



Satakunnan ammattikorkeakoulu

Tom Sjöblom

## RUNGON SUUNNITTELUN PROSESSI

Tekniikka Pori

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Automaatio- ja kunnossapitotekniikan suuntautumisvaihtoehto

2008

## RUNGON SUUNNITTELUN PROSESSI

Sjöblom, Tom Mikael Juhani  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Automaatio- ja kunnossapitotekniikan suuntautumisvaihtoehto  
Toukokuu 2008  
Salonen, Markku  
UDK: 004.89, 629.5  
Sivumäärä: 31

Asiasanat: laivanrakennus, mallintaminen, prosessit

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia ohjeistus laivan rungon suunnittelun prosessista. Suunnittelun työprosessi käydään läpi vaihe vaiheelta asiat yksinkertaisesti esitettyinä. Ohjeistuksessa käsitellään prosessin kulku kronologisessa järjestyksessä.

Suurin osa prosessista koostuu rungon mallintamisesta kolmiulotteisesti sekä piirustusten luomisesta rungon mallin pohjalta. Suunnittelijan päätehtävä on laivan rungon lohkon mallintaminen. Laivan eri osa-alueista vastaavat niille määrätyt suunnittelijat. Suunnittelijat ovat vastuussa viimeiseen asti lohkojen sisältämistä materiaaleista ja tiedosta.

Rungon mallinnuksen pohjalta luodaan piirustukset tuotantoon. Piirustuksista tulee ilmetä kaikki tarvittava tieto laivan rakentamista varten. Piirustusten luominen on prosessin työläin vaihe, sillä ne ovat tuotantoa varten. Muut prosessin osa-alueet ovat vähemmän aikaa vieviä.

Työssä käydään läpi myös laivan rungon rakenteita yleisesti. Tutustutaan rungon mallinnuksen peruskomponenttiin eli paneliin ja tärkeimpiin siihen liitettäviin osiin.

Tutustutaan tärkeimpiin luokituslaitosten määräyksiin. Käydään läpi joitain yleisiä määräyksiä.

## HULL DESIGN PROCESS

Sjöblom, Tom Mikael Juhani

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

Automation Engineering and Maintenance Technology

May 2008

Salonen, Markku

UDC: 004.89, 629.5

Number of Pages: 31

Key Words: shipbuilding, modelling, processes

---

The aim of this thesis was to create an instruction manual of hull design process. The process is described stage by stage, the facts are shown as simply as possible. The proceedings of hull design process are shown in chronological order.

Most part of the process consists of 3D-modelling of the hull as well as creating technical drawings based on the hull model. Hull block modelling is the main task of the ship designer. The whole design process is allocated to a group of designers. Those individual designers are in charge of the materials and information of the assigned blocks.

The drawings for production will be based on hull modelling. The drawings are to contain all the necessary information required in shipbuilding. The creation of the drawings requires most labour as they are intended to enter production. The other parts of the process are less time-consuming.

This project involves hull constructions in general and the basic components of hull modelling, i.e. the panel and the most crucial parts connected into it are also studied.

Finally, the most important regulations of classification institutions are explained in brief as well as some of the general regulations.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	YLEISTÄ.....	6
3	RUNGON SUUNNITTELUN PROSESSI .....	9
4	SUUNNITTELUVAIHEIDEN AJOITUKSET .....	10
5	OHJEISTUKSET .....	11
6	LUOKKAKUVAT JA MALLINNUS TRIBON M3:LLA .....	12
6.1	Luokkakuvat ja säännöt.....	12
6.2	Mallinnus Tribon M3:lla .....	16
7	TYÖKUVIEN LUONTI MALLISTA .....	19
8	JÄRJESTELY- JA AUKKOTIEDOT .....	21
8.1	Järjestelytiedot .....	21
8.2	Aukkotiedot .....	22
9	TARKASTUKSET.....	22
9.1	Rakennetarkastus .....	22
9.2	Ristiintarkastus .....	23
9.3	Luovutustarkastus .....	23
10	TRIBONISTA SAATUJEN TIETOJEN HYÖDYNTÄMINEN .....	24
10.1	Yleistä .....	24
10.2	Nestaus .....	24
10.3	Levyosaluettelo.....	26
10.4	Skissit ja muotorautaosaluettelo .....	27
11	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	29
	LÄHTEET .....	31

# 1 JOHDANTO

Deltamarin Oy:n runko-osastolla havaittiin tarve yhtenäiseen ohjeeseen rungon suunnittelun prosessissa. Ohjeen avulla etenkin nuori vähemmän kokemusta omaava suunnittelija saa yleiskuvan laivan rungon suunnittelun etenemisvaiheista. Tarkoituksena on siis esittää asiat vaihe vaiheelta selkeäkielisesti. Tällöin uudelle suunnittelijalle luodaan edellytys omaksua asiat oikeaoppisesti.

Ohjeistuksessa esitän asiat alkuvaiheesta loppuvaiheeseen niiden oikeassa etenemisjärjestyksessä. Työssä havainnollistetaan esimerkin avulla prosessin kulkua. Pohjana tässä työssä käytettiin Deltamarin Oy:ssä suunnitteilla ollutta laivaprojektia.

Ohjeistuksen laatimisessa käytin apuna alussa suorittamaani rekrytointikoulutusta Deltamarin Oy:ssä sekä työskentelyaikani kertynyttä omaa kokemusta. Erityisesti isona apuna työssä ovat myös olleet Deltamarin Oy:ssä työskentelevien ammattilaisten neuvot. Eri tietolähteitä hyödyntäen sain laadittua yhtenäisen ohjeistuksen, jota mukaillen uudella tulevalla suunnittelijalla on edellytykset omaksua suunnittelutehtävän perusidea. Saadaan valmis ohjeistus, jolla vältytään turhalta ajankäytöltä.

## 2 YLEISTÄ

Laiva on suurin ihmisen valmistama liikkuva rakenne. Laivan runko muodostaa vesitiiviin ja lujan ulkokuoren. Monimutkainen geometria asettaa omat haasteensa laivanrakennus- ja suunnitteluprosessille. Keulan kiilamaisuus pyrkii pienentämään vastusta veden suhteen sekä mahdollistaa sulavamman liikkeen aallokossa. Rungon rakenteen tulee kestää merenkäynnistä aiheutuvat kuormat. Lisäksi rungon tulee säilyttää vesitiiveys kaikissa operointitilanteissa.

Laivojen suunnittelussa on monia laskennallisia haasteita. Virtuaaliprototyyppien ja virtauslaskennan avulla voidaan tutkia laivan runkoon kohdistuneita rasituksia, joita olisi vaarallista, kallista tai mahdotonta tutkia luonnossa. Tietokoneavusteisella suunnittelulla pystytään luomaan aidosti käyttäytyvä laivan virtuaaliprototyyppi, tällöin laivojen suunnittelu ja testaus nopeutuu ja tarkentuu. Hyvin suunniteltu laiva on turvallinen matkustajille, lastille ja ympäristölle. /6/

Suunnitteluvaiheessa laivasta luodaan kolmiulotteinen malli. Pelkästään laivan runko voi käsittää yli 100 000 osaa. Tästä syystä mallit ovat varsin monimutkaisia. Erityisesti risteilyalukset ovat hankalia suunniteltavia. Avonaiset ja monikerroksiset tilat aiheuttavat haasteita lujuuslaskennalle. Lisäksi kiinnitetään erityistä huomiota matkustusmukavuuteen, jolloin pyritään eliminoimaan kaikki koneistosta aiheutuva melu ja värähtely pois mahdollisimman täydellisesti.

Laivan runko käsittää teräsrakenteet aina laivan kölistä ylimpään jatkuvaan kanteen. Yläkansi, joka tunnetaan myös nimellä pääkansi, jaetaan puolestaan pienempiin pääosiin. Näitä ovat peräsoppialue, konehuonealue, lastialue sekä keulasoppialue. Näistä edelleen lastialue voidaan jakaa kaksoispohja-alueeseen, ala- ja yläruumaan sekä sivutankkeihin.

Laivan ns. ylärakenteet ovat rakenteita, jotka sijaitsevat pääkannen yläpuolella. Näihin kuuluvat puolestaan peräkoroke, keulakoroke, kansirakennus sekä savupiippu. Edelleen laivaa voidaan pilkkoa pienempiin kokonaisuuksiin, joista taas isommat

kokonaisuudet koostuvat. Pienempiä teräsrakenteita ovat laipiot, kannet, laidoitus, keula- ja perärangat sekä konealustat.

Laivan runko koostuu yleisesti edellä mainituista rakenteista. Laivat rakennetaan tietenkin eri käyttökohteiden sekä niiden asettamien vaatimusten mukaan. Karkean jaon mukaan laivat jaetaan rahtilaivoihin, matkustaja-aluksiin, erikoiskuljetusaluksiin sekä muihin rahtilaivoihin. Lisäksi muita laivatyyppisiä ovat huolto- ja apualukset, erikoistehtävälukset, kalastusalukset ja sotalaivat. Laivat jaetaan aina niiden kulkuvesien ja käyttötarkoitusten mukaan. Nämä seikat asettavat puolestaan vaatimuksia laivan rakennusmateriaaleille, rakenteille sekä laivojen voimanlähteille eli koneistoille. Perustotuus laivanrakennuksessaakin pätee eli teknisesti hyväksyttävistä vaihtoehdoista valitaan taloudellisten kriteerien pohjalta edullisin vaihtoehto.

Laivan rungon kuormitustilannetta ei tarkastella tässä työssä tarkemmin. Mainittakoon kuitenkin joitain perusseikkoja runkoon kohdistuvista voimista. Rungon kuormitustilanne, jossa kanteen kohdistuu vetoa ja pohjaan puristusta kutsutaan hogging-tilanteeksi. Päinvastaista tilannetta, jossa kanteen kohdistuu puristusta ja pohjaan vetoa kutsutaan puolestaan sagging-tilanteeksi. Mitoituksen kannalta suurimmat jännitykset sijaitsevat rungon ylimmässä kannessa ja pohjassa, koska niiden etäisyys neutraaliakselista on suurin.

Laivoissa on ns. keulabulbi. Keulabulbi on veden pinnan alla sijaitseva pyöreähkö uloke, jonka tarkoitus on antaa laivalle sulavampi liike vedessä sekä vähentää aallokon muodostumisen synnyttämää vastusta (keula- ja peräaallot sekä rungon muodosta johtuvat aallot). Keulabulbin on oltava juuri oikeanlainen laivan runkoon nähden sillä muutoin se saattaa aiheuttaa päinvastaisen vaikutuksen. Tässä yhteydessä on myös tarkoitus vaikuttaa Frouden-lukuun (dimensioton nopeustunnusluku). Laivan rungon virtaviivaisuus ei suinkaan ole tae laivan ”uimisesta” mahdollisimman taloudellisesti ja tehokkaasti. Aallokon muodostumisen on oltava mahdollisimman vähäistä. Laivan vedenpäällisten osien muotojen puolestaan tulee olla edullisia ilmanvastuksen suhteen. /8/

Laivan rakenteista pyritään tekemään entistä kevyempiä sekä polttoainetaloudellisempia. Tällöin laivan rungon geometrialla on tärkeä rooli, jotta vedestä johtuva kul-

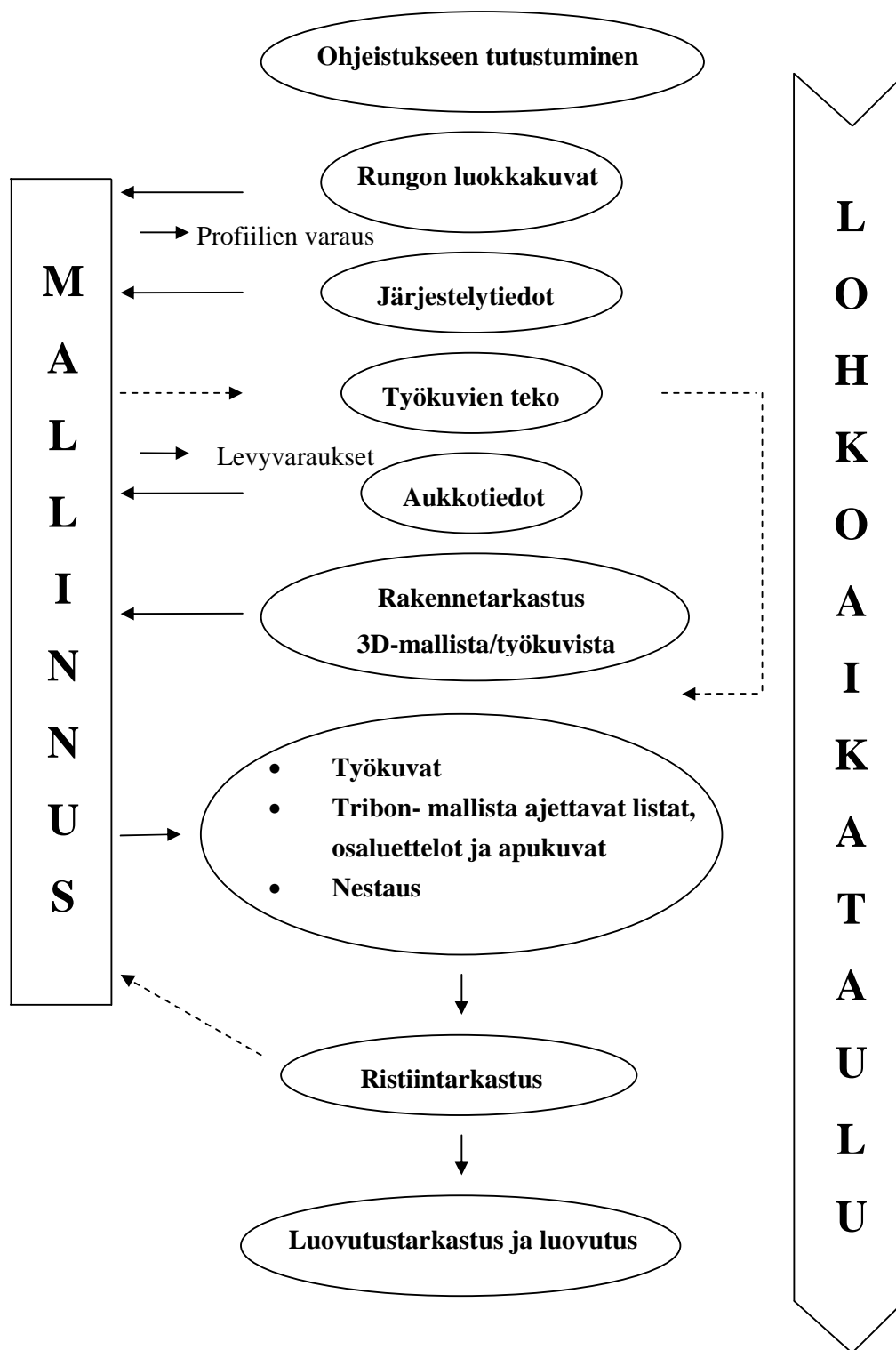
kuvastus saataisiin mahdollisimman pieneksi. Tällä hetkellä on kehitteillä ratkaisu, jolla voidaan vaikuttaa laivan vedenalaisen vastuksen pienentämiseen. Erään tanskalaisen keksijän mukaan ratkaisu veden vastuksen aiheuttamaan ongelmaan on ilma. Veden ja ilman välille syntyy paljon pienempi vastus kuin veden ja metallisen laivan rungon. Mainittakoon tässä yhteydessä myös Wärtsilän kehittelemä ilmapulputusjärjestelmä 1980-luvulla. /7/

Keksijän mukaan veden vastusta ja siten laivojen polttoaineen kulutusta ja hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää huomattavasti, kun laivan rungon ja veden väliin luodaan ilmakerros. Systemeitä kutsutaan ACS- järjestelmäksi (Air Cavity System). Kyseessä on siis ilmaonkalojärjestelmä, jonka ansiosta polttoaineenkulutus tulisi vähemmään laskelmien mukaan 10- 15- prosenttia. ”Ilmapatjan” toiminta perustuu siihen, että ilma puhalletaan laivan rungon alle. Tällöin joudutaan tekemään pohjaan rakenteet, jotka pitäisivät ilmakerroksen paikallaan. Näin ollen tulevaisuuden runkosuunnittelussa on luvassa entistä enemmän haasteellisia tehtäviä rungon monimuotoisuuden vuoksi. Se tulee vaikuttamaan oleellisesti rungon pohjaosan sekä laidoituksen suunnitteluun. Nähtäväksi jää tuleeko keksintö toteutumaan.

Mainittakoon vielä joitakin yleisiä laivasuunnittelussa käytettäviä laskenta- ja mallinnusohjelmia. Laskentaohjelmista käytetään FEM-ohjelmia kuten, Finnsap, Cosmos ja Ansys lujuuksien laskennassa. Mallinnusohjelmista Tribon on perinteisesti ollut käytössä Deltamarin Oy:ssä. Muita mallinnusohjelmia ovat mm. Nupas ja Foran. Nämä mallinnusohjelmat ovat puhtaasti vain laivateollisuuden käytössä. Edelleen käytössä ovat vielä mm. Intergraft, Catia, Microstation sekä AutoCad (Ship-construction) lisäsovelluksineen.



## 3 RUNGON SUUNNITTELUN PROSESSI



KUVA 1. Kuvassa on havainnollistettuna rungon suunnittelun prosessin eri vaiheet. Vaiheiden sisällöt käydään tarkemmin läpi työn tekstiosuudessa.

Rungon suunnittelun prosessi on esitetty kuvassa 1 ja etenee seuraavasti. Ensimmäisenä tulevat ohjeet ja rungon luokkakuvat. Alkaa mallinnusvaihe, joka sisältää mm. järjestelytiedot, työkuviun teon sekä aukkotiedot. Ennen järjestelytietoja tehdään profiilien varaukset tuotannolle. Ennen aukkotietoja suoritetaan levyvaraukset tuotannolle.

Rungon mallin valmistuttua suoritetaan rakennetarkastus mallista/työkuvista. Mikäli tällöin havaitaan eroavaisuuksia rakenteissa luokkakuviin verrattuna, ne korjataan työkuviin ja sitä kautta malliin. Seuraavaksi voidaan suorittaa listojen, osaluetteloiden sekä apukuviun teko mallista. Tämän jälkeen tapahtuu nestaus. Suoritetaan kaikkien mallia koskevien tietojen perusteella ristiintarkastus. Mikäli korjattavaa löytyy, korjaukset tehdään työkuviin. Viimeisenä tapahtuu luovutustarkastus ja luovutus, jolloin tilaaja hyväksyy tilauksen. Koko prosessi kuluttaa aikaa noin kaksi kuukautta.

#### 4 SUUNNITTELUVAIHEIDEN AJOITUKSET

Olenaisena osana jokaiseen projektiin kuuluu ajankäytön hallinta. Jokaiselle projektille laaditaan oma aikataulu, josta tulee pitää kiinni. Ajankäytön oikeanlaisella hallinnalla voidaan estää projektien venyminen. Hyvän ajankäytön ansiosta voidaan vaikuttaa positiivisesti yrityksen tulevaisuuden näkymiin ja työtehtävien kulkuun.

Aikataulut vaihtelevat jonkin verran projektikohtaisesti. Toiset projektit vaativat enemmän aikaa toiset taas vähemmän. Tämä riippuu paljolti suunniteltavista lohkokokonaisuuksista. Mainittakoon esimerkkinä laivan konehuoneen tilat verrattuna ylempien kansirakenteiden tiloihin. Konehuoneen tiloissa sijaitsee lukuisia määriä erilaisia rakenteita. Konehuoneen tiloissa on myös kiinnitettävä erityistä huomiota koneistojen sijoittelumahdollisuuksiin toimivan kokonaisuuden takaamiseksi. Koneistojen on mahduttava toimivaan luonnollisesti niille varatuissa paikoissa. Vastavasti taas ylempien kansirakenteiden suunnittelu on huomattavasti vaivattomampaa. Näissä niin sanotuissa ”tyhjissä tiloissa” erilaisten rakenteiden määrä on huomattavasti vähäisempi. Nämä lohkojen väliset suunnitteluaikeerot pyritään kompensoi-

maan keskenään. Tällöin saadaan aikaan paras mahdollinen kokonaisajankäyttö jokaiselle suunnittelijalle.

Tekemässämme projektissa on ollut käytössä sopivasti aikaa, joten on voinut pohtia erilaisia mahdollisuuksia työn etenemiseksi. Ajankäytön hallinta on johtunut paljolti alussa suorittamastamme rekrytointikurssista. On ollut erittäin tärkeää, että on saanut rauhassa tutustua projektimateriaaliin sekä uuteen työtehtävään (projektiin).

Yleisesti ottaen projektien aikataulut etenevät seuraavasti. Rungon luokkakuvat tulevat noin kahdeksan viikkoa ennen lohkon luovutusta. Seuraavana tulevat järjestelytiedot noin kuusi viikkoa ennen ja aukkotiedot neljä viikkoa ennen lohkon luovutusta. Rakennetarkastus suoritetaan aukkotietojen jälkeen. Rakennetarkastus suoritetaan joko mallista tai työkuvista aikataulusta riippuen. Ensisijaisesti se pyritään suorittamaan mallista. Tribon- mallista ajettaviin listoihin ja nestaukseen sekä ristiintarkastukseen varataan 1-1,5 viikkoa aikaa. Lohkon luovutuksen ja tuotannon aloituksen välillä on kahdesta neljään viikkoa.

## 5 OHJEISTUKSET

Suunnitteluprojekti alkaa aina siitä, että tutustutaan huolella ohjeistukseen. Ohjeistukset ovat aina projektikohtaisia. Jokainen projekti on siis jollakin tavalla erilainen. Tilaaja eli telakka määrittää omat vaatimuksensa, joiden perusteella laivaa aletaan suunnitella.

Ohjeistukset ovat tarkkaan laadittuja ja käsittävät tietoa aina pienintä yksityiskohtaa myöten. Ohjeet ovat valitettavasti usein tulkittavissa monella tavoin. Tällöin suunnittelijan on hyvä kysyä projektin vetäjältä tulkintaa.

Ohjeistus vaikuttaa mallinnustapaan, joten sen ymmärtäminen oikein on erittäin tärkeää. Asia on verrattavissa siihen, että annetaan suunnittelijalle ohjekirja käteen ja sanotaan, että toimi sen mukaan. Tämä ”ohjekirja” on sähköisessä muodossa talletettuna projektien hallintajärjestelmään (Delta Doris), josta se on vaivatonta hakea.

Mallinnusvaiheen on tapahduttava ohjeistusten mukaisesti, jotta pystytään myöhemmin tarvittaessa mallia päivittämään jonkun muun kuin alkuperäisen suunnittelijan toimesta. Tämä tarkoittaa mm. panelien nimeämissääntöjä ja osanumerointeja eri osatyypeille.

On kiinnitettävä myös erityistä huomiota tilaajan tuotantotapaan. Koska uusi suunnittelija ei tunne tilaajan tuotantotapaa, voi tapahtua väärinymmärtämistä. Epäselvistä tilanteista suoriudutaan parhaiten kysymällä.

## 6 LUOKKAKUVAT JA MALLINNUS TRIBON M3:LLA

### 6.1 Luokkakuvat ja säännöt

Perinteisesti laivanrakenteiden mitoituksessa käytetään hierarkiatasoja. Sekundäärisen rakenteen muodostavat kaksoispohja ja kehyskaari. Tertiääriseen rakenteen puolestaan muodostavat kaaret ja jäykistämätön levykenttä. Luokituslaitosten ohjeistus perustuu tällaiseen jakoon.

Laivan runko koostuu poikittain ja/tai pitkittäin menevistä kaarista. Näiden rakenteiden perusajatuksena on laivan rungon jäykistäminen. Laivan koko ja käyttöolosuhteet vaikuttavat näiden rakenteiden sijaintiin ja määrään. Laivan rungon yleisistä säännöistä ovat vastuussa luokituslaitokset.

Luokituslaitoksia on useita maailmassa. Mainittakoon tässä esimerkkinä yleisimpiä, Det Norske Veritas (DNV), Bureau Veritas (BV). Muita luokituslaitoksia ovat mm. American Bureau of Shipping (ABS), Germanischer Lloyd (GL) ja Lloyd's Register of Shipping (LR). Laivan perusmallin suunnittelun jälkeen materiaali luokitetaan. Luokituslaitos hyväksyy materiaalin sellaisenaan tai muutosten kautta. Luokituslaitosten väliset eroavaisuudet voidaan havaita hieman toisistaan poikkeavina arvoina laivan rungon eri osakomponenttien välisissä mitoituksissa esim. kaariväleissä.

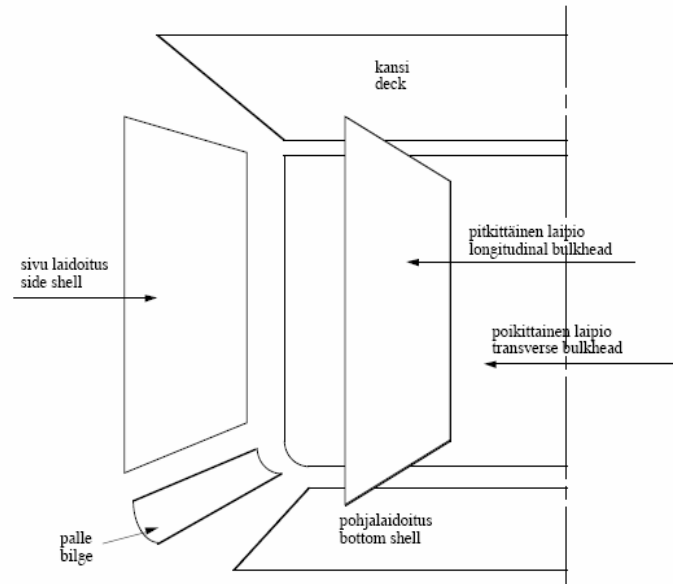
Koko laivan rungon kaikki rakenneratkaisut on hyväksyttävä tilaajalla ja viranomaisella, jota yleensä edustaa valittu luokituslaitos. Luokan vaatimien minimilujuuksien riittävyys on tapauskohtaisesti harkittava. Luokituslaitosten antamat arvot toimivat suuntaa antavina ohjeina. On syytä pitää kirkkana mielessä, että luokituslaitos on vain konsultti. Lopullisen vastuun kantavat suunnittelijat itse.

Luokituskuvista tulee koko suunnitteluvaiheen aikana lukuisia eri versioita, joita on muutettu ja päivitetty edellisistä versioista. Tämä johtunee koko ajan tarkentuneista tiedoista, joiden mukaan rakenteet on määriteltävä. Ja kuten yleensä, paljon tekniikka sisältävässä laivassa muutokset tulevat vaikuttamaan useaan eri paikkaan. Tilanteesta riippuen tällaisissa paikoissa pyritään tekemään kompromissiratkaisuja, jotka ovat eduksi kaikille. Luokkakuvat sijaitsevat sähköisessä muodossa projektien hallintajärjestelmässä (Delta Doriksessa). Luokkakuvien tilannetta tulee seurata päivittäin muutosten vuoksi. On erittäin tärkeää, että suunnittelijalla on käytössään viimeisintä tietoa.

Kaarien numerointi alkaa laivan perästä. Yleisesti kaarinumero nolla on peräperpendikkelin (AP) kohdalla. Peräperpendikkeli on luotiviiva laivan rungon peräosassa, jonka läpi peräsinakseli kulkee. Peräperpendikkelin peräpuolella sijaitsevat kaaret merkitään negatiivisiksi. Keulaperpendikkelin (FP) ei tarvitse olla rakennekaaren kohdalla. Keulaperpendikkeli on puolestaan luotiviiva laivan rungon keulaosassa. /1/

Tärkeimmät poikittaislaipiot ovat peräsoppilaipio, konehuoneen keulalaipio sekä keulasoppi- eli yhteentörmäyslaipio. Peräsoppilaipion sijainti laivan perässä määräytyy tarvittavan lujuusrakenteen mukaan. Konehuoneen keulalaipion sijoituksen määrittävät koneteho, pääkoneen pituus ja rungon muoto. Yhteentörmäyslaipion sijainti on tarkkaan määritelty luokituslaitosten säännöissä.

Seuraavaksi tutustutaan yleisimpiin laivoissa käytettäviin teräsrakenneseisiin. Näitä ovat kannet, laipiot, laidoitus sekä palle. Niiden nimet käyvät parhaiten ilmi ohessa olevasta kuvamateriaalista. /5/



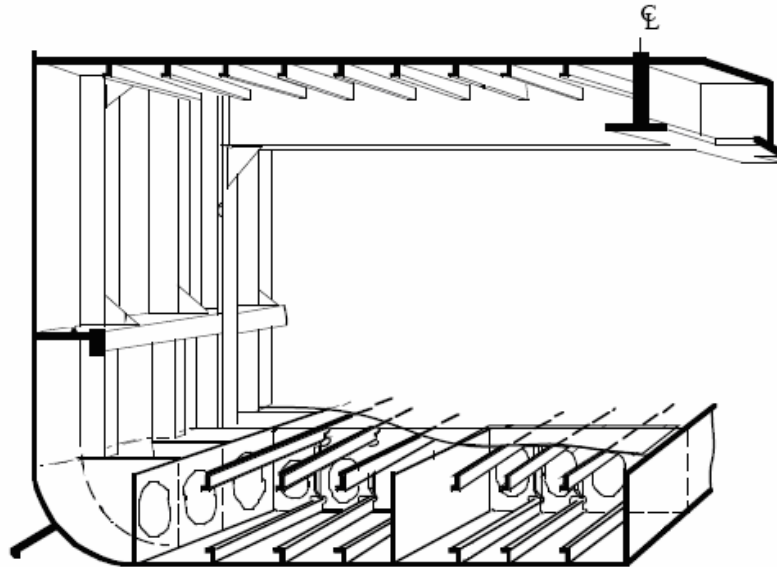
KUVA 2. Laivan rungon pääelementit.

Tärkeimpiä laivanrakennuksessa käytettäviä lyhenteitä

- Keskiviiva, CL
- Perusviiva, BL
- Vesiviiva, WL
- Konstruktiovesiviiva, CWL
- Pääkaari
- Kaari, FR
- Laipio, BHD
- Kehyskaari, WEB
- Polvio, BKT
- Jäykistäjä, GRD
- Vaakajäykistäjä, STR
- Tuki, STIFF
- Oikea, SB
- Vasen, BB
- Vesitiivis, WT
- Laippa, FL
- Viiste

Niin muuallakin teollisuudessa kuin laivanrakennuksessa on syytä välttää suunnitteluvirheitä. Kehyskaarten tehtävänä on siirtää kuormat levykentästä kansiin ja laipioihin. Kaarijärjestelmä on tyypiltään kevytrakenne, jossa ulkoisen kuorman aiheutta-

mat rasiukset siirtyvät rakenne-elementiltä toiselle. Laivoissa yleisimmin käytetty kaarijärjestelmä on sekakaarijärjestelmä. Tällöin kansi- ja pohjarakenteissa kaaret ovat laivan pitkittäisakselin suuntaisia ja laidoituksessa poikittaissuuntaisia. Kehyskaarten väli on suhteellisen vapaasti valittavissa. Yleensä se sijoitetaan joka kolmannele tai neljännelle kaarelle. /3/



KUVA 3. Laivan sekakaarijärjestelmää.

On olemassa erilaisia sääntöjä, kansainväliset-, kansalliset- ja luokituslaitosten säännöt. Kansainvälisiin sääntöihin kuuluvat IMO (International Maritime Organization) ja ILO (International Labor Organization). Kansalliset määräykset tarkoittavat laivan kyseessä olevan lippuvaltion lakeja. Suomessa tärkein viranomainen on Merenkululaitos. EU on laatinut omat sääntönsä toiminta-alueelleen. Käytännössä laiva ei ole vakuutuskelpoinen jos sitä ei ole luokitettu. Sääntöjen tarkoituksena on matkustajien-, lastin-, ympäristön- sekä miehistön suojeleminen.

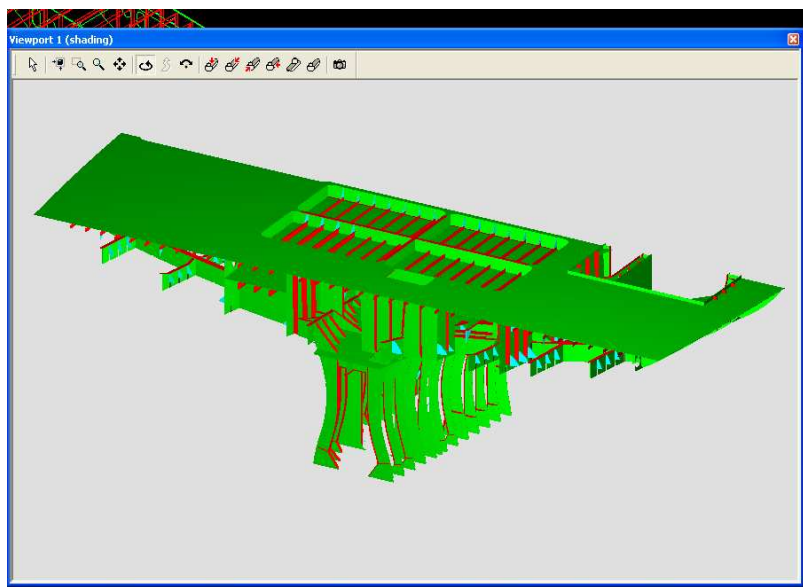
Lisäksi ovat olemassa SOLAS ja MARPOL. SOLAS (Safety Of Life At Sea) keskittyy ihmishengen turvaamiseen merellä. Se on kaikkein tärkein kansainvälinen merenkulkuun liittyvä sopimus. Ensimmäinen versio kyseisestä säännöstä tehtiin vuonna 1914 ”TITANIC”in uppoamisen jälkeen. MARPOL (MARine POLLution) keskittyy ympäristön suojelemiseen merellä. Sääntö koskee kaikkea ympäristöä saastuttavaa materiaalia mm. öljyä, kemikaaleja, jätevesiä sekä kiinteitä jätteitä. /2/

Luokituslaitosten vaatimukset ja niihin liittyvät säännöt on sisällytetty luokkakuviin, joten sääntöjen ja vaatimusten tietäminen erikseen ei ole tarpeen mutta on eduksi. Tällöin näytettyjen ratkaisumallien soveltaminen erilaisiin tapauksiin on helpompaa.

## 6.2 Mallinnus Tribon M3:lla

Laivan koko runko-osa jaetaan pienempiin kokonaisuuksiin eli suurlohkoihin. Suurlohkojen koko on yleensä telakkariippuvainen. Eri telakoilla on omat kapasiteettinsa käytettävissä laivanrakennuksessa. Pääasiassa siis suurlohkon koko pyritään maksimoimaan. Suurlohkojen erottelunsa vuoksi, ne nimetään telakkakohtaista numerointia käyttäen. /4/

Suurlohko puolestaan koostuu useammista pienemmistä kokonaisuuksista eli lohkoista. Seuraava pienempi kokonaisuus on lohko. Se on tyypillinen rungon rakeneyksikkö. Yleisimmin lohko sisältää kannen, alapuoliset laipiot sekä laidoituksen. Nämä voivat olla omina osalohkoina lohkon sisällä. Lohkoilla ja osalohkoilla on myös oma numerointitapa. Mallinnuslohko on aina pienin lohkon osa. Osalohkosta luodaan työpiirustus ja osavalmistusaineisto. Osalohko on Tribon- hierarkian mallinnustaso eli ylin taso (BLOCK). Se koostuu puolestaan paneleista.



KUVA 4. Osalohko Tribon- ohjelman avulla esitettyinä. Tämä osalohko sijaitsee kaksoispohja- alueella.

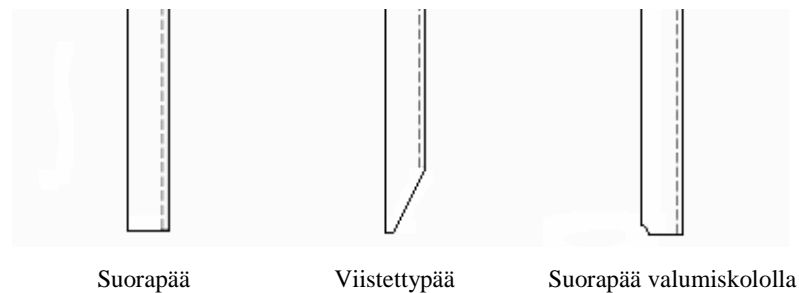


Osakokoonpanolla tarkoitetaan osista koottua osalohkoon liitettävää kokonaisuutta. Tällaisia ovat mm. ilmakeinavat, koneistojen alustat ym. erikseen mahdollisesti koottavat kohteet. Niille on erikseen määritelty tunnukset lohkon sisällä (O1,O2 eli osa1, osa2) ja kokoonpano-ohjeet rakennustavassa.

Paneli on levykenttä, joko tasomainen tai käyrä. Se voidaan jakaa saumoilla useampaan levyosaan ja siihen voidaan liittää muotorautaosia (jäykistäjiä, laippoja ja pilareita), polvioita ja tuotannon tarvitsemia tietoja (viisteet, kutistumat ja työvarat) sekä muita piirteitä (aukkoja ja läpivientejä). Paneli on Tribon-mallinnuksen peruskomponentti.

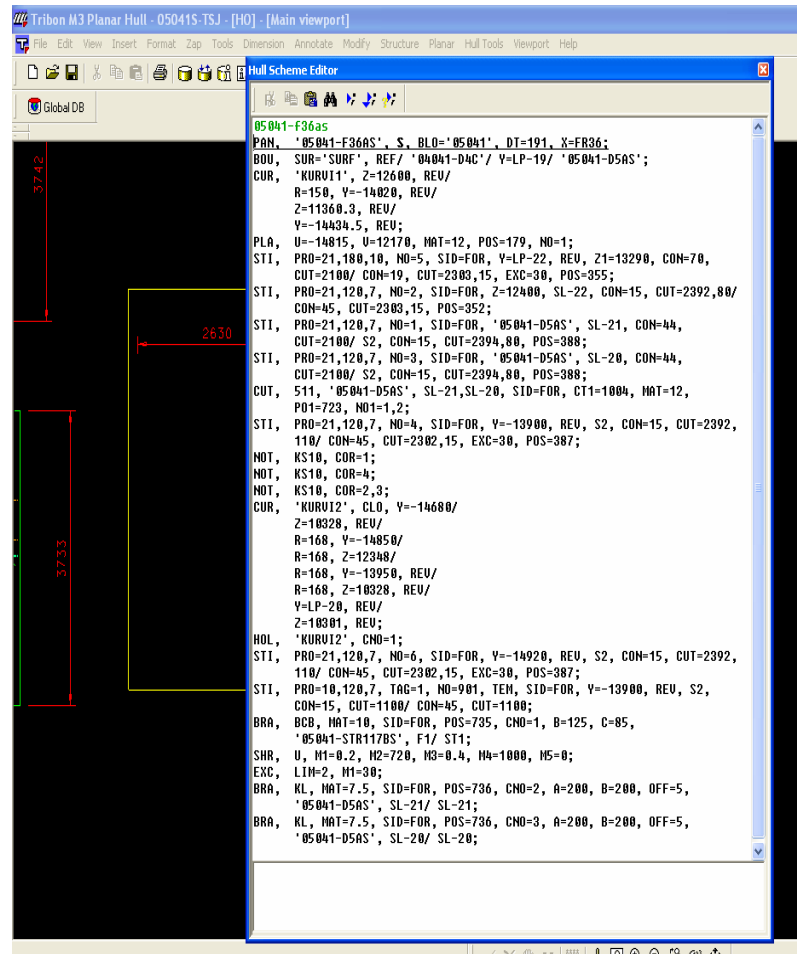
Viimeisenä rungon komponenttina käsitellään osa. Osa on yksittäinen rakenne-elementti. Jostakin aiheesta leikattu levy- tai muototanko-osa, voi olla myös taivutettu.

Kuvassa 5 on esitettyä yksittäisen jäykistäjän erilaisia päätyyppejä. Jäykistäjän päät muotoillaan tapauskohtaisesti.



KUVA 5. Jäykistäjän päätyyppejä.

Tribon- ohjelma on siitä ainutlaatuinen, sillä se sisältää koodaustoiminnon (ikkunan). Tämä toiminto sisältää kaiken tiedon, mitä malliin on syötetty. Siitä voidaan helposti tarkistaa eri osien tiedot. Koodien luku on vaivatonta. On tapauksia, jolloin koodirivi on luettavissa mutta tieto ei jostain syystä näy mallissa. Ajamalla koodirivi läpi, voidaan menetetty tieto tuoda uudelleen esille.



KUVA 6. Ote Tribon M3- ohjelman scheme- toiminnosta (koodaustoiminto).

Ohessa on selitettyä scheme- toiminnon kulkua. Koodirivit muodostuvat englannin kielen sanojen lyhenteistä, koordinaateista sekä koodeista.

PAN = panel eli paneli, joka on laivan rungon levyosa. Tämä paneli käsittää kaiken edellä mainitun tiedon.

BOU = boundary eli raja, se muodostaa panelin ulkorajat.

CUR = curve eli kurvi on itse määritelty epäsäännöllinen viiva. Sillä voidaan rajata mm. hankalampia paikkoja/paneleita.

PLA = plate eli materiaali. Ilmaisee materiaalin paksuuden, laadun ja puoleisuuden.

STI = stiffener eli jäykistäjä. Sisältää jäykistäjän tiedot (materiaalin, tyyppin ja tiedon jäykistäjän päistä).

NOT = notch eli valumiskolo. Voidaan määrittellä erikokoisia reikiä haluttuihin paikkoihin esim. levyysiin tai jäykistäjiin.

HOL = hole eli reikä. Voidaan määrittää tiettyjä kokoja tai vaihtoehtoisesti halutun muotoisia. Sijainti määritellään koordinaattiarvoilla.

BRA = bracket eli polvio. Käytetään tukemaan mm. kaarirakenteita ja jäykistäjiä. Jäykistäjä, johon polvio on sidoksissa, määrittää polvion koon, aineen paksuuden sekä mahdollisen laipparakenteen.

SHR = shrinkage eli kutistuma. Kutistuma määritetään jokaiselle isommalle levyosalle. Kutistuma on erityisen tärkeä hitsattavissa osissa. Kutistumat huomioidaan hitsauksessa. Hitsauksen jälkeen mitat ovat siis suunnitelman mukaisia.

EXC = excess eli työvara. Työvara tulee esille rakennusvaiheessa. Työvaroja käytetään yleensä lohkojen liitoskohdissa sekä kansirakenteissa esim. jäykistäjissä, jotka rajoittuvat kanteen. Tavanomaisin työvara on 30mm.

Lisää joitakin yleisesti käytettyjä toimintoja ovat vielä:

SEA = seam eli sauma. Määritetään kun levyt jaetaan kahteen tai useampaan osaan. Saumalla määritetään myös aineen paksuuden väliset eroavaisuudet.

WEL = weld eli hitsaus. Hitsauksen määrittäminen sekä siihen liittyvät viisteet.

CUT = cutout eli läpivienti. Jäykistäjän muotoinen reikä sen kulkiessa panelin läpi.

POI = point eli piste. Piste voidaan määrittää haluttuun paikkaan koordinaateilla tai jonkin rakenteen mukaan. Mikäli piste on määritetty paneliin, se pysyy aina panelin mukana muutoksista huolimatta.

Koodaustoiminto perustuu hyvin pitkälti Tribon- ohjelman alkuperään. Aluksi Tribon- ohjelmisto perustui niin sanottuun koodaamiseen. Varsinainen mallintaminen on tullut ohjelmaan sen kehittymisen seurauksena. Ohjelmistossa yhdistyvät siis mallinnus ja koodirivin lukeminen. Koodirivin käyttäminen on erittäin vaivatonta ja helpottaa työskentelyä. Se toimii kuin varmistimena.

## 7 TYÖKUVIEN LUONTI MALLISTA

Tribon M3:lla tapahtuvan rungon mallintamisen jälkeen on työkuvienvuorot. Tämä tarkoittaa mallin tarkastelua tuotantoon lähtevänä materiaalina. Mallinnuksessa tapahtuneet mahdolliset virheet pystytään helpommin havainnollistamaan työkuvia

tehtäessä. Työkuvia muodostettaessa on melko vaivatonta korjata virheitä tai tehdä mahdollisia muutoksia. Työkuvat muodostetaan 3D- mallista leikkauksina eri suunnilta. Leikkaukset otetaan kansirakenteesta sekä poikkittais- ja pitkittäiskaarilta. Lisäksi muodostetaan yksityiskohtaiset kuvat tarvittavista kohteista.

Työkuvien luonti on ikään kuin malliaineiston puhtaaksi kirjoitusta selkeään mahdolliseen muotoon tuotannossa eli telakalla tapahtuvaa työtä varten. Työkuvien tekeminen on erittäin työläs vaihe, sillä ne sisältävät suuren määrän ratkaisevaa tietoa. Niitä tehtäessä on otettava huomioon asioita eri laivasuunnitteluosastojen kesken. Lisäksi työkuvat on pystyttävä pitämään ajan tasalla rakennemuutoksista huolimatta. Työkuvat pyritään tekemään mahdollisimman selkeiksi, helposti luettaviksi sekä ymmärrettäviksi kokonaisuuksiksi. Selkeys on erityisen tärkeää tässäkin työssä, tosin se on haasteellista. Tarkoittaen käytännössä sitä, että esim. piirustuksissa olevat viivat eivät mene päällekkäin, jolloin luettavuus heikkenee oleellisesti.

Laivaa rakennetaan työkuvien mukaan, joten kaikki oleellinen tieto on tultava esiin piirustuksista. Piirustuksista tulee ilmetä jokaisen pienimmänkin runkoon kuuluvan osan mitat sekä osan sijainti. Osien paljous tekee työstä haasteellisen, mutta myös mielenkiintoisen. Lisäksi pienimmät ja/tai epäselvimät yksityiskohdat kuvataan piirustuksiin havainnollistavana suurennettuna yksityiskohtana. Osan tarvittava tieto tulee ilmetä vain yhdellä leikkauksella (kuvana). Tällöin vältytään tiedon liialliselta määrältä ja säästyy tilaa muille kuvainnoille, sillä kuvainnot sisältävät muutenkin jo suuren määrän tietoa.

Työkuvien tärkeänä tavoitteena on tietysti, että sekä suunnittelija kuin tekijäkin lukevat yhteneväisesti niitä. Yleensä ohjeistuksessa on kerrottu mitä ja miten asioita pitää esittää piirustuksissa.

Suunnittelijan työ on siis pääasiassa lohkon mallintamista. Useimmiten suunnittelija saa työtehtäväkseen tehdä useampia lohkoja samanaikaisesti. Eri lohkoilla on eri luovutusajankohdat, joten lohkot ovat eri suunnitteluvaiheessa. Suunnittelija työskentelee työstettävän määrän mukaan eri lohkoissa. Lohkoja työstetään sitä mukaan kun niihin on saatavilla tarvittavat lähtötiedot mallinnusta varten. Tällöin on noudatettava erityistä huolellisuutta virheiden lukumäärän minimoimiseksi.

Työn tekee myös suhteellisen haastavaksi se, että yhtä laivaa voi olla suunnittele-  
massa useita eri suunnittelutoimistoja ympäri maailmaa. Perusedellytyksenä on, että  
liittyvien lohkojen rakenteiden jatkuvuuksien on oltava oikein. Ainoastaan hyvän  
yhteistyön ansiosta jatkuvuudet saadaan kuntoon.

## 8 JÄRJESTELY- JA AUKKOTIEDOT

### 8.1 Järjestelytiedot

Kun rungon lohko on mallinnettu 3D-ohjelmistoa apuna käyttäen sekä työkuvat on  
luotu sen perusteella, on järjestelytietojen hankinnan ajankohta. Tätä ennen on tehty  
materiaalivaraus. Järjestelytietojen päätarkoitus on määrittää rungon eri osakompo-  
nenttien oikea sijainti. Osakomponentteja ovat esim. laipiot, ovi-, kansi- ja ikkuna-  
aukot sekä alustojen vahvistukset. Lisäksi niitä ovat suuret aukot, jotka muuttavat  
rakenteita oleellisesti. Järjestelytietoihin kuuluvat myös alustavat tiedot läpivientiau-  
koista.

Määrittelyssä otetaan huomioon kaikkien osastoiden tarpeet (kone, sisustus, HVAC  
jne.). Usein on tehtävä kompromissiratkaisuja eri osa-alueiden kesken, jotta pysty-  
tään suunnittelemaan/rakentamaan toimiva kokonaisuus. Esimerkiksi laivan koneis-  
ton putkistot näyttelevät tärkeää osaa rungon suunnittelussa. On huomioitava erilais-  
ten putkistojen sijainti ahtaita paikkoja suunniteltaessa. Tarpeen vaatiessa rungon  
rakennetta muutetaan.

Yleensä suunnitteluvaiheen edetessä tiedot tarkentuvat, jolloin tulee muutoksia.  
Muutokset korjataan rungon malliin. Muutoksia saattaa tulla enemmän rungon raken-  
teen ollessa haasteellisempi. Yksittäiset muutokset voivat aiheuttaa pahimmillaan  
paljon työtä. Ne voivat aiheuttaa useankin eri paikkaan muutoksia, jolloin niiden

osalta suunnittelu menee uusiksi. Muutoksia tulee, vaikka niitä pyritään kuitenkin mahdollisimman hyvin ennalta ehkäisemään.

Rungon alue käsittää lukuisan määrän eri laitevalmistajia. Rungon suunnittelijoiden on oltava yhteistyössä laitevalmistajien kanssa. Hyvänä esimerkkinä ovat hissit, sillä ne ovat yleistyneet laivoissa.

## 8.2 Aukkotiedot

Järjestelytietojen jälkeen määritetään aukkotiedot. Aukkojen sijainti määräytyy pääosin laivoissa sijaitsevien putkistojen ja kaapelien läpivientien perusteella.

Aukkotietoihin kuuluvat kaikki pienet aukot, jotka eivät vaikuta rakenteisiin siten, että niiden ominaisuuksiin jouduttaisiin puuttumaan. Lisäksi aukkotietoihin kuuluvat lopulliset ja tarkistetut mitoituskaavat kaikista läpivientiaukoista yksiselitteisesti mitoitettuna rungon teräsrakenteissa. Niihin kuuluvat myös lopulliset ja tarkistetut tiedot kaikista aukoista sekä viimeinen tarkistustieto suurempien rakenteiden sijainnista (mahdolliset järjestelytietojen muutokset) esim. laipiot.

# 9 TARKASTUKSET

## 9.1 Rakennetarkastus

Rakennetarkastuksessa tarkastetaan eri osien rakenteet, materiaalit ja niiden paksuudet. Pienimpienkin osakomponenttien tiedot käydään läpi. Tarkastetaan kaikkien rakenteiden tiedot luokkakuvia vastaaviksi. Tarkastuksessa käydään läpi materiaalien ominaisuudet, jotka ovat luokkakuvissakin mainittuna. Varmistetaan rungon eri yksityiskohtien oikeanlainen rakenne.

Lohkoon ei saa muodostua ahtaita tiloja, joihin ei pääse kulkemaan. Kaikki rakenteet on päästävä hitsaamaan, puhdistamaan ja maalaamaan. Valumiskoloja tai tukkimattomia väistökoloja ei saa olla vesitiiviissä tiloissa. Kaikkiin paikkoihin on oltava esteetön kulkumahdollisuus joko kulkuluukku (ihmisen mentävä aukko) tai ovi. Levyjen eri puolille muodostuneiden rakenteiden risteyskohdat on eliminointava kovilta pisteiltä. Ne voidaan toteuttaa lisäämällä rakenteeseen polvio tai vastaava ratkaisu. Tarkastajana toimii siihen valtuutettu henkilö työpaikalla.

Rungon suunnittelussa on tärkeää valita oikea materiaali. Materiaalikustannusten nousu on yleensä seurausta kalliimman materiaalin käytöstä. Virhe se ei varsinaisesti ole. On tärkeää tarkastella huolella näinkin yksinkertaisia asioita. Teräslevyjen materiaalipaksuudet on syytä tarkistaa huolella, sillä liian ohut levy ”väärässä paikassa” tulee kalliiksi.

## 9.2 Ristiintarkastus

Ristiintarkastuksessa käydään vaiheittain läpi kaikki osaluettelot, nestit, työkuvat ja muut apupiirustukset siten, että niissä on yhtenevät tiedot. Eriävät tiedot piirustuksista korjataan oikeiksi ja päivitetään. Tarkastuksen tekee lohkosuunnittelija itse.

## 9.3 Luovutustarkastus

Luovutustarkastus on viimeinen tarkastus ennen piirustusten luovuttamista. Tällöin tarkastetaan, että kaikki sopimukseen kuuluva aineisto lohkosta on tehty ja nimetty oikein. Lisäksi tarkastetaan, että kaikki tarkastuslistat ja lähtötietolistat on tehty.

Aineistot ovat talletettuna ennalta määrättyyn formaattiin eli johonkin seuraavista: dxf, pdf, doc, xls, dwg, zip, csv tai lst. Kaikki luovutettu aineisto kirjataan lohkon luovutuksen yhteydessä annettavaan saatelehteen (covering letter tai transmittal).

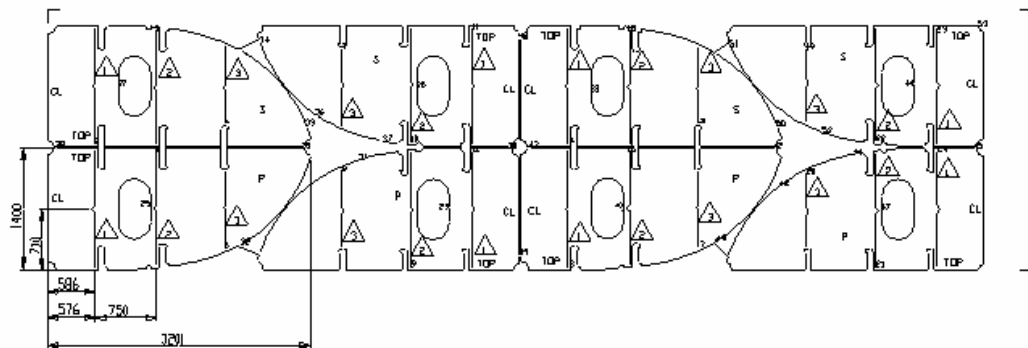
## 10 TRIBONISTA SAATUJEN TIETOJEN HYÖDYNTÄMINEN

### 10.1 Yleistä

Suunnitteluvaiheen edessä rungon mallista haetaan tarvittava tieto. Tätä ennen on määritetty järjestely- ja aukkotiedot. Rakennetarkastus on myös suoritettu ennen Tribon- ohjelman eli rungon mallin tietoja. Tribon- ohjelmasta saadaan tietoa mm. teräs-rakenteiden taivutuksista ja painoista sekä tietoa erilaisten levyateriaalien ja profiilien koosta. Käydään läpi tarkemmin vaiheet: nestaus, osaluettelot, skissit ja muotorausdat.

Nämä kuten muutkin tiedot ovat jälleen projektikohtaisia. Eri projekteissa tarvittavan tiedon määrä vaihtelee jonkin verran. Aina ei välttämättä tarvita kaikkea tietoa, joka olisi saatavilla rungon mallista. Piirustustieto liikkuu suunnittelutoimiston ja telakan välillä. Tähän on laadittu tarkka toimintamalli, jota noudattamalla tieto kulkee asianmukaisesti.

### 10.2 Nestaus



KUVA 7. Kuva nestaukseen sijoitelluista osista.

Kun Tribon- malli on valmis, lohko ositetaan. Leikattavat levyt tulee asettaa mahdollisimman tiiviisti yhdelle isolle levyllä siten, että ne peittoavat suurimman osan levyn pinta-alasta. Tällöin hukkamateriaalin määrä on pienin mahdollinen.



Nestaus tapahtuu Tribon:in nestausohjelmalla. Nestauksessa voidaan käyttää joko automaattista (AUTONEST) tai manuaalista osien levyille sijoitteluohjelmaa. Mikäli joku levyosa ei mahdu levyille (sauma puuttuu tai on väärässä paikassa), nestaaaja ilmoittaa sen suunnittelijalle. Tällä ohjelmalla tehdään myös levyvaraus lohkoista tuotantoa varten. /9/

Nestattavien levyjen koot ovat ennalta määritettyjä. Osat asetetaan raakalevyille alkaen suurimmasta osasta. Nestaaaja sijoittelee osat levyille ja täydentää niiden tiedot lohkon työkuvia apuna käyttäen. Peilikuva- ja rinnakkaispolttua tulee suosia. Kun nestaus on valmis, suunnittelija tarkastaa nestit ja ajaa levyosaluettelon. Nestauksesta on myös oma tarkka ohje polttokonekohtaisesti.

Part Name	Part Id	Sid	Pos	Nest Name	Thicknes	Length	Width	Quality	Weight	Area
05071-F78A-1P	05071-10	P	10		7	5845	760	A	220,9	4
05071-F78C-1P	05071-8	P	8		7	4778,9	997,2	A	186,2	3,4
05071-F78D-1P	05071-9	P	9		7	2959,5	975	A	118,2	2,1
05071-F82A-1P	05071-46	P	46		7	5833	760	A	220,4	4
05071-F82D-1S	05071-192	S	192		7	5845	760	A	221,0	4
05071-L22K-1S	05071-47	S	47		7	5712,6	2573,7	A	659,9	12
05071-L22M-1P	05071-11	P	11		7	5712,6	2573,7	A	658,5	12
05071-D2A-1P	05071-74	P	74		8	11163,1	2537	A	1439,1	21,5
05071-D2A/C1P	05071-730	P	730		8	912	227	A	12,8	0,2
05071-D2A/C2P	05071-731	P	731		8	929	227	A	13,1	0,2
05071-D2A/C3P	05071-732	P	732		8	877,2	227	A	12,3	0,2
05071-D2A/C4P	05071-733	P	733		8	890,2	227	A	12,5	0,2
05071-D2B-1S	05071-75	S	75		8	11163,1	2537	A	1442,5	21,6
05071-D2B/C1S	05071-735	S	735		8	877,2	227	A	12,3	0,2
05071-D2B/C2S	05071-736	S	736		8	890,2	227	A	12,5	0,2
05071-D2C-1P	05071-182	P	182		8	2344,9	53,8	A	7,8	0,1
05071-D2D-1P	05071-739	P	739		8	854,6	270	A	14,2	0,2
05071-D2D-1S	05071-739	S	739		8	854,6	270	A	14,2	0,2
05071-D4G-1P	05071-115	P	115		8	2599,1	790,5	A	133,2	2
05071-D4H-1S	05071-114	S	114		8	2599,1	790,5	A	111,1	1,7
05071-D4I-1S	05071-13	S	13		8	2566,1	790,5	A	123,3	1,8
05071-D4K-1P	05071-137	P	137		8	790	300	A	15,1	0,2
05071-D4L-1S	05071-138	S	138		8	790	300	A	15,1	0,2
05071-F77F-1S	05071-124	S	124		9	1889,4	730	A	54,8	0,8
05071-F78E-1S	05071-126	S	126		9	1141,4	509,8	A	22,5	0,3
05071-F79E-1S	05071-125	S	125		9	891,1	406,6	A	18,3	0,3
05071-D3A-10BP	05071-722	P	722		10	424,3	198	A	3,8	0
05071-D3A-11BP	05071-722	P	722		10	424,3	198	A	3,8	0
05071-D3A-12BP	05071-722	P	722		10	424,3	198	A	3,8	0
05071-D3A-13BP	05071-200	P	200		10	350	340	A	5,9	0,1
05071-D3AA-1P	05071-173	P	173		10	709	180,2	A	9,9	0,1
05071-D3AB-1P	05071-174	P	174		10	708	180	A	9,9	0,1
05071-D3B-10BS	05071-701	S	701		10	495	233,3	A	5,1	0,1

KUVA 8. Ote ns. asselistasta, jota käytetään apuna nestauksessa.

Ohessa on lyhyesti selitettynä edellä mainitun taulukon sisältöä. Vasemmassa reunassa sijaitsee osan nimi, jolla se kutsutaan nestiin ja kirjainyhdistelmä perässä ilmoittaa levyosan tason sijainnin sekä osan tyyppin. Sid- sarakkeesta ilmenee osan puoleisuus. Osan sijainti laivan S- tai P- puolella. Positionumero yksilöi levyosan. Nest Name-sarakkeeseen tulee nestauksen jälkeen nestautunnus. Seuraavista sarak-

keista ovat luettavissa levyosien paksuudet, pituudet, leveydet sekä laatu. Mitat on ilmoitettu millimetreinä. Viimeisistä kahdesta sarakkeesta käyvät ilmi paino ja pinta-ala. Tärkeimmät sijoittelukriteerit ovat lohkon numero, materiaalin paksuus sekä laatu.

### 10.3 Levyosaluettelo

Levyosaluettelot sisältävät kaikkien lohkon kuuluvien levyjen tiedot. Tribon- ohjelmassa on toiminto, jonka avulla ositus voidaan tehdä. Helpottaakseen jatkotoimenpiteitä, ositus on syytä tehdä rungon mallin valmistuttua ennen nestausta. Jatko-toimenpiteet nimittäin aiheuttavat lisää työtä, kun huomataan jonkun osan puuttuvan mallista tai jonkun osan rakennetta, laatua tai geometriaa joudutaan muuttamaan. Osituksessa jokainen levyosa saa osanumeron. Yleensä osaluettelot ovat pitkiä.

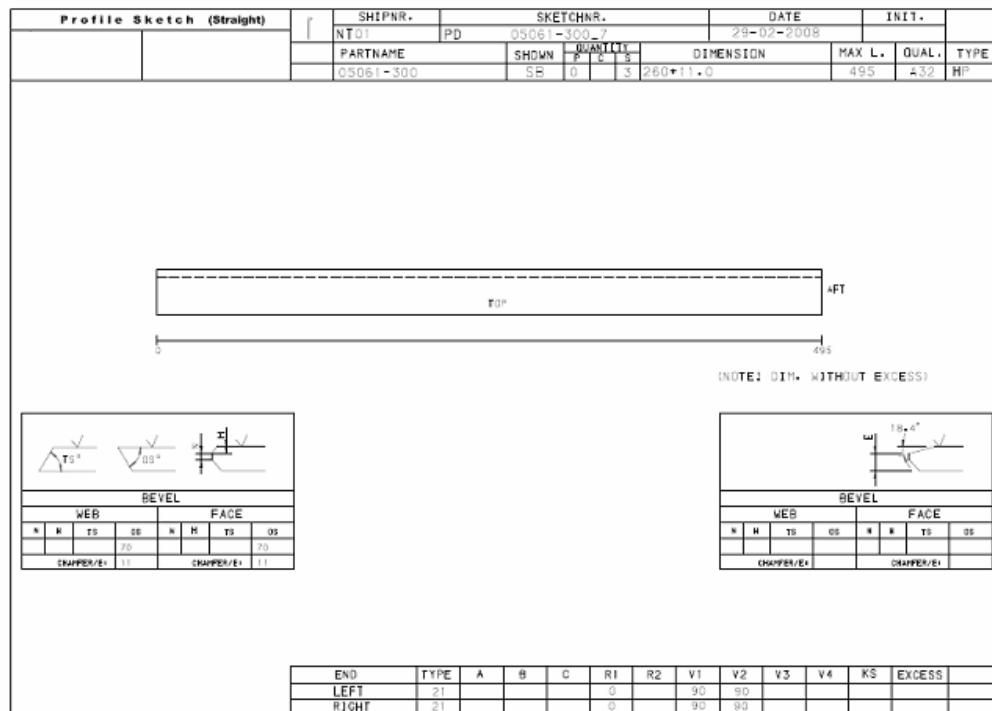
Part name	Quantity	Block	Side	Weight	Quality	Nested on	Type	Area	Length	Width	Thickness	PS	SB	Pos no	TB Name
05061-1	1	5061	PS	14,02	A	P05061_003	PLANAR PLATE PLANE	0,178	830,6	306,4	10	1	1	05061-F61C-1P	
05061-10	1	5061	SB	136,71	A	P05061_017	PLANAR PLATE PLANE	2,046	2895	790	8,5	1	10	05061-D4G-1S	
05061-100	1	5061	PS	78,85	A	P05061_011	PLANAR PLATE PLANE	0,251	900	730	40	1	100	05061-L22A-1P	
05061-101	1	5061	PS	126,53	A32	P05061_020	PLANAR PLATE PLANE	1,073	2160,4	560	15	1	101	05061-F76D-1P	
05061-102	1	5061	SB	460,37	A36	P05061_022	PLANAR PLATE PLANE	2,929	3843,9	1432,2	20	1	102	05061-F76E-1S	
05061-103	1	5061	PS	274,89	A36	P05061_023	PLANAR PLATE PLANE	1,749	2526,6	724	20	1	103	05061-F76B-1P	
05061-104	1	5061	PS	238,2	A	P05061_015	PLANAR PLATE PLANE	2,525	3099,9	968,6	12	1	104	05061-F76C-1P	
05061-105	1	5061	SB	298,25	A	P05061_015	PLANAR PLATE PLANE	3,162	4247,2	756,5	12	1	105	05061-F76E-2S	
05061-106	1	5061	PS	358,81	A	P05061_014	PLANAR PLATE PLANE	3,804	5073	750	12	1	106	05061-F76A-1P	
05061-107	1	5061	SB	137,51	A	P05061_010	PLANAR PLATE PLANE	0,583	1100	1030	30	1	107	05061-V76A-1S	
05061-108	1	5061	PS	129,74	A	P05061_010	PLANAR PLATE PLANE	0,55	1100	1000	30	1	108	05061-L22J-1P	
05061-109	1	5061	SB	16,39	A	P05061_017	PLANAR PLATE PLANE	0,245	750	333	8,5	1	109	05061-D4E-1S	
05061-111	1	5061	PS	314,43	A32Z	P05061_025	PLANAR PLATE PLANE	1,6	3130	1097,9	25	1	111	05061-D5A-4P	
05061-110	1	5061	PS	12,92	A	P05061_003	PLANAR PLATE PLANE	0,164	750	500	10	1	110	05061-F65D-1P	
05061-111	1	5061	PS	12,75	A	P05061_003	PLANAR PLATE PLANE	0,162	750	500	10	1	111	05061-F67B-1P	
05061-112	1	5061	SB	932,09	A32	P05061_019	PLANAR PLATE PLANE	6,976	5120	1370,8	17	1	112	05061-D5B-2S	
05061-113	1	5061	SB	1100,5	A32	P05061_022	PLANAR PLATE PLANE	7,001	6430	1370,8	20	1	113	05061-D5B-3S	
05061-114	1	5061	SB	82,38	A32	P05061_022	PLANAR PLATE PLANE	0,524	890	730	20	1	114	05061-F65E-1S	
05061-115	1	5061	SB	15,53	A	P05061_015	PLANAR PLATE PLANE	0,165	704,5	362,8	12	1	115	05061-F68F-1S	
05061-116	1	5061	SB	15,53	A	P05061_015	PLANAR PLATE PLANE	0,165	704,5	362,8	12	1	116	05061-F74D-1S	
05061-117	1	5061	SB	92,7	A	P05061_012	PLANAR PLATE PLANE	0,59	1431	540	20	1	117	05061-D5C-1S	
05061-118	1	5061	SB	33,52	A	P05061_001	PLANAR PLATE PLANE	0,284	750	730	15	1	118	05061-D5D-1S	
05061-119	1	5061	SB	131,81	A	P05061_012	PLANAR PLATE PLANE	0,838	2151	540	20	1	119	05061-D5E-1S	
05061-12	1	5061	PS	19,3	A	P05061_003	PLANAR PLATE PLANE	0,246	923,9	417,5	10	1	12	05061-F63C-1P	
05061-120	1	5061	SB	270,03	A	P05061_012	PLANAR PLATE PLANE	1,718	2266,6	1177	20	1	120	05061-F66D-1S	
05061-121	1	5061	SB	33,96	A	P05061_001	PLANAR PLATE PLANE	0,288	730	690	15	1	121	05061-F66E-1S	
05061-122	1	5061	SB	270,06	A	P05061_012	PLANAR PLATE PLANE	1,718	2266,6	1177	20	1	122	05061-F67C-1S	
05061-123	1	5061	SB	33,96	A	P05061_001	PLANAR PLATE PLANE	0,288	730	690	15	1	123	05061-F67D-1S	
05061-124	1	5061	SB	163,78	A36	P05061_024	PLANAR PLATE PLANE	2,084	2860	730	10	1	124	05061-L19B-1S	
05061-125	1	5061	SB	163,78	A36	P05061_024	PLANAR PLATE PLANE	2,084	2860	730	10	1	125	05061-L19C-1S	
05061-126	1	5061	SB	270,14	A	P05061_012	PLANAR PLATE PLANE	1,718	2266,6	1177	20	1	126	05061-F75F-1S	
05061-127	1	5061	SB	269,6	A	P05061_012	PLANAR PLATE PLANE	1,715	2267	1174	20	1	127	05061-F76F-1S	
05061-128	1	5061	SB	33,96	A	P05061_001	PLANAR PLATE PLANE	0,288	730	690	15	1	128	05061-F75G-1S	

KUVA 9. Ote levyosaluettelosta.

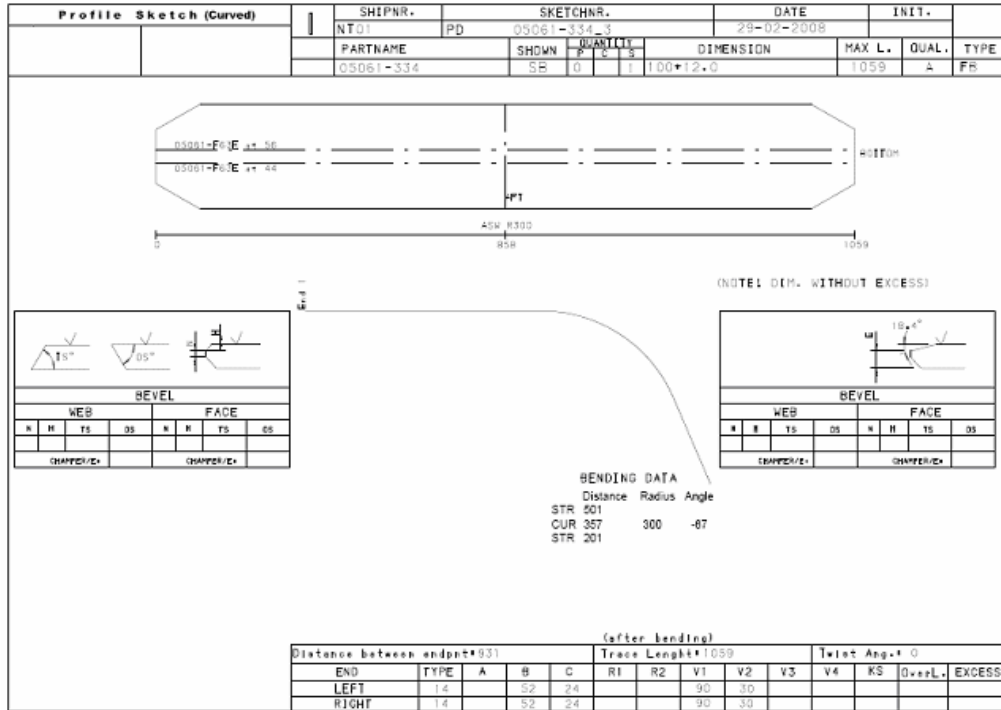
Levyosaluettelosta nähdään levyosien ominaisuudet. Siitä käyvät ilmi mm. levyosan mitat ja paino. Lisäksi siitä nähdään, että missä nestauslevyllä kyseinen levyosa sijaitsee.

## 10.4 Skissit ja muotorautaosaluettelo

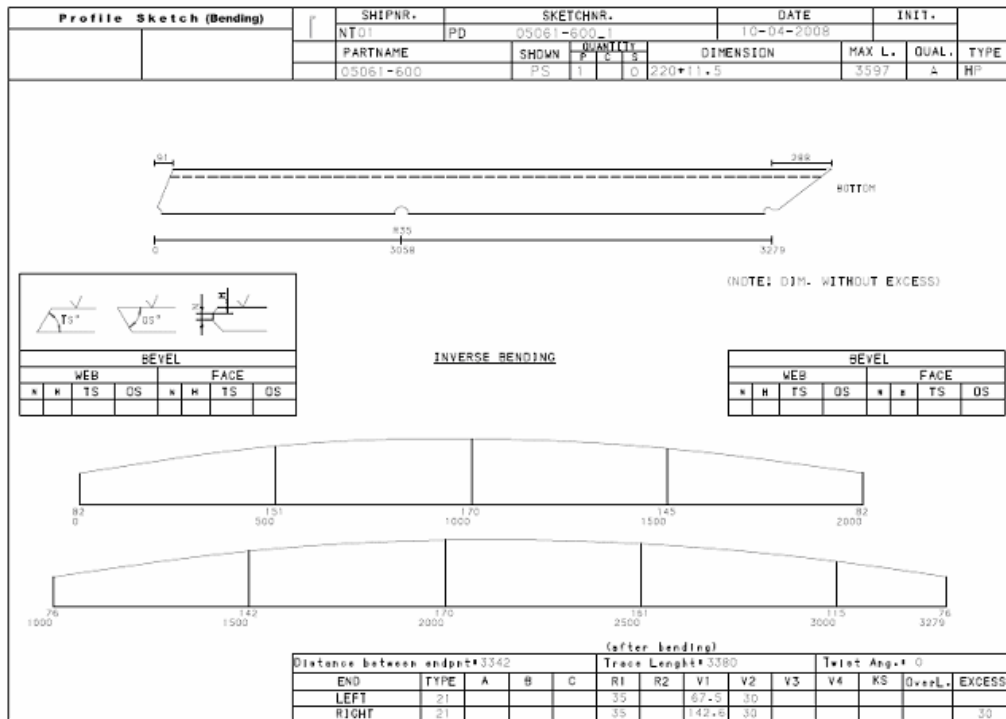
Suurin osa lohkossa sijaitsevista osakomponenteista on muotorautoja eli jäykistäjiä. Jäykistäjät ovat pieniä osia laivan kokonaisuuteen nähden, mutta oleellisia laivan toiminnan kannalta. Skisseistä käyvät ilmi muotorautojen päät (viisteet ja valumiskolot), käyryydet sekä taivutukset. Osaluettelossa puolestaan ovat muotoraudan ominaisuudet. Ohessa on havainnollistettuna skissejä ja muotorautaosaluettelo.



KUVA 10. Suoran muotoraudan skissi. Siitä selviävät muotoraudan ominaisuudet sekä päiden koodit.



KUVA 11. Käärän muotoraudan skissi. Tästä kuvasta käy ilmi äskeisten tietojen lisäksi muotoraudan käyrystiedot.



KUVA 12. Taivutettavan muotoraudan skissi. Kuvasta käy ilmi pääominaisuuksien lisäksi muotoraudan taivutustiedot.

Part name	Quantity	Block	Side	Weight	Quality	Type	Shape	Dim	Length	PS	SB	Sketch	Pos no	TB Name
05061-300	1	5061	SB	15	A32	PROFILE PLANE	PP	260*11.0	495			05061-300_7	300	05061-05B/S18S
05061-300	1	5061	SB	15	A32	PROFILE PLANE	PP	260*11.0	495			05061-300_7	300	05061-06B/S6S
05061-300	1	5061	SB	15	A32	PROFILE PLANE	PP	260*11.0	495			05061-300_7	300	05061-05B/S5S
05061-301	1	5061	PS	4,88	A	PROFILE PLANE	FB	100*10.0	686,3	1		05061-301_17	301	05061-V60A/S4P
05061-301	1	5061	PS	4,88	A	PROFILE PLANE	FB	100*10.0	686,3	1		05061-301_17	301	05061-V60A/S3P
05061-302	1	5061	PS	4,89	A	PROFILE PLANE	FB	100*10.0	688,5	1		05061-302_15	302	05061-L22MA/S3P
05061-303	1	5061	PS	4,85	A	PROFILE PLANE	FB	100*10.0	680	1		05061-303_19	303	05061-L22MB/S3P
05061-303	1	5061	PS	4,85	A	PROFILE PLANE	FB	100*10.0	680	1		05061-303_19	303	05061-L22MB/S6P
05061-303	1	5061	PS	4,85	A	PROFILE PLANE	FB	100*10.0	680	1		05061-303_19	303	05061-L22MB/S5P
05061-303	1	5061	PS	4,85	A	PROFILE PLANE	FB	100*10.0	680	1		05061-303_19	303	05061-L22MB/S4P
05061-304	1	5061	PS	73,49	A	PROFILE PLANE	PP	200*10.0	3604,3	1		05061-304_8	304	05061-V60A/S2P
05061-304	1	5061	PS	73,49	A	PROFILE PLANE	PP	200*10.0	3604,3	1		05061-304_8	304	05061-V60A/S1P
05061-306	1	5061	PS	13,62	A	PROFILE PLANE	FB	200*12.0	815,5	1		05061-306_4	306	05061-D3A/S7P
05061-307	1	5061	PS	33,31	A	PROFILE PLANE	PP	200*10.0	1997,9	1		05061-307_11	307	05061-L22MA/S1P
05061-308	1	5061	PS	6,07	A	PROFILE PLANE	FB	100*10.0	777,8	1		05061-308_2	308	05061-F61B/F1P
05061-309	1	5061	PS	93,45	A	PROFILE PLANE	PP	200*10.0	4360,1	1		05061-309_7	309	05061-L22MB/S1P
05061-311	1	5061	PS	8,08	A	PROFILE PLANE	FB	100*15.0	685	1		05061-311_11	311	05061-F61A/F1P
05061-311	1	5061	PS	8,08	A	PROFILE PLANE	FB	100*15.0	685	1		05061-311_11	311	05061-F74A/F1P
05061-311	1	5061	PS	8,08	A	PROFILE PLANE	FB	100*15.0	685	1		05061-311_11	311	05061-F62A/F1P
05061-311	1	5061	PS	8,08	A	PROFILE PLANE	FB	100*15.0	685	1		05061-311_11	311	05061-F75A/F1P
05061-311	1	5061	PS	8,08	A	PROFILE PLANE	FB	100*15.0	685	1		05061-311_11	311	05061-F73A/F1P
05061-311	1	5061	PS	8,08	A	PROFILE PLANE	FB	100*15.0	685	1		05061-311_11	311	05061-F63A/F1P
05061-313	1	5061	SB	5,79	A	PROFILE PLANE	FB	125*10.0	590	1		05061-313_4	313	05061-D4C/S3S
05061-313	1	5061	SB	5,79	A	PROFILE PLANE	FB	125*10.0	590	1		05061-313_4	313	05061-D4D/S2S
05061-313	1	5061	SB	5,79	A	PROFILE PLANE	FB	125*10.0	590	1		05061-313_4	313	05061-D4F/S2S
05061-313	1	5061	SB	5,79	A	PROFILE PLANE	FB	125*10.0	590	1		05061-313_4	313	05061-D4G/S4S
05061-313	1	5061	SB	5,79	A	PROFILE PLANE	FB	125*10.0	590	1		05061-313_4	313	05061-D4G/S3S
05061-313	1	5061	SB	5,79	A	PROFILE PLANE	FB	125*10.0	590	1		05061-313_4	313	05061-D4G/S2S
05061-313	1	5061	SB	5,79	A	PROFILE PLANE	FB	125*10.0	590	1		05061-313_4	313	05061-D4D/S3S
05061-313	1	5061	SB	5,79	A	PROFILE PLANE	FB	125*10.0	590	1		05061-313_4	313	05061-D4C/S4S
05061-314	1	5061	PS	5,58	A	PROFILE PLANE	FB	100*10.0	716,3	1		05061-314_8	314	05061-V60A/S6P
05061-314	1	5061	PS	5,58	A	PROFILE PLANE	FB	100*10.0	716,3	1		05061-314_8	314	05061-V60A/S5P
05061-315	1	5061	PS	5,58	A	PROFILE PLANE	FB	100*10.0	718,2	1		05061-315_7	315	05061-L22MA/S4P

Kuva 13. Ote muotorautaosaluettelosta.

Luettelosta voidaan tutkia muotoraudan ominaisuuksia kuten sen mitat, pituus, paino, laatu, tyyppi ja positionumero. Siitä nähdään myös osan skissi- numero. Mitoista esim. 260 \* 11,0 kertoo muotoraudan koon. Muotoraudan muoto eli tyyppi voi olla joko PP (bulbi) tai FB (flatbar). Luettelosta selviää myös osan puoleisuus (PS tai SB).

## 11 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä on laadittuna yleinen ohjeistus laivan rungon suunnittelun prosessista, jonka avulla suunnittelutyön alkumetreillä oleva työntekijä pystyy omaksumaan laivan rungon suunnittelun perusajatuksen. Suunnittelija sisäistää laivan rungon suunnittelun perusajatuksen sekä tietää suunnittelun eri vaiheet ja niiden sisällön.

Laivateollisuudessa tilaajakanta on varsin monipuolinen. Vaatimukset riippuvat asiakkaista. Lisäksi eri telakoilla on omat vaatimuksensa. Vaatimukset ovat aina projek-

tikohtaisia. Jokaiseen eri projektiin on lähdettävä liikkeelle puhtaalta pöydältä. Lähes jokainen laiva on prototyyppi luokassaan.

Tämän ohjeistuksen tarkoituksena on, että suunnittelun alkumetreillä oleva laiva-suunnittelija tulee oppimaan vaivattomasti rungon suunnittelun prosessin. Suunnittelija pystyy omaksumaan tulevan työnsä perustoimintamallin sekä tulevaisuuden kannalta kehittämään itseään eteenpäin runkosuunnittelu-uralla.

Ohjeistus on laadittu tämän hetkisten tietojen perusteella. Lähitulevaisuudessa saatetaan jo nähdä joitakin muutoksia prosessin vaiheissa tai vaiheiden järjestyksessä. Rungon suunnittelun vaiheita pyritään entisestään selventämään toisistaan. Tarkoitetaan yleisesti sitä, että jokainen vaihe saatetaan loppuun asti ennen uuden vaiheen alkamista. Esimerkkinä mainittakoon rungon mallista luotavat työkuvat. Rungon malli on saatava valmiiksi ennen työkuvien tekoa, joka tarkoittaa monen eri asian hallitsemista yhtäaikaisesti. Tällöin koko prosessin kulku selkeytyy.

## LÄHTEET

### Kirjallisuus:

1. Jussi Alanko, P 2007, Laivan yleissuunnittelu, Turku: Karkukopio Oy.
2. Jussi Alanko, P 2007, Meritekninen perussuunnittelu- Säännöistä, Deltamarin Oy.
3. PJA, P 2006, Laivojen rakenteiden yleissuunnittelu, Raisio: Deltamarin Oy.
4. Rungon suunnittelussa ja valmistuksessa käytettävät käsitteet, Raisio: Deltamarin Oy.

### Sähköiset lähteet:

5. Teknillinen Korkeakoulu, Helsinki, Johdatus kuljetusvälinetekniikkaan, P 2007, [viitattu 11.3.2008] Saatavissa:  
[http://www.tkk.fi/Yksikot/Laiva/Opinnot/Kurssit/Kul-24.3000/pdf/KVTP\\_laivanrakenteet.pdf](http://www.tkk.fi/Yksikot/Laiva/Opinnot/Kurssit/Kul-24.3000/pdf/KVTP_laivanrakenteet.pdf)
6. Tieteen tietotekniikan keskus CSC, Laivat ja virtauslaskenta, [viitattu 11.3.2008] Saatavissa:  
[http://www.csc.fi/csc/tieteen\\_tietotekniikka/tieteen\\_sovelluksia/virtauslaskenta](http://www.csc.fi/csc/tieteen_tietotekniikka/tieteen_sovelluksia/virtauslaskenta)
7. Tieteen Kuvalehti, Ilmavoitelu leikkaa laivojen päästöjä, [viitattu 2.4.2008] Lehti ilmestyy myös painettuna (Numero 03/2008, s.54–55), Teksti:Ib Salomon, Saatavissa:  
<http://www.illustrertvitenskap.com/polopoly.jsp?d=157&a=4615>
8. Tieteen Kuvalehti, Laivan menoa jarruttava veden vastus, [viitattu 3.4.2008] Lehti ilmestyy myös painettuna (Numero 03/2000,s.9), Saatavissa:  
[http://www.illvid.dk/Crosslink.jsp?d=195&a=1219&id=5879\\_6](http://www.illvid.dk/Crosslink.jsp?d=195&a=1219&id=5879_6)

### Haastattelut:

9. Heikkilä, Antti                      Deltamarin Oy                      15.04.2008