korroosiokäsikirja, kunnossapidon julkaisusarja n:o 12. KP-Media Oy.

RTV Maalaus. Viitattu 12.2.2020

<https://www.rtv.fi/kone-ja-pintakaesittelyosasto/international-laivamaalit>

RTV Pinnan puhdistus. Viitattu 12.2.2020

<https://www.rtv.fi/kone-ja-pintakaesittelyosasto/international-laivamaalit>

SFS 68-1. Metallin korroosionestomaalaus Osa1. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaalijyhdistelmillä ja termistandardit. 2008.

Teräsrakenneyhdistys ry TRY. 2015. Korroosio.

<http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/151/8ac778e/korroosio.pdf>

Varastointi. Logistiikan maailma. Viitattu 4.2.2020

<http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/>

Wärtsilä encyclopedia of ship technology. Viitattu 5.2.2020.

[https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/tank-arrangement-plan-\(tap\)](https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/tank-arrangement-plan-(tap))