

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Laiva- ja venetekniikka

2014

Ilkka Pakkanen

# KORROOSION MINIMOIMINEN B.DELTA-TUOTTEESSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Laiva- ja venetekniikka

2014 | 35+2

Ohjaajat | Lauri Kosomaa ja Rami Suominen

Ilkka Pakkanen

# KORROOSION MINIMOIMINEN B.DELTA-TUOTTEESSA

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Deltamarin Oy:n suunnitteleman standardibulkkerinkonseptin B.Delta37:n korroosioon, pintakäsittelyyn ja materiaalivalintoihin vaikuttavia tekijöitä. Työssä käsitellään pintakäsittelymenetelmiä vedenalaiseen ulkopintaan, painolastitankkeihin, lastitiloihin sekä lastiluukkuihin. Työ suoritettiin Deltamarin Oy:n toimeksiantona.

Tavoitteena oli käsitellä teräslevyjen pintakäsittelyn merkitys valmiissa tuotteessa. Työn tuloksena pyrittiin luomaan ohjeistus siitä, millaisia rakenteita, esikäsittelyä ja pintakäsittelyä tulisi käyttää laivanrakennuksessa.

Tietoa kerättiin haastattelemalla alan ammattilaisia, tutkimalla kirjallisuutta ja osallistumalla seminaariin, jossa käsiteltiin laivan korroosiota, pintakäsittelyä ja materiaalivalintoja.

Tulokseksi todettiin, että erilaisilla standardeilla ja oikeilla maalityyppien valinnoilla korroosiota on mahdollista minimoida. Lopuksi laadittiin dokumentti, josta ilmenee tutkittavien tilojen oikeat esi- ja pintakäsittelymenetelmät.

ASIASANAT:

Korroosio, Pintakäsittely, Suunnitteluohjeet

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Naval Architecture

2014 | 35+2

Instructors | Lauri Kosomaa and Rami Suominen

Ilkka Pakkanen

## MINIMIZING THE CORROSION EFFECT ON B.DELTA PRODUCT

This Bachelor's thesis is about the factor, which affect the corrosion, surface treatment and choices of materials on a standard bulk carrier B.Delta37. This thesis was assigned by Deltamarin Ltd.

The aim was to present the importance of surface treatment of steel sheets to the finished product. The second aim was to compile an instruction, explaining how to design suitable structures, pretreatment and surface treatment in shipbuilding. The thesis was concerned with underwater outside shell, ballast tanks, cargo holds and hatch covers.

The sources used in this thesis were interviews of professionals, literature and a seminar about the corrosion of a ship, surface treatment and the choice of materials.

The result was different standards and right types of paint it is to enable minimalize corrosion. Finally a document was drawn up which presents the right surface treatment in different areas in the general arrangement.

### KEYWORDS:

Corrosion, Planning instructions, Shipbuilding, Surface treatment

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 BULKKERIT</b>	<b>9</b>
2.1 Yleistä bulkkereista	9
2.2 Standardibulkkeri	10
2.3 B.Delta37	10
<b>3 KORROOSIO</b>	<b>11</b>
3.1 Korroosion perusteet	11
3.2 Ilmastollinen korroosio	12
3.3 Korroosio vedessä	12
3.4 Korroosion ilmenemismuodot	13
<b>4 PINTAKÄSITTELYN HUOMIOONOTTAMINEN TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELUSSA</b>	<b>14</b>
4.1 Teräsrakenteiden suunnittelu	14
4.2 Syövyttävien olosuhteiden välttäminen	15
4.3 Korroosioherkkien ja maalausteknisesti epäedullisten rakenteiden välttäminen	15
4.4 Esimerkkejä huonosta suunnittelusta	17
<b>5 PINNAN PUHDISTUS JA ESIKÄSITTELY</b>	<b>19</b>
5.1 Yleistä	19
5.2 Ruostumisasteet	19
5.3 Esipuhdistus	20
5.4 Esikäsittelyasteet	20
5.5 Esikäsittelyn laatuasteet	21
5.6 Ruosteenpoistomenetelmät	25
5.6.1 Käsityökaluilla suoritettu tai koneellisesti tehty puhdistus, St	25
5.6.2 Suihkupuhdistus, Sa	25
<b>6 TERÄSTYÖN JA MAALAUKSEN PROSESSIKUVAUKSET</b>	<b>27</b>
6.1 Terästyö	27
6.2 Maalaus korroosionestomenetelmänä	28

6.2.1 Katodireaktion estäminen	28
6.2.2 Anodireaktion estäminen	28
6.2.3 Korroosiovirran kulun estäminen	29
6.3 Maalaustyö	29
6.3.1 Valmiin maalauksen tarkastus	29
6.3.2 Tarkastusvälineet	30
<b>7 MAALITYYPIT LAIVAN KOHTEISIIN</b>	<b>32</b>
7.1 Lastiluukut	32
7.2 Lastitilat	32
7.3 Painolastitankit	33
7.4 Vedenalainen ulkopinta	33
<b>8 YHTEENVETO</b>	<b>34</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>35</b>

## LIITTEET

Liite 1. Location, ISO 8501 grade and type of paint. 1/2  
 Liite 2. Location, ISO 8501 grade and type of paint. 2/2

## KUVAT

Kuva 1. Handymax bulkkeri. (Maritime connector 2014).	9
Kuva 2. B.Delta37, standardibulkkeri. (Deltamarin 2014).	10
Kuva 3. Esimerkkejä vettä, kosteutta ja likaa keräävistä rakenteista sekä siitä, miten samat rakenteet voidaan muotoilla korroosionestoteknisesti paremmiksi. (Korroosiokäsikirja 2006.).	15
Kuva 4. Toisiaan lähellä olevien pintojen välinen minimietäisyys. (SFS-EN ISO 12944-3).	16
Kuva 5. Korroosion estotyössä käytettävien työkalujen tarvitsemia tyypillisiä etäisyyksiä. (SFS-EN ISO 12944-3).	17
Kuva 6. Lastiluukun karvelin pystyjäykisteissä on luoksepääsevyysongelmia.	18
Kuva 7. Esimerkki huonosta suunnittelusta.	18
Kuva 8. Esikäsittelemättömiä teräskappaleita, laatuaste 00. (SFS 8145).	23
Kuva 9. Teräskappale puhdistettuna laatuasteeseen 05. (SFS 8145).	24
Kuva 10. Materiaalin esikäsitteilyn prosessikaavio. (Gustafsson 37-2).	27
Kuva 11. Kalvon paksuuden mittaus jäykisteistä. (MSC.215(82) 2006).	30

## TAULUKOT

Taulukko 1. Mekaanisten esikäsittelyjen laatuasteet ja niiden edellyttämät toimenpiteet.  
(SFS 8145).

## KÄYTETYT LYHENTEET

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
Anodi	Korroosiovirtapiirin elektrodi jossa metalli liukenee luovuttaen elektronin
Bulkkeri	Irtolastialus, kuljettaa pakkaamatonta irtolastia, kuten hiiltä tai viljaa
EEDI	Energy Efficient Design Index; laivan energiatehokkuusluokka
Elektrolyytti	Aine, joka liuottimeen liuenneena johtaa sähköä jonka sähkövirta hajottaa kemiallisesti
Fouling	Laivan runkoon kiinnittynyt eliö- ja leväkasvusto
IMO	International Maritime Organization; Kansainvälinen merenkulkujärjestö
Inhibiitti	Kemikaaleja, jotka pieninä annoksina lisättynä pienintävät korroosiota
Jäykiste	Kannessa, laipiossa tai jäykkääjässä oleva profiili (Stiffener)
Katodinen suojaus	Suojattava kohde kytketään suojavirtapiiriin ”-”napaan eli katodiksi
Karveli	Lastiluukun kehys
SOLAS	Safety of Life at Sea; Kansainvälinen sopimus aluksen kunnon ja miehistön turvaamiseksi

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee Deltamarin Oy:n suunnitteleman standardibulkkerikonseptin B.Delta37:n korroosioon, pintakäsittelyyn ja materiaalivalintoihin vaikuttavia tekijöitä. Opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä korroosioon ja pintakäsittelyyn. Tavoitteena on myös, että suunnittelija saa käsityksen niistä asioista, jotka vaikuttavat korroosion ilmenemiseen.

Deltamarin Oy on suomalaispohjainen meriteollisuuteen keskittynyt suunnittelu- ja konsultointiyritys, joka tarjoaa palveluitaan pienistä konsepteista suuriin kokonaisuuksiin. Deltamarinin Oy:n perusti vuonna 1990 joukko suomalaisia laivanrakennusinsinöörejä ja -suunnittelijoita. Osa perustajista työskentelee edelleen yhtiön palveluksessa. (Deltamarin Oy 2014.)

Yhtiön työntekijöiden vahva suunnitteluosaaminen mahdollistaa usean eri osa-alueen hallitsemisen. Palvelut, joita Deltamarin tarjoaa, ovat muun muassa konsepti-, perus-, runko-, varustelu-, sähkö-, sisustus-, kone- ja automaatio suunnittelun sekä laiva- että offshore-projekteihin. (Deltamarin Oy 2014.)

Yhtiön pääkonttori sijaitsee Turussa. Suomessa on myös kaksi muuta konttoria, Helsingissä ja Raumalla. Deltamarinilla on myös Suomen ulkopuolisia konttoreita muun muassa Puolassa, Kroatiassa, Malesiassa, Brasiliassa ja Monacossa. Deltamarin Oy työllistää noin 400 henkilöä, joista 250 työskentelee Suomessa. (Deltamarin Oy 2014.)

Tammikuussa 2013 Deltamarin sai uuden omistajan Singaporelaisesta AVIC International Investments Limited -pörssiyhtiöstä, joka on osa Kiinalaista AVIC Groupia eli Kiinan valtiollista lentokonevalmistaja Aviation Industry Corporation of China -yhtiötä. (Deltamarin Oy 2014.)

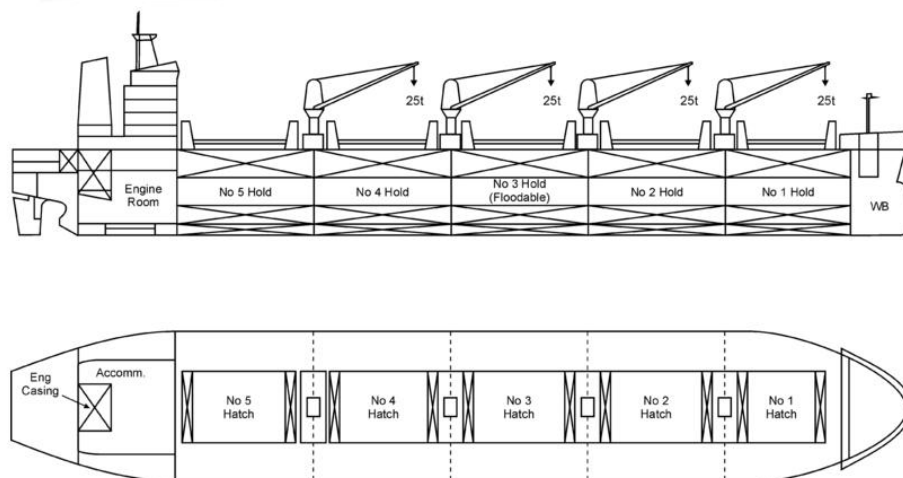


## 2 BULKKERIT

### 2.1 Yleistä bulkkereista

Bulkkeri eli irtolastialus tarkoittaa alusta, joka kuljettaa kiinteää pakkaamatonta massatavaraa. Lastina voi olla esimerkiksi viljaa, kivihiiltä tai rautamalmia. Bulkkerit ovat hitaita työlaivoja, joiden nopeus on 13–16 solmua. Ensimmäinen irtolastialus rakennettiin vuonna 1852. Nykyään bulkkerit suunnitellaan siten, että pystytään maksimoimaan lastikapasiteetti, turvallisuus ja teokkuus. Bulkkerien osuus maailman rahtilaivoista on 40 %. (Räisänen 2000, 2-5; Estlander 2000, 24-1; Maritime connector 2014.)

Bulkkerin tunnusomaisia piirteitä ovat perässä oleva kansirakennus, suuret lastiluukut sekä mahdolliset nosturit kuorman lastaamista ja purkamista varten. Bulkkerit on jaettu neljään tyypilliseen alakategoriaan kuolleen painon mukaan (dead weight, DWT), jolla määritellään laivan kantavuus tonneissa. Kategorioita ovat: Handysize (10 000-35 000 DWT), Handymax (35 000-60 000 DWT), Panamax (60 000-80 000 DWT), Capesize ( $80\,000 \leq$ ). Bulkkerit voidaan luokitella myös päämittojen sekä tyyppin mukaan. Alla esitetty (ks. Kuva 1. Handymax bulkkeri) leikkaukset handymax-luokan bulkkerista. (Räisänen 2000, 2-5; Estlander 2000, 24-1; Maritime connector 2014.)



Kuva 1. Handymax bulkkeri. (Maritime connector 2014).

## 2.2 Standardibulkkeri

Standardibulkkerin tarkoituksena on tuottaa asiakkaalle polttoainetaloudellinen ja mahdollisimman suuren lastikapasiteetin omaava laiva. Standardoimisella pyritään saavuttamaan pienempiä kustannuksia varustamoille sekä telakoille. Standardointi takaa myös nopean suunnittelun sekä valmistuksen.

## 2.3 B.Delta37

B.Delta37 (ks. Kuva 2. B.Delta37, standardibulkkeri.) on handysize-kokoluokan standardibulkkeri. Handysize on yleisin irtolastialusten luokka. Kokonsa puolesta handysize-luokan bulkkerit pystyvät operoimaan ympäri maailmaa monissa satamissa ja ne sopivat moniin eri tarkoituksiin. Bulkkeri on varustettu neljällä nosturilla, joiden avulla se pystyy itse lastaamaan ja purkamaan lastinsa viidestä lastiruumasta. B.Deltan37 on johtavassa asemassa maailman bulkkerimarkkinoilla. Polttoöljyn kulutus, pienipäästöisyys, sekä suuri kantavuus suhteessa laivan kokoon ovat nostaneet B.Delta37:n ylivertaiseen asemaan. EEDI-luku (Energy Efficiency Design Index), joka kertoo laivan energiatehokkuusluokan, on B.Delta37:ssa 20 % pienempi kuin IMO:n vaadittu luku. (Deltamarin 2014.)



Kuva 2. B.Delta37, standardibulkkeri. (Deltamarin 2014).

## 3 KORROOSIO

### 3.1 Korroosion perusteet

Korroosiolla tarkoitetaan metallien syöymistä. Tämä ilmiö aiheuttaa muutoksia metallin ominaisuuksiin ja voivat pahimmassa tapauksessa johtaa metallin, sen ympäristön tai teknisen järjestelmän vaurioitumiseen. Reaktio on tavallisesti sähkökemiallinen eli ympäristönä on vesi jossain muodossa. (Tikkurila Oy Industrial Coatings 2014.)

Korroosio on välttämätön luonnonlakien mukainen tapahtuma, joka on pakko hyväksyä ja jota ei voi milloinkaan pysäyttää. Metallit esiintyvät luonnossa malmimineraaleina muun muassa oksideina ja sulfideina. Metallin valmistuksessa käytetään suuria määriä energiaa, joka kasvattaa metallin energiasisältöä verrattuna malmiin. Metallin pyrkii eroon tästä energiaylimäärästä reagoimalla ympäristön kanssa ja pyrkii palautumaan takaisin malmiksi. (Forsén 2013.)

Korroosio perustuu korroosioparien eli galvaanisten paikallisparien syntymiseen. Se voi muodostua kahden eri metallin liitoskohdassa tai jopa saman metallin rakenne- tai pintaeroista johtuen. Tämän lisäksi tarvitaan sähköä johtava liuos eli elektrolyytti. Vesi on tavallisin elektrolyytti. Korroosiopari voi myös muodostaa elektrolyytin jonkin osan, esimerkiksi hapen, pitoisuuseroista eri paikkojen välillä. (Tikkurila Oy Industrial Coatings 2014.)

Korroosioparissa on anodi ja katodi. Epäjalompi metalli tai metallin osa muodostaa anodin ja jalompi metalli katodin. Näitä kutsutaan elektrodeiksi. Korroosio-reaktiossa anodi syöpyy ja katodi säilyy. Arkikielessä helppo muistisääntö: anodi antaa ja katodi kaappaa. Reaktion nopeuteen vaikuttavat ympäristöolosuhteiden lisäksi anodin ja katodin potentiaali- eli jännite-ero. (Tikkurila Oy Industrial Coatings 2014.)

### 3.2 Ilmastollinen korroosio

Ilmastollisen korroosion nopeuteen vaikuttavat muun muassa ilman suhteellinen kosteus, lämpötilan nousu, pintojen märkänä oloaika ja epäpuhtaudet. Ilmastollisen korroosion voimakkuuden arvioimiseksi ilmasto-olosuhteet voidaan luokitella maaseutu-, kaupunki-, teollisuus- ja meri-ilmastoihin. (Tikkurila Oy Industrial Coatings 2014.)

Metallin pinta täytyy peittyä elektrolyyttikalvolla ennen kuin ilmastollista korroosiota voi tapahtua. Ajanjaksoa, jona metallin pinta on kosteuden vaikutuksen alaisena, kutsutaan märkäajaksi. Pinta voi kastua sateen, sumun tai kosteuden kondensoitumisen seurauksena. Edellytyksenä on, että ilman suhteellisen kosteuden on oltava vähintään 60 %. (Tikkurila Oy Industrial Coatings 2014.)

Lämpötila vaikuttaa metallin pintaan. Syöpyminen voimistuu lämpötilan kohotessa. (Tikkurila Oy Industrial Coatings 2014.)

Ilman epäpuhtauksina kloridit ja rikkidioksidit ovat kaksi suurinta syytä, jotka kiihdyttävät metallin korroosiota. Kloridit ovat peräisin merivedestä. Rikkidioksidin määrä ilmassa voi vaihdella paikasta ja ajasta riippuen hyvinkin paljon. Rikkidioksidi muodostaa ilman kanssa rikkihappoa, mikä muuttuu metallipinnalla sulfaatiksi. (Tikkurila Oy Industrial Coatings 2014.)

### 3.3 Korroosio vedessä

Korroosionopeus vedessä riippuu siitä, millä nopeudella happi siirtyy metallipinnalle. Tähän vaikuttaa veden virtausnopeus, happipitoisuus, lämpötila, biologinen toiminta ja liuenneet suolat. Merivedessä korroosio on nopeinta. (Tikkurila Oy Industrial Coatings 2014.)

### 3.4 Korroosion ilmenemismuodot

Korroosiota esiintyy useassa muodossa. Korroosiomuotojen erottelu ja niiden lukumäärä vaihtelee eri lähdeteoksissa. Tässä työssä käsitellään vain yleisempiä muotoja. Metallien korroosiota voi tapahtua tasaisesti koko pinnalla tai paikallisesti: piste-, piilo-, rako- tai jännityskorroosiota.

Yleinen korroosio tapahtuu tasaisesti, samalla vauhdilla koko pinnalla. Tämä on yleistä suojaamattomissa ilmasto-olosuhteissa. Syöpymisen seuraaminen on helppoa painohäviö- tai seinämäpaksuusmittausten avulla. (Siitonen 2006, 102.)

Pistesyöpymisessä metallien syöpyminen tapahtuu pienillä alueilla metallin pinnalle synnyttäen paikallisia kuoppamaisia syvänteitä. Kloridi-ionit voivat aiheuttaa merivedessä paikallista syöpymistä. Pistekorroosiota esiintyy yleensä metalleilla, joiden korroosionkestävyys perustuu pintaa suojaavaan passiivikerrokseen. Näitä ovat esimerkiksi alumiini ja ruostumaton teräs. (Siitonen 2006, 103.)

Rakokorroosiota tapahtuu sellaisissa ahtaissa raoissa, syvennyksissä ja rei'issä, joihin liuos pääsee tunkeutumaan, mutta joissa se ei pääse vaihtumaan samalla nopeudella kuin muilla metallipinnan alueilla. Rakokorroosiota esiintyy useilla metalleilla jalouteen katsomatta. Ruostumattomat teräkset ovat herkkiä rakokorroosiolle. (Siitonen 2006, 107-108.)

Kun samassa elektrolyytissä on kaksi erilaista metallia sähköisessä kontaktissa toisiinsa, esimerkiksi merivedessä, kutsutaan tämänkaltaista tilannetta galvaniseksi korroosioksi. Epäjalompi metalli muodostuu anodiksi ja syöpyy. Syöpyminen on sitä nopeampaa mitä suurempi on metallien pinta-ala suhde sekä jalouzero. (Siitonen 2006, 109-110.)

Jännityskorroosiota, korroosioväsymistä, eroosio- ja kavitaatiokorroosiota aiheutuu, kun samanaikaisesti korroosion kanssa metalliin kohdistuu mekaanista jännitystä tai kulumista. (Siitonen 2006, 110-122.)

## **4 PINTAKÄSITTELYN HUOMIOONOTTAMINEN TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELUSSA**

### **4.1 Teräsrakenteiden suunnittelu**

Pintakäsittelyn lopputulokseen vaikuttaa olennaisesti teräsrakenteiden suunnittelu. Onnistuneeseen lopputulokseen vaikuttavat monet muutkin tekijät kuin pelkästään rasitusolosuhteet, kestävä maalausjärjestelmä tai käytetyt maalit. (Tikkurila Oy Industrial Coatings 2014.)

Yksi tärkeimmistä rakenteen korroosiokestävyyteen vaikuttavista tekijöistä on teräsrakenteen suunnittelu. Perusta kunnolliselle pintakäsittelylle luodaan usein jo työn suunnitteluvaiheessa, jolloin suunnittelija tekee pintakäsittelyn kannalta asianmukaiset ratkaisut. (Tikkurila Oy Industrial Coatings 2014.)

Ensiarvoisen tärkeää suunnittelussa olisi ymmärtää korroosion eri lajit ja syntymismekanismit. Ilman perustietoa korroosiosta syntyy varmasti korroosion eston kannalta huonoja rakenteita. Huonoja rakenteita ovat esimerkiksi likaa keräävät pinnat, väärät materiaaliyhdistelmät, pulttiliitokset, väärä terästyön laatuaste, sekä ahtaat raot.

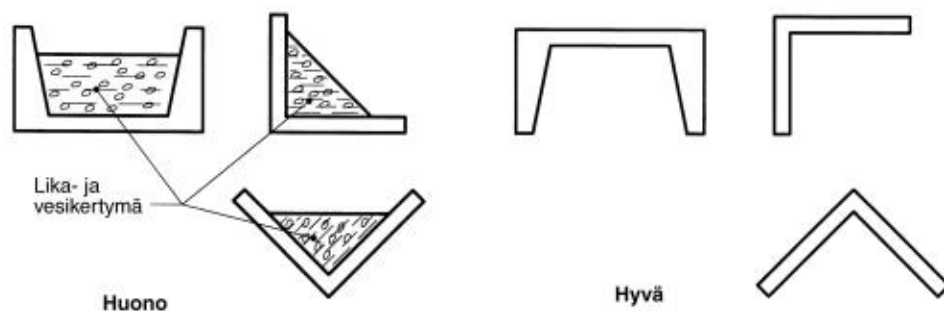
Suunnittelijan tulee ymmärtää ja tietää rakenteen koko eliniän olosuhteet; aina valmistuksesta ja asennuksesta valmiiksi käytössä olevaan tuotteeseen asti. Hyvätkin tekniset ratkaisut voidaan pilata väärään aikaan tehdyillä pintakäsittelyillä tai vääränlaisilla asennustekniikoilla.

Suunnittelijan käytössä on erilaisia standardeja, työohjeita ja määräyksiä jolla saadaan haluttu lopputulos. Standardissa SFS-EN ISO 12944-3 annetaan ohjeita korroosioeston ja -kestävyyden kannalta hyvän teräsrakenteen suunnitteluksi. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

## 4.2 Syövyttävien olosuhteiden välttäminen

Rakenneosat sijoitetaan siten, että rakenne voidaan pitää puhtaana ja kuivana. On huolehdittava, että pintaan satanut, roiskunut tai tiivistynyt vesi pääsee valumaan pois. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

Profiiliteräksset voivat kerätä epäpuhtauksia, kuten pölyä ja vettä. Nämä lisäävät korroosioriskiä ja rakenteiden kuormitusta. Jos rakenteellisia taskuja ei voida välttää, on rakenteen alimpaan kohtaan tehtävä riittävän suuria reikiä, jotta neste pääsee valumaan pois (ks. Kuva 3. Esimerkkejä vettä, kosteutta ja likaa keräävistä rakenteista sekä siitä, miten samat rakenteet voidaan muotoilla korroosionestoteknisesti paremmiksi). (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)



Kuva 3. Esimerkkejä vettä, kosteutta ja likaa keräävistä rakenteista sekä siitä, miten samat rakenteet voidaan muotoilla korroosionestoteknisesti paremmiksi. (Korroosiokäsikirja 2006.).

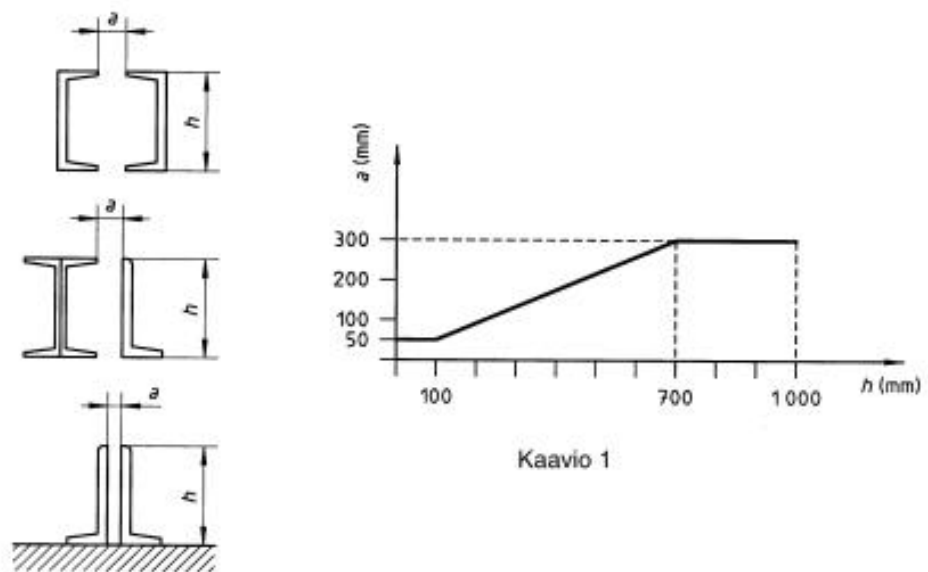
## 4.3 Korroosioherkkien ja maalausteknisesti epäedullisten rakenteiden välttäminen

Rakenteen muoto ja sijainti vaikuttavat korroosionestomaalaukseen ja kunnossapitoon ja sitä kautta myös maalauksen kestävyys ja kestoikään. Teräsrakenteen pintojen tulee sijaita siten, että ne pystytään esikäsittelemään, maalamaan ja tarkastamaan. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

Suunnittelijan on pyrittävä käyttämään korroosioneston kannalta mahdollisimman helppoja muotoja. Hyvässä rakennesuunnittelussa valitaan niin yksinker-

taisia geometrisia muotoja kuin mahdollista välttämällä maalausta vaikeuttavia teräviä kulmia. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

Jokaisen maalattavan pinnan edessä tulee olla riittävä tila käsityökaluille ja suihkupuhdistusvälineille. Eräiden yleisten rakennemuotojen yhteydessä tarvittavat vähimmäisetäisyydet esitetään standardissa SFS-EN ISO 12944-3 (ks. Kuva 4. Toisiaan lähellä olevien pintojen välinen minimietäisyys) ja (ks. Kuva 5. Korroosionestotyössä käytettävien työkalujen tarvitsemia tyypillisiä etäisyyksiä). (Kaunisto 2006, 584.)



Kaavio 1

$a$ : Lohkojen tai lohkon ja viereisen pinnan välinen minimietäisyys (mm).

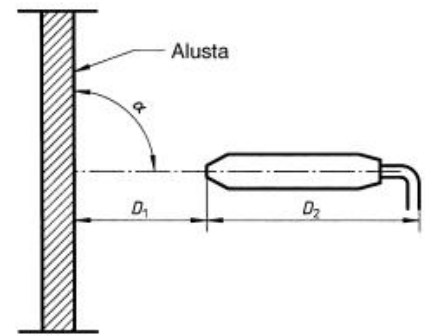
$h$ : Maksimietäisyys (mm), joka on työntekijän saavutettavissa kapeassa tilassa.

Kahden lohkon välinen minimietäisyys  $a$  saadaan kaaviosta 1,  $h$ :n arvoon 1000 mm saakka.

Kuva 4. Toisiaan lähellä olevien pintojen välinen minimietäisyys. (SFS-EN ISO 12944-3).



Toiminta	Työkalun pituus ( $D_2$ ) mm	Työkalun ja alustan väli- nen etäisyys ( $D_1$ ) mm	Työskentely- kulma ( $\alpha$ ) astetta
Raesuihkupuhdistus	800	200...400	60...90
Koneellinen puhdistus			
— neulapistoolilla	250...350	0	30...90
— hiertämällä/hiomalla	100...150	0	—
Puhdistus käsi- työkaluilla			
— harjaamalla/hakkurilla	100	0	0...30
Metalliruiskutus	300	150...200	90
Maalin levitys			
— ruiskuttamalla	200...300	200...300	90
— siveltimellä	200	0	45...90
— telalla	200	0	10...90



$\alpha$  työkalun lävistäjän ja alustan välinen kulma

$D_1$  työkalun etäisyys alustasta

$D_2$  työkalun pituus

Kuva 5. Korroosion estotyössä käytettävien työkalujen tarvitsemia tyypillisiä etäisyyksiä. (SFS-EN ISO 12944-3).

#### 4.4 Esimerkkejä huonosta suunnittelusta

Seuraavassa on kaksi esimerkkiä, joissa ei ole huomioitu esi- tai pintakäsittelyä. Molemmat esimerkit ovat lastiluukuista ja handysize-luokan bulkkerista.

Ensimmäisessä esimerkissä lastiluukun karvelin pystyjäkisteet eivät ole tasaisella jaolla. Kuvassa (ks. Kuva 6. Lastiluukun karvelin pystyjäkisteissä on luoksepääsevyysongelmia) oikealla olevat jäykistäjät ovat huomattavasti lähempänä toisiaan kuin vasemmalla puolella. Luoksepääsevyys kohteeseen työkaluilla on vaikeaa.



Kuva 6. Lastiluukun karvelin pystyjäkisteissä on luoksepääsevyysongelmia.

Seuraavassa kuvassa (ks. Kuva 7. Esimerkki huonosta suunnittelusta) on myös kohteena lastiluukku, jossa kohteeseen on mahdotonta tehdä kunnollinen pintakäsittely.



Kuva 7. Esimerkki huonosta suunnittelusta.

Tällaiset kohteet ovat ongelmallisia. Kun kunnollista esikäsittelyä ei voida tehdä, niin syöpyminen alkaa näistä paikoista. Luoksepääsevyys on huono vaadittavaan suojamaalikalvon tekemiseen, puhumattakaan roiskeiden tai muun sellaisen poistamiseen.

## 5 PINNAN PUHDISTUS JA ESIKÄSITTELY

### 5.1 Yleistä

Maalattavan pinnan puhdistus ja esikäsittely sisältää kaikki ne toimenpiteet, joilla parannetaan maalikalvon tarttuvuutta ja kestävyyttä. Huolellinen ja asianmukainen esikäsittely on onnistuneen maalauksen perusta. Huonosta esikäsittelystä johtuvia maalausvaurioita esiintyy 50 % - 70 %. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

Esikäsittelyaste valitaan halutun kestävyuden ja maalijärjestelmävaatimusten mukaan. Valintaa tehdessä on tärkeä olla selvillä maalattavan kappaleen käyttöaikaisista rasituksista. Samalla otetaan huomioon maaliyhdistelmän vaatimukset ja maalattavan kappaleen muoto ja pintakäsittelyn suorituspaikka. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

Standardin SFS-EN ISO 8501-3 osassa esitettyjen esikäsittelyasteiden tarkoitus on saada virheelliset teräspinnat, mukaan lukien hitsit ja muovatut pinnat, sopiviksi maaleilla ja vastaavilla tuotteilla pinnoittamista varten. Standardissa on erilaisia esikäsittelyasteita ja laivassa kaikki pinnat saavat P3-käsittelyn, eli erityyppisen perusteellisen esikäsittelyn. Tähän kuuluu muun muassa pyörityksiin tuleva, vähintään 2 mm:n pyöritys (R2).

Maalin hilseily alkaa terävistä kulmista. Kokemuksesta juuri R2-pyöritys on aiheuttanut ongelmia, kun sitä ei ole toteutettu vaaditulla tavalla. Telakoilla saatetaan myös haluta ottaa työpiirustuksista pyöritykset pois kustannussyistä, mikä ei ole tuotteen elinkaaren kannalta järkevää. (Suominen 2014)

### 5.2 Ruostumisasteet

Standardissa SFS-ISO 8501-1 määritellään maalamattomalle teräkselle neljä valssihilse- ja ruostumistasoa, jotka merkitään A, B, C ja D. Ruostumisasteet on määritelty sanallisesti kuvailemalla.

- A, teräspinta, jota laajalti peittää hyvin kiinni oleva valssihilsekerros mutta jossa ruostetta on hyvin vähän tai ei lainkaan.
- B, teräspinta, jolla on alkavaa ruostumista ja jolta valssihilsekerros on alkanut irrota.
- C, teräspinta, jolta valssihilse on ruostunut pois tai jolta se voidaan kaapia mutta jossa paljain silmin tarkasteltaessa on havaittavissa vähäistä kuoppakorroosiota.
- D, teräspinta, jolta valssihilse on ruostunut pois ja jossa paljain silmin tarkasteltaessa on havaittavissa yleistä kuoppakorroosiota.

Tarkastelu tehdään paljain silmin joko päivänvalossa tai samanarvoisessa keinovalossa. Ruostumisasteeksi kirjataan maalattavan pinnan huonoin ruostumisaste. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

### 5.3 Esipuhdistus

Ennen pintojen mekaanista käsittelyä tulee ne puhdistaa rasvasta, pölystä suo-loista ja roskista. Rasvan ja lian poistoon käytetään yleensä liuotin-, emulsio-, tai alkalipesua. Emulsio-, ja alkalipesu vaativat aina huolellisen huuhtelun. Suolat ja muut vesiliukoiset epäpuhtaudet voidaan poistaa vesipesulla harjaten, korkeapaine-, höyry- tai alkalipesulla. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

Kun esikäsittelyssä käytetään vesiliuoksilla tehtäviä rasvanpoisto- tai fosfatointimenetelmiä, on kappaleet kuivattava ennen maalausta. Kuivausmenetelmiä on useita, jotkut vaativat paljon tilaa ja kuivauslaitteita. Erilaisia kuivausmenetelmiä ovat esimerkiksi kuuma vesi, konvektioperiaatteella toimiva kuivaustunneli, infrapunasäteily ja konvektiokuivaus (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

### 5.4 Esikäsittelyasteet

Standardi SFS-EN ISO 8501-1 määrittelee pinnan puhtauden esikäsittelyasteina visuaalisen tarkastelun perusteella. Nämä erotellaan tavallisimpien ruosteenpoistomenetelmien mukaan: teräsharjaus St ja suihkupuhdistus Sa.

Esikäsittelyasteet määritellään kuvaamalla sanallisesti pinnan ulkonäkö puhdistuksen jälkeen esimerkkivalokuvien kanssa. Puhdistusmenetelmä tunnuksen jälkeen oleva luku kuvaa puhdistusastetta. Tunnuksen edessä on pinnan alkuperäinen ruostumisaste. Tällä menetelmällä kuvataan teräspinta juuri ennen maalausta. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

Pinnan osittaisen esikäsittelyn, paikkapuhdistuksen, standardiesikäsittelyasteiden merkinnät ovat:

- PSa, paikallinen suihkupuhdistus (paikkapuhallus)
- PMa, paikallinen koneellinen puhdistus
- PSt, paikallinen puhdistus käsi- tai konetyökaluilla

Esimerkki: C Sa2½ C=Ruostumisaste

2½=Suihkupuhdistuksen esikäsittelyaste

## 5.5 Esikäsittelyn laatuasteet

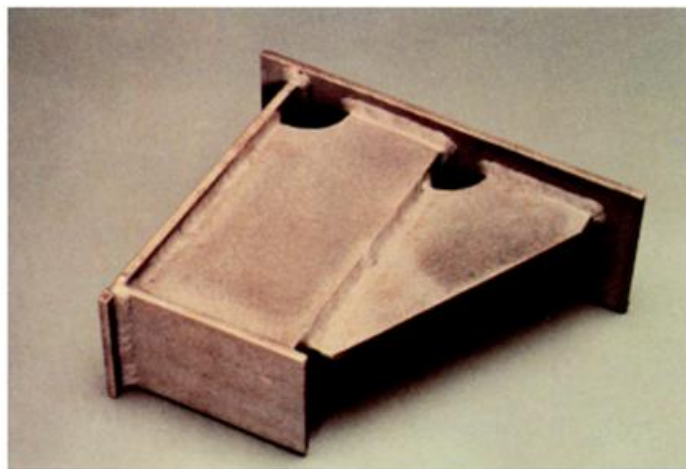
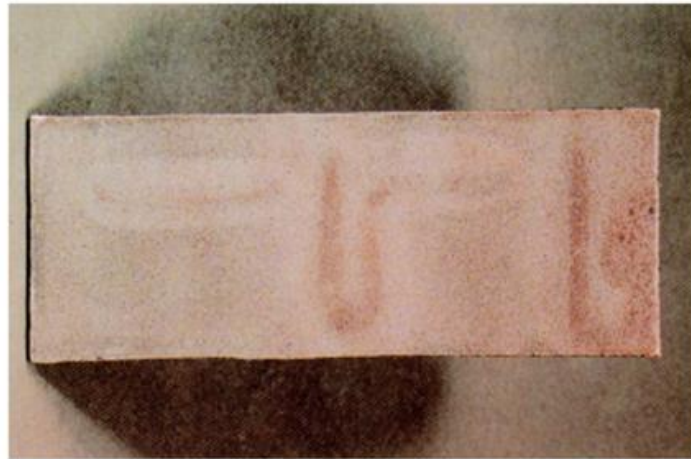
Ennen maalausta toimenpiteet eivät rajoitu vain pinnan puhdistukseen liasta ja rasvasta, vaan siihen kuuluu usein myös terästyön laadun läpikäynti, joka tehdään hitsiliitoksille ja tasopinnoille. Standardissa SFS 8145 määritetään suihkupuhdistetulle ja konepohjamaalilla käsitellyille teräspinnoille mekaaniset esikäsittelymenetelmät ja laatuasteet (taulukko 1). Kuvasarja standardissa esittää, miltä mekaanisten esikäsittelyjen eri laatuasteet näyttävät käytännössä (ks. Kuva 8. Esikäsittelemättömiä teräskappaleita, laatuaste 00.) ja (ks. Kuva 9. Teräskappale puhdistettuna laatuasteeseen 05.).

Taulukko 1. Mekaanisten esikäsittelyjen laatuasteet ja niiden edellyttämät toimenpiteet. (SFS 8145).

Kohde	Nro	Toimenpide	Esikäsittelyn laatuaste					
			01	02	03	04	05	06
Terästyö								
Hitsiliitokset	1	Hitsauskuona poistetaan						
	2	Hitsauslangan pätkät poistetaan						
	3	Kaapimella irtoavat hitsausroiskeet poistetaan						
	4	Hitsausroiskeet poistetaan						
	5	Avohuokokset poistetaan						
	6	Reunahaavat korjataan						
	7	Terävät huiput pyöristetään						
Leikkauspinnat	8	Kaapimella irtoava purse ja jäyste poistetaan						
	9	Terävät reunat ja huiput poistetaan						
Viat teräspinnassa	10	Polttohaavat korjataan						
	11	Terävät pintaviat korjataan						
Puhdistus								
Maalattavat alueet	1	Rasvan, öljyn, pölyn, suolojen ja roskien poisto						
Hitsiliitokset 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 metallipuhtaaksi	Sa 3					



Kuva 8. Esikäsittelemättömiä teräskappaleita, laatuaste 00. (SFS 8145).



Kuva 9. Teräskappale puhdistettuna laatuasteeseen 05. (SFS 8145).



## 5.6 Ruosteenpoistomenetelmät

Ruosteenpoistossa teräs- ja valurautapinnat puhdistetaan ruosteesta, valssihilseestä sekä muista epäpuhtauksista. Ruosteenpoistomenetelmän valintaan vaikuttavat puhdistettavan teräksen ainevahvuus, kappaleen koko, puhdistusolosuhteet, poistettavan ruosteen laatu, maalityypin edellyttämä puhdistusaste sekä pintaprofiili. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

Ruosteenpoisto menetelmiä ovat mekaaniset teräsharjaus ja suihkupuhdistus, erilaiset termiset menetelmät sekä kemialliset menetelmät. Laivan rakennuksessa ei käytetä termisiä menetelmiä.

### 5.6.1 Käsityökaluilla suoritettu tai koneellisesti tehty puhdistus, St

Hiontaa, kaavintaa ja harjausta käsityökaluilla tai koneellisesti käytetään ruosteen poistamiseen kun maalattavien pintojen puhdistus ei muuten ole mahdollista. Menetelmä on helppo toteuttaa ja työkalut edullisia, mutta puhdistustulos on selvästi heikompaa kuin muilla menetelmillä. Käsi- ja konetyökaluilla tehtävä puhdistus on esitetty standardissa SFS-EN ISO 8501-1. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

Käsi- ja konetyökaluilla on kaksi puhdistusastetta St2 ja St3. Laiva-alalla käytetään melkein aina St3 puhdistusastetta, joka on hyvin huolellinen puhdistus.

### 5.6.2 Suihkupuhdistus, Sa

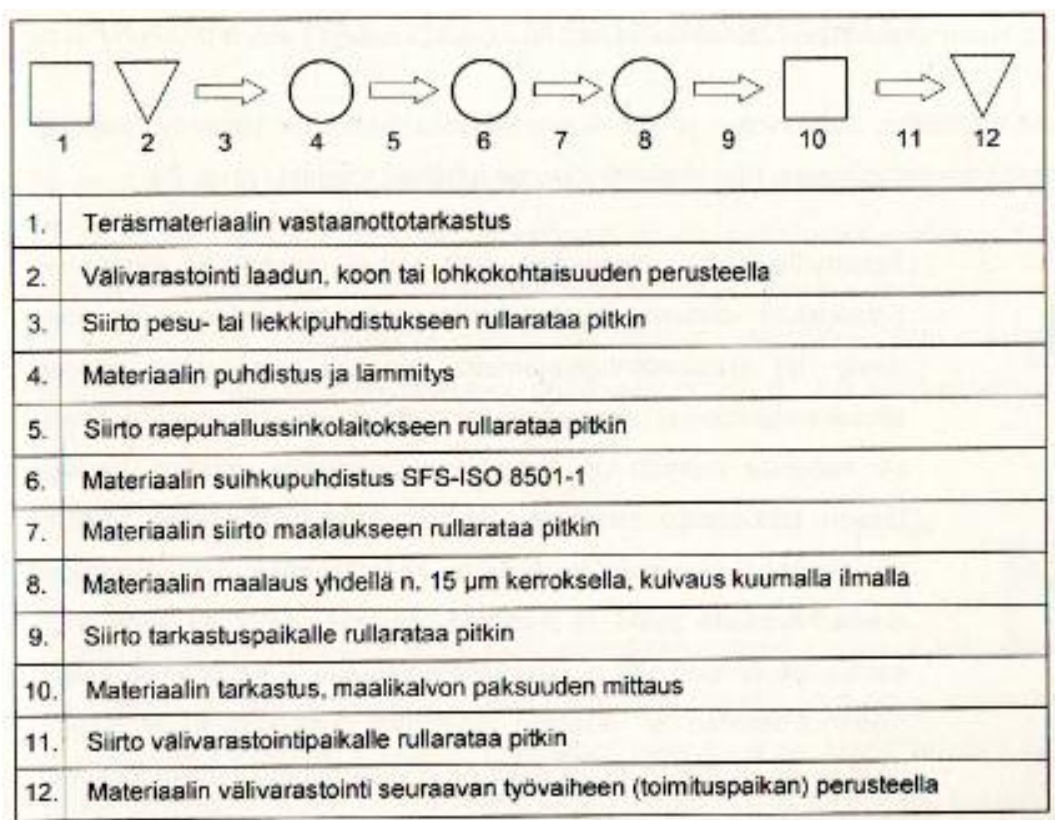
Teräs- ja valurautakappaleiden ruosteenpoistoon käytetään yleisesti suihkupuhdistusta, joka on tehokkain menetelmä ruosteen ja valssihilseen poistamiseen. Suihkupuhdistamisella tarkoitetaan mekaanista pinnan puhdistusta, jossa epäpuhtaudet irrotetaan raesuihkulla. Suihkupuhdistuksessa käytetään avopuhallus-, vesisuihku-, tyhjiöpuhallus-, ja sinkopuhdistuslaitteita. Suihkupuhdistuksen esikäsittelyasteita standardin SFS-EN ISO 8501-1: n mukaan neljä erityyppistä.

- Sa1, kevyt suihkupuhdistus; paljain silmin tarkasteltaessa ei pinnalla saa olla näkyvää öljyä, rasvaa, likaa eikä heikosti kiinni olevaa valssihilsettä, maalia, tai vieraita aineita
- Sa2, huolellinen suihkupuhdistus; paljain silmin tarkasteltaessa ei pinnalla saa olla näkyvää öljyä, rasvaa, tai likaa ja vain vähän valssihilsettä, ruostetta, maalia tai vieraita aineita. Pinnalle jäävien aineiden tulee olla hyvin kiinni alustassa.
- Sa2½, hyvin huolellinen suihkupuhdistus; paljain silmin tarkasteltaessa ei pinnalla saa olla näkyvää öljyä, rasvaa tai likaa eikä valssihilsettä, ruostetta, maalia tai vieraita aineita. Pinnalle jäävät epäpuhtaudet näkyvät korkeintaan heikkoina värjäytyminä, laikkumaisina tai juovamaisina varjostumina.
- Sa3, suihkupuhdistus metallinpuhtaaksi; paljain silmin tarkasteltaessa ei pinnalla saa olla näkyvää öljyä, rasvaa, tai likaa eikä valssihilsettä, ruostetta, maalia tai vieraita aineita. Pinnalla on oltava yhtenäinen metallin väri.

## 6 TERÄSTYÖN JA MAALAUKSEN PROSESSIKUVAUKSET

### 6.1 Terästyö

Teräslevyt ja -muototangot esikäsitellään eli puhdistetaan ja suojataan konepajapohjalla, eli shopprimerilla, teräs- ja varustelutöiden ajaksi ennen varsinaista pintakäsittelyä. Teräsmateriaali suihkupuhdistetaan teräsrakeilla tasoon Sa2½, tämän jälkeen se maalataan siten, että maalikalvon paksuun on noin 15µm vähän sinkkiä sisältävällä konepajamaalilla. Korroosionestokyky, hyvä hitsattavuus, yhteensopivuus päällemaalattavan maalijärjestelmän kanssa, lyhyt kuivumisaika ovat tärkeimmät vaatimukset konepajapohjalle. Alla (ks. Kuva 10. Materiaalin esikäsitteilyn prosessikaavio) kuvassa prosessikaavio materiaalin vastaanotosta välivarastointiin. (Gustafsson 37-2)



Kuva 10. Materiaalin esikäsitteilyn prosessikaavio. (Gustafsson 37-2).

## 6.2 Maalaus korroosionestomenetelmänä

Korroosionestomaalauksella pyritään estämään korroosion syntyminen tai hidastamaan sitä ja samalla saadaan pinnalle haluttu ulkonäkö. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

Maalauksen avulla voidaan korroosio estää:

- Estämällä katodireaktio
- Estämällä anodireaktio
- Korroosiovirran kulku

### 6.2.1 Katodireaktion estäminen

Katodireaktion estämiseksi on estettävä hapen ja veden pääsy katodille. Maalikalvo toimii tällaisena eristäjänä, joka hidastaa sekä estää veden tunkeutumisen kohteeseen. Maalikalvon paksuuden lisääminen tai levymäisten pigmenttien käyttämisellä voidaan korroosionesto-ominaisuuksia parantaa. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

### 6.2.2 Anodireaktion estäminen

Anodireaktion estäminen tapahtuu estämällä metallin liukeneminen. Tämä tapahtuu katodisella suojauksella tai anodisen inhiboinnin avulla. Katodinen suojaus tapahtuu epäjalompaa metallia sisältävällä maalilla, esimerkiksi rauta maalataan sinkkipölymaalilla. Inhiboinnissa maaliin on sekoitettu inhibiittia, joka ottaa osaa suojaavan oksidikerroksen muodostumiseen. Inhibiitit voivat myös saostaa anodialueilla yhdisteitä, jotka eivät läpäise metalli-ioneja. Inhibiittejä ovat muun muassa sinkkifosfaatti ja bariummetaboraatti. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

### 6.2.3 Korroosiovirran kulun estäminen

Korroosio tapahtumassa korroosiovirta kulkee elektronien avulla korroosioparin välillä elektrolyytissä. Tämä virta voidaan estää eristämällä se riittävän suurella vastuksella. Tällaisia vastuksia ovat esimerkiksi epoksi- ja epoksitervamaalit. Erityistä huomiota kiinnitetään esikäsitelyyn jotta maali pysyisi mahdollisimman hyvin alustassaan, eikä korroosio pääse kalvon alle (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

### 6.3 Maalaustyö

Maalaustyö tulee suorittaa maalaustyöselosteen ja standardin SFS-EN ISO 12944-7 mukaisesti. Maalaustöissä noudatetaan maalien tuoteselosteissa annettuja työtap- ja olosuhdeohjeita sekä päällemaalausväliaikoja. Maalaustyö tehdään aina puhtaalle, esikäsitellylle pinnalle mahdollisimman pian puhdistuksen jälkeen, jotta pinta ei ehdi likaantumaan. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

Kaksikomponenttimaaleissa maali ja kovete sekoitetaan tasalaatuiseksi oikeassa sekoitussuhteessa ja tarvittaessa ohennetaan oikeaan käyttöviskositeettiin. Maalin tulee olla oikeassa käyttölämpötilassa. Maali levitetään oikeaan kalvonpaksuuteen ja sitä mitataan märkäkalvomittarilla. Notsikolat, pyöristeet sekä muut korroosioherkät kohdat vahvistetaan kaistamaalauksella, joka suoritetaan pensselillä (straippaus). (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

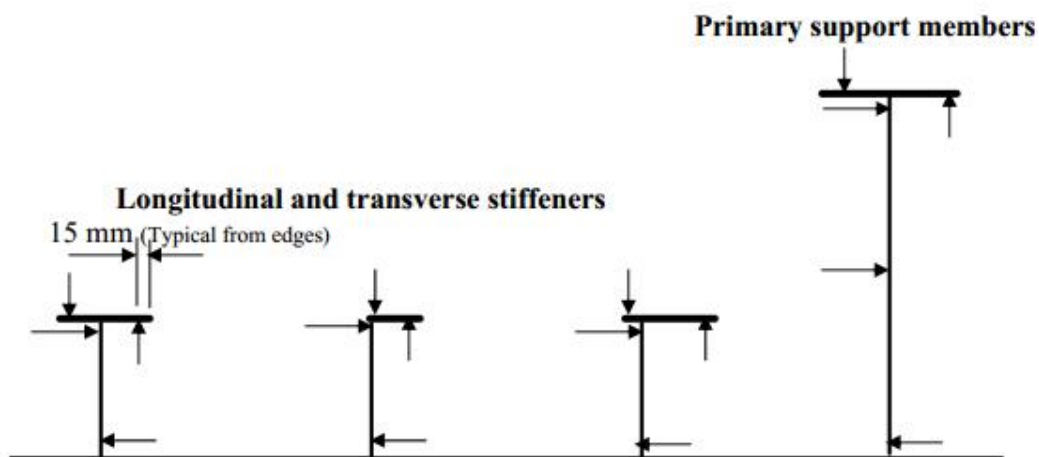
Maalikerroksien kuivuttua suoritetaan tarkistusmittaus kuivakalvomittarilla ja mittaustulokset kirjataan. Myös ilman suhteellinen kosteus sekä kastepistearvot kirjataan. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

#### 6.3.1 Valmiin maalauksen tarkastus

Pintamaalin kuivuttua tarkistetaan, ettei maalipinnassa ole virheitä. Virheitä voivat olla halkeilut, huokoset, valumat, kuivaruiskutukset, maalaamattomat kohdat

tai kiltovaihtelut. Kuivakalvon paksuus mitataan sovitulla menetelmällä ja tulokset kirjataan ylös. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

Painolastitankeissa SOLAS Reg.II-1/3-2:n mukaan on tarkempia sääntöjä kalvonpaksuuden mittauksessa. Jokaiselta suoralta pinnalta suoritetaan yksi mitaus jokaista 5 m<sup>2</sup> aluetta kohden. Mittaukset suoritetaan 2-3 m välein ja tankin reunoilta 15 mm päästä reunasta. Pitkittäisistä sekä poikittaisista jäykisteistä kalvonpaksuus mitataan 2 – 3 m välein kuten kuva alla osoittaa (ks. Kuva 11. Kalvon paksuuden mittaus jäykisteistä). Kuvassa olevat nuolet indikoivat kriittisiä alueita.



Kuva 11. Kalvon paksuuden mittaus jäykisteistä. (MSC.215(82) 2006).

Aukoista mitataan vähintään yksi molemmin puolin, kannakkeista sekä vastaa-  
vasta ainakin kolme lukemaa. Mittauksia tulee ottaa enemmän, jos tarkastaja  
niin vaatii. Käytännössä lukemia on huomattavasti enemmän kuin säännöt mää-  
räävät. (Resolution MSC.215(82))

### 6.3.2 Tarkastusvälineet

Tarkastajalla tulee olla käytettävissä maalauserittely ja tarvittavat piirustukset,  
maalien tuoteselosteet, käyttöturvallisuustiedotteet sekä sovellettavat standar-  
dit. Näiden lisäksi tarkastajalla tulee olla mittareita, jotka mittaavat kalvonpak-

suutta, lämpötilaa, kosteutta sekä mittauspöytäkirja. Lisäksi tarvitaan kohteesta riippuen tarkastuspeili, kuonahakku, suurennuslasi sekä taskulamppu. (Tikkurila Oy Industrial Coatings.)

## 7 MAALITYYPIT LAIVAN KOHTEISIIN

Laivan maalauksessa on useita asioita joita on otettava huomioon: telakointiväli, laivan liikennealueet, kulkunopeus ja seisonta-ajat satamissa. Nämä vaikuttavat erityisesti aluksen pohjan maalaukseen. Pienet kulkunopeudet ja pitkät seisonta-ajat satamissa lisäävät likaantumisen eli ”foulingin” määrää rungossa. Auringon valo ja ravinteet vedessä lisäävät leväkasvustoa. Alukset operoivat pääsääntöisesti teollisuuskaupunkien välillä, jolloin laivoihin tulee monenlaista ilmastollista rasitusta: kaupunki, teollisuus ja meri-ilmasto. Maalit on valittava siten, että laivan maalipinnan on kestävä kaikkia näitä olosuhderasituksia. Oikein suoritettu maalaus sekä maalauskorjaukset vaikuttavat myös laivan elinkaareen ja jälleenmyyntiarvoon.

### 7.1 Lastiluukut

Lastiluukkujen on kestävä erilaisia sään, öljyn ja liuotteiden aiheuttamia syöpymiä sekä kovaa mekaanista rasitusta. Pohjamaaliksi suositellaan sinkkiepoksipohjamaalia, joka antaa katodisen suojan ja estää piiloruostumisen maalikalvon alla. Pintamateriaaliksi voidaan valita polyuretaanimaali, joka muodostaa joustavan-, näyttävän- ja kulutusta kestävä pinnan. Polyuretaani kestää myös UV-säteilyä erinomaisesti. (Jotun 2014; RTV 2014; Hirvensalo 2014)

### 7.2 Lastitilat

Lastiruumien maalaus on tärkeä osa-alue. Kohteessa vaaditaan maalilta hyvää veden sietokykyä sekä mekaanista kestävyyttä. Esimerkiksi hiilen kosteusprosentti voi olla hyvinkin korkea kun sitä lastataan. Lastitiloissa käytetään kaksikomponenttista, lasihiutaleilla vahvistettua epoksimaalia, jolla on riittävä rasituksenkestävyyskyky. (Jotun 2014; RTV 2014; Hirvensalo 2014)



### 7.3 Painolastitankit

Painolastitankkien maalaukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska tankkien huoltomaalaus laivan operoidessa on hankalaa ja kallista. Yleensä työ tehdään telakoinnin yhteydessä. Painolastitankkeihin sopii epoksimastic-maali, joka antaa erinomaisen korroosiosuojan makea- ja suolavesirasitukseen. Kyseistä maalia voidaan käyttää ilman pohjamaalia. Tankit ovat kohteita joissa kiillon ja värisävyn säilyvyydellä on vähän merkitystä. (Jotun 2014; RTV 2014; Hirvensalo 2014)

### 7.4 Vedenalainen ulkopinta

Vedenalainen ulkopinta on tärkein yksittäinen kohde jossa varustamo voi säästää paljon rahaa mikäli pintakäsittely on tehty hyvin. Pintakäsittely aloitetaan hitsaussaumojen hiomisella. Tämä tehdään koko laivan rungon vedenalaiselle pinnalle. Pystysuorat hitsaussaumot pyritään hiomaan 0-tasoon (ovat tärkeämpiä kuin vaakasuuntaiset saumat). Maaliyhdistelmän on oltava sellainen, mikä kestää katodisuojaus. Pohjamaalina käytetään yleensä puhdasta epoksi-maalia, jonka jälkeen ruiskutetaan korroosiolta suojaava sealer-maali. Tämä maalikerros myös parantaa seuraavan maalikerroksen tartuntaa. Pintamaalina käytetään esimerkiksi itsestään siliävää tinavapaata antifouling-maalia, joka täyttää IMO Antifouling System Convention määräykset (AFS/CONF/26). (Jotun 2014; RTV 2014; Hirvensalo 2014)

## 8 YHTEENVETO

Korroosion ja pintakäsittelyn merkitys laivanrakennuksessa on huomattava. Korroosio tulee yhteiskunnalle kalliiksi, puhutaan miljardeista euroista vuositasolla. Suunnittelijan on tärkeää tietää millaisissa olosuhteissa korroosiota syntyy, jotta hän pystyy sitä hidastamaan. Korroosionestotyössä täytyy olla sekä terästyö että pinnoitustyö kunnossa, sillä hyvälläkin maalauksella voi ulkonäön tuhota, jos esikäsittely on puutteellinen ja päinvastoin.

Tässä työssä on tutkittu korroosion ja pintakäsittelyn merkitystä aina terästyöstä näyttävään käsiteltyyn pintaan. Työn tarkoituksena on antaa aloittelevalle insinöörille työkalu, jonka avulla hän voi perehtyä perustietoihin.

Opinnäytetyön tutkimusosan suoritin tutkimalla erilaisia lähdeaineistoja, haastatteleamalla alan asiantuntijoita sekä osallistumalla Meriteollisuus ry:n järjestämille luentopäiville. Näiden avulla sain paljon hyödyllistä tietoa ja vinkkejä, joten tutkimustyö sujuikin mallikkaasti. Luentopäivillä sain myös luotua kontakteja alan ammattilaisiin.

Työn tuloksena syntyi ohjeistus siitä, millaisia rakenteita, esikäsittelyä ja pintakäsittelyä tulisi käyttää laivanrakennuksessa. Näitä menetelmiä seuraamalla voidaan tulevaisuudessa vaivatta minimoida korroosion uhka.

Ongelmana pidin aiheen rajausta. Korroosio ja pintakäsittely on aiheena laaja. Sitä on tutkittu paljon ja siitä on kirjoitettu useita teoksia. Työn alkuvaiheessa minulla oli paljon ideoita ja ajatuksia, joita olisin voinut tutkia. Rajasin aiheen käsittelemään korroosion minimoimista B.Delta37-tuotteesta, sillä muutoin aihe olisi rönsyillyt liian paljon. Pidin työtä mielenkiintoisena. Työn sain tehdä oikeassa työympäristössä Deltamarin Oy:n tiloissa. Tätä työtä on jatkossa helppo kehittää eteenpäin ja käsitellä syvemmin korroosiota.

## LÄHTEET

Alanko, J. 2011. Laivan yleissuunnittelu. 3. Painos. Turku: Multiprint Oy

Deltamarin Oy 2014. Viitattu 4.5.2014 <http://www.deltamarin.com/company/in-brief/5>

Hirvensalo, P. (Nor-Maali, Marine Sales Manager) Henkilöhaastattelu 28.3.2014

IMO, Performance Standard for Protective Coatings for Dedicated Seawater Ballast Tanks in All Types of Ships and Double-side Skin Spaces of Bulk Carriers. Viitattu 14.3.2014 [http://www.imo.org/OurWork/Safety/SafetyTopics/Documents/215\(82\).pdf](http://www.imo.org/OurWork/Safety/SafetyTopics/Documents/215(82).pdf)

IMO, Adoption of the Final Act of the Conference and Any Instruments, Recommendations and Resolutions Resulting from the Work of the Conference. Viitattu 2.5.2014 <http://www.uscg.mil/hq/cg5/cg522/cg5224/docs/Antifouling.pdf>

Jotun, tuotelistaus. Viitattu 11.5.2014 <http://www.nor-maali.fi/fi/tuotteet/tuotelistaus/>

Kunnossapitoyhdistys ry. 2006. Korroosiokäsikirja, Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 12. 3. Painos, tammikuu 2006. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab

Maritime connector, Merchant vessels. Viitattu 4.5.2014 <http://maritime-connector.com/wiki/dry-cargo/>

RTV, International laivamaalit. Viitattu 14.3.2014 [http://www.rtv.fi/kone-ja-pintakaesittelyosasto/international-laivamaalit/tiedostot/inter\\_info/maalaus](http://www.rtv.fi/kone-ja-pintakaesittelyosasto/international-laivamaalit/tiedostot/inter_info/maalaus)

Räisänen, P. (toim.) 2000, Laivatekniikka, Modernin laivanrakennuksen käsikirja. Toinen, korjattu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

SFS-EN ISO 8501-1. 2007. Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. Osa 1: Teräspintojen ruostumisasteet ja esikäsittelyasteet. Maalaamattomat teräspinnat ja aiemmista maaleista kauttaaltaan puhdistetut teräspinnat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 8501-3. 2007. Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. Osa 3: Hitsien, leikkaussärmien ja muiden pintavirheellisten alueiden esikäsittelyasteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 12944-3. 1998. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

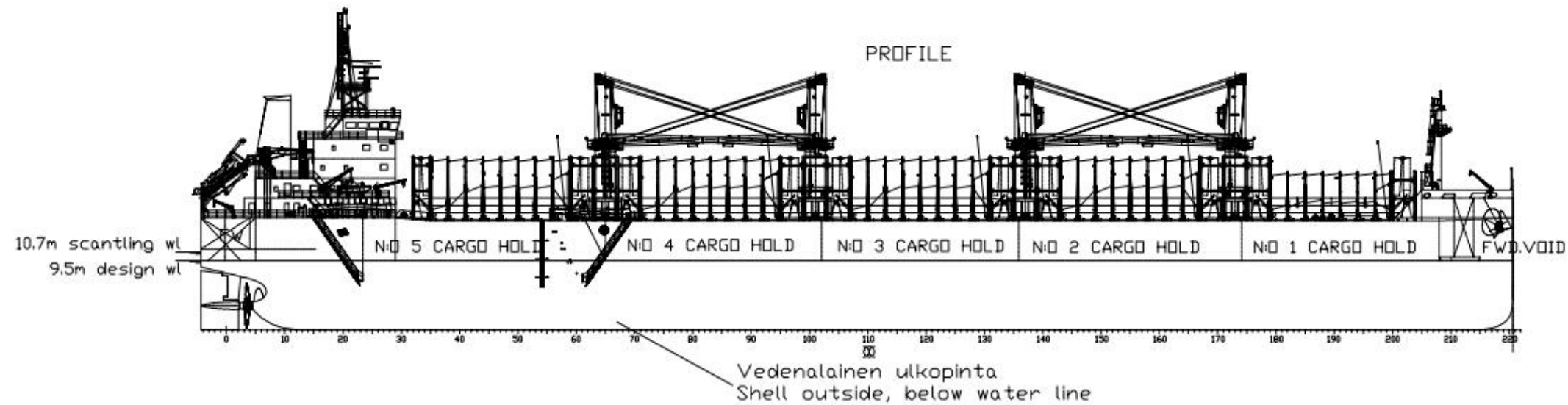
Suominen, R. Haastattelu 27.2.2014. Deltamarin Oy, Turku

Tikkurila Oy, Industrial Coatings. 5. korjattu painos. Tikkurila omatarvepaino

Tuomikoski, H. Haastattelu 27.2.2014 Deltamarin Oy, Turku

Turun Yliopisto, Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus. Seminaari, Laivan korrosio, pintakäsittely ja materiaalivalinnat 23-24.10.2013 Naantalin Kylpylä, Naantali.

## Location, ISO 8501 grade and type of paint 1/2

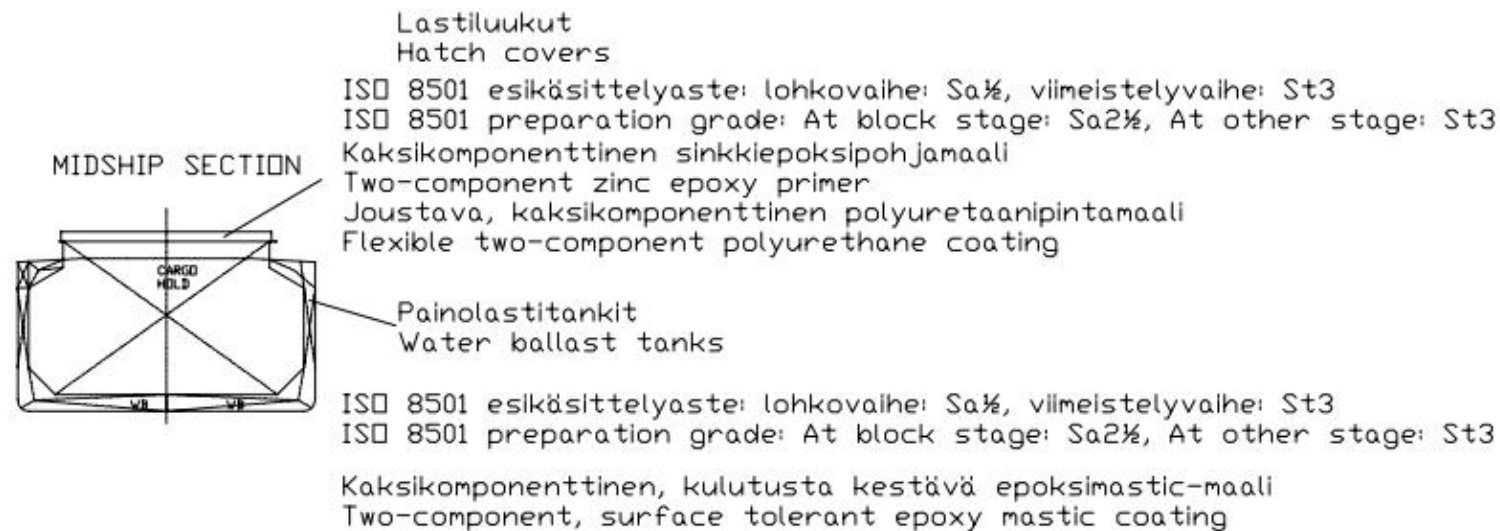


ISO 8501 esikäsitteilyaste: lohkovaihe: Sa½, viimeistelyvaihe: St3  
ISO 8501 preparation grade: At block stage: Sa2½, At other stage: St3

Kaksikomponenttinen, lasihiutaleilla vahvistettu epoksimaali  
Two-component zinc epoxy coating reinforced with glass flakes

Kaksikomponenttinen korroosiolta suojaava epoksi sealer-maali  
Two-component, corrosion preventing epoxy sealer coating

Itsestään kiillottuva tinavapaa antifouling-maali  
Self-polishing and self-smoothing tin-free antifouling coating



### B.delta 37

LENGTH OA	179.99 m
LENGTH BP	176.65 m
BREADTH	30.0 m
DEPTH	15.0 m
DRAUGHT design	9.5 m
DRAUGHT scantling	10.7 m
DWT design	34 314 t
DWT scantling	40 481 t
SPEED service	14.0 knots (at design draught at even keel including 15% Sea Margin)
MAIN ENGINE	5S50ME-B9.2
MCR	6 050 kW X 99 RPM
NCR	4 600 kW X 90 RPM

## Location, ISO 8501 grade and type of paint 2/2

