

Taneli Ahola

# Lasikuituveeneen pinnanlaadun kriteerit

Opinnäytetyö

Veneteknologian koulutusohjelma

Kesäkuu 2016



**KYAMK**  
University of Applied Sciences

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Taneli Ahola	Insinööri AMK	Kesäkuu 2016
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		
Lasikuituveeneen pinnanlaadun kriteerit		28 sivua 10 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>		
Seliö Boats Oy		
<b>Ohjaaja</b>		
Lehtori Tapio Pilhjerta		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Opinnäytetyössä oli tavoitteena luoda ruiskulaminoimalla valmistetuille lasikuituveeneille hyväksyttävän pinnanlaadun kriteerit. Veneen valmistajalla ei ole tällä hetkellä selviä vaatimuksia pinnanlaadulle, vaan asiakas voi vaatia korjausta aina, kun laatu poikkeaa normaalista. Työssä esitellään valmistustapaa ja selvitetään tuotannossa yleisiä pinnanlaadun virheitä ja niiden syitä. Valmistustavasta ja -materiaaleista johtuen pinnanlaadussa tapahtuu paljon vaihtelua. Veneen lujitemuoviosat ovat pinnoitettu gelcoat-pintahartsilla, joten työssä on käyty laajasti läpi sen käyttöä ja ominaisuuksia.</p> <p>Työssä selvitettiin eri toimialojen pinnanlaadun tarkastuksen tapoja, olosuhteita ja vaatimuksia. Hyväksyttävälle pinnanlaadulle luotiin kirjallinen ohjeistus. Ohjeistuksessa pinnat jaetaan näkyvyytensä mukaisesti eri luokkiin, joille on omat vaatimukset. Pinnanlaadun kriteerien ohjeistuksen pohjalta tehtiin havainnollistava esimerkki työohjeesta pinnan laadun tarkastajalle. Esimerkissä venemallin kaikki pinnat on määritelty kuvien kanssa. Työssä myös selvitettiin mahdollisuutta valmistaa fyysisiä rajamalleja ja esimerkkipintoja virheistä, joiden määrittäminen on hankalaa. Esimerkkipintoja tehtiin hartsin kutistumisesta johtuvasta pinnan epätasaisuudesta.</p> <p>Pinnanlaadulle luotu kirjallinen ohjeistus toimii selkeänä kriteerinä hyväksyttävälle pinnanlaadulle. Vaatimuksille löydettiin pohjaksi maalaustöiden yleiset laatuvaatimukset. Työssä selvitettiin standardin mukaiset valaistusolosuhteet ajoneuvon lopputarkastuksen suorittamiseen. Esimerkkipintoja saatiin valmistettua kaikille pintaluokille. Esimerkkipintoja voidaan käyttää lopputarkastuksessa havainnollistamaan hyväksyttävän pinnan vaatimuksia.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
laatu, vene, lujitemuovi, gelcoat		

<b>Author (authors)</b>	<b>Degree</b>	<b>Time</b>
Taneli Ahola	Bachelor of Engineering	June 2016
<b>Thesis Title</b>		
Surface Quality of Fiberglass Boat		28 pages 10 pages of appendices
<b>Commissioned by</b>		
Seliö Boats Oy		
<b>Supervisor</b>		
Tapio Pilhjerta, Senior Lecturer		
<b>Abstract</b>		
<p>The objective of the thesis was to create criteria for the surface quality of a fiberglass boat. This thesis is focused only on spray lay-up lamination as a fabrication process. The manufacturer of the boat does not have clear criteria for the surface quality at the moment. The customer can always claim for repair when the surface quality differs from normal. Because of the fabrication process and the materials, there is very much variation in surface quality. The fabrication process and surface quality defects in the process are introduced in this thesis. The boat's composite surfaces are coated with gelcoat, so this thesis introduces it widely.</p> <p>This thesis studied the different methods employed by industries to evaluate surface quality, the evaluation situations and quality requirements. For acceptable surface quality, guidelines were created. The boat's surfaces were divided to three categories which depend on how visible they are. In order to demonstrate the guidelines, instructions were made with pictures about one boat model for the inspector. In this thesis, the use of physical boundary samples was also studied for defects which are hard to define whether they are inside normal variation or not acceptable. Boundary samples were made about roughness of the surface which is a result from the shrinking of resin.</p> <p>The guidelines for the acceptable surface quality which were created in this thesis are clear criteria for the manufacturer. These guidelines are based on general quality requirements of painting works. This thesis also examined standard compatible lighting conditions for vehicles' final inspection. The boundary samples which were made in this thesis will actually only serve as examples instead of being absolute boundaries. Examples were successfully made for all surface categories. Example surfaces may be used during final inspection to demonstrate acceptable surface quality.</p>		
<b>Keywords</b>		
quality, boat, composite, gelcoat		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	VENEIDEN VALMISTUS RUISKULAMINOIMALLA .....	6
2.1	Hartsin kutistuminen .....	7
3	GELCOAT .....	8
3.1	Levitys .....	9
3.2	Pinnanlaadun ongelmat .....	10
4	PINNANLAADUN VALVONTA .....	11
4.1	Autoteollisuus .....	12
4.2	Mittalaitteet .....	12
4.3	Rajamallit.....	13
4.4	Maalaustöiden yleiset laatuvaatimukset .....	14
4.5	Valaistus .....	15
5	KRITEERIT RUISKULAMINOIDUN VENEEN HYVÄKSYTTÄVÄLLE PINNANLAADULLE .....	16
5.1	Virheen määritelmä venealan yleisissä takuehdoissa.....	16
5.2	Tausta.....	17
5.3	Ohjeistus hyväksyttävälle pinnanlaadulle .....	18
6	ESIMERKKIPINTOJEN VALMISTUS .....	20
6.1	Valmistelu .....	20
6.2	Valmistaminen .....	21
6.3	Esimerkkipinnat virhekappaleesta .....	22
6.4	Tulokset .....	22
6.5	Ongelmat.....	23
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	24
	LÄHTEET.....	26
	LIITTEET	
	Liite 1. Kuvat pinnanlaadun ongelmista	
	Liite 2. Tarkastusohje	
	Liite 3. Taulukko esimerkkipintojen laminoinnista	

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on määrittää kriteerit ruiskulaminoitun lasikuituveneen hyväksyttävälle pinnanlaadulle. Työn toimeksiantaja on Seliö Boats Oy, joka valmistaa sopimusvalmistajana Yamarin-merkkisiä veneitä Konekesko Oy:lle sekä Finnmaster-veneitä Oy Finn-Marine Ltd:lle. Kriteerien avulla valmistajan on tarkoitus sopia hyväksyttävästä pinnanlaadusta tilaajien kanssa.

Pinnanlaadulle ei ole tällä hetkellä olemassa konkreettisia vaatimuksia, joten asiakas voi vaatia aina takuukorjausta, jos pinnanlaatu poikkeaa normaalista. Venealan yleisissä takuehdoissa virheenä ei pidetä kosmeettista vikaa maali-pinnassa, ellei sitä katsota valmistusviaksi tai käyttökelpoisuutta heikentäväksi puutteeksi. Ruiskulaminoitujen päiväkiertona valmistettujen veneiden pinnanlaadusta ei ikinä saada täydellistä nopeasta valmistustavasta ja materiaaleista johtuen. Esimerkiksi lyhyistä muottiajoista ja polyesterihartsien kutistumisesta johtuvat ongelmat ovat tavallisia, mutta tällä hetkellä ei ole selviä kriteerejä sille, mikä katsotaan normaaliksi vaihteluksi ja mikä on virhe. Sopimusvalmistaja käyttää yleensä tilaajan valitsemia materiaaleja, joten sillä ei ole välttämättä mahdollisuutta vaikuttaa materiaalien ominaisuuksista johtuvaan laatuun. Valmistaja kuitenkin joutuu korjaamaan ja kustantamaan virheet.

Kriteerien luomiseksi selvitetään ruiskulaminoitujen veneiden pinnanlaadun yleisiä virheitä ja ongelmia. Työssä luodaan kriteerit pinnanlaadun järkeville vaatimuksille ja selvitetään, millä tavoin tarkastus tulee tehdä. Työssä myös selvitetään virheiden syitä ja miten niitä voidaan välttää. Pinnanlaadun valvontaa pyritään vertaamaan muiden toimialojen pinnanlaadun tarkastuksen tapoihin, olosuhteisiin ja vaatimuksiin.

Epäselvistä ongelmista tutkitaan mahdollisuutta valmistaa fyysisiä esimerkkipintoja, siitä kuinka paljon kyseistä virhettä sallitaan sekä esimerkkejä hyvästä ja huonosta pinnasta. Tässä työssä päätettiin keskittyä pinnan epätasaisuuteen. Työssä selvitetään millaisin keinoin virhettä saisi lisättyä hallitusti asteittain huonosta hyvään. Opinnäytetyössä määritettyjen kriteerien pohjalta luodaan tarkastusohjeen esimerkki.

## 2 VENEIDEN VALMISTUS RUISKULAMINOIMALLA

Ruiskulaminointi on yleinen lasikuituveneiden valmistustekniikka. Hartsia ja kuitu ruiskutetaan samanaikaisesti ruiskutuspuistolilla muotin pinnalle. Kovete ja hartsia sekoittuvat keskenään puistolissa tai jo aiemmin pumpussa. Lujitteena käytetään lasikuituvinkia, jonka ruiskutuspuistolissa oleva leikkuri katkoo halutun mittaisiksi katkokuiduiksi. Ilma poistetaan ruiskutetusta laminaattikerroksesta telaamalla, kuten käsinlaminoinnissa. Ruiskutettujen kerrosten väliin voidaan laminoida muita lujitteita, kuten kudoksia, tai laittaa ydinaineita. (Eskola 2009, 26–27; Saarela, Airasmaa, Kokko, Skrifvars & Komppa 2003, 160–161.)

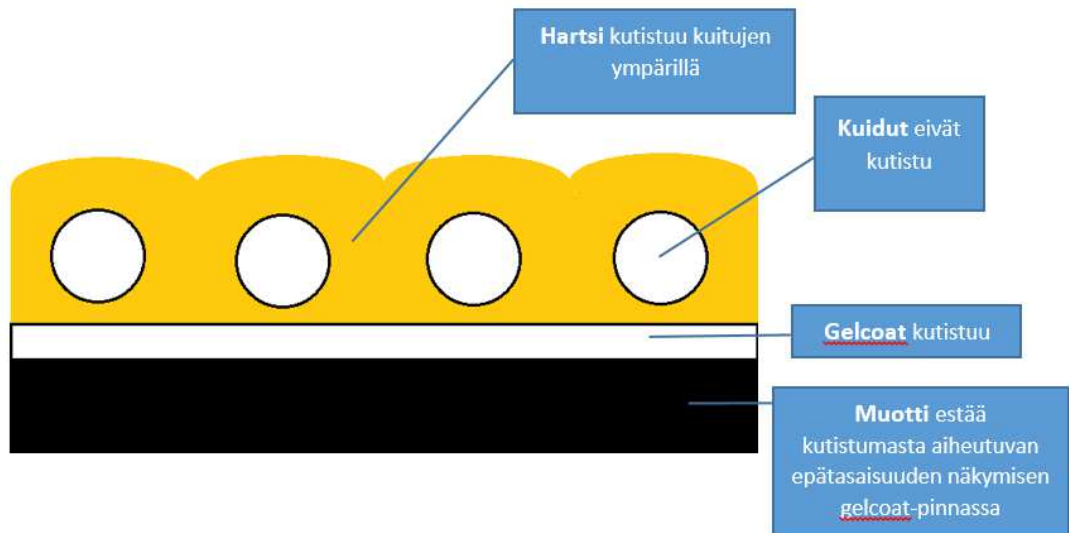
Hartsina käytetään polyesterihartsia, jolle ruiskutus asettaa tiettyjä vaatimuksia viskositeetin suhteen. Hartsin kovettimena käytetään metyylietyylietoniperoksidia eli MEKP:tä. Kovettumisreaktiossa polyesteriketjut reagoivat styreenimolekyylien kanssa ja muodostavat silloittuneen rakenteen, jolloin hartsia muuttuu nestemäisestä kiinteäksi. Reaktion nopeus riippuu kovettimen määrästä, jonka tulisi olla 1,5 – 2,5 prosenttia. (Eskola 2009, 27; Saarela ym. 2003, 160–161.)

Muotin pinnalle ruiskutetaan ensin gelcoat pintakerrokseksi. Sen päälle laminoidaan ohut hartsipitoinen skincoat-kerros, jonka tarkoitus on estää ilman jääminen laminaatin ja gelcoat-kerroksen väliin. Kun skincoat-kerros on kuivunut, se tarkastetaan mahdollisilta ilmakuplilta, jotka tarvittaessa korjataan. Sen jälkeen voidaan laminoida kappaleeseen loput kerrokset. Jos laminaatin sisäpuolen pinta jää näkyviin, se käsitellään topcoatilla. Topcoat on gelcoatin kaltainen pintahartsia, joka parafiinin ansiosta kovettuu myös reagoidessaan hapen kanssa toisin kuin gelcoat. (Fiberglass Coatings Inc. 2013; Saarela ym. 2003, 101.)

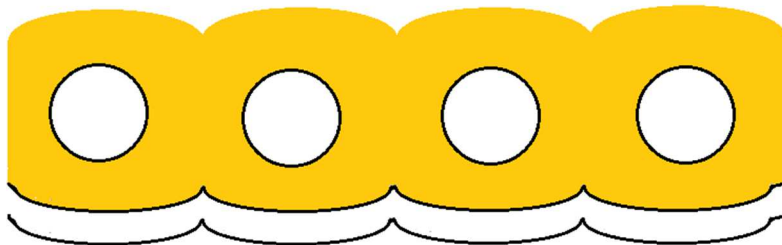
Ruiskulaminointi on huomattavasti tehokkaampaa verrattuna käsinlaminointiin ja sen vaatimat investoinnit ovat pienet muihin koneellisiin laminointitekniikoihin verrattuna. Menetelmä sopii pienille ja keskisuurille tuotesarjoille, joille ei ole asetettu erityisiä lujuusvaatimuksia. (Eskola 2009, 29; Saarela ym. 2003, 161–162.)

## 2.1 Hartsin kutistuminen

Hartsi kutistuu aina kovettumisreaktiossa, mutta lasikuitulujitteet eivät. Tästä johtuen kutistuminen ei ole tasaista, vaan aiheuttaa epätasaisuuksia. Kun kovettuminen tapahtuu muotissa, kutistumisen aiheuttama epätasaisuus tulee näkyviin vain takapuolen paljaalla laminaattipinnalla (kuva 1). Jos kappale otetaan muotista pois ennen kuin se on täysin kovettunut, on vaarana, että kutistumisesta johtuva epätasaisuus näkyy gelcoat-pinnassa appelsiinin pinnan kaltaisena epätasaisuutena (kuva 2). Kutistuminen voi aiheuttaa myös lasikuitukuvion näkymisen gelcoat-pinnassa. (Bergström, Piironen & Ylhäinen 2008; Improving the Cosmetic Quality and Finished Durability of Glass Fiber Reinforced Composites 2016.)



Kuva 1. Kutistuminen muotissa (Improving the Cosmetic Quality and Finished Durability of Glass Fiber Reinforced Composites 2016)



Kuva 2. Kovettumisen jatkuessa muotista irrotuksen jälkeen kutistumisesta johtuvat epätasaisuudet tulevat näkyviin myös gelcoat-pinnalla. (Improving the Cosmetic Quality and Finished Durability of Glass Fiber Reinforced Composites 2016)

Lasikuitutuotteen optimaaliset ominaisuudet saavutetaan vasta, kun silloittumisreaktio on täydellinen. Tämä tapahtuu vasta 60–120 °C lämpötilassa. Jälkikovettumisen kannalta siis kappaleen pitäisi antaa kovettua muotissa pitkään korotetussa lämpötilassa. Yleisen arvion mukaan 24 tunnin jälkikovetus 50 °C lämpötilassa vastaa yhden kuukauden jälkikovettumista huoneen lämmössä. Jälkikovettaminen muotissa ei kuitenkaan ole aina mahdollista eikä kaikissa tuotteissa järkevää kustannusten takia. (Saarela ym. 2003, 41)

Edullisten huviveneiden sarjatuotannossa kappaleet irrotetaan muotista mahdollisimman nopeasti, jotta uutta kappaletta päästään valmistamaan samasta muotista. Jälkikovettuminen jatkuessa kuukausienkin päästä lämpötilan noustessa kesällä voi pinnanlaatu muuttua huonoksi, vaikka se olisi tehtaalla tarkistettaessa ollut hyvä.

Kutistumista voidaan hillitä käyttämällä hartseja, joiden kutistuminen on vähäisempää. Ruiskulaminoinnissa voidaan käyttää esimerkiksi disyklopentadieeni- eli DCPD-hartsia. Suljetun muotin tekniikoihin on tarjolla useampia erilaisia vähäkutisteisia hartseja. Parempien hartsien käyttö lisää kuitenkin kustannuksia. Edullisen DCPD-hartsin käyttöä rajoittaa lyhyt päällelaminoimisaika, joka vaikeuttaa tuotannon aikataulutusta. Jos liian kauan kovettuneen laminaatin päälle laminoidaan uutta, täytyy sen pinta hioa, jotta uusi hartsi tarttuu vanhaan laminaattiin tarpeeksi hyvin. (Bergström ym. 2008; Hewitt 2003.)

### 3 GELCOAT

Gelcoat eli geelipinnoite on pintahartsi, jota käytetään lujitemuovituotteiden pintakerroksena. Se antaa tuotteelle sileän ja kulutusta kestävän pinnan, joka suojaa lasikuitulaminaattia kosteuden, sään, ja kemikaalien aiheuttamilta raskuudelta. Pinta on usein värjätty. Gelcoat-pinnan on tärkeää olla virheetön, sillä se on ensimmäinen asia, jonka asiakas näkee lasikuitutuotteessa. Veneissä ehjä gelcoat-pinta on erityisen tärkeä, sillä se suojaa laminaattia kosteudelta. (Saarela ym. 2003, 100, 462; American Composites Manufacturers Association 2010.)

Yleensä gelcoat on polyesteri- tai vinyyliesterihartsia, johon on sekoitettu valumisenestoaineita, kiihdyttämiä, ilmanpoistoaineita, täyteaineita ja pigmenttiä.



Näillä aineilla voidaan vaikuttaa esimerkiksi viskositeettiin, valuvuuteen ja pinnan väriin. Pohjahartsilaatu valitaan käyttökohteen ja haluttujen ominaisuuksien mukaan. Ennen levitystä gelcoatiin sekoitetaan kovettimeksi metyylietyyliketoniperoksidia eli MEKP:tä. Kovettuminen tapahtuu kuten polyesterihartsilla tavallisesti. (Saarela ym. 2003, 100; American Composites Manufacturers Association 2010; Ashland)

### 3.1 Levitys

Gelcoat levitetään muottipinnalle ennen laminoinnin aloittamista käyttäen sivellintä tai ruiskua. Muottipinnan tulee olla huolellisesti puhdistettu ja ehjä. Kovettuneen gelcoat-pinnan paksuus tulisi olla 0,4–0,7 mm, jolloin gelcoat-maalikulutus on 550–850 g/m<sup>2</sup>. Ruiskutus tapahtuu jatkuvin, yhdensuuntaisin liikkein 50–80 cm etäisyydeltä ja kohtisuorassa muottipinnasta vakionopeudella. Kahdella tai kolmella ruiskutuskerralla saavutetaan kalvon kokonaispaksuus. Kukin kerros tulee ruiskuttaa kohtisuoraan edelliseen nähden. Vaikeissa kohdissa muottia gelcoat voidaan tasoittaa siveltimellä ruiskutuksen jälkeen. (Saarela ym. 2003, 100; Ashland)

Sivellinlevityksessä gelcoat sivellään jatkuvin vedoin korkealaatuisella pehmeällä lakkasiveltimellä. Mikäli yhdellä sivelykerralla ei saavuteta vaadittua kalvonpaksuutta, voidaan toinen kerros sivellä vasta täysin kovettuneen kerroksen päälle. Kalvo on tärkeää levittää tasaisesti, sillä suuret vaihtelut paksuudessa aiheuttavat eriaikaisen kovettumisen, joka aiheuttaa sisäisiä jännityksiä. Liian ohut kalvo voi jäädä alikovettuneeksi. (Saarela ym. 2003, 100; Ashland)

Ennen laminoimista gelcoat-kalvon annetaan kovettua, kunnes se ei enää kosketettaessa tahraa sormeaa. Kovettuminen tulee tarkistaa kaikista kohdista, sillä muotin syvissä kulmissa kovettuminen pitkittyy. Tällaisissa paikoissa kovettumista voidaan nopeuttaa kääntämällä muottia tai paikallisella ilmastoinnilla. Laminointi tulee aloittaa viimeistään levitystä seuraavana päivänä. (Ashland.)

## 3.2 Pinnanlaadun ongelmat

Valmiin tuotteen pinnanlaatuun vaikuttaa eniten muotin kunto ja puhtaus. Tämän lisäksi laadussa voi esiintyä aiemmin mainittujen kutistumisesta johtuvien ongelmien lisäksi alla lueteltuja ongelmia.

### **Huokoisuus**

Gelcoat-kalvon sisään jää pieniä ilmakuplia. Ilmaa pääsee sekoittumaan, kun yhdellä kerralla levitetään liian paksu kalvo. Kuplat tulevat selvästi näkyviin vasta lian kerääntyessä niihin tai kun pintaa on hiottu esimerkiksi korjausten yhteydessä. Ilman sekoittuminen johtuu liian suuresta ruiskutuspainesta tai liian paksusta gelcoat-kalvosta. (Fibre Glast Developments Corporation; Surface Coatings 1993, 132.)

### **Poimuttuminen**

Gelcoat kurtistuu muistuttamaan krokotiilin selän nahkaa. Syynä tähän on ylimääräisen styreenin pääseminen kovettumattomaan gelcoatiin, joka yleensä johtuu liian aikaisesta päällelaminoinnista tai väärästä kovetinmäärästä. Syynä voi myös olla liian ohut gelcoat-kalvo, joka jää alikovettuneeksi. (Saarela ym. 2003, 101; Ashland; Surface Coatings 1993, 132.)

Liittessä 1 kuvassa 4 on liian ohuesta gelcoat-kalvosta johtuvaa poimuttamista. Kuvassa 5 taas todennäköisesti liian aikaisesta toisen gelcoat-kerroksen maalaamisesta johtuvaa todella voimakasta poimuttamista. Gelcoat on maalattu siveltimellä.

### **Värien erottuminen**

Tietyissä gelcoat-sävyissä, etenkin tummissa, yleinen ongelma on yhden pigmentin erottuminen pääväristä. Se johtuu yleensä huonosta ruiskutustekniikasta. Syinä voivat olla liian lyhyt etäisyys, liian korkea ruiskutuspaino, liian suuri suutinkoko, pyörteisyys tai liian paksu gelcoat-kerros. (Surface Coatings 1993, 133.)

### **Ennenaikainen irtoaminen**

Gelcoat irtoaa muotista ennenaikaisesti väärinä kappaleen muotoa, mikä johtuu gelcoat-kerroksen liiallisesta kutistumisesta. Kutistumisen voi aiheuttaa liian

suuri kovetinmäärä, liian paksu tai epätasainen gelcoat-kalvo, liian hartsipitoinen laminaatti tai liian pitkä gelcoat-in kovettumisaika ennen laminointia. (Ashland; Surface Coatings 1993, 133.)

### **Kalansilmät**

Kalansilmät muodostuvat, kun gelcoat ei tartu joka kohdassa muotin pintaan, vaan jättää nuppineulan pään kokoisia kuivia pisteitä. Tähän syitä voivat olla muotin pinnassa oleva pöly ja lika, staattinen sähkö, liian ohut kalvo tai öljyn tai veden sekoittuminen gelcoatiin. (Ashland; Surface Coatings 1993, 133.)

### **Kuitukuvio**

Alla olevan laminaatin kuidut näkyvät gelcoat-kerroksen läpi. Syitä tähän voivat olla aiemmin mainitun hartsin kutistumisen lisäksi liian ohut gelcoat-kerros, liian aikainen päällelaminointi, lasikuidun liian voimakas telaus tai liian karkeakuvoisen lasikuitumatton käyttö heti gelcoat-kerroksen jälkeen. (Ashland; Surface Coatings 1993, 133.)

### **Säröily**

Gelcoatiin voi syntyä säröilyä iskusta tai taivutuksesta, mutta myös liika paksuus ja suuret paksuuserot voivat aiheuttaa hiushalkeamia eriaikaisen kovettumisen takia. (Saarela ym. 2003, 101; Surface Coatings 1993, 133.)

### **Rakkulointi**

Gelcoat-pintaan tulee pehmeitä rakkuloita. Syitä voivat olla gelcoat-in alikovettuneisuus tai kovetinpisarat hartsissa, jotka johtuvat yleensä ruiskun toimintahäiriöstä. Rakkuloinnista on kuva liitessä 1 kuvassa 6. (CCP Composites 2016; Fibre Glast Developments Corporation 2016.)

## **4 PINNANLAADUN VALVONTA**

Objektiivinen pinnanlaadun tarkistus pelkästään ihmissilmin on ongelmallista, sillä eri henkilöt näkevät pinnan eri tavoin ja kiinnittävät huomiota eri asioihin. Pinta näyttää myös erilaiselta eri olosuhteissa, joihin vaikuttaa esimerkiksi kappaleen rakenne, ympäröivä valaistus, katselukulma ja kiilto. (Bergström

ym. 2008.) Tässä luvussa on selvitetty erilaisia pinnanlaadun valvontamene-  
telmiä ja laatuvaatimuksia.

#### 4.1 Autoteollisuus

Autoteollisuudessa korin näkyvien osien maalipinnasta käytetään termiä Class A surface. Class A -pinnan viimeistelyn laadulla viitataan erityisesti siitä heijastuvan kuvan selkeyteen sekä kiiltoon. Pintojen kaarevuudet ovat suunniteltu niin, että ne jatkuvat joka suuntaan ilman epäjatkuvuuksia, joten jokaisella samalla linjalla olevalla pisteellä tulisi olla sama kaarevuussäde. Pintojen muodot ovat sellaiset, että niistä heijastuva peilikuva on lähes täydellinen viimeistelystä riippuen. Pinnanlaadulle ei kuitenkaan ole yleistä standardia vaan valmistajat määrittelevät laadun itse. (Wood 2008.)

Perinteisesti pinnanlaatu on tarkistettu visuaalisesti ihmissilmin tarkastele-  
malla peilikuvan heijastumista. Säännöllisen valokuvion pinnasta heijastuvasta  
peilikuvasta etsitään vääristymiä, jotta löydetään potentiaaliset virhekohdat.  
Tarkastuksen suorittaminen vaatii ammattitaitoa ja kokemusta. Lisäksi joudu-  
taan tarkkailemaan kaikkia pinnan ulkonäköön vaikuttavia ominaisuuksia ku-  
ten värin virheettömyyttä ja eri osien värien yhteensopivuutta. Tarkastuksessa  
käytetään mahdollisimman paljon rajamalleja apuna. (Wood 2008.)

Lisääntyvä kilpailu pinnanlaadussa on saanut valmistajat etsimään objektiivisi-  
sempia tarkastustapoja. Myös komposiittiosien yleistyminen autoteollisuu-  
dessa on lisännyt tarkastusten vaativuutta, sillä komposiittimateriaaleilla Class  
A –luokan pinnan tuottaminen on haastavampaa kuin alumiinisissa tai teräk-  
sissä suuremman vaihtelun takia. Yleistyvä ratkaisu onkin erilaiset pinnanlaa-  
dun mittalaitteet. (Wood 2008.)

#### 4.2 Mittalaitteet

Pinnanlaadun arviointiin on olemassa erilaisia mittalaitteita. Autoteollisuu-  
dessa käytetty BYK-Gardnerin valmistama Wave-scan on käsikäyttöinen mit-  
talaite maalauksen viimeistelyn arvioimiseen. Se soveltuu sekä tasaisille että  
kaareville pinnoille. Laite arvioi pinnasta heijastuvan kuvan selkeyttä sekä si-  
leyttä eli appelsiinipinnan määrää ja ilmoittaa näiden arvon numeroina. Wave-

scan soveltuu myös gelcoat-pinnanlaadun määrittämiseen ja soveltuisi näin ollen hyvin venetuotantoon. (Bergström ym. 2008; BYK 2016.)

Tarkempia ja monipuolisempia tuloksia pinnanlaadusta saadaan esimerkiksi Fries Research & Technologyn valmistamalla MicroProf –merkkisellä optisella profiilometrillä. Se on tarkoitettu teollisten tuotteiden tarkastukseen ja sisältää useita erilaisia metrologisia pinnan mittausjärjestelmiä. Näytekappaletta rikkomatta voidaan tutkia muun muassa pinnan muotoa, paksuutta, karheutta ja kulumia. Numeerisen datan lisäksi MicroProf luo myös 3D-kuvan pinnasta. Mittattavan kappaleen koko on rajallinen, joten lujitemuovituotannossa sitä voidaan hyödyntää lähinnä näytekappaleiden analysoimiseen. (Bergström ym. 2008; Fries Research & Technology GmbH 2016.)

Autoteollisuudelle on kehitetty myös täysin automaattisia pinnanlaadun mittalaitteita, jotka tarkastavat maalatun korin kokonaan. Esimerkiksi Micro-Epsilonin reflectCONTROL löytää valmistajan mukaan kaikki mahdolliset virheet maalipinnassa. Neljä robottia tarkastaa yhden auton korin 60 sekunnissa. (Micro-Epsilon 2016; Wood 2008.)

### 4.3 Rajamallit

Rajamalleilla voidaan määritellä tuotteen ulkonäössä tapahtuvalle vaihtelulle hyväksyttävät rajat. Niillä voidaan havainnollistaa sallittua vaihtelua asteittain hyväksyttävästä laadusta hylättyyn. Malleja voidaan käyttää tuotteen laadunvalvonnassa, jos tarkastaja on epävarma onko laatu hyväksyttävällä tasolla. (Thierry GmbH 2009; Wood 2008.)

Rajamallien käyttö ei kuitenkaan poista tarkastuksen suorittajasta riippuvaa subjektiivisuutta. Eri henkilöt voivat hahmottaa virheet eri tavoin eri rajojen sisään tai virheet voivat näyttää erilaisilta kuin rajamalleissa. Virhe voi myös sijaita paikassa, jota on vaikea verrata rajamalliin. (Wood 2008.)

Rajamallien valmistamisessa on haasteena saada tehtyä kontrolloidusti virhettä sopivalla asteikolla. Rajamalleja toimittavat esimerkiksi autoteollisuudelle maalausstandardeihin erikoistuneet toimijat. Valmistajakohtaisia rajamallisarjoja myydään myös automaalareille. (ACT Test Panel Technologies 2016.)

#### 4.4 Maalaustöiden yleiset laatuvaatimukset

Rakennustietosäätiön kokoama MaalausRYL määrittää maalaustöiden yleiset laatuvaatimukset ja käsittely-yhdistelmät. Valmiin pinnan ulkonäön määrittämistä varten on luotu maalauksen ulkonäköluokitusjärjestelmä. Se sisältää vaatimukset peittäville käsittelyille ja kuultokäsittelyille sekä sisä- että ulkopinnoilla, pintaverhouksen maalauskäsittelyille ja seinänpäälyyksille. (MaalausRYL 2001, 338.)

Pintakäsittely luokitellaan valmiin pinnan ulkonäön sekä sisäpinnoilla sileyden perusteella luokkiin 1, 2, ja 3. Ulkonäköluokka 1 on tarkoitettu kohteille, joissa valmiin pinnan ulkonäölle, sileydelle ja puhdistettavuudelle on asetettu suuret vaatimukset. Luokkaa käytetään esimerkiksi kalusteissa, ovissa, ikkunoissa ja pilareissa. Ulkonäköluokkaa 2 käytetään kohteissa, joiden pinnan ulkonäölle ja sileydelle on asetettu tavanomaiset vaatimukset, kuten esimerkiksi asuin- ja toimistotilojen seinä- ja kattopinnoissa. Ulkonäköluokka 3 soveltuu kohteille, joissa sileydellä on vähäinen merkitys ja pintoihin kohdistuu tavanomaista vähäisemmät vaatimukset. (MaalausRYL 2001, 338.)

Veneen gelcoat-pinnan arviointiin olisi mahdollista soveltaa peittävän maalauskäsittelyn ulkonäköluokkia sisällä. Näistä käytetään luokitustunnuksia Ps1, Ps2 ja Ps3, joissa P tarkoittaa peittävää käsittelyä, s sisäpintaa ja numero ulkonäköluokkaa. Ps1 on vaativin luokka ja sitä käytetään esimerkiksi kalusteissa, joissa pinnanlaadulla on suuri merkitys. (MaalausRYL 2001, 338.)

Luokat on määritelty seuraavasti:

##### **Ulkonäköluokka Ps1**

Valmiin pinnan maalauksen tulee olla täysin peittävä ja yleisvaikutelmaltaan yhdenmukainen ja tasavärinen. Värin ja kiillon on vastattava annettua tai mallipintaan tehtyä väri- ja kiillonäytettä. Rajausten tulee olla täysin täsmällisiä. Rakennusasiakirjoissa määritellyn mittatarkkuusluokan mukainen rakenteesta johtuva epätasaisuus sallitaan valmiissa pinnassa. Pinnassa ei sallita alustasta johtuvaa epätasaisuutta, koloja, naarmuja, nystyröitä eikä huokosia. Työtavasta johtuvia valumia, työsaumoja, jatkoksia tai kiiltoeroja ei sallita. (MaalausRYL 2001, 339.)

### **Ulkonäköluokka Ps2**

Valmiin pinnan maalauksen tulee olla täysin peittävä ja yleisvaikutelmaltaan yhdenmukainen ja tasavärinen. Värin ja kiillon on vastattava annettua tai mallipintaan tehtyä väri- ja kiillonäytettä. Rajausten tulee olla täsmällisiä. Rakennusasiakirjoissa määritellyn mittatarkkuusluokan mukainen rakenteesta johtuva epätasaisuus sekä alustasta johtuva lievä epätasaisuus sallitaan valmiissa pinnassa. Koloja, naarmuja, nystyröitä eikä huokosia ei sallita. Työtavasta johtuvia valumia, työsaumoja, jatkoksia tai kiiltoeroja häiritsevässä määrin ei sallita. (MaalausRYL 2001, 339.)

### **Ulkonäköluokka Ps3**

Valmiin pinnan maalauksen tulee olla peittävä ja yleisvaikutelmaltaan tasavärinen. Värin ja kiillon tulee vastata annettua tai mallipintaan tehtyä väri- ja kiillonäytettä. Alustasta johtuvat kiiltoerot sallitaan. Rajausten tulee olla pääosin täsmällisiä. Rakennusasiakirjoissa määritellyn mittatarkkuusluokan mukainen rakenteesta johtuva epätasaisuus, alustasta johtuva epätasaisuus sekä alustasta johtuvat pienehköt kolot naarmut, huokokset ja nystyrät sallitaan. Työtavasta johtuvia valumia, työsaumoja, jatkoksia ja kiiltoeroja sallitaan vähäisessä määrin. (MaalausRYL 2001, 339.)

Valmiin pinnan arvostelussa tulee ottaa huomioon kokonaisuus, käsiteltävälle pinnalle ominainen rakenne, käytettävän tuotteen ominaisuudet ja vaaditut työmenetelmät. Pintaa tarkastellaan sellaiselta etäisyydeltä, että voidaan hahmottaa koko maalattu alue. Yksityiskohtia tarkastellaan 1,5 metrin etäisyydeltä kohtisuoraan. Yksittäiset poikkeamat eivät saa erottua normaalissa päivänvalossa tai normaalissa valaistuksessa. Väri- tai kiiltoero ei saa näkyä yleissilmäyksellä normaalivalossa. Normaalivalolla tarkoitetaan käyttöolosuhteita vastaavaa yleisvalaistusta. Tarkastuksessa voidaan käyttää myös siirrettävää valonlähdettä, jolloin valon tulee heijastua pintaan katsojan takaa. (MaalausRYL 2001, 338.)

## 4.5 Valaistus

Standardi EN 12464-1:2011 määrittelee vähimmäisvaatimukset valaistukselle työpaikoilla. Standardissa on määritetty erikseen valaistusolosuhteet monille

erilaisille työtehtäville teollisuushalleista toimistoihin. Kohteille on määritetty arvot valaistusvoimakkuudelle, häikäisyä kuvaavan UGR-indeksi maksimiarvo, valaistusvoimakkuuden tasaisuuden arvo ja värintoistokyky  $R_a$ -indeksi. Näiden lisäksi voi olla erikseen erityisvaatimuksia kohteesta riippuen. (Ensto Lighting Oy 2016; Thorns 2010.)

Valaistusvoimakkuus (symboli E) kuvaa tietylle pinnalle kohdistuvan valovirran määrää. Sen yksikkö on luks (lx). Sisävalaistuksessa valaistusvoimakkuuden arvot ovat yleensä 100–1000 lx. Kiusahäikäisyä kuvataan UGR-indeksillä, joka vaihtelee välillä 10–28. Luku voidaan määrittellä valaistuslaskentaohjelmilla, joka laskevat arvon valaisinvalmistajien antamien tietojen mukaan. Valaistusvoimakkuuksien tasaisuutta kuvataan symbolilla  $U_o$ , joka on pinnalta laskettu valaistusvoimakkuuden minimiarvon suhde keskiarvoon. Arvo on oltava työalueen sisällä vähintään 0,7.  $R_a$ -indeksi määrittää valonlähteiden värintoistokykyä. Indeksillä ilmoitetaan prosentuaalisesti kuinka hyvin valonlähde toistaa tiettyjä testivärejä suhteessa annettuun vertailuvalonlähteeseen määrätyssä värilämpötilassa eli kuinka luonnollisilta ja oikean värisiltä kohteet näyttävät valonlähteen valossa. (Ensto Lighting Oy 2016; Fagerhult, 460–461.)

Standardissa on määritetty valaistusolosuhteet ajoneuvojen valmistus- ja korjausolosuhteille. Maalauksen tarkistusolosuhteille ja ajoneuvon lopputarkastusolosuhteille on erilliset vaatimukset. Kummassakin valaistusvoimakkuus on 1000 lx, UGR-indeksi 19 ja valaistusvoimakkuuden tasaisuus 0,70. Maalauksen tarkistuksessa  $R_a$ -indeksi on 90 ja lopputarkastuksessa 80. Maalauksen tarkistuksessa erityisvaatimuksena on 4500–6500 K värilämpötila. (Thorns 2010.)

## 5 KRITTEERIT RUISKULAMINOIDUN VENEEN HYVÄKSYTTÄVÄLLE PINNANLAA-DULLE

### 5.1 Virheen määritelmä venealan yleisissä takuuehdoissa

Venealan keskusliitto Finnboat ry on antanut jäsenyrityksilleen Kuluttajaviraston hyväksymät yleiset takuuehdot, joita sovelletaan uutena myytäviin sarja-



valmisteisiin veneisiin. Takuuehdoissa virhe määritellään objektiivisesti arvioiduksi poikkeamaksi kyseisen venemallin normaalista laadusta tai valmistajan antamista ohjeistoista ottaen huomioon veneen iän ja ajomäärän. Esimerkiksi valmistus-, rakennus- tai rakenneviat ja muut käyttökelpoisuutta heikentävät viat ja puutteet katsotaan virheeksi, jos ne ilmenevät takuuajana. (Kilpailu- ja kuluttajavirasto 2012.)

Finnboat ry:n takuuehdoissa (Kilpailu- ja kuluttajavirasto 2012) takuun ulkopuolelle jätetään seuraavat asiat: *Veneen lujuuteen tai käyttökelpoisuuteen vaikuttamattomia sään vaihteluista ja normaalista kulumisesta johtuvia pieniä muutoksia Veneen ulkopinnoissa samoin kuin pieniä epätasaisuuksia maalauksessa, lakkauksessa, puutöissä tai kromauksessa tai vikoja pinnoissa, ei pidetä takuun piiriin kuuluvina virheinä.*

Näiden takuuehtojen mukaisesti siis valmistajaa ei ole veloitettu korjaamaan pinnanlaadun pelkästään kosmeettisia virheitä, ellei niitä katsota valmistusviaksi tai käyttökelpoisuutta heikentäväksi puutteeksi. Kosmeettisia virheitä kuitenkin korjataan helposti asiakastyytyväisyyden ja maineen takia.

## 5.2 Tausta

Pinnanlaadun kriteereissä tulee ottaa huomioon, että ruiskulaminoituissa päiväkiertona valmistetuissa veneissä pinnanlaadusta ei ikinä saada samalla tavalla täydellistä kuten esimerkiksi auton korin maalatuista alumiiniosista. Päiväkierto tarkoittaa, että uusia lasikuituosia laminoidaan lähes joka päivä samasta muotista, jolloin laminaatin kovettumisajat muotissa jäävät lyhyiksi ja hartsin kutistumisesta johtuvat ongelmat ovat yleisiä. Viallisen Gelcoat-pinnan korjaaminen vastaamaan alkuperäistä pintaa on työlästä ja kallista.

Nopeasta valmistustahdistista ja edullisista materiaaleista johtuen pinnanlaadussa tapahtuu paljon vaihtelua, kuten appelsiinipinnan esiintymistä. Gelcoat-pintaan jäävä huokoisuus on myös yleistä ja se on sallittavaa tietyissä määrin. Tummissa gelcoat-sävyissä taas pigmentin eroavaisuuksia on vaikea poistaa kokonaan järkevin kustannuksin. Näille ominaisuuksille tulisi olla rajat, jolloin niistä tulee virhe. Tämän takia tulisi olla esimerkiksi rajamalleja siitä kuinka paljon kyseistä ominaisuutta voidaan sallia.

Kriteereissä on käytetty pohjana MaalausRYL:n laatuvaatimuksia. Pinnat jaetaan kolmeen luokkaan, A, B ja C näkyvyytensä mukaan normaalissa käyttötilanteessa. Luokille on omat kriteerinsä. Tässä ohjeistuksessa jako tehdään pääpiirteittäin day cruiser –mallisten veneiden perusteella. Tarkempi jako tulisi tehdä venemallikohtaisesti. Liitteessä 2 on ohjeistuksen perusteella laadittu työhje-esimerkki tarkastuksen suorittajalle.

Kaikki pinnat käydään läpi niin kutsutulta rättietäisyydeltä eli 60 cm:n päästä. Etäisyydelle, josta virhe saa näkyä, määritellään etäisyydet pinnan luokan mukaan. Etäisyys määräytyy sen mukaan, kuinka läheltä pintaa katsellaan normaalissa käytössä.

### 5.3 Ohjeistus hyväksyttävälle pinnanlaadulle

Valmiin pinnan arvostelussa tulee ottaa huomioon kokonaisuus, pinnalle ominainen rakenne, käytettävän tuotteen ominaisuudet, pinnan muoto ja vaaditut työmenetelmät. Kaikki pinnat tarkastetaan 60 cm:n päästä. Pinnat jaetaan kolmeen luokkaan näkyvyytensä mukaan esimerkiksi seuraavasti:

#### A:

- Kansi
- Ohjauspulpetti ja sivupulpetti

#### B:

- Sisustus (esim. välipohjan näkyvät osat, riippuu myös veneen sisätilojen valaistuksesta),
- Kannen lähellä lattiapintaa olevat kohdat
- Runko törmäyslistan ja vesirajan välillä

#### C:

- Normaalikäytössä näkymättömät paikat kuten säilytyslaatikot sekä luukkujen pohjat ja sisäpuolet (ei kuitenkaan topcoat-pinnat)

Tarkasteluetäisyys, josta poikkeamat eivät saa erottua normaalissa päivänvalossa, on A-pinnoissa 0,6 m ja B-pinnoissa runkoa tarkastellessa 3 m ja muualla sellainen etäisyys, että voidaan hahmottaa koko tarkasteltava alue tai vähintään 1,5 m. C-pinta sijaitsee yleensä paikoissa, joihin ei välttämättä näe

kunnolla, joten tarkasteluetaisyys on normaalissa käytössä luonnollinen katse-  
luetaisyys kyseiseen paikkaan. C-pinnassa normaalilla käyttötilanteella tarkoi-  
tetaan tilannetta, jossa pinta on tyypillisesti näkyvillä.

Pintoja tarkastellaan kohtisuoraan tai huonosti näkyvissä paikoissa sellaisesta  
paikasta, josta pinnan normaalikäytössä näkee. Valaistus kohdistuu pintaan  
katsojan takaa. Rikkinäinen gelcoat-pinta tulee korjata aina kaikissa pintaluo-  
kissa, vaikka se ei näkyisikään tarkastusohjeen tarkasteluetaisyydeltä.

Tarkastustilan valaistuksen tulee vastata normaalia päivänvaloa tai täyttää  
standardin EN 12464-1:2011 vaatimukset ajoneuvon lopputarkastustilalle.  
Tarkastuksessa voidaan käyttää myös siirrettävää valonlähdettä, jolloin valon  
tulee heijastua pintaan katsojan takaa.

### **A- ja B-pinta**

Valmiin pinnan tulee olla tarkastuetaisyydeltä yleisvaikutelmaltaan yhdenmu-  
kainen. Pienehköt sävy ja pigmentti eroavaisuudet sallitaan etenkin tummien  
sävyjen kohdalla, mutta ne eivät saa näkyä yleissilmäyksellä tarkasteluetai-  
syydeltä. Pinnan lievä epätasaisuus, kuten appelssiinipinta, sallitaan pinnassa  
esimerkkipintojen mukaisesti. Koloja, naarmuja tai nystyröitä ei sallita. Kiil-  
toeroja tai huokoisuutta sallitaan vähäisessä määrin.

### **C-pinta**

Pinnan tulee olla peittävä ja yleisvaikutelmaltaan tasavärinen. Pienehköt sävy  
ja pigmentti eroavaisuudet sallitaan, jos ne eivät näy yleissilmäyksellä nor-  
maalissa käyttötilanteessa. Pinnan epätasaisuus sekä alustasta johtuvat pie-  
nehköt kolot, naarmut, huokoset ja nystyrät sallitaan, jos ne eivät näy normaali-  
lissa käyttötilanteessa. Kiiltoeroja tai huokoisuutta sallitaan vähäisessä mää-  
rin.

Pinnan epätasaisuudelle, huokoisuudelle, kiiltoeroille ja pigmenttieroavaisuuk-  
sille tulisi määritellä rajat, kuten esimerkiksi luoda rajamalleja, jotta arviointi  
voidaan tehdä objektiivisesti.

Jos tarkastaja on epävarma siitä onko virhe haittaavaa, hän voi pyytää objek-  
tiivisen henkilön tarkastelemaan pintaan suunnasta, josta virhe näkyisi, ilman,  
että henkilö tietää millainen virhe on kyseessä tai missä kohdassa se sijaitsee.  
Jos henkilö löytää virheen pinnalle määritellyltä tarkasteluetaisyydeltä ilman

tarkempaa etsimistä, se on haittaava. Voidaan käyttää myös useampaa henkilöä.

## 6 ESIMERKKIPINTOJEN VALMISTUS

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin rajamallien tai esimerkkipintojen luomista ja käyttöä pinnan tasaisuuden eli appelsiinipinnan osalta käyttäen valkoista gel-coatia.

### 6.1 Valmistelu

Kappaleessa 2.1 kerrottua hartsin kutistumista pyritään aiheuttamaan voimakkaasti ja vähentää sitä asteittain. Kutistuminen saadaan maksimoitua käyttämällä paljon hartsia, joka on kutistuva osa reaktiossa sekä ruiskuttamalla paksu laminaatti, jotta kutistuvaa ainetta on mahdollisimman paljon. Kappale irrotetaan muotista nopeasti, jotta kutistuminen ei tapahdu muotissa. Lopuksi kappaleen sopivasta kohdasta leikataan pala tai paloja rajamalliksi tai esimerkkipinnoiksi.

Kappaleet valmistettiin muun tuotannon tavoin. Ainoa poikkeus oli, että gel-coat maalattiin käsin siveltimellä suurimmassa osassa kappaleista. Tuotannossa oli alettu käyttämään DCPD-hartsia, joka kutistuu vähemmän kuin perinteinen ortohtaaliharts, joten kovin voimakasta kutistumista ei välttämättä voida odottaa.

Kaikki lopputulokseen jollakin tavalla vaikuttavat keskeiset tekijät on merkitty taulukkoon liitteessä 3. Ensimmäiseen sarakkeeseen tulee päivämäärä. Tämän jälkeen merkitään kappaleen järjestysnumero. Sama järjestysnumero tulee merkitä laminoituun kappaleeseen heti kun se on mahdollista, jotta sekaannuksilta vältytään. Laminaatin paksuus ja kovettajan määrä vaikuttavat reaktion voimakkuuteen sekä kovettumisnopeuteen. Hartsin määrälle ei voida ruiskutusvaiheessa antaa arvoja, joten se riippuu ruiskuttajan arvioinnista. Käytetään hartsimäärän kuvaamiseen vain termejä ”Todella paljon”, ”Paljon”, ja ”Normaali”. Ruiskutus ja irrotus kellonajoista saadaan laskettua kovettumisaika muotissa. Muut laminoinnin aikana ilmenevät poikkeamat kirjataan ”Huomioitavaa” –sarakkeeseen.

## 6.2 Valmistaminen

Kappaleet laminoitiin luukun kannen muotista (kuva 3). Kappaleessa on sileä tasainen pinta sekä jyrkät kulmat reunoissa.



Kuva 3. Luukun kannen muotti, josta rajamallit laminoitiin.

Ensimmäisissä viidessä kappaleessa käytettiin hartsia todella paljon. Gelcoat kerros maalattiin kahteen kertaan, joten ensimmäisen kerros ennätti kaikissa kuivua vähintään kaksi tuntia. Kaikki kappaleet irrotettiin muotista heti, kun se oli mahdollista. Kappaleet 1-3 laminoitiin ilman skincoat-kerrosta. Kappaleessa 1 ruiskutetun laminaatin paksuus oli 6 mm ja kovettajan määrä 2,5 %. Kappale kovettui muotissa 1 h 15 min. Gelcoat-kerros jäi todennäköisesti liian ohueksi, ja tästä johtuen kuitukuvio tuli todella selvästi näkyviin gelcoat-pintaan ja kappaleen pinnasta tuli kaikkein epätasaisin.

Kappaleessa 2 toinen kerros gelcoatia maalattiin todennäköisesti liian aikaisin, ja gelcoat-pinta poimuttui todella voimakkaasti (kuva 5). Poimuttuminen huomattiin jo ennen laminoimista. Yli puolet pinnasta oli kuitenkin käyttökelpoista. Ruiskutetun laminaatin paksuus oli 10 mm ja kovettajan määrä 1,5 %. Kappale kovettui muotissa 3 h 20 min. Tässäkin pinnassa kuidut erottuivat aika hyvin. Kappale 3 tehtiin samalla tavalla, mutta gelcoatien ja laminaatin väliin kehitettiin laittaa kittiä osassa kappaletta, kuten tuotannossa on tapana terävissä

kulmissa. Muotissa kovettumisaika oli 1 h 50 min. Kitti ei kuitenkaan ollut kennyntä kovettua tässä ajassa, joten kohdat, joissa kittiä oli, menivät käyttökelvottomiksi.

Kappaleisiin 4 ja 5 laminoitiin skincoat-kerros. Kappaleessa 4 se oli tavallista ohuempi ja kappaleessa 5 normaali. Skincoat-kerroksen annettiin kovettua seuraavaan päivään asti. Molemmissa kappaleissa skincoat-jälkeen ruiskutetun laminaatin paksuus oli 10 mm ja kovettajan määrä 1,5 %. Kappale 4 kovettui muotissa 2 h 15 min ja kappale 5 kovettui 2 h 55 min. Kovettumisaika muotissa vaihtelee epäloogisesti, koska lämpötilan vaihtelu alkoi vaikuttaa ensimmäistä kertaa koko keväänä kovettumisaikoihin juuri rajamallien valmistamisen aikoihin, joten en osannut ennakoida lämpötilan ylös kirjaamisen tarvetta.

Kappaleisiin 6 ja 7 kokeiltiin vielä maalata ruiskulla hyvää gelcoat-pintaa. Muotin kunnosta johtuen pinnasta ei tullut paljoa kappaleita 5 parempi. Samalla varmistuttiin, että pinta näytti samalta kuin pensselillä maalattuna.

### 6.3 Esimerkkipinnat virhekappaleesta

Rajamalleja voidaan tehdä myös tuotannossa syntyneistä virhekappaleista, jos niitä on saatu kerättyä talteen niin, että virhettä on eri asteittain. Kutistumisen aiheuttamien virheiden kannalta etuna on etenkin se, että monimutkaisesta kappaleesta saadaan siihen tyypillisesti ilmenevää virhettä. Tässä työssä oli sattumalta käytettävissä liiallisen kutistumisen takia käyttökelvoton kansi. Kannesta leikattiin sopivista kohdista paloja esimerkkipinnoiksi. Kappale oli valmistettu aiemmin vanhalla hartsityypillä. Esimerkkipinnoiksi valikoitui kolme palaa, jotka numeroitiin 1-3. Pinnan epätasaisuus oli näissä erinäköistä verrattuna DCPD-hartsilla valmistettuihin esimerkkipintoihin. Palojen 2 ja 3 muodot ovat vähän kaarevia.

### 6.4 Tulokset

Esimerkkipintoihin saatiin eriasteista epätasaisuutta. Suurin vaikutus tasaisuuteen oli skincoat-käytöllä. Esimerkkipinnat sopisivat kohdassa 5.3 määritetyille pinnoille A, B ja C seuraavasti:

Valmistetut pinnat:

Kappale 1: Esimerkki C-pinnasta, näkyvimmissä paikoissa rajalaatu

Kappale 2: B-pinnan rajalaatu

Kappale 3: Kappaleen 1 kanssa samaa luokkaa, pinnassa paljon muutakin vikaa, joten kappaletta ei oteta käyttöön.

Kappale 4: Esimerkki B-pinnasta

Kappale 5: Esimerkki A-pinnasta, ei erityisen hyvä

Kappale 6: Esimerkki A-pinnasta

Kappale 7: Esimerkki A-pinnasta

Virhekappaleesta leikatut pinnat:

Pala 1: A-pinnan rajalaatu

Pala 2: C-pinnan esimerkki

Pala 3: B-pinnan esimerkki

Näitä esimerkipintoja voidaan käyttää havainnollistavina esimerkkeinä pinnan tasaisuudelle arvioitaessa pintaa lopputarkastuksessa. Hyötyä näistä on etenkin kokemattomille työntekijöille. Pintoja ei kuitenkaan voida käyttää absoluuttisena rajana, koska vertaaminen todelliseen pintaan on vaikeaa. Esimerkiksi pinnan muotojen vaihtelut tai epätasaisuuden vaihteleva ulkonäkö vaikeuttavat vertaamista. Epätasaisuuden häiritsevyyteen vaikuttaa myös se, että erotuuko yksi epätasainen kohta muusta pinnasta.

## 6.5 Ongelmat

Epävarmuutta esimerkipintojen käyttämiseen tuo DCPD-hartsin lyhytaikainen käyttökokemus tuotannossa. Tämän vuoksi ei ole täysin selvää kokemusta siitä miltä tyypillisesti kutistumisesta johtuva epätasainen pinta näyttää tuotuksessa. Perinteisellä ortohtaalihartsilla tulee herkästi enemmän appelsiinipintaa, kun taas valmistetuissa esimerkipinnoissa näkyi kuitukuviota, jollaiselta

pinta vaikuttaa myös valmiissa tuotteissa joissakin kohdissa. Kaikkein epätasaisimmissa pinnoissa ei käytetty skincoatia, toisin kuin melkein kaikessa muussa tuotannossa. Skincoatien käyttämättömyys lisää juurikin kuitujen näkyvyyttä. Kannesta leikatuista paloista saatiin esimerkkejä myös ortohtaalihartsin kutistumisen tyypillisesti aiheuttamasta appelsiinipinnasta.

A-pinnalle ei saatu hyvän pinnan esimerkkiä, sillä muotin kunto ei ollut paras mahdollinen. Muotti kuitenkin vastaa normaalia tuotantoa ja sopii siten myös pinnan epätasaisuuden esimerkkeihin. Hyvän pinnan esimerkin saa varmasti muutenkin.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoite oli luoda kriteerit lasikuituveneiden pinnanlaadulle sekä tutkia fyysisten rajamallien käytön mahdollisuutta pintaa tarkastaessa. Työssä luotiin kirjallinen ohjeistus pinnanlaadun vaatimuksista. Ohjeistus sopii käytettäväksi sellaisenaan kaikenlaisten lasikuituveneiden tarkastuksessa, joilta ei vaadita pinnanlaadun täydellistä viimeistelyä.

Esimerkkipinnoiksi onnistuttiin tekemään pintoja, joiden tasaisuus vaihteli huomattavasti. Jokaiselle pintaluokalle saatiin esimerkkejä. Esimerkkipintojen tekemistä vaikeutti hartsin vaihtuminen DCPD-hartsiin. Uusi hartsi vähensi huomattavasti kutistumisesta johtuvia ongelmia pinnanlaadussa, joten esimerkkipintojen vertaaminen tuotannossa ilmeneviin pintoihin oli vaikeaa ja vaatisi pidempää seuranta.

Muiden toimialojen pinnanlaadun valvonnan selvittämisestä löytyi useita asioita, joita voitiin hyödyntää tämän työn tuloksissa. MaalausRYL:n laatuvaatimukset toimivat pohjana pinnanlaadun tarkastuksen ohjeistuksessa. Autoteollisuudesta löytyi esimerkkejä rajamallien käytöstä. Työssä selvitettiin myös standardin EN 12464-1:2011 valaistuksen vaatimukset ajoneuvon lopputarkastustilalle. Valaistusolosuhteita ei kuitenkaan pystytty testaamaan eikä vertailemaan käytännössä. Parhaiden valaistusolosuhteiden saamiseksi tulisi käyttää valaistussuunnittelijaa lopputarkastustilan valaistuksen suunnittelussa.

Mittalaitteista BYK-Gardnerin Wave-Scania olisi mahdollista käyttää venetuotannossa pinnanlaadun tarkastuksessa. Hyötynä tästä olisi objektiivinen tulos,



jota voi helposti verrata numeerisiin raja-arvoihin. Toisaalta veneissä pinnanlaadun virheet ovat sellaisia, että ne pitäisi havaita helposti ihmissilmin ollakseen haittaavia, jolloin Wave-Scanin käyttö saattaa olla turhan tarkkaa. Wave-Scan ei myöskään löydä kaiken tyyppisiä virheitä, jolloin tarkastuksesta osa pitää kuitenkin tehdä ihmissilmin. Selvitystä myös vaatisi kuinka paljon veneissä on sellaisia muotoja, joihin laitteella ei pääse. Wave-Scanin kaltaiset laitteet kehittyvät kokoajan ja niiden käytön mahdollisuutta kannattaa seurata.

Ohjeistuksen pohjalta tehtiin esimerkki käytännön tarkastusohjeesta Finnmaster 62 BR -veneelle. Ohjeen tarkoitus on osoittaa konkreettisesti kriteerien ohjeistuksen käyttöä sekä havainnollistaa kuvin eri pintojen luokkia ja niiden sijainteja. Tarkastusohjetta voidaan käyttää muihin venemalleihin, kunhan pintojen luokat määritellään mallikohtaisesti. Selkeimmät esimerkkikuvat pintojen jaosta saisi veneen 3d-mallista, mutta tässä työssä sellaista ei ollut käytettävissä.

## LÄHTEET

ACT Test Panel Technologies. Orange Peel Standards. Saatavissa: <https://www.acttestpanels.com/default.aspx?pageid=55&topid=7&sectionid=2> [viitattu 6.5.2016].

American Composites Manufacturers Association. 2010. Open Molding Study Guide. Saatavissa osittain: [http://www.acmaeducationhub.org/Files/LearningProducts/dd0baf2d980d4ea8845120c55de51a6c/Open\\_Molding\\_Preview.pdf](http://www.acmaeducationhub.org/Files/LearningProducts/dd0baf2d980d4ea8845120c55de51a6c/Open_Molding_Preview.pdf) [viitattu 14.1.2016].

Ashland. Gelcoat käsittelyopas. PDF-tiedosto.

Bergström, R., Piironen, O. & Ylhäinen, A. 2008. Improving surface quality in vacuum infused parts. Materials Today 1.3.2008. Saatavissa: <http://www.materialstoday.com/composite-parts/features/improving-surface-quality-in-vacuum-infused-parts/> [viitattu 17.3.2016].

BYK. Orange Peel / DOI Meters. Saatavissa: <https://www.byk.com/en/instruments/products/?a=1&b=14&f=0&faction=> [viitattu 18.3.2016].

CCP Composites. Gelcoat Troubleshooters Guide. Saatavissa: [http://www.ccpcomposites.com.au/Content/files/CCP\\_Gelcoat\\_Troubleshoot\\_Final\\_USLB\\_Low.pdf](http://www.ccpcomposites.com.au/Content/files/CCP_Gelcoat_Troubleshoot_Final_USLB_Low.pdf) [viitattu 8.5.2016].

Ensto Lighting Oy. Sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1-2011. Saatavissa: <http://www.alppilux.fi/fi/sisavalistusstandardi-sfs-en-12464-1-2011/sisavalistusstandardi-sfs-en-12464-1-2011> [viitattu 25.5.2016].

Eskola, T. 2009. Lasikuituveneiden laminointitekniikoiden vaikutus venealan kannattavuuteen. Saatavissa: <https://www.tritonia.fi/download/gradu/3708> [viitattu 14.5.2016].

Fagerhult. Valaistussuunnittelijan käsikirja. Saatavissa: [http://np.netpublicator.com/np/n30265811/tekniskinfo\\_fi\\_09.pdf](http://np.netpublicator.com/np/n30265811/tekniskinfo_fi_09.pdf) [viitattu 25.5.2016].

Fiberglass Coatings Inc. 2013. Hand lay-up of fiberglass parts on a mold. Saatavissa: <https://www.fgci.com/pdf/hand%20lay.pdf> [viitattu 21.5.2016]

Fibre Glast Developments Corporation. Gel Coat Troubleshooting Guide. Saatavissa: [http://www.fibreglast.com/product/gel-coat-troubleshooting-guide/Learning\\_Center](http://www.fibreglast.com/product/gel-coat-troubleshooting-guide/Learning_Center) [viitattu 6.5.2016].

Fries Research & Technology GmbH. MicroProf. <http://www.frt-gmbh.com/en/microprof.aspx> [viitattu 18.3.2016].

Hewitt, J.C. 2003. Comparison of Low HAP Resin Alternatives for Replacement of High Styrene Orthophthalic Resins. Saatavissa: [http://www.aoc-resins.com/images/uploads/tech\\_Comparison%20of%20Low%20HAP\\_Marine.pdf](http://www.aoc-resins.com/images/uploads/tech_Comparison%20of%20Low%20HAP_Marine.pdf) [viitattu 5.5.2016].

Improving the Cosmetic Quality and Finished Durability of Glass Fiber Reinforced Composites. Saatavissa: [http://www.tecnologiademateriais.com.br/mt/2010/cobertura\\_paineis/nautico/apresentacoes/cray.pdf](http://www.tecnologiademateriais.com.br/mt/2010/cobertura_paineis/nautico/apresentacoes/cray.pdf) [viitattu 26.2.2016].

MaalausRYL 2001. Maalaustöiden yleiset laatuvaatimukset 2001 ja käsittelyyhdistelmät. 2001. Rakennustieto Oy.

Micro-Epsilon. Fully automatic surface inspection of painted car bodies. Saatavissa: <http://www.micro-epsilon.com/measurement-systems/Paint-Inspection/karosserie/index.html> [viitattu 31.3.2016].

Kilpailu- ja kuluttajavirasto. 2012. Venealan keskusliitto Finnboat ry yleiset takuehdot 2012. Saatavissa: [http://www.kkv.fi/globalassets/kkv-suomi/tietoa-ja-ohjeita/ostaminen-ja-myyminen/vakiosopimusehdot/venealan\\_yleiset\\_takuehdot.pdf](http://www.kkv.fi/globalassets/kkv-suomi/tietoa-ja-ohjeita/ostaminen-ja-myyminen/vakiosopimusehdot/venealan_yleiset_takuehdot.pdf) [viitattu 6.5.2016].

Saarela, O., Airasmaa I., Kokko, J., Skrifvars, M. & Komppa, V. 2003. Komposiittirakenteet. Helsinki: Muoviyhdistys ry.

Surface Coatings. Volume 1 Raw Materials and their usage. 1993. Lontoo: Chapman & Hall.

Thierry GmbH. 2009. Boundary Samples. Saatavissa: <http://www.thierry-gmbh.de/en/services-solutions/boundary-samples.html> [viitattu 6.5.2016].

Thorns P. 2010. EN12464-1:2011 Light and lighting – Lighting of workplaces Part 1: Indoor work place. Saatavissa: <http://www.cibse.org/getmedia/3b3cba92-f3cc-4477-bc63-8c02fc31472c/EN12464-2011.pdf.aspx> [viitattu 25.5.2016].

Wood, K. 2008. Automotive Composites: Taking Subjectivity out of Class A Surface Evaluation. CompositesWorld 3.8.2008. Saatavissa: <http://www.compositesworld.com/articles/automotive-composites-taking-subjectivity-out-of-class-a-surface-evaluation> [viitattu 9.4.2016].

KUVAT PINNANLAADUN ONGELMISTA



Kuva 4. Liian ohuesta gelcoat-kalvosta johtuvaa lievää poimuttumista



Kuva 5. Poimuttumista, joka johtui toisen gelcoat-kerroksen liian aikaisesta maalaamisesta.



Kuva 6. Rakkulointia (Kuva: Mikko Sainio)

## TARKASTUSOHJE

## TARKASTUSOHJE VENEEN LASIKUITUOSIEN PINNANLAADULLE

## Finnmaster 62 BR

## 1. Yleistä

- Tämä ohje koskee vain veneen gelcoat- tai topcoat pintaisia lasikuituosia.
- Valmiin pinnan arvostelussa tulee ottaa huomioon kokonaisuus, pinnalle ominainen rakenne, käytettävän tuotteen ominaisuudet, pinnan muoto ja vaaditut työmenetelmät.
- Pinnat jaetaan kolmeen luokkaan, A, B ja C, näkyvyytensä mukaan normaalissa käyttötilanteessa.
- Kaikki pinnat tarkastetaan 60 cm etäisyydeltä, joka on noin käsivarren mitta. Virhettä tarkastellaan luokasta riippuvalla tarkasteluetaisyydeltä.
- Pintoja tarkastellaan kohtisuoraan tai huonosti näkyvissä paikoissa sellaisesta paikasta, josta pinnan normaalikäytössä näkee.
- Valaistus kohdistuu pintaan katsojan takaa.

## 2. Pintojen luokat

Pinnat on eritelty kuvien kanssa tämän ohjeen lopussa.

## 2.1 A-luokan pinnat

- Kansi
- Ohjauspulpetti ja sivupulpetti

## 2.2 B-luokan pinnat

- Kannen lattia ja lähellä lattiapintaa olevat kohdat
- Runko törmäyslistan ja vesirajan välillä

## 2.3 C-luokan pinnat

- Normaalisti näkymättömät paikat kuten säilytyslaatikot ja luukkujen sisäpuolet (ei kuitenkaan topcoat-pinnat)

### 3. Pintojen tulee täyttää seuraavat kriteerit:

#### 3.1 A- ja B-luokan pinnat

- Yleisvaikutelmaltaan yhdenmukainen.
- Pienehköt sävy- ja pigmenttieroavaisuudet sallitaan etenkin tummien sävyjen kohdalla, mutta ne eivät saa näkyä yleissilmäyksellä tarkastelutäisyydeltä.
- Lievä epätasaisuus (appelsiinipinta) sallitaan esimerkkipintojen mukaisesti.
- Koloja, naarmuja tai nystyröitä **ei** sallita.
- Kiiltoeroja tai huokoisuutta sallitaan, jos ne eivät näy häiritsevästi.

#### 3.2 C-luokan pinnat

- Peittävä ja yleisvaikutelmaltaan tasavärinen.
- Pienehköt sävy- ja pigmenttieroavaisuudet sallitaan, jos ne eivät näy yleissilmäyksellä normaalissa käyttötilanteessa.
- Pinnan epätasaisuutta sallitaan. Monissa paikoissa epätasaisuus syntyy muotin rakenteesta. Appelsiinipintaa sallitaan esimerkkipintojen mukaisesti.
- Alustasta johtuvat pienehköt kolot, naarmut, huokokset ja nystyrät sallitaan, jos ne eivät näy normaalissa käyttötilanteessa.
- Kiiltoeroja tai huokoisuutta sallitaan vähäisessä määrin.

#### 3.3 Topcoat-pinnat

- Peittävä ja yleisvaikutelmaltaan tasavärinen
- Epätasaisuus, naarmut, huokokset ja nystyrät sallitaan.
- Pinnassa ei saa olla teräviä piikkejä.

### 4. Virheen ilmetessä

- Jos gelcoat-pinta on rikki (laminaatti näkyvässä tai halkeama), se tulee korjata.
- Jos pinta ei ole rikki, sitä tarkastellaan luokkansa mukaiselta tarkastelutäisyydeltä:

A-pinta: 0,6 m



B-pinta: Runko 3 m

Muut pinnat vähintään sellaiselta etäisyydeltä, että voidaan hahmottaa koko tarkasteltava pinta. Vähintään 1,5 m.

C-pinta: Normaalisissa käytössä luonnollinen katseluetäisyys kyseiseen paikkaan. Normaalisti käyttötilanteella tarkoitetaan tilannetta, jossa pinta on tyypillisesti näkyvillä.

**Virhe on haittaava, jos se erottuu näiltä etäisyyksiltä yleisilmäyksellä normaalissa päivänvalossa** tai standardin EN 12464-1:2011 mukaisissa ajoneuvon lopputarkastustilan valaistusolosuhteissa.

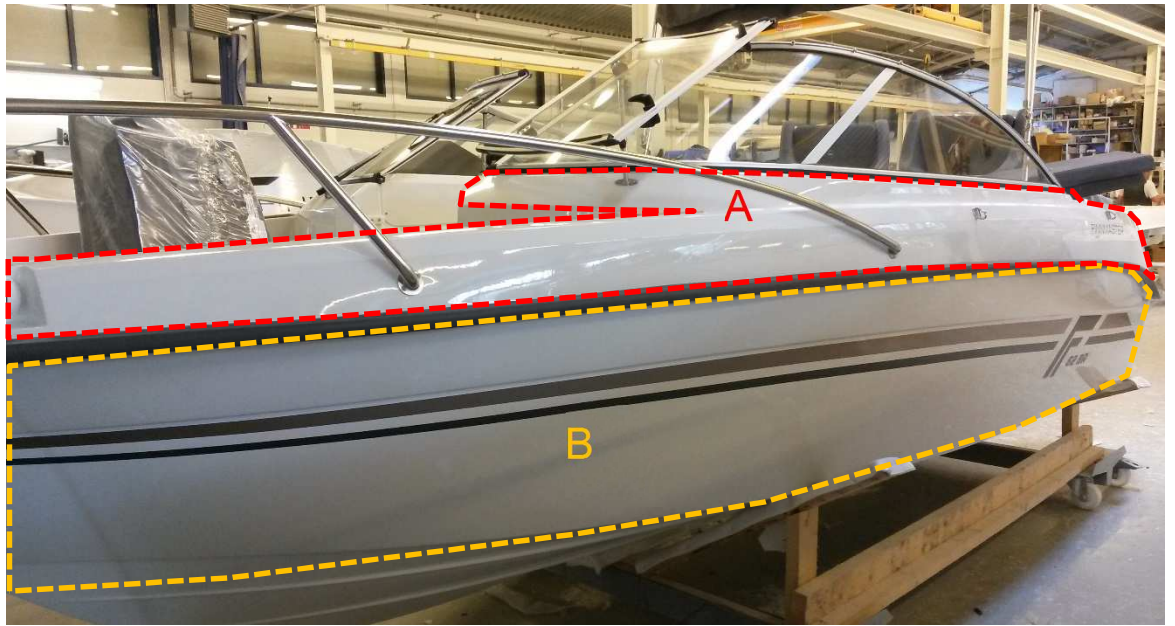
#### 5. Jos tarkastaja on epävarma onko kyseessä haittaava virhe

- Pyydetään objektiivinen henkilö, joka ei ole tietoinen virheestä, tarkastelemaan pintaa suunnasta, josta virhe näkyisi. Henkilö ei tiedä millainen virhe on kyseessä tai missä kohdassa se sijaitsee.
- Jos henkilö löytää virheen pinnalle määritellyltä tarkasteluetäisyydeltä ilman tarkempaa etsimistä kohtuullisessa ajassa, se on haittaava.
- Tuloksen varmistamiseksi voidaan käyttää useampaa henkilöä.

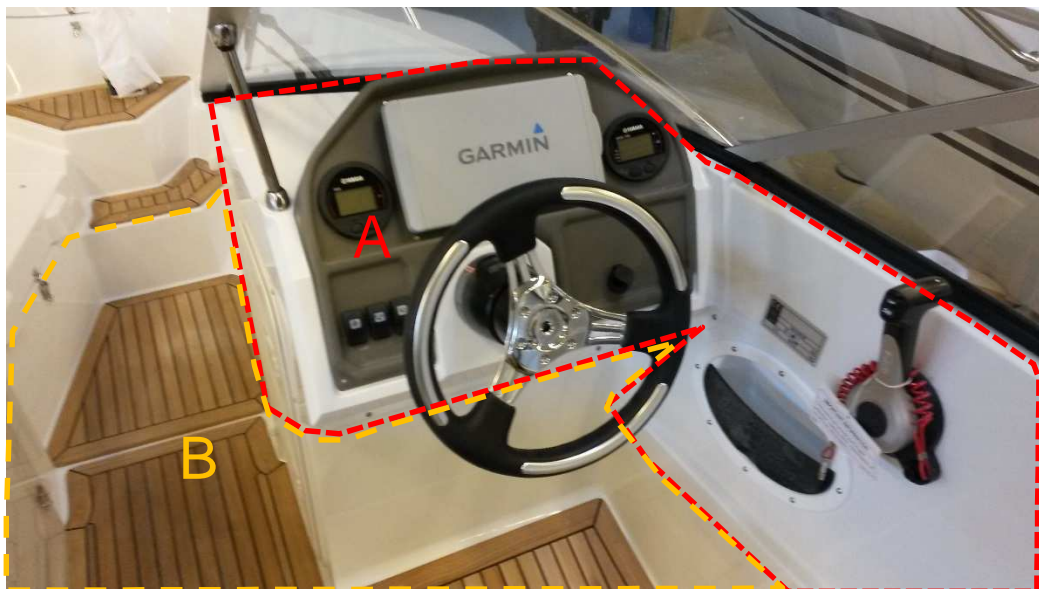
#### 6. Huomioitavaa

- A- ja B-pinnat näyttävät normaalisti samalta. Erona pinnoissa on vain se, kuinka läheltä poikkeamat saavat näkyä.

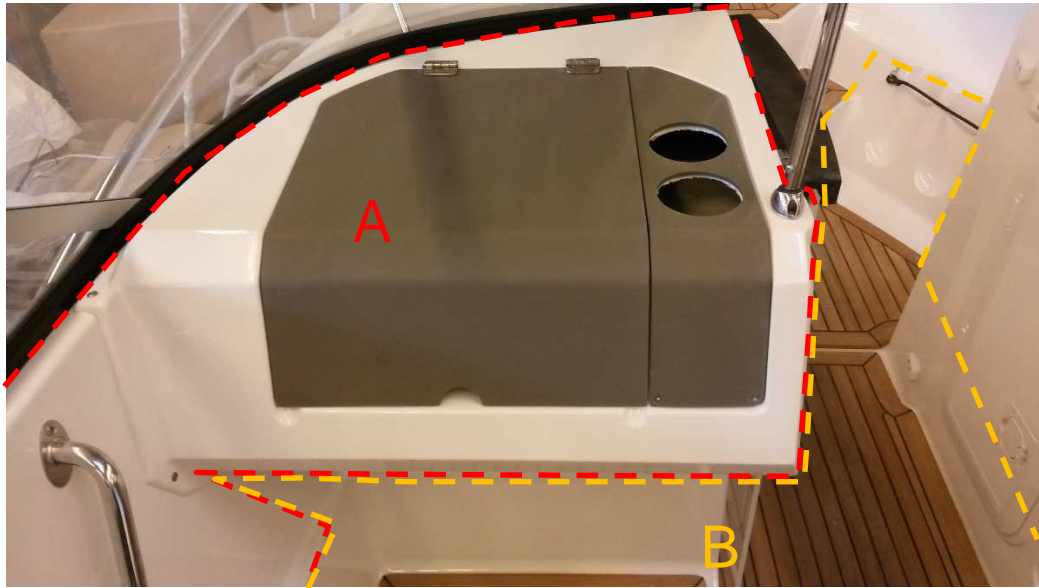
## Kuvat pintaluokkien jaosta



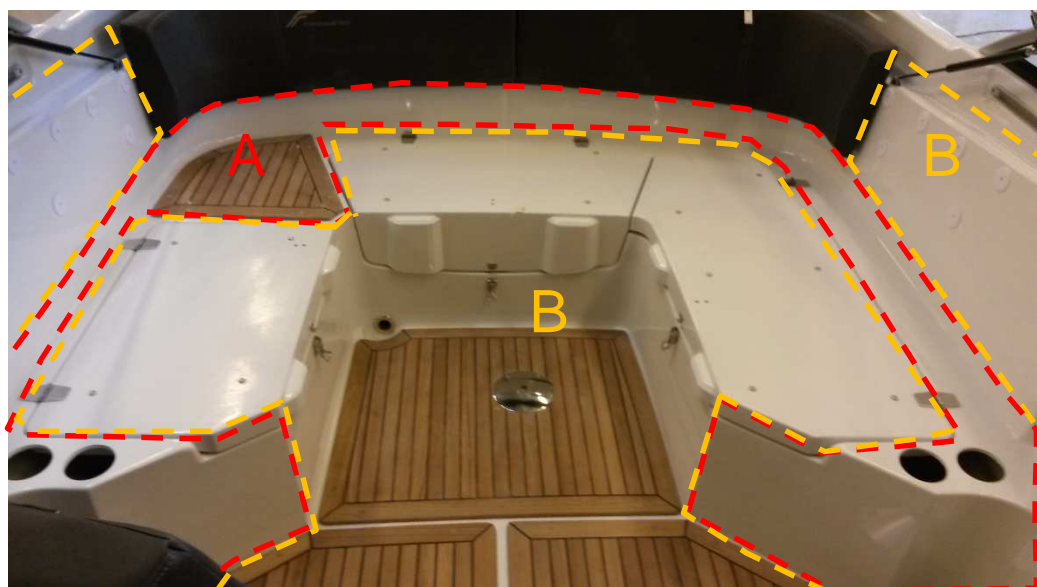
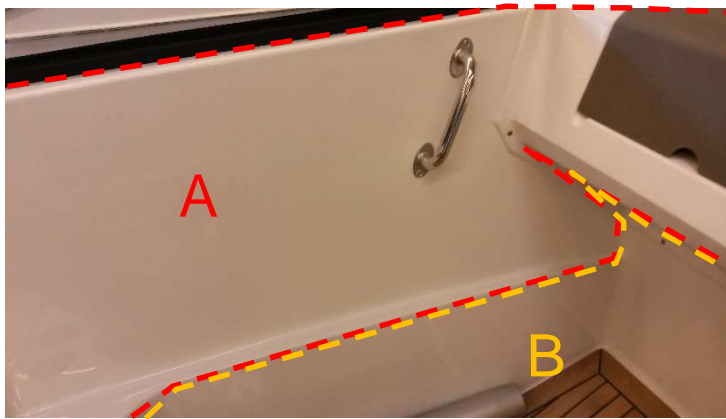
Kansi A-pinta. Runko B-pintaa vesilinjaan asti. Vesilinjasta alaspäin tulee myrkkymaali.



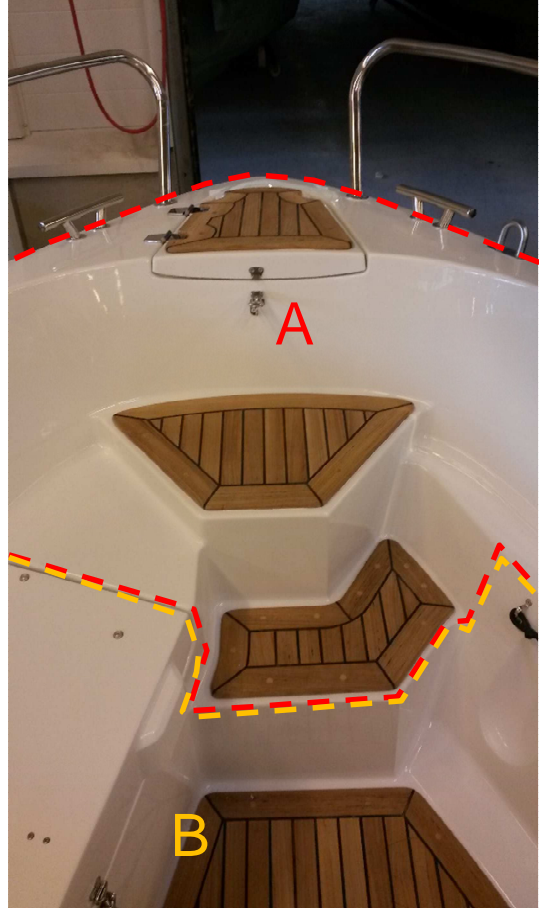
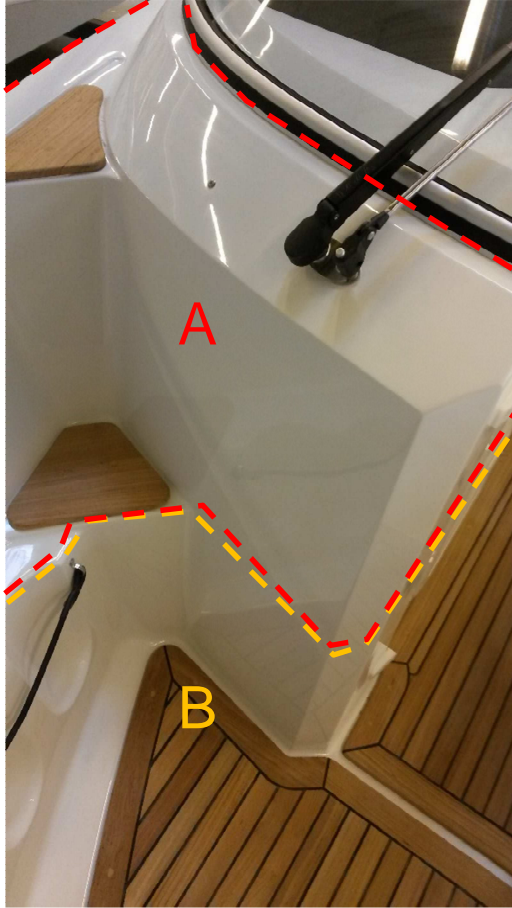
Ohjauspulpetti.



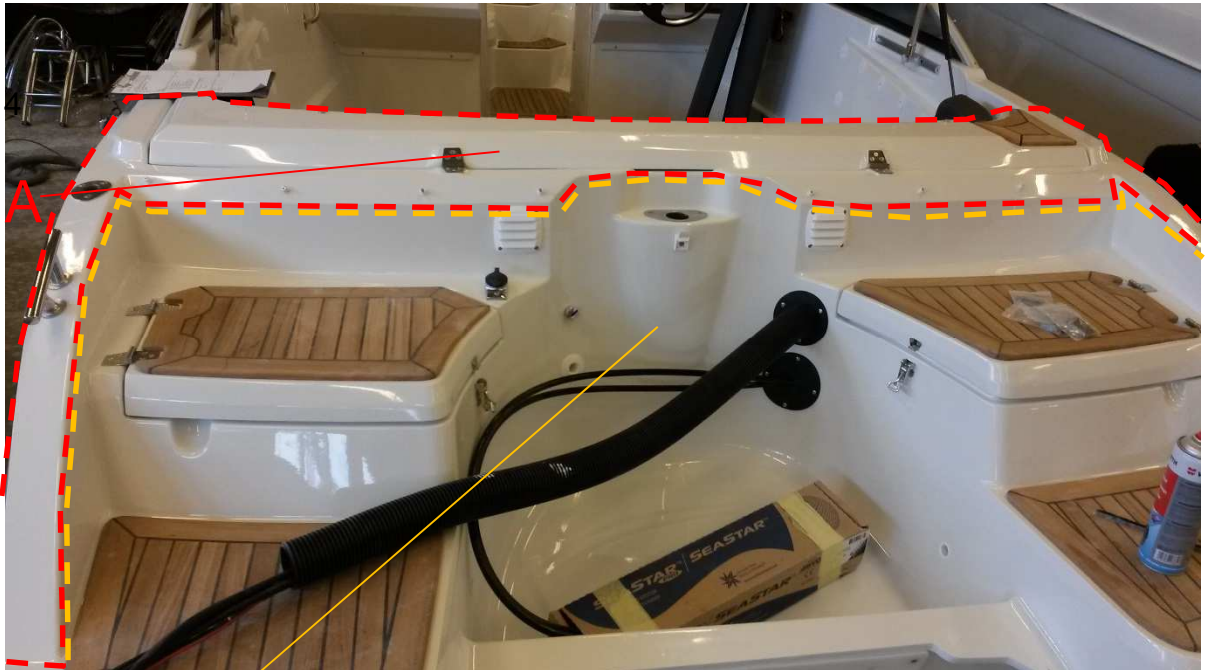
Sivupulpetti.



Takapenkit. Pehmeusteiden alle jäävät pinnat B-pintoja. Näkyville jäävät pinnat A-pintoja.



Penkissä pehmusteen alle jäävä pinta B-pintaa.



B

Venettä katsotaan harvoin perästä päin ja moottori peittää suuren osan alueesta.



Topcoat-pinta

Kaikki luukkujen alle jäävät pinnat C-pintoja.

## TAULUKKO ESIMERKKIPINTOJEN LAMINOINNISTA

Rajamallien laminointi										
Pvm.	Kappale Nro.	Laminaatin paksuus (mm)	Hartsin määrä	Kovettaja-%	Geelin maalaus klo	Skincoat-ruiskutus klo	Ruiskutus klo	Irotus klo	Huomioitavaa	
9.5.	1	6	Tod. paljon	2,5	11.25	Ei skincoatia	13.20	14.35		
10.5.	2	10	Tod. paljon	1,5	6.30	Ei skincoatia	10.30	13.50	Poimuttui	
11.5.	3	10	Tod. paljon	1,5	8.30	Ei skincoatia	12.30	14.20	Kittä, kitti ei kovettunut irotusvaiheessa	
12.5.	4	10	Tod. paljon	1,5	8.00	12.30	8.30	10.45	Ohut skincoat	
16.5.	5	10	Tod. paljon	1,5	14.00	19.20	17.30	19.25		
23.5.	6	6	Paljon	1,5	11.15	15.00	6.45	10.30	Maalattiin ruiskulla	
24.5.	7	4	Normaali	1,3	13.00	6.30	10.45	13.55	Maalattiin ruiskulla	