

**VAASAN YLIOPISTO  
TEKNILLINEN TIEDEKUNTA  
TUOTANNON LAITOS**

Tuomas Eskola

**LASIKUITUVENEIDEN LAMINOINTITEKNIKOIDEN VAIKUTUS  
VENEALAN KANNATTAVUUTEEN**

Tuotantotalouden  
Pro gradu -tutkielma

**VAASA 2009**

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT.....	4
1 JOHDANTO .....	5
2 TEHTÄVÄN MÄÄRITTELY .....	6
3 SUOMALAISEN VENETEOLLISUUDEN NYKYTILA .....	7
3.1 Suomalaiset venealan yritykset.....	7
3.2 Venealan markkina- ja kilpailutilanne.....	8
3.3 Venealan kustannusrakenne.....	11
4 EU:N LAINSÄÄDÄNNÖN MUUTOKSET.....	13
4.1 REACH-asetuksen velvoitteet.....	13
4.2 REACH-asetuksen erot vanhaan kemikaalilakiin.....	15
4.3 REACH-asetuksen vaikutukset suomalaiseen veneteollisuuteen .....	17
4.4 Muut suomalaiseen veneteollisuuteen vaikuttavat lakimuutokset.....	19
5 LAMINOINTITEKNIIKAT .....	21
5.1 Käsineläminointi.....	21
5.1.1 Valmistusmenetelmä.....	22
5.1.2 Käsineläminoinnin edut ja heikkoudet .....	24
5.2 Ruiskueläminointi.....	26
5.2.1 Valmistusmenetelmä.....	27
5.2.2 Ruiskueläminoinnin edut ja heikkoudet .....	29
5.3 Prepreg-menetelmä .....	30
5.3.1 Prepreg-valmistusmenetelmät.....	31
5.3.2 Prepreg-menetelmien edut ja heikkoudet.....	34
5.4 Alipaineinjektio .....	36
5.4.1 Valmistusmenetelmä.....	37
5.4.2 Alipaineinjektion edut ja heikkoudet.....	39

5.5 RTM-menetelmä.....	40
5.5.1 Valmistusmenetelmä.....	41
5.5.2 RTM-menetelmän edut ja heikkoudet .....	43
5.6 Rotaatiovalu .....	44
5.6.1 Valmistusmenetelmä.....	45
5.6.2 Rotaatiovalun edut ja heikkoudet .....	46
6 LAMINOINTITEKNIKOIDEN VERTAILU.....	48
7 SUOMALAISEN VENETEOLLISUUDEN NYKYTILA: CASE-YRITYKSET .....	51
7.1 Lähdemateriaalin keräys .....	51
7.2 CASE-yritykset.....	53
7.3 Käytetyt laminointitekniikat ja kiinnostus uusia tekniikoita kohtaan.....	54
7.4 Veneiden kustannusrakenteet .....	56
7.5 Venealan markkina- ja kilpailutilanne sekä tulevaisuuden näkymät.....	58
8 LAMINOINTITEKNIKOIDEN KUSTANNUKSET.....	60
8.1 Käsins laminoinnin kustannukset.....	62
8.2 Ruiskulaminoinnin kustannukset.....	67
8.3 Alipaineinjektion kustannukset.....	71
8.4 Rotaatiovalun kustannukset .....	78
9 VALMISTUSMENETELMIEN KANNATTAVUUSANALYYSI .....	85
9.1 Valmistusmenetelmien käyttöönottovuoden myyntituotot eri tuotantomäärillä ..	86
9.2 Valmistusmenetelmien myyntituottojen kehitys ensimmäisenä 15 vuonna .....	89
9.3 Valmistusmenetelmien kokonaismyyntituotot ensimmäiseltä 20 vuodelta.....	92
10 YHTEENVETO .....	94
LÄHDELUETTELO .....	97

---

**VAASAN YLIOPISTO****Teknillinen tiedekunta****Tekijä:**

Tuomas Eskola

**Tutkielman nimi:**

Lasikuituveneiden laminointitekniikoiden vaikutus venealan kannattavuuteen

**Ohjaajat:**

Petri Helo, Tauno Kekäle

**Tutkinto:**

Kauppatieteiden maisteri

**Laitos:**

Tuotannon laitos

**Linja:**

Tuotantotalous

**Aloitusvuosi:**

2008

**Valmistumisvuosi:**

2009

**Sivumäärä:** 102

---

**TIIVISTELMÄ**

Suomalaisella veneteollisuudessa on lähitulevaisuudessa edessään monia haasteita. Globaali talouden taantuma vaikuttaa hyvin voimakkaasti suomalaiseen venealaan tällä hetkellä, minkä takia yritysten tilauskannat ovat laskeneet ja kilpailu kiristynyt entisestään. Heikon markkinatilanteen lisäksi venealan yrittäjiin kohdistuu paineita EU:n aikeista rajoittaa tuotantoprosessista aiheutuvia styreenipäästöjä sekä halpa-tuotantomaiden markkina-aseman kasvusta. Lähitulevaisuuden merkittävien haasteiden takia suomalaisten venealan yritysten on kehitettävä tuotantomenetelmiään kilpailukyvyyn säilyttämiseksi ja liiketoiminnan turvaamiseksi myös tulevana vuosikymmeninä.

Tämän Pro Gradu -tutkielman tavoitteena on analysoida suomalaisten veneiden valmistusmenetelmiä ja niiden kannattavuutta. Tutkielman tarkoituksena on verrata eri valmistusmenetelmistä aiheutuvia kustannuksia keskenään ja pyrkiä löytämään kannattavin veneiden valmistusmenetelmä eri kokoluokan venevalmistajille.

Tutkielman teoriaosuudessa aineistona käytetään lähivuosina julkaistuja venealan teoksia, ja empiriaosuuden aineisto pohjautuu pääasiassa venealan yritysten edustajien henkilökohtaisiin haastatteluihin.

Tutkielma osoittaa, että edullisin veneiden valmistusmenetelmä yksikkökustannusten perusteella on rotaatiovalu ja kallein perinteinen käsinlaminointi. Tutkimuksen perusteella ruiskulaminoinnin ja alipaineinjektio aiheuttamien yksikkökustannusten välillä ei ole juurikaan eroa. Pitkällä aikavälillä mitattuna rotaatiovalulla saavutetaan suurin yhteenlaskettu tulos, mikäli vuosittainen tuotantomäärä on yli 300 kappaletta. Pienemmällä tuotantomäärällä ruiskulaminointi on tällä hetkellä kannattavin veneiden valmistusmenetelmä.

---

**AVAINSANAT:** laminointitekniikat, injektio-laminointi, veneiden

valmistuskustannukset

---

**UNIVERSITY OF VAASA****Faculty of Technology****Author:**

Tuomas Eskola

**Top of the Master`s Thesis:**

The impact of different moulding techniques on profitability in the Finnish boat industry

**Instructors:**

Petri Helo, Tauno Kekäle

**Degree:**

Master of Science in Economics and Business Administration

**Department:**

Department of Production

**Major subject:**

Industrial Management

**Year of Entering the University:**

2008

**Year of Completing the Master`s Thesis:**

2009

**Pages:** 102

---

**ABSTRACT**

The Finnish boat industry is facing several challenges in near future. The global recession of economy has affected boat industry on large scale and the volume of boat orders has decreased rapidly. Because of the bad market situation the competition in boat industry is harder than for ages. The desire of EU to restrict the styrene releases and the increasing role of cheap labour countries are also causing pressure towards boat manufacturers. In order to maintain the competitiveness of the Finnish boat industry and to ensure the continuance of the business, the manufacturers must develop their manufacturing processes in order to deal with future challenges.

The aim of this Master`s thesis is to analyze the profitability of different boat moulding techniques. The main purpose of this study is to find out the costs of different techniques and to point out the most profitable moulding techniques for different scenarios.

The material for the theory part of this study is collected from recent books involved in boat moulding. The research part of this study is based on personal interviews of the boat industry representatives.

This Master`s thesis points out that rotational moulding has the lowest unit costs and the hand lay-up has the biggest unit costs. Based on the calculations of this study there is no difference between the unit costs of spray-up moulding and vacuum infusion process. Considering the overall profits of different techniques, the rotational moulding is the most profitable technique if the annual production rate is over 300 pieces. In cases where the production rate is under 300 pieces, the spray-up moulding method is the most profitable one.

---

**KEYWORDS:** moulding techniques, injection moulding, moulding costs

## 1 JOHDANTO

Suomalainen veneteollisuus on kasvanut voimakkaasti viimeisen kymmenen vuoden ajan. Liiketoiminnan kasvun myötä suomalaiset venealan yritykset ovat keskittyneet lähinnä maksimoimaan tuotantoaan, ja tuotantotekniikoiden kehittämistyöhön ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota. (Tekes 2009 a.)

Globaali taloudellinen taantuma vaikuttaa tänä päivänä voimakkaasti myös suomalaiseen veneteollisuuteen, minkä johdosta kilpailu venealalla on kiristynyt entisestään. Talouden taantumana takia suomalaisten venealan yritysten tilauskanta on supistunut huomattavasti aikaisemmista vuosista ja venealan yritykset ovat pakotettuja alentamaan kustannuksiaan. Esimerkiksi kuopiolainen Bella-Veneet ilmoitti syksyllä 2008 lomautavansa koko henkilöstönsä huonon tilauskannan takia (Taloussanomat 2.9.2008).

Suomalaisen veneteollisuuden tulevaisuudenhaasteina ovat muun muassa markkinoiden ja tuotantoteknologioiden nopeat muutokset, EU:n mahdolliset styreenipäästörajoitukset sekä halpatuotantomaiden asettamat kustannuspaineet. Selviytyäkseen nykyajan hektisessä kilpailutilanteessa, on suomalaisten venealan yritysten sekä kehitettävä omia prosessejaan että alennettava kustannuksia. (Tekes 2009 b.)

Tuotantoteknologian kehittäminen vaatii yrityksiltä suuria investointeja. Suurin osa suomalaisista venealan yrityksistä on pieniä tai keskisuuria yrityksiä, joilla ei ole riittävästi pääomaa suuriin kehittämistoimenpiteisiin. Kehittämisinvestointien mahdollistamiseksi suomalaisten venealan yritysten on oltava kiinteässä yhteistyössä keskenään. Mikäli EU kieltää avolaminoinnin tulevaisuudessa, eivät pienet venevalmistajat selviydy tuotannon kehittämiskustannuksista ilman venealan yhteistyötä. Yhteistyön avulla venealan yritykset voivat yhtenäistää tuotantoaan ja kehittää tuotantoteknologiaansa yhteisin varoin kustannustehokkaammaksi ja ympäristöystävällisemmäksi. (Tekes 2009 a.)

## 2 TEHTÄVÄN MÄÄRITTELY

Tässä Pro gradu -tutkielmassa käsitellään suomalaisten lasikuituveneiden laminointitekniikoita ja niiden aiheuttamia kustannuksia. Tutkielma on osa Tekesin Vene-ohjelmaa, jonka tarkoituksena on kannustaa venealan yrityksiä yhteistyöhön toiminnan kehittämiseksi.

Tutkielman päätarkoituksena on analysoida suljettujen laminointitekniikoiden käyttöönottamisen kannattavuutta verrattuna perinteisiin avolaminointitekniikoihin. Tutkielmassa lasketaan erilaisia skenaarioita eri kokoluokan yrityksille ja pyritään sitä kautta löytämään optimiratkaisut eri tilanteisiin.

Tuotantoteknologioiden analysoinnin kannalta on oleellista tiedostaa venealan nykytila ja tulevaisuuden haasteet, minkä takia tutkielman alkuosassa käsitellään suomalaisen veneteollisuuden nykytilaa ja EU:n uuden lainsäädännön vaikutuksia suomalaiseen veneteollisuuteen. Uusien tuotantoteknologioiden kannattavuuden analysointi edellyttää myös perinteisten tuotantoteknologioiden tuntemusta. Tämän takia venealan nykytilan kartoituksen jälkeen tutkielmassa käydään läpi perinteiset lasikuituveneiden laminointitekniikat, ja niiden edut sekä heikkoudet.

Tutkielman päätavoitteena on selvittää suljettujen laminointimenetelmien käyttöönottamisen kannattavuus. Tuotantoteknologian käyttöönottamisen kannattavuus riippuu pääasiallisesti aiheutuvista kustannuksista ja kvalitatiivisista kriteereistä. Tutkielman empiriaosuus koostuu erilaisista kustannuslaskelmista ja kvalitatiivisten kriteerien analysoinnista. Laskelmista saatuja tuloksia verrataan eri tuotantotekniikoiden välillä.

### 3 SUOMALAISEN VENETEOLLISUUDEN NYKYTILA

Suomalainen veneteollisuus on kasvanut vuosi vuodelta viimeisen kymmenen vuoden ajan. Venealan yritysten myyntivolyymit ovat kasvaneet jatkuvasti ja tulevaisuuden näkymät ovat olleet positiiviset. Veneyritysten liiketoiminnan tulokset ovat viime vuosina perustuneet hyvin pitkälle vientiin, ja vain noin 25 % liikevaihdosta on muodostunut kotimaan markkinoilta. Tänä päivänä veneteollisuuden tilauskannat ovat pienentyneet huomattavasti globaalin taloudellisen taantuman seurauksena ja tulevaisuus näyttää tällä hetkellä epävarmalta. (Tekes 2009 b.)

Venealan nykytilan kartoittamiseksi, tarkastellaan yritysten ja niiden toimintojen lisäksi venealan yleistä markkina- ja kilpailutilannetta. Yrityksistä selvitetään perustietojen lisäksi niiden kustannusrakenne, jossa kiinnitetään erityistä huomiota tutkielman kannalta oleellisiin laminointikustannuksiin.

#### 3.1 Suomalaiset venealan yritykset

Venealan Keskusliiton Finnboat ry:n listoilla on 290 suomalaista venealan yritystä, mikä kattaa suomalaisen venealan 90 prosenttisesti. Tämän tutkielman päätarkoituksena on analysoida laminointitekniikoita, minkä takia venealan yritysten tarkastelu keskittyy pääasiallisesti lasikuituveneitä valmistaviin yrityksiin. Hypoteettisen runkotuotannon keskittämisen takia tarkastelun ulkopuolelle rajataan myös yli 5,0 metriä pitkät lasikuituveneet, joiden myyntivolyymi on alhaisempi kuin pienemmillä veneillä. Tarkastelu keskittyy yrityksiin, jotka valmistavat 4,00–5,00 metrisiä lasikuituveneitä.

Venemestari -lehden toimittaman Venekatalogin mukaan Suomessa on 30 yritystä, jotka valmistavat 4-5 metriä pitkiä lasikuituveneitä. Yritysten valmistamien venemallien määrä vaihtelee yhdestä kymmeneen. Suurin osa yrityksistä valmistaa 1–5 erilaista venemallia (ks. liite 1).



Liitteessä 1 on eritelty kaikkien 30 eri venevalmistajan valmistamat venemallit myyntihintoihin. Suurin osa suomalaisista veneteollisuuden yrityksistä on pieniä tai keskisuuria yrityksiä, minkä takia niiden henkilöstömäärät ja liikevaihdot ovat melko pienet.

Yritysten liikevaihdot vaihtelevat muutamasta sadasta tuhannesta miljooniin euroihin. Osa yrityksistä harjoittaa venekaupan lisäksi muutakin liiketoimintaa, mikä hankaloittaa liikevaihtojen vertailua yritysten välillä. Venealan yritysten henkilöstömäärät vaihtelevat myös laajalla skaalalla muutamasta henkilöstä useisiin kymmeniin henkilöihin.

### 3.2 Venealan markkina- ja kilpailutilanne

Venealan jatkuvan kasvun takia venevalmistajat ovat vahvasti luottaneet menestyksekkääseen tulevaisuuteen. Veneteollisuutta koskevat tiedotteet ovat tukeneet venevalmistajien uskomuksia, ja voitaneen sanoa, että venealan taantuma yllätti venevalmistajat.

Veneteollisuuden markkinatilanne oli vuonna 2007 vielä varsin hyvä. Pohjanmaan kauppakamarin (2007) laatiman kyselyn perusteella venealan yritykset uskoivat menestykselliseen tulevaisuuteen. Kyselyn mukaan esimerkiksi 92 % vastaajista uskoi markkinatilanteen paranevan tai pysyvän ennallaan seuraavan kuuden kuukauden aikana.

Finnboatin (2008) seuraavan vuoden alussa julkaisema tiedote tuki valmistajien uskomuksia (ks. taulukko 1). Tiedotteen mukaan kotimaan venekauppa nousi vuonna 2007 lähes 40 % edellisvuoteen verrattuna. Esimerkiksi alle 6 metrisiä veneitä myytiin tilastointiin osallistuvien yritysten mukaan 13 162 kappaletta, joka oli 12,9 % enemmän kuin edellisvuonna. Koko alan liikevaihto vuonna 2007 oli 676,3 miljoonaa euroa, joka oli 10,5 % enemmän kuin vuonna 2006.

Finnboat teetti jäsenillään kyselyn vuoden 2008 alussa, ja sen mukaan 97,1 % vastaajista odotti vuoden 2008 liikevaihdon olevan parempi tai yhtä hyvä kuin vuonna 2007. Lähes kaikki vastaajista olettivat myös tarvitsevansa henkilöstöä vuonna 2008 yhtä paljon tai enemmän kuin vuonna 2007.

**Taulukko 1.** Finnboat-jäsenyritysten liikevaihdot 2007 sektoreittain (miljoonaa euroa valmistaja- ja maahantuojahinnoin, alv. 0 %) (Finnboat ry 2008).

	SUOMI	VIENTI
VENEET	162,3 (+ 38,8 %)	274,3 (+ 6,8 %)
MOOTTORIT	90,9 (+ 10,8 %)	17,2 (+ 35,4 %)
VARUSTEET	90,2 (+ 4,9 %)	25,9 (16,1 %)
PALVELUT YMS	15,5 (+1,2 %)	-
YHTEENSÄ	358,9 (+ 14,6 %)	317,4 (+ 8,7 %)
<b>KOKO ALA YHTEENSÄ</b>	<b>676,3 (+10,5 %)</b>	

Vuoden 2009 alussa Finnboat julkaisi jälleen vuosittaisen tiedotteensa. Tiedotteen mukaan venekauppa oli rauhoittunut merkittävästi talouden taantumun seurauksena ja kotimaan venemyynti oli kasvanut vain 8,1 % vuoteen 2007 verrattuna. Vuoden 2007 40 % myynnin kasvuun verrattuna, vuoden 2008 myynnin kehitys on ollut varsin vaatimaton. Vuonna 2008 koko alan liikevaihto oli 699,6 miljoonaa euroa, joka on 4,1 % enemmän kuin vuonna 2007. Myös liikevaihdon osalta kasvuvauhti oli siis hidastunut merkittävästi (ks. taulukko 2).

Finnboatin tammikuussa 2009 jäsenilleen teettämä kysely osoittaa selvästi, että venevalmistajien tulevaisuuden odotukset olivat synkentyneet merkittävästi. Kyselyn mukaan lähes 50 % vastaajista uskoi vuoden 2009 liikevaihdon olevan pienempi kuin vuonna 2008. Henkilöstömäärän osalta vastaajista lähes 35 % uskoi tarvitsevansa vähemmän henkilöstöä vuonna 2009 kuin edellisvuonna. (Finnboat ry 2009.)

**Taulukko 2.** Finnboat-jäsenyritysten liikevaihdot 2008 sektoreittain (miljoonaa euroa valmistaja- ja maahantuojahinnoin, alv. 0 %) (Finnboat ry 2009).

	SUOMI	VIENTI
VENEET	175,5 (+ 8,1 %)	271,2 (+ 0,1 %)
MOOTTORIT	77,4 (- 14 %)	13,9 (- 19,2 %)
VARUSTEET	112,5 (+ 24,7 %)	29,5 (+ 13,9 %)
PALVELUT YMS	19,6 (+ 26,5 %)	-
YHTEENSÄ	385 (+ 7,5 %)	314,6 (+ 0,2 %)
<b>KOKO ALA YHTEENSÄ</b>	<b>699,6 (+ 4,1 %)</b>	

Venealan markkina- ja kilpailutilanne on tällä hetkellä hyvin haastava. Taloudellinen taantuma on laskenut tilauskantaa ja media on uutisoinut laajalti suomalaisen veneeteollisuuden vaikeuksista. Tulevaisuuden kysynnästä ei ole varmuutta ja venevalmistajat etsivät keinoja kustannustehokkaamman toiminnan saavuttamiseksi.

Näkymät loppuvuodelle 2009 vaihtelevat rajusti eri venevalmistajien kesken. Monet venevalmistajat ovat lomauttaneet osan henkilöstöstään, mutta osa valmistajista on saanut kevään 2009 aikana uusia tilauksia, ja heidän osaltaan näkymät ovat parantuneet. Esimerkiksi kuopiolainen Bella-Veneet uutisoi tehneensä alkuvuoden 2009 aikana reilut sata venekauppaa ja kutsuvansa lomautetun henkilöstönsä pääasiallisesti takaisin töihin (Savon Sanomat 2.3.2009). Samoin maalahtelainen Botnia Marin ja kokkolalainen Sarins Båtar ovat kertoneet saaneensa uusia tilauksia kevään aikana ja kutsuvansa osan lomautetuista työntekijöistään takaisin (Kauppalehti 3.3.2009; Kauppalehti 8.4.2009).

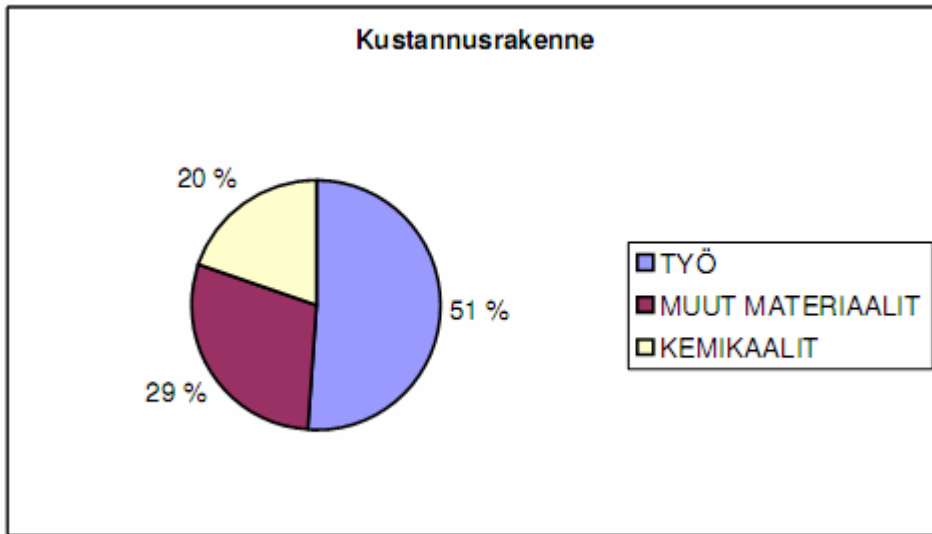
Huolimatta markkinoiden positiivisista signaaleista, suurin osa venevalmistajista on edelleen vaikeuksissa. Yhteistoimintaneuvotteluja käydään useissa venealan yrityksissä jatkuvasti, ja työntekijöillä ei ole varmuutta työpaikoistaan tulevaisuudessa. Osa venevalmistajista suhtautuu kuitenkin tulevaisuuteen optimistisesti yleisestä taloustilanteesta huolimatta. Esimerkiksi Linex-Boatin toimitusjohtaja Olli Lindkvist uskoo venealan uuteen nousukauteen: ”Venealalla nousukausi hämmöttää jo. Linex-Boat

*on USA:n markkinoilla mukana, ja sikäläiset yhteistyökumppanit uskovat, että homma lähtee käyntiin jo ensi talvena.”* (Keski-Pohjanmaa 5.6.2009).

### 3.3 Venealan kustannusrakenne

Vuonna 2005 tehdyssä haastattelututkimuksessa pohjanmaalaiset venealan yrittäjät ovat arvioineet veneidensä kustannusrakennetta. Tutkimukseen osallistui yhteensä kymmenen eri kokoluokan yritystä, joista kuusi oli kokoluokaltaan pieniä tai keskisuuria yrityksiä, yksi suuryritys sekä kolme mikroyritystä. Pieniksi ja keskisuuriksi yrityksiksi tutkimuksessa katsottiin yritykset, jotka työllistävät 10–250 henkilöä, mikroyrityksiksi alle 10 henkilöä työllistävät yritykset ja suuryrityksiksi yli 250 henkilöä työllistävät. Tutkimuksessa olleista yrityksistä kuusi valmistii moottoriveneitä, kaksi purjeveneitä ja yksi kanootteja. Lisäksi neljä venealan yrityksistä harjoitti laminointitoimintaa myös alihankintana, yksi yrityksistä teki korjaustöitä, ja kaksi venevalmistajaa harjoitti liiketoimintaa myös muilla toimialoilla. (Pouttu 2005: 45.)

Tutkimuksessa yrityksiä pyydettiin arvioimaan veneiden kustannusrakenne jakamalla kustannukset työ-, kemikaalit- ja muut materiaalit -kustannusluokkiin (ks. kuva 1).



**Kuva 1.** Venealan kustannusrakenne vuonna 2005 (Pouttu 2005: 54).

Kuvan 1 muut materiaalikustannukset koostuvat muun muassa metalliosista, jalopuukansista, sisustuselementeistä, moottoreista ja elektroniikasta. Kemikaalikustannukset muodostuvat hankintahinnasta, rahti-, kuljetus- ja varastointikustannuksista sekä jätehuoltomaksuista. Kemikaalikustannuksista noin 90 % aiheutuu kemikaalien hankintahinnoista. (Pouttu 2005: 54.)

Kuvan 1 perusteella veneiden kustannuksista noin 50 % muodostuu materiaalikustannuksista ja 50 % työkustannuksista. Tutkimuksessa havaittiin suuria eroja kustannusten jakautumisessa yritysten välillä, mikä voidaan selittää yritysten erilaisilla tuotevalikoimilla. Pienien sarjatuotantoveneiden valmistajien materiaalikustannukset ovat selvästi työkustannuksia pienemmät, koska pienten veneiden materiaalikustannukset muodostuvat suurimmaksi osaksi laminaattirungon kustannuksista. Suurien veneiden valmistajilla muiden materiaalikustannusten osuus on sen sijaan suurempi kuin pienten veneiden valmistajilla. (Pouttu 2005: 54.)

## 4 EU:N LAINSÄÄDÄNNÖN MUUTOKSET

EU:n lainsäädännössä tulee lähivuosina tapahtumaan useampia muutoksia, joilla on vaikutusta suomalaiseen veneteollisuuteen. Yksi tärkeimpiä EU:n lainsäädännön muutoksia on kemikaaleja koskeva niin sanottu REACH-asetus. Toinen merkittävä lainmuutos on uusi kemikaalien luokitus- ja merkintäjärjestelmä GHS/CLP. Kolmas merkittävä lainmuutos on orgaanisten liuottimien käyttöä ja niistä aiheutuvien päästöjen rajoittamista koskeva VOC-asetus. (Pouttu 2005: 22.)

### 4.1 REACH-asetuksen velvoitteet

REACH-asetus on Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus numero 1907/2006 ja se astui voimaan 1.6.2007. Lyhenne REACH tulee sanoista **R**egistration, **E**valuation, **A**uthorisation and **R**estriction of **C**hemicals. Nimensä mukaisesti REACH-asetus koskee kemikaalien rekisteröintiä, arviointia, lupamenettelyitä ja rajoituksia. Uusi REACH-asetus korvaa entisen kemikaalilain ja sen tarkoituksena on tehostaa EU:n kemikaaliteollisuuden kilpailukykyä, varmistaa terveyden- ja ympäristönsuojelun korkea taso, edistää vaihtoehtomenetelmien kehittämistä aineiden vaarojen arvioimiseksi sekä taata tavaroiden vapaa liikkuvuus EU:n sisämarkkinoilla. (Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto sekä Suomen ympäristökeskus 2009 a.)

REACH-asetuksen myötä EU:n alueella otetaan käyttöön uusia menettelyitä, joiden tarkoituksena on taata kemikaalien turvallinen käyttö. Uudet menettelytavat otetaan vaiheittain käyttöön seuraavan kymmenen vuoden aikana, ja niiden käyttöönottoaminen on käynnistynyt 1.6.2008. Uudet menettelytavat liittyvät kemikaalien rekisteröintiin, lupa-asioihin, toimitusketjun tiedottamiseen sekä erilaisiin kemikaaleja koskeviin kieltoihin ja määräyksiin. Kemikaalien rekisteröinnillä tarkoitetaan ainetta koskevien tietojen hankkimista, aineen käsittelyn riskienarviointia ja kyseisten tietojen toimittamista Euroopan kemikaalivirastolle. Rekisteröinnin tavoitteena on varmistaa kemikaalien turvallinen käyttö ja jokainen kemiallinen aine tulee rekisteröidä erikseen.

Rekisteröintivaatimus on aineen valmistajalla tai maahantuojalla, jos valmistus- tai maahantuontimäärä on vähintään yksi tonni vuodessa valmistajaa tai maahantuojaa kohti. (Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto sekä Suomen ympäristökeskus 2009 a.)

Vaarallisten aineiden käyttämiselle tai markkinoille tuomiselle on anottava erikseen lupa kemikaalivirastolta. Lupamenettelyn tarkoituksena on taata riittävä riskienhallinta vaarallisten aineiden käsittelyssä ja edistää näiden aineiden korvaamista vaarattomammilla tuotteilla. Lupaa aineenkäytölle hakee aineen valmistaja, maahantuojaja tai jatkokäyttäjä. Lupa aineenkäytölle myönnetään, mikäli aineen käyttäminen katsotaan riittävän turvalliseksi. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 1907/2006 L136/5; Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto sekä Suomen ympäristökeskus 2009 a.)

REACH-asetus edellyttää myös aineista saatavilla olevilla tietojen välittämistä edelleen toimitusketjussa. Uuden asetuksen myötä vastuu kemikaalien turvallisesta käytöstä on siirtynyt viranomaisilta yrityksille, mikä tarkoittaa yritysten välisen kommunikointitarpeen lisääntymistä. Asetuksen mukaan tietoa tulee välittää niin laajalta, kuin se on kohtuudella tarpeen ihmisten turvallisuuden takaamiseksi ja ympäristöhaittojen minimoimiseksi. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 1907/2006 L136/5; Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto sekä Suomen ympäristökeskus 2009 a.)

Asetuksen mukaan aineiden, joiden valmistukseen, käyttöön tai markkinoille saattamiseen liittyy riskejä, käyttöä tulisi rajoittaa tai niiden käyttö tulisi kieltää. Rajoitusehdotuksen voi tehdä joko Euroopan kemikaalivirasto Euroopan komission pyynnöstä tai EU:n jäsenmaa. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 1907/2006 L136/5; Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto sekä Suomen ympäristökeskus 2009 a.)

#### 4.2 REACH-asetuksen erot vanhaan kemikaalilakiin

Uusi REACH-asetus poikkeaa monessa suhteessa vanhaan kemikaalilakiin verrattuna (ks. taulukko 3). Vanha kemikaalilaki ei kattanut riittävällä laajuudella kemikaalimarkkinoita, minkä takia tiedot markkinoilla olevista kemikaaleista olivat rajoittuneita. Uuden REACH-asetuksen myötä markkinoilla olevista kemikaaleista saadaan lisää tietoa, koska kemikaaleista, joita valmistetaan yli 1000 kg vuodessa valmistajaa/maahantuojaa kohden, tullaan keräämään tietoa. Vanhan lain mukaan viranomaisten tuli todistaa kemikaalin käyttö vaaralliseksi, ennen kuin kyseisen kemikaalin käyttöä voitiin rajoittaa. REACH:in myötä vastuu kemikaalien turvallisuudesta siirtyy julkiselta taholta yrityksille, mikä tarkoittaa yritysten työmäärän lisääntymistä. Uuden asetuksen myötä kemikaalien valmistajat/maahantuojat ovat velvollisia todistamaan, että kemikaalin käytön riskit ovat hallittavissa ja he ovat myös velvollisia esittämään sopivia riskienhallintamenetelmiä toimitusketjun muille osapuolille. Uuden lain myötä myös vastuu kemikaalien turvallisuudesta koskee toimitusketjun kaikkia osapuolia. (Euroopan yhteisöjen komissio 2006.)

Vanhan lain mukaan uusien kemikaalien ilmoitusvelvollisuus täyttyy, kun ainetta valmistetaan vähintään 10 kg vuodessa. Kyseisen tuotantomäärän ylittäminen edellyttää aineen aiheuttamien riskien arvioimista. Tämä edellyttää vähintään yhden eläinkokeen tekemistä, ja 1000 kg vuosituotantomäärällä erilaisia kokeita ja testejä joudutaan tekemään jo useita. Uuden lain myötä ilmoitusvelvollisuus siirtyy koskemaan sekä uusia että jo olemassa olevia aineita. Ilmoitusvelvollisuus täyttyy uuden lain myötä vasta kun vuosittain tuotanto/maahantuontimäärä on vähintään 1000 kg, minkä ansiosta erilaisten kokeiden ja testien määrää saadaan vähennettyä. (Euroopan yhteisöjen komissio 2006.)

Vanha kemikaalilaki suosii olemassa olevien aineiden käyttämistä, koska uusien aineiden markkinoille saattaminen on suhteellisen kallista. REACH-asetus sen sijaan kannustaa yrityksiä uusien, turvallisempien aineiden markkinoille saattamiseen erilaisten kannustimien avulla. Tällaisia kannustimia ovat muun muassa tutkimus- ja kehitysalueille myönnettävät erilaiset helpotukset ja uusien aineiden alhaisemmat



rekisteröintikustannukset. Uusi laki myös edellyttää luvanhakijalta korvaavien, turvallisempien aineiden käyttöönottamisen harkitsemista. (Euroopan yhteisöjen komissio 2006).

Vanhan kemikaalilain mukaan kemikaalien riskienarviointi on viranomaisten vastuulla. Uuden asetuksen myötä vastuu riskienarvioinnista siirtyy viranomaisilta teollisuudelle, mikä mahdollistaa viranomaisten resurssien kohdentamista tärkeämpiin asioihin. Uusi laki myös parantaa EU:n kemikaaliteollisuuden kilpailukykyä kannustamalla yrityksiä kehittämään turvallisempia kemikaaleja. (Euroopan yhteisöjen komissio 2006.)

**Taulukko 3.** REACH-asetuksen ja vanhan kemikaalilain keskeiset erot (Euroopan yhteisöjen komissio 2006).

<b>VANHA KEMIKAALILAKI</b>	<b>REACH</b>
Euroopan markkinoilla olevista kemikaaleista ei ole kattavaa tietoa	Lisää tietoa kemikaaleista, koska kaikista kemikaaleista, joita valmistetaan/maahantuodaan yli 1000 kg yhtä valmistajaa/maahantuoja kohden, tulee kerätä informaatiota
Vastuu kemikaalien turvallisuudesta on viranomaisilla	Vastuu siirtyy viranomaisilta yrityksille
Uusien aineiden ilmoitusvelvollisuus koskee aineita, joita tuotetaan vähintään 10 kg	Aineiden ilmoitusvelvollisuus koskee sekä olemassa olevia että uusia aineita, ja se koskee kaikkia aineita, joita tuotetaan tai maahantuodaan vähintään 1000 kg
Uusien aineiden markkinoille saattaminen on suhteellisen kallista, mikä suosii vanhojen aineiden käyttämistä	Uusien, turvallisempien aineiden markkinoille saattamista kannustetaan mm. halvempien rekisteröintikustannusten avulla
Kemikaalien riskienarviointi on viranomaisten vastuulla, mikä aiheuttaa paljon työtä viranomaistaholla	Vastuu riskienarvioinnista siirtyy yrityksille

#### 4.3 REACH-asetuksen vaikutukset suomalaiseen veneteollisuuteen

Lainmuutoksen myötä venevalmistajien kustannukset ja työmäärä nousevat entisestään. Venevalmistajien mukaan veneiden kustannusrakenteesta noin 49 % koostuu käytetyistä materiaaleista, joista käytettyjen kemikaalien osuus on noin 20 %. Materiaalikustannusten määrä vaihtelee eri venevalmistajien välillä merkittävästi riippuen venevalmistajan tuotevalikoimasta. Pienikokoisia, suuren tuotantovolyymin veneitä, valmistavilla yrityksillä materiaalikustannukset ovat alhaisemmat kuin työkustannukset. Materiaalikustannusten matala taso johtuu veneiden yksinkertaisesta rakenteesta, minkä johdosta materiaaleja kuluu pääasiallisesti vain laminaattirunkoon. Suuria veneitä valmistavien yritysten muut kuin kemikaaleista aiheutuvat materiaalikustannukset sen sijaan ovat suuremmat kuin pienissä yrityksissä, koska suuremmat veneet ovat rakenteeltaan monimutkaisia ja niiden valmistukseen käytetään enemmän materiaaleja kuin pienveneissä. (Pouttu 2005: 54.)

Uuden REACH-asetuksen aiheuttamat kustannukset yrityksille vaihtelevat yrityksen kokoluokan mukaan. Mielenkiintoista aiheutuvien kustannusten määrässä on se, että kustannukset eivät kasva suorassa suhteessa kemikaalien valmistukseen tai käyttöön. Itse asiassa aiheutuvat kustannukset ovat melko merkittäviä yrityksille, jotka eivät käytä tai valmista kemikaaleja suuria määriä. Pääsyyntä tähän on REACH:in aiheuttamat kiinteät kustannukset, jotka eivät riipu yrityksen kokoluokasta. Inherent Engineering OY:n ja ETLA:n tekemän tutkimuksen mukaan REACH:in aiheuttamat kustannukset suhteessa liikevaihtoon ovat noin kymmenkertaiset pienissä ja keskisuurissa yrityksissä verrattuna suuryrityksiin. (Koskinen, Mankinen, Rantala & Sulama 2004: 46.)

REACH-asetus aiheuttaa yrityksille sekä suoria että epäsuoria kustannuksia. Kustannusten suuruus vaihtelee sen mukaan, kuinka paljon yritys käyttää kemikaaleja vuositasolla. Inherent Engineering OY:n ja ETLA:n tekemässä tutkimuksessa aiheutuvat kustannukset oli jaoteltu kolmeen eri luokkaan kemikaalien vuosikäytön perusteella. Koska veneteollisuudessa kemikaaleja käytetään suhteellisen vähän, on tarkoituksenmukaista tarkastella vain pienimmän luokan, käyttö vähintään 1000 kg vuodessa mutta korkeintaan 10 000 kg, kustannuksia. (Koskinen ym. 2004: 46.)

Suoria kustannuksia kemikaaleja käyttäville yrityksille aiheutuu muun muassa ainekohtaisista kertakustannuksista sekä yrityskohtaisista määräaikaisista ja jatkuvista kustannuksista. Ainekohtaisia kustannuksia yritykselle muodostuu muun muassa hallinnosta, riskienarvioinnista, tuotekehityksestä, kemikaaliturvallisuusraportin laatimisesta ja korvaavien tuotteiden kehittämistä. Ainekohtaisista kustannuksista noin 80 % aiheutuu tuotekehityksestä. Jatkuvia kustannuksia yrityksille aiheutuu henkilöstö- ja hallintokuluista, ja määräaikaisia kustannuksia esimerkiksi koulutus- ja tietojärjestelmien rakentamisesta. (Koskinen ym. 2004: 35.)

Inherent Engineering OY:n ja ETLA:n tekemässä tutkimuksessa arvioitiin REACH:in aiheuttamia kokonaiskustannuksia kyselyyn osallistuneille 93 yritykselle. Kustannuksia arvioitiin lakisäädöksen käyttöönottovuosien 2007 ja 2017 välisenä aikana. Tutkimuksen mukaan REACH aiheuttaa kyseisille yrityksille kymmenen vuoden aikana todennäköisesti noin 467,35 miljoonan euron suuruiset kustannukset. Kyseisestä summasta lähes 87,78 % aiheutuu ainekohtaisista kustannuksista, 9,48 % jatkuvista kustannuksista ja 2,74 % määräaikaisista kustannuksista. (Koskinen ym. 2004: 37.)

Suorat kustannukset kohdistuvat pääasiallisesti kemikaalien tuottajille, mutta epäsuorat kustannukset muodostavat suurimman osan jatkokäyttäjien kustannuksista. REACH aiheuttaa kemikaalien valmistajille suuria kustannuksia, jotka valmistajat luonnollisesti siirtävät maksettavaksi jatkokäyttäjille nostamalla kemikaalien hankintahintoja. Venevalmistajien kemikaalikustannuksista noin 90 % aiheutuu kemikaalien hankintahinnoista, minkä takia REACH nostaa myös veneiden valmistuskustannuksia. Pelkästään hankintahintojen 5–50 % nousu merkitsisi 1–10 % nousua venevalmistajien kemikaalikustannuksiin. (Pouttu 2005: 54.)

Kustannusten lisäksi REACH tulee todennäköisesti vähentämään markkinoilla olevia kemikaaleja lupa- ja rekisteröintimenettelyjen takia, millä saattaa olla vaikutusta veneteollisuuden kemikaalien saatavuuteen. Kaikille kemikaaleille ei ole olemassa korvaavia tuotteita, minkä takia kemikaalien käytön mahdolliset rajoitukset tai kiellot voivat muodostua ongelmaksi venealan yrityksille. 1.6.2009 voimaan astuneet REACH:in kiellot ja rajoitukset koskevat myös aineita, jotka sisältävät styreeniä.

Tämän perusteella voidaan arvioida, että tulevaisuudessa styreenin käyttöä saatetaan rajoittaa tai sen käyttö saatetaan jopa kieltää kokonaan. (Pouttu 2005: 64–65.)

#### 4.4 Muut suomalaisen veneteollisuuteen vaikuttavat lakimuutokset

REACH:in ohella on EU:n alueella otettu käyttöön 1.1.2009 alkaen kemikaalien uusi merkintä- ja luokitusjärjestelmä GHS/CLP. Uuden järjestelmän tarkoituksena on yhdenmukaistaa kemikaalien vaaraluokitukset ja varoitusmerkinnät globaalisti, mikä edesauttaa kemikaalien turvallisempaa käyttöä jatkossa. Yksittäiset aineet tulee olla luokiteltu CLP-asetuksen mukaisesti 1.12.2010 mennessä. (Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto sekä Suomen ympäristökeskus 2009 b; Työterveyslaitos 2009 a.)

Uusi CLP-asetus sisältää tiedot kriteereistä, joiden perusteella aineet määritellään vaarallisiksi. Asetus määrittää myös toimintaohjeet vaaralliseksi luokitellun aineen oikeanlaiselle merkinnälle ja pakkaamiselle turvallisen käytön varmistamiseksi. Asetus sisältää myös aineluettelot vaarallisiksi määritellyistä aineista ja niiden harmonisoiduista merkinnöistä ja luokituksista. Yksi vaarallisten aineiden aineluetteloon sisältyvä aine on venealalla laajalti käytetty styreeni. Asetuksen edellyttämät uudet pakkaustavat saattavat aiheuttaa lisäkustannuksia styreenipohjaisten kemikaalien valmistajille, minkä takia kyseisten kemikaalien hinnat saattavat nousta uuden asetuksen myötä. (Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto sekä Suomen ympäristökeskus 2009 b; Työterveyslaitos 2009 a.)

EU:n alueella on otettu myös käyttöön 4.6.2001 alkaen Valtioneuvoston asetus orgaanisten liuottimien käytöstä aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta. VOC-asetus on rajattu koskemaan vain tiettyjä liuottimia ja toimintoja, joissa niitä käytetään. Veneteollisuus rajautuu suurimmaksi osaksi VOC-asetuksen ulkopuolelle, koska lasikuidun valmistuksesta aiheutuvat styreenipäästöt katsotaan asetuksen perusteella vähäisiksi, eikä styreeniä tässä yhteydessä myöskään katsota liuottimeksi. Asetuksen perusteella pintojen puhdistus lukeutuu luvanvaraisiin

toimintoihin, mutta laminointiin käytettyjen muottien pesemistä ja puhdistamista ei katsota pintojen puhdistamiseksi, vaan työkalujen puhdistamiseksi, joka ei kuulu asetuksen sovellusalaan. Ainoa veneteollisuuden toiminto, johon asetusta sovelletaan, on pintojen maalaus ja käsittely. Kyseinen toiminto on kuitenkin venealalla niin pienimuotoista, että asetuksen mukainen 5000 kg vuosikäytön raja ei tule ylittymään suurimmassa osassa yrityksistä. (Finlex 2009; Pouttu 2005: 22.)

1.1.2005 astui voimaan Huvivenedirektiivin muutos (2003/44/EY). Direktiivin muutos asettaa uusia rajoituksia veneiden pakokaasu- ja melupäästöihin. Uuden direktiivin tavoitteena on yhtenäistää EU:n lainsäädäntöä ja poistaa kaupan esteitä. Direktiivi koskee pääasiallisesti veneiden ja moottorien valmistajia, mutta se asettaa vaatimuksia myös veneiden jälleenmyyjille ja korjaajille. Direktiivi sisältää myös rajauksia veneiden ostamiselle EU:n ulkopuolelta. Direktiivin suurimmat muutokset koskevat kone- ja äänenvaimenninasennuksia, minkä takia venevalmistajien tuotannon suunnittelukustannukset saattavat nousta direktiivin myötä. (Holm 2004; Pouttu 2005: 22.)

## 5 LAMINOINTITEKNIIKAT

Lasikuituveneitä on valmistettu Suomessa jo vuosikymmenien ajan. Suomen vanhin lasikuituveneiden valmistaja Oy Marino Ab aloitti lujitemuoviveneiden, eli lasikuituveneiden, valmistuksen jo vuonna 1958, joten suomalaisilla lasikuituveneillä on jo yli 50 vuoden historia takanaan. Lasikuitu vakiinnutti paikkansa suomalaisen veneteollisuuden rakennusmateriaalina melko nopeasti, kun venevalmistajat olivat huomanneet lasikuidun edut puuhun verrattuna. Venevalmistajat huomasivat käytännön kautta lasikuidun olevan kevyempi, helpommin muovattava ja kestävämpi rakennusmateriaali kuin puu. (Dymling 1970: 5–11; Oy Marino Ab 2009.)

Suomalaiset lasikuituveneet ovat valmistettu perinteisiä laminointitekniikoita käyttäen lähes samalla tavalla viimeiset 30 vuotta. Perinteisiä laminointitekniikoita ovat niin sanotut avolaminointitekniikat, joita ovat käsinlaminointi ja ruiskulaminointi. Kolmas avolaminointitekniikoiden rinnalla käytetty laminointitekniikka on niin sanottu prepregmenetelmä, jota on käytetty pääasiallisesti rakenteellisesti vaativien lopputuotteiden valmistamiseen. Kolmen perinteisen laminointitekniikan rinnalle on noussut uutena niin sanotut suljetut laminointitekniikat. Suljettu laminointi, eli injektiolaminointi, voidaan toteuttaa joko alipaineinjektiolla tai niin sanotulla RTM-menetelmällä. (Pouttu 2005: 36–37.)

### 5.1 Käsinlaminointi

Käsinlaminointi kuuluu perinteisiin avolaminointitekniikoihin. Käsinlaminointi on vanhin suomalaisten veneiden laminointitekniikka, ja sen suosio on perustunut vuosikymmenten ajan pääasiallisesti tekniikan helppouteen ja alhaisiin käyttöönotto-kustannuksiin. Nimensä mukaisesti käsinlaminointi toteutetaan kokonaisuudessaan käsityönä, minkä takia tekniikan edellyttämät laiteinvestoinnit ovat minimaaliset. Käsinlaminointi on helppoutensa vuoksi myös ylivoimaisesti suosituin, ja

todennäköisesti ainoa veneharrastelijoiden käyttämä lasikuituveneiden rakennustekniikka. (SPI Composites Institute 1998: 26; Strong 2007: 375.)

Käytännössä käsinlaminointi on mahdollista toteuttaa useammallakin tavalla. Ammattirakentamisessa ehdottomasti suosituin ja parhaaseen lopputulokseen johtava menetelmä on rakentaa ensin sisäpuolinen muotti, niin sanottu koirasmuotti, jonka avulla valmistetaan vasta varsinainen työmuotti, niin sanottu naarasmuotti. Kyseisen menetelmän ansiosta valmistettavan veneen ulkopinta on täysin sileä. Harrastelijat sen sijaan ovat vuosikymmenien ajan suosineet menetelmiä, joissa vaaditaan vähemmän työtä. Harrastelijarakentamisessa voidaan esimerkiksi käyttää työmuotteina joko vanhaa puu- tai lasikuituvenettä, tai valmistaa suoraan työmuotti sivuuttaen sisäpuolisen muotin valmistus. (NGCC 2009; Wiley 1988: 96-97.)

Suomalaiset venevalmistajat ovat vuosikymmenien ajan käyttäneet veneidensä myyntivalttina ylivertaista laatua, minkä takia käsinlaminointi on veneteollisuudessa toteutettu lähes aina itsevalmistetun, sisäpuolisen muotin avulla. Venevalmistajat haluavat saavuttaa parhaimman mahdollisen lopputuloksen, minkä takia valmistukseen käytetään ehdottoman sileitä muotteja, vaikkakin muottien valmistus vie paljon aikaa. (Dymling 1970: 19-25.) Nykyään osa venevalmistajista valmistaa muottinsa 3D-jyrsimien avulla, mikä parantaa mallien laatua ja nopeuttaa valmistusprosessia huomattavasti. Esimerkiksi purjevenevalmistaja Nautor valmistaa muottinsa nykyään 3D-jyrsimen avulla (Tekniikka & Talous 24.8.2006).

### 5.1.1 Valmistusmenetelmä

Veneen valmistus aloitetaan rakentamalla sisäpuolinen muotti, niin sanottu koirasmuotti. Sisäpuolinen muotti voidaan kustannusten säästämiseksi valmistaa jostakin halvemmasta aineesta, kuten vanerista. Sisäpuolisen muotin valmistamisessa tärkeintä on pinnan viimeistely mahdollisimman sileäksi. Koirasmuotin pohjalta valmistettavan työmuotin pinnan tasaisuus riippuu koirasmuotin viimeistelystä, minkä takia koirasmuotti on järkevää valmistaa huolellisesti. Valmistusmateriaalilla ei tässä

vaiheessa ole lopputuloksen kannalta juurikaan merkitystä. (Dymling 1970: 19-21; Wiley 1988: 96-97.)

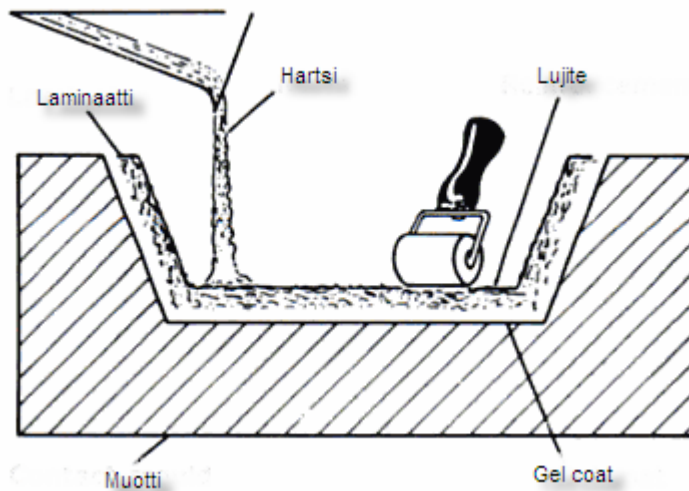
Koirasmuotin avulla voidaan rakentaa varsinainen työmuotti. Naarasmuotti rakennetaan laminoimalla koirasmuotin ulkopinta kerroksittain muovilla ja lasikuidulla. Naarasmuotin kohdalla valmistusmateriaali on sama kuin itse veneen, jotta muotti kestää käytössä. Valmistuneen työmuotin sisäpinta on täysin sileä, koska työmuotti on valmistettu sileän koirasmuotin avulla. Suuria veneitä valmistettaessa työmuottia usein vahvistetaan esimerkiksi vanerilla ulkopuolelta, jotta muotti varmasti kestää itse veneen valmistuksen. Työmuotti luonnollisesti kuluu käytössä, minkä takia valmistajan tulee säännöllisin väliajoin rakentaa uusi naarasmuotti vanhan koirasmuotin avulla. Normaalisti työmuotin avulla voidaan valmistaa muutama sata venettä, ennen kuin muotin pinta on kulunut epätasaiseksi. Ennen varsinaisen rungon valmistusta työmuotti käsitellään vielä irrotusaineella, jotta valmistunut runko saadaan helposti irti muotista. (NGCC 2009; Pouttu 2005: 38-41; Wiley 1988: 96-97.)

Valmiin työmuotin avulla valmistetaan varsinainen vene. Lasikuitu itsessään ei kestä kolhuja tai vettä kovinkaan hyvin, minkä takia työmuotin päälle levitetään ennen laminointia niin sanottu gelcoat-pinnoite. Gelcoat on polyesterihartsia, jonka tarkoitus on suojata lasikuitua. Gelcoat-pinnoitteita on olemassa värikkäitä ja kirkkaita. Värikkäitä gelcoatteja käytettäessä, veneen ulkopintaa ei tarvitse enää maalata valmistuksen jälkeen. (Pouttu 2005: 38-41; Strong 2007: 375.)

Runko valmistetaan laminoimalla työmuotin sisäpinnalle. Laminointi suoritetaan kastelemalla lujite muovilla ja kovettamalla se lujitemuoviksi. Käytännössä tämä tapahtuu asettamalla lujitetta ja muovivaikutteita vuorotellen kerroksittain (ks. kuva 2). Kerrosten väleihin muodostuvat ilmakuplat poistetaan tasoittamalla kerrokset telan avulla. Lujitteena käytetään lähes poikkeuksetta kuitumattoa, ja muovina hartsia. Kuitumatto muodostaa rungosta jäykän, ja hartsi sitoo kuitumatot toisiinsa sekä suojaa niitä. Hartsiin sekoitetaan myös kovetetta, jonka annostelu on hyvin tarkkaa. Pieni virhe annostelussa johtaa kovettumisen epäonnistumiseen. Laminointia jatketaan kerros



kerrokselta, kunnes runko on saavuttanut halutun paksuuden. (Pouttu 2005: 38; SPI Composites Institute 1998: 26; Strong 2007: 375, 380-381.)



**Kuva 2.** Käsineläminointiprosessi (Feldman 1989: 163).

Kovettunut runko nostetaan pois työmuotista ja viimeistellään. Lasikuitukerroksen sisäpinnan päälle levitetään kerros topcoat-pinnoitetta, jonka tarkoitus on myös suojata lasikuitua. Topcoat-pinnoite sisältää myös parafiiniä, jonka tarkoitus on ehkäistä haitallisen styreenin haihtumista. Pinnoitteet ja lasikuitu yhdistämällä saadaan kestävämpi ja jäykempi runko kuin pelkän lasikuidun avulla. (Pouttu 2005: 38, 41; Wiley 1988: 111–112.)

### 5.1.2 Käsineläminoinnin edut ja heikkoudet

Avoläminointitekniikoilla on monia etuja. Yksi ehdottomasti tärkeimmistä eduista muihin valmistustekniikoihin verrattaessa on minimaaliset käyttöönottokustannukset. Käsineläminointi ei vaadi suuria investointeja erilaisiin koneisiin ja laitteisiin, vaan suurimmat kustannukset muodostuvat lähinnä materiaalikuluista. (SPI Composites Institute 1998: 26.)

Käsinlaminoinnin etuna on myös sen joustavuus tuotantotekniikkana. Käsinlaminoinnilla voidaan valmistaa lähes minkä kokoisia veneitä tahansa. Tekniikkaa on mahdollista hyödyntää pienistä veneistä suurin veneisiin vain muottia vaihtamalla. Joustavuutensa ansiosta käsinlaminointi on edelleen yleisesti käytetty tekniikka yrityksissä, joiden volyyymi on pieni tai joiden tuotevalikoima on laaja. (Strong 2007: 378–379; Wiley 1988: 5.)

Käsinlaminointi on myös teknisesti helppoa verrattuna muihin laminointitekniikoihin. Koska laminointityö on suhteellisen yksinkertaista, mahdolliset uudet työntekijät ovat helposti koulutettavissa laminointitehtäviin. Vaativimpien laminointitekniikoiden kohdalla tilanne on päinvastainen. (Strong 2007: 378–379; Wiley 1988: 95.)

Tekniikalla on etujensa lisäksi myös useita heikkouksia. Eräs keskeisimpiä käsinlaminoinnin heikkouksia on sen hitaus. Muottien valmistus kestää useita viikkoja ja myös itse laminointiprosessi on hidas. Työn tuottavuus on huono, koska kaikki prosessin vaiheet tehdään alusta loppuun käsin. Koska kaikki vaiheet toteutetaan käsityönä, on myös työn laatu hyvin pitkälle riippuvainen työntekijöiden ammattitaidosta ja huolellisuudesta. Esimerkiksi rungon molemmista puolista ei ole mahdollista saada täysin tasaisia, vaan käsin viimeisteltävän sisäpuolen pinta voi jäädä epätasaiseksi. (Pouttu 2005: 37; Wiley 1988: 95.)

Käsinlaminoinnista aiheutuu myös haitallisia päästöjä, joista on haittaa niin työntekijöiden terveydelle kuin ympäristöllekin. Erityisen haitallisia ovat styreenipäästöt. Styreeniä vapautuu laminointiprosessissa hartsista ja sen on todettu olevan ihmisten terveydelle haitallista. (Pouttu 2005: 37.) Esimerkiksi Työterveyslaitoksen (2009 b) OVA-ohjeiden mukaan jo lyhytaikainen altistuminen styreenipäästöille aiheuttaa limakalvojen ja silmien ärsytystä. Muun muassa laminoinnista aiheutuvista päästöistä johtuen veneala ei houkuttele työvoimaa riittävästi, ja osaavista työntekijöistä saattaa olla pulaa tulevaisuudessa (Hentinen 2008).

EU:n muuttuva lainsäädäntö aiheuttaa myös ongelmia käsinlaminoinnille. EU:n tarkoituksena on varmistaa kemikaalien turvallinen käyttö, minkä takia terveydelle

haitallisten kemikaalien käyttöä tullaan todennäköisesti rajoittamaan. Tästä voi olla haittaa käsinlaminointia harjoittaville venealan yrityksille, koska osa laminoinnissa käytettävistä kemikaaleista saattaa poistua markkinoilta, ja korvaavia tuotteita ei ole saatavilla. EU tulee todennäköisesti myös VOC-asetuksen myötä rajoittamaan vaarallisten kemikaalien käytöstä aiheutuvia päästöjä, minkä johdosta esimerkiksi styreeniä sisältävien aineiden käyttäminen voi muodostua ongelmaksi. (Pouttu 2005: 62–65.)

Venealan liiketoimintaympäristö on muuttunut vuosien saatossa ja halpatuotantomaiden asettamat kustannuspaineet ovat pakottamassa venealan yrityksiä tehostamaan tuotantoaan. Käsinlaminointi on tuottavuudeltaan eräs huonoimmista laminoointitekniikoista, minkä takia kyseisen tekniikan käyttäminen saattaa aiheuttaa ongelmia yritysten tulevaisuuden kilpailukyvyille. Tuotantoprosessin ympäristönäkökohdat ovat nykyään myös tärkeässä osassa maailmalla, minkä takia haitallisia päästöjä aiheuttavan tuotantotekniikan käyttäminen voi myös haitata venealan yritysten toimintaa tulevaisuudessa. (Hentinen 2008.)

## 5.2 Ruiskulaminointi

Toinen perinteinen avolaminointitekniikka on ruiskulaminointi. Tuotantotekniikkana ruiskulaminointi edustaa avolaminointitekniikoiden kehittyneempää versiota. Ruiskulaminoinnissa hartsin ja kuidun levitys suoritetaan samanaikaisesti ruiskun avulla, minkä takia laminointiprosessi on huomattavasti nopeampi kuin käsinlaminointi. Ruiskulaminointia voidaan parhaiten käyttää suhteellisen yksinkertaisten, ja riittävän isojen, kappaleiden laminointiin. Monimutkaisten rakenteiden laminointi ruiskun avulla on hankalaa, minkä takia esimerkiksi monet veneiden osat laminoidaan edelleen käsin. (Lee 1992: 326; Strong 2007: 381.)

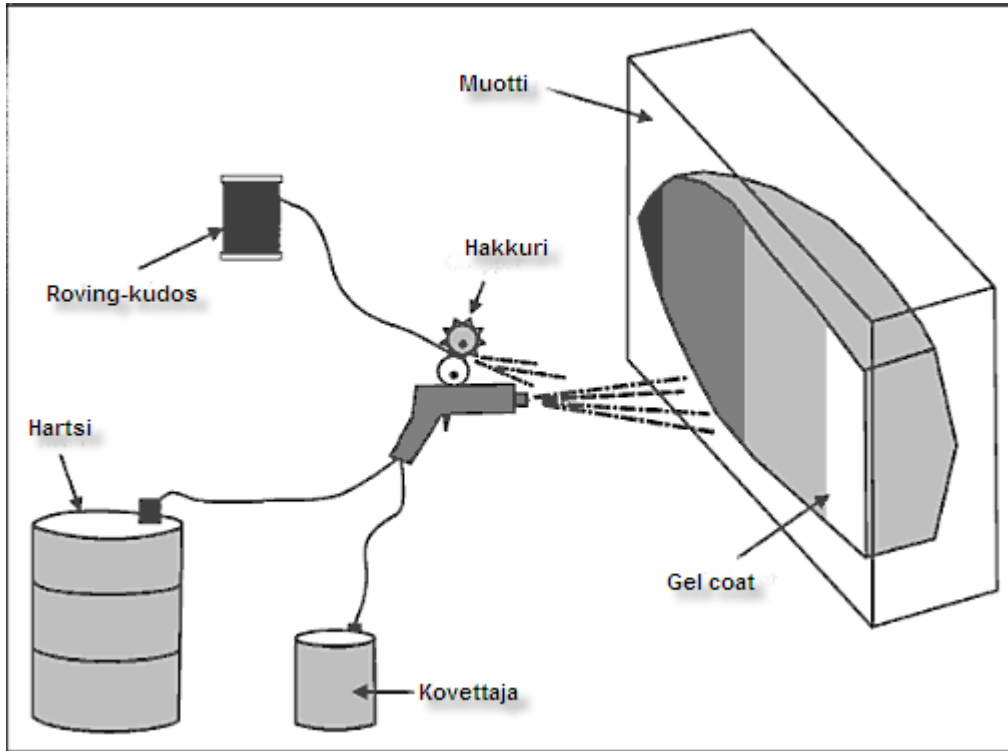
Suomalaisessa veneteollisuudessa ruiskulaminointi on todennäköisesti yleisin käytössä oleva laminoointitekniikka. Suurin syy ruiskulaminoinnin käyttämiselle on laminointiprosessin nopeus käsinlaminointiin verrattuna, minkä ansiosta työn tuottavuus

on huomattavasti käsinlaminointia korkeampi. Vaikka ruiskulaminointi edellyttää investointia ruiskupistooleihin, ovat kyseisen tekniikan investoinnit kuitenkin huomattavasti halvemmat kuin muissa koneavusteisissa laminointitekniikoissa. (Strong 2007: 381.)

### 5.2.1 Valmistusmenetelmä

Ruiskun avulla suoritettu laminointi ei muottien tekemisen ja työvaiheiden osalta juurikaan eroa käsinlaminoinnista. Suurin ero laminointitekniikoiden välillä liittyy kuitumaton ja hartsin levittämiseen. Käsinlaminoinnissa kuitumatto ja hartsi levitetään muottiin käsin. Ruiskulaminoinnissa levitys tapahtuu sen sijaan koneellisen ruiskun avulla. Ruiskun käyttäminen asettaa tiettyjä rajoituksia muun muassa levitettävän hartsin suhteen. Ruiskutettavan hartsin viskositeetin, kyvyn vastustaa muodonmuutoksia, täytyy olla hallittavissa, jotta ruiskulaminointi onnistuu kunnolla. (SPI Composites Institute 1998: 27; Strong 2007: 381.)

Lujitteen ja muovin levittämiseen käytettävä ruisku on samantapainen kuin gelcoat-in levittämiseen käytettävä ruisku. Käsinlaminoinnissa käytettävän lasikuitumaton sijaan, ruiskuun syötetään niin sanottua roving-kudosta, joka on lasikuidusta valmistettua harvahkoa kangasta. Roving-kudos on rakenteellisesti lujempaa kuin lasikuitumatto ja se sisältää myös liimausta helpottavia aineita. Ruiskun päällä oleva hakkuri pilkkoo roving-kudoksen pieniksi paloiksi, jotka ruiskutetaan muottiin yhdessä ruiskuun syötetyn hartsin ja kovetteen kanssa yhtenäisenä virtana (ks. kuva 3). (Dymling 1970: 14; Lee 1992: 326; Muccio 1994: 204.)



**Kuva 3.** Ruiskulaminoititeknikka (Strong 2007: 382).

Laminaatin levityksen jälkeiset työvaiheet ovat identtiset käsinlaminoinnin kanssa. Lujitteen ja muovin levityksen jälkeen kerrokset käsitellään telalla ilmakuplien poistamiseksi. Telauksen avulla myös varmistutaan siitä, että hartsi kastelee lasikuidut kauttaaltaan. Haluttaessa rungon jäykkyyttä voidaan parantaa, vastaavasti kuin käsinlaminoinnissa, laminoimalla useampia kerroksia päällekkäin. Käsinlaminoinnista poiketen lisäkerrosten laminointi tapahtuu myös ruiskun avulla. Monet venevalmistajat lisäävät uusia kerroksia laminoidessaan hartsiin hieman väriainetta, mikä mahdollistaa kerrosten erottamisen toisistaan. Kovettumisvaiheen jälkeen valmis runko nostetaan ulos muotista ja viimeistellään. (SPI Composites Institute 1998: 27; Strong 2007: 383.)

Tekniikan haastavuuden takia markkinoilla on nykyään myös kehittyneempiä versioita ruiskuista. Uudet mallit muun muassa mittaavat automaattisesti oikean määrän hartsia ja kovetetta tiettyä roving-kudosta kohden, varmistaen näin ollen laminaatin oikeat mittasuhteet. Markkinoilta löytyy myös erityisesti ruiskulaminointiin suunniteltuja hartseja, jotka kuivuvat nopeasti ilman valumisongelmia. (Lee 1992: 326–327.)

### 5.2.2 Ruiskulaminoinnin edut ja heikkoudet

Suurin ruiskulaminoitintekniikan etu on laminointiprosessin nopeus. Käsinalaminointiin verrattuna ruiskulaminointi tapahtuu huomattavasti nopeammin, minkä ansiosta työn tuottavuus on myös korkeampi. Samanaikaisen hartsin ja lasikuidun levittämisen ansiosta myös työntekijöiden suorittaman käsityön osuus pienenee, mikä voi parantaa työssä viihtyvyyttä. Paremman tuottavuuden ansiosta myös ruiskulaminoinnista aiheutuvat työvoimakustannukset ovat pienemmät kuin käsinalaminoinnissa. Vaikka ruiskulaminointia ei voida käyttää yhtä monipuolisesti kuin käsinalaminointia, on ruiskun avulla kuitenkin mahdollista laminoida monen eri kokoluokan kappaleita. (Feldman 1989: 166–167; Lee 1992: 326; SPI Composites Institute 1998: 28; Strong 2007: 381.)

Verrattuna muihin koneellisiin laminoitintekniikoihin, ruiskulaminoinnin vaatimat investoinnit ovat pienet, ja käytettävä laitteisto voidaan myös siirtää paikasta toiseen. Näin ollen laminoinnin suorittaminen ei ole riippuvainen tietystä ympäristöstä, vaan laitteistoa voidaan käyttää esimerkiksi monessa eri tehtaassa. Ruiskulaminoinnin eräs etu on myös käytettävän lasikuitumateriaalin edullisuus verrattuna muissa tekniikoissa käytettyihin materiaaleihin. Ruiskulaminoinnissa lasikuitu saadaan roving-kudoksesta, joka on halvempaa kuin lasikuitumatto. (Dymling 1970: 14; Feldman 1989: 166.)

Ruiskulaminoinnin käyttämiseen liittyy myös monia heikkouksia, minkä takia monet suomalaiset venealan yrittäjät pohtivat uudempien, parempien tekniikoiden käyttööntottamista. Ensinnäkin ruiskulaminoinnin käyttäminen edellyttää investoimista ruiskuihin. Verrattuna muihin koneellisiin tekniikoihin, vaadittava investointi on pieni, mutta toisaalta perinteinen käsinalaminointi ei vaadi lainkaan investointeja koneisiin. Ruiskulaminoinnin käyttäminen ei myöskään ole taloudellisesti kannattavaa pienillä valmistusmäärillä, minkä takia tekniikan käyttäminen on järkevää vain suuremmissa tehtaissa. (Feldman 1989: 167; Strong 2007: 381.)

Eräs ruiskulaminoinnin suuri heikkous on hartsin ruiskuttamisen aiheuttamat styreenipäästöt, jotka ovat huomattavasti suuremmat kuin käsinalaminoinnissa.

Haitallisten kemikaalien takia ruiskulaminoititehtaat tulee olla varustettu kunnollisilla ilmastointilaitteilla, mikä taas osaltaan aiheuttaa lisäkustannuksia. Ruiskuttamisen takia myös käytettävän hartsin tulee olla tietyn tyyppistä, koska kaikkia hartsilajeja ei ole mahdollista ruiskuttaa. Ruiskuttaminen hankaloittaa myös kuidun levittämistä, koska kuidun leviämisseurannan hallinta on vaikeaa ruiskutettaessa. (Pouttu 2005: 37; SPI Composites Institute 1998: 28; Strong 2007: 381.)

Ruiskulaminointi on myös teknisesti käsinlaminoitua haastavampaa, minkä takia työntekijöiden ammattitaito ja huolellisuus ovat tärkeässä osassa lopputuloksen laadun kannalta. Laminoitun kerroksen tulee olla jokaisesta kohdasta saman paksuinen, jotta rungon fyysiset ominaisuudet vastaisivat suunniteltua. Pienten ja monimutkaisten kappaleiden laminointi ruiskun avulla on myös teknisesti vaikeaa, mikä asettaa rajoitteita ruiskulaminoinnin käyttökohteille. Ruiskulaminoitun rungon sisäpinta ei myöskään voi olla yhtä tasainen kuin sen ulkopinta johtuen ruiskutustekniikasta. (Feldman 1989: 167; Lee 1992: 326; Strong 2007: 381.)

### 5.3 Prepreg-menetelmä

Prepreg-menetelmä on saanut nimensä menetelmässä käytettävän materiaalin mukaan. Prepreg on lasikuidun tavoin käytettävä puolivalmiste, jossa lujite on valmiiksi esikyllästetty hartsilla. Prepreg sisältää myös koveteainetta, minkä ansiosta yhdistelmä on erinomainen laminoititarkoituksiin. Prepreg:in sisältämä lujite ja hartsin voivat olla lähes mitä tahansa materiaalia. Yleensä prepreg-materiaali valitaan käyttötarkoituksen perusteella, jolloin aineiden käyttölämpötilat ja ominaisuudet ovat optimaaliset. Veneiden valmistuksessa käytetään usein prepreg-materiaalia, jonka lujitteena on käytetty lasikuitua ja hartsina epoksia. (Cripps 2009; NGCC 2009; Pouttu 2005: 37.)

Prepreg-materiaalin valmistaminen on teknisesti haastavaa, johtuen muun muassa valmistusprosessin edellyttämistä tarpeista valmistuslämpötiloista. Prepreg valmistetaan kyllästämällä lasikuitua hartsilla erityisen kyllästyslaitteen avulla. Tämän jälkeen materiaalin annetaan osittain kuivua, jolloin materiaali saavuttaa niin sanotun B-tilan.

Prepreg sisältää valmiiksi tarvittavan hartsin, minkä takia materiaalia tulee säilyttää kylmässä säilyvyyden takaamiseksi. Laminointiprosessissa B-tilassa oleva prepreg-materiaali muotoillaan joko koneella tai käsin muottiin ja lämmitetään, jolloin hartsi aktivoituu tiivistäen lasikuidut yhteen. Materiaalin kunnollisen kiinnittymisen varmistamiseksi lämmitykseen käytetään usein perinteistä tai paineavusteista uunia. (Cripps 2009; Lavender CE Pty Ltd 2009.)

Prepreg-ainetta käytetään pääsääntöisesti rakenteellisesti vaativien tuotteiden valmistamiseen, kun tuotteelta vaaditaan poikkeuksellista lujuutta. Suomalaisessa veneteollisuudessa prepreg-menetelmä ei ole suosituin laminointitekniikka, mutta osa yrityksistä käyttää prepreg-tekniikkaa varsinkin isompien veneiden valmistukseen. (Lee 1992: 313.)

### 5.3.1 Prepreg-valmistusmenetelmät

Prepreg-materiaali on hyvin monikäyttöistä, ja sen laminoimiseen voidaan käyttää useita eri tekniikoita. Ensinnäkin prepreg-liuskojen levittäminen muottiin voidaan tehdä joko käsin tai koneellisesti. Käsinasettelussa prepreg-rullasta leikataan sopivan mittaisia paloja, jotka asetellaan muottiin halutulla tavalla. Materiaalin asettelussa tulee olla tarkkana, koska liuskat täytyy asettaa suunnitelman mukaan tietyn suuntaisesti. Prepreg-liuskat ovat pinnaltaan hieman tahmeita, minkä takia ne kuitenkin pysyvät hyvin kiinni muotissa niitä aseteltaessa. Koneasettelussa kone suorittaa prepregin leikkauksen ja asettelun, minkä ansiosta työntekijöiden fyysisen työn määrä vähenee. Kone asettaa leikkaamansa prepreg-liuskan muottiin ja painaa liuskan tiukasti kiinni liikkumalla edestakaisin kohdealustalla. Asetteluun tarkoitetut koneet ovat hyödyllisiä ja tarkkoja apuvälineitä, jotka myös nopeuttavat asetteluprosessia huomattavasti. Koneet ovat kuitenkin melko kalliita ja eikö niitä voida käyttää kuin lähes suorien pintojen työstämiseen, minkä takia suurin osa asettelusta on edelleen tehtävä käsin. (Lee 1992: 319; Strong 2007: 390–395.)

Prepreg-liuskojen tiivistämiseen ja ilmakuplien poistamiseen voidaan käyttää monia eri tekniikoita. Käytettävissä on muun muassa tyhjiösäkkimenetelmä, paineavusteinen

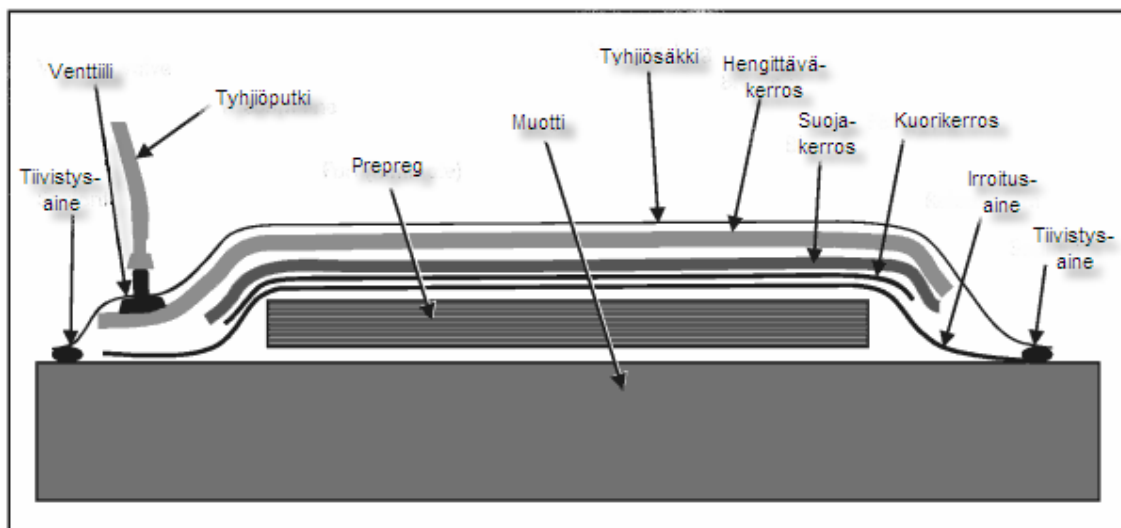


tyhjiösäkkimenetelmä ja painesäkkimenetelmä. Yleisesti prepreg-liuskojen työstämiseen käytetään joko sekä tyhjiösäkkiä että paineavusteista uunia, tai vain toista kyseisistä menetelmistä. (Lavender CE Pty Ltd 2009: Strong 2007: 399.)

*Tyhjiösäkkimenetelmässä* hyödynnetään menetelmän nimen mukaisesti tyhjiötä ylimääräisen ilman poistamiseen ja kerrosten tiivistämiseen. Käytännössä menetelmä toimii niin, että asettelun jälkeen muotin päälle asetetaan säkki, jonka reunat tiivistetään. Tiiviistä säkistä imetään alipaineen avulla ylimääräinen ilma pois, jolloin säkki painuu tiukasti muottia vasten tiivistäen prepreg:in yhtenäiseksi. Kun prepreg-kerroksia on yli neljä kappaletta, tarvitsee ilmanpoistamiseksi suorittaa yleensä useampi alipaine-imentä. Tässä tapauksessa ilman poistaminen suoritetaan jo asettelun yhteydessä kerros kerrokselta. Jokaisen lisätyn kerroksen jälkeen suoritetaan uusi alipaineimu, jonka jälkeen säkki poistetaan ja asetetaan uusi kerros lujitetta. Toimenpide toistetaan kunnes haluttu kerrosmäärä on saavutettu. Laminointiprosessi tyhjiösäkkimenetelmällä toteutetaan vaihe vaiheelta seuraavasti: (Lee 1992: 316–317; Strong 2007: 395-398.)

1. Muotti käsitellään irroitusaineella.
2. Prepreg-liuskat asetellaan muottiin käsin tai koneella.
3. Prepreg-kerrokset käsitellään irroitusaineella tai muodostetaan kuorikerros.
4. Asetetaan suojakerros irroitusaineen päälle (imee ylimääräisen hartsin).
5. Asetetaan kerros hengittävää materiaalia suojakerroksen päälle (säännöstelee ilman ja haitallisten kaasujen kulkua säkissä, yleensä esim. lasikuitua).
6. Asetetaan venttiili ja tyhjiöputki hengittävän kerroksen päälle (muodostaa kytkennän tyhjiöpumpulle).
7. Käsitellään koko rakennelma tiivistysaineella..
8. Haluttaessa voidaan kytkeä kiinni erilaisia mittareita muun muassa paineen ja lämpötilan tarkkailemiseksi.
9. Asetetaan tyhjiösäkki päällimmäiseksi ja viedään venttiili säkin läpi sen ulkopuolelle. Tiivistetään säkin reunat ja venttiilin ulostulo.
10. Käynnistetään tyhjiöpumppu ja tarkistetaan, että säkki ei vuoda.

Tyhjiösäkin sisälle kasataan monia erilaisia aineita kerroksittain. Kaikilla aineilla on oma, tärkeä tehtävänsä prosessissa, minkä takia aineet tulevat olla tietyssä järjestyksessä. Kuvassa 4 on havainnollistettu tyhjiösäkin rakennetta.



**Kuva 4.** Tyhjiösäkin rakenne (Strong 2007: 396).

Ylimääräisen ilman poistamisen jälkeen kerrokset on kovettava. Kovettumisaika ja -lämpötila vaihtelevat prepregin materiaalikoostumuksen mukaan, ja riippuvat muun muassa käytetystä hartsilajista. Kovettamiseen tarvitaan lämpöä, minkä takia yleisesti käytetyin tapa on suorittaa kovetus uunin avulla. Lämmityksen tarkoituksena on sekä kovettaa tuote että poistaa tyhjiöstä haitalliset aineet. Optimaalisen lopputuloksen saavuttamiseksi tarvitaan lämmön lisäksi myös painetta, minkä takia kappale laitetaan uuniin tyhjiösäkissä, mikä mahdollistaa viimeisenkin ylimääräisen ilman ja haitallisten aineiden poistumisen säkistä. (Hexcel 2009: 14; Strong 2007: 398–399.)

*Paineavusteisen uunin* hyödyntäminen pohjautuu vastaavanlaisen tyhjiösäkin pohjalle kuin tyhjiösäkkimenetelmään (ks. kuva 4). Paineavusteisen uunin tapauksessa ylimääräinen ilma poistetaan alipaineen avulla säkistä myös samalla tavalla kuin tyhjiösäkkimenetelmässä. Suurin ero tekniikoiden välillä on kovettamistavassa. Paineavusteisessa menetelmässä kovettamiseen käytetään normaalin uunin sijaan

eräänlaista painekattilaa. Paine kattila tuottaa sekä painetta että lämpöä, minkä ansiosta kerrosten sitoutuminen toisiinsa tapahtuu samanaikaisesti kovettumisen kanssa. Paine kattilan lämpötila ja paine ovat tarkasti säädeltävissä, minkä vuoksi painekattila voidaan myös ohjelmoida. Paineavusteista menetelmää käytetään pääasiassa erityisen haastavien rakenteiden valmistamiseen. (Hexcel 2009: 14; Strong 2007: 399.)

### 5.3.2 Prepreg-menetelmien edut ja heikkoudet

Prepreg-menetelmät tarjoavat monia etuja verrattuna esimerkiksi avolaminointitekniikoihin. Ensinnäkin prepreg-materiaalin hartsin määrä on aina täsmälleen oikea esikyllästyksestä johtuen, minkä ansiosta venevalmistajan ei näin ollen tarvitse huolehtia annostelusta. Lopputuotteen laatu on myös avolaminointitekniikoita parempi, koska hartsi leviää menetelmän ansiosta tasaisesti kaikkialle. Eräs suuri prepreg-menetelmiin liittyvä etu on niiden aiheuttamat vähäiset kemikaalipäästöt. Prepreg-materiaalin valmistaja esikyllästä materiaalit omissa tiloissaan, eli venevalmistajien työilman laatu on huomattavasti parempi. (Cripps 2009; Hexcel 2009; 11; Lee 1992: 316.)

Prepreg-menetelmät ovat osittain automatisoituja prosesseja, minkä johdosta työn tuottavuus on parempi kuin avolaminointitekniikoissa. Paremman tuottavuuden ansiosta lopputuotteiden valmistuskustannukset ovat myös alhaisemmat kuin avolaminointitekniikoilla valmistettujen. Esikyllästetyt tuotteet myös sisältävät enemmän kuitua kuin avolaminointitekniikalla valmistetut, joten ne ovat rakenteellisesti vahvempia. Koneellisesti laminoidut, prepreg-menetelmällä valmistetut tuotteet ovat myös pinnoiltaan tasaisia, minkä takia tuotteet ovat laadukkaampia kuin avolaminointitekniikoilla valmistetut. (Cripps 2009; Hexcel 2009; 11; Lee 1992: 316.)

Prepreg-menetelmiin liittyy luonnollisesti myös heikkouksia. Yksi menetelmiin liittyvä heikkous on prepreg-rullien esikyllästyksestä johtuva kallis hinta, jolloin materiaalikustannukset ovat suuremmat kuin avolaminointitekniikoissa. Menetelmissä käytettävät aineet ja koneet tulee myös valita hyvin huolellisesti, koska ne joutuvat sekä lämmön että paineen rasittamiksi. Vaatimukset koneiden ja valmistusmateriaalien suhteen

asettavat tiettyjä rajoitteita valinnoille. Prepreg-menetelmät ovat myös melko hitaita, ja ne sitovat paljon työvoimaa verrattuna muihin automatisoituihin prosesseihin. (Cripps 2009; Hexcel 2009; 11; Lee 1992: 316.)

*Tyhjiösäkkimenetelmällä* on myös omat etunsa ja heikkoutensa. Menetelmän suurin etu on sen aiheuttamat vähäiset styreenipäästöt. Toinen tyhjiösäkkimenetelmän suuri etu on hartsin tunkeutuminen tasaisesti jokaiseen kerrokseen. Menetelmän ansiosta myös kerrokset kiinnittyvät toisiinsa erittäin tiiviisti. Menetelmällä on kuitenkin myös monia heikkouksia. Ensinnäkin säkin tyhjentäminen alipaineen avulla on teknisesti haastavaa, ja siihen liittyy monia mahdollisia ongelmia. Esimerkiksi jo pieni reikä säkissä voi aiheuttaa suuria komplikaatioita kerrosten kiinnittymiseen ja tuotteen rakenteeseen. Tyhjiösäkkimenetelmän käyttäminen ei myöskään ole mahdollista kaiken muotoisten muottien kanssa. Jos muotti on esimerkiksi kulmikas, säkki ei välttämättä paina imuvaiheessa muotin jokaista kohtaan, mikä aiheuttaa rakenteellisia heikkouksia tuotteeseen. (Lee 1992: 317; Strong 2007: 395, 397.)

Luonnollisesti myös *paineavusteisen uunin* käyttämiseen liittyy omat etunsa ja heikkoutensa. Paineavusteisen uunin etuna on sen mahdollistama lämmön ja paineen yhtäaikainen hyödyntäminen, minkä johdosta paineuunissa kovetetut tuotteet ovat rakenteellisesti vahvempia kuin normaaliuunissa kovetetut. Paineavusteisessa uunissa voidaan myös kovettaa samanaikaisesti useampia pieniä tuotteita, minkä myötä työvoima- ja kovettamiskustannukset alenevat. Paineavusteisen uunin suurin heikkous on sen vaatima investointi. Paineuunit ovat todella kalliita, mutta kuitenkin toiminnaltaan hitaita ja vain tietyn mallisten tuotteiden valmistamiseen soveltuvia, minkä takia monet yritykset eivät niitä hanki. (Cripps 2009; Lee 1992: 318–319; Strong 2007: 399.)

#### 5.4 Alipaineinjektio

Lasikuituveneiden valmistuksessa uusinta teknologiaa edustavat niin sanotut injektio-laminointitekniikat. Suljetut laminointitekniikat, eli injektio-laminointitekniikat, juontavat juurensa jo 1950-luvulla Yhdysvalloissa kehitettyihin tuotantotekniikoihin. Kiinnostus vähäpäästöisiä injektio-laminointitekniikoita kohtaan on kuitenkin kasvanut vasta viime vuosina EU:n laatiman VOC-asetuksen päästörajoitusten myötä. (NGCC 2009.)

Kaikki injektio-laminointitekniikat perustuvat samoihin valmistusperiaatteisiin. Jokaisessa menetelmässä muottiin asetetaan kuiva, hartsiton lujiteaine, jonka jälkeen muotti suljetaan. Hartsi johdetaan suljettuun muottiin paineen avulla, minkä jälkeen tuote kovetetaan ja valmis tuote poistetaan muotista. (Strong 2007: 417.)

Yleisimpiä injektio-laminointitekniikoita ovat niin sanottu alipaineinjektio ja RTM-menetelmä. *Alipaineinjektio* perustuu nimensä mukaisesti alipaineen hyödyntämiseen. Alipaineinjektiossa laminoitava tuote ympäröidään tiiviillä säkillä, johon hartsi imetään alipaineen avulla ulkopuolisesta astiasta. *RTM-menetelmässä* lujiteaine asetetaan koiras- ja naarasmuottien väliin, jotka kiinnitetään toisiinsa kiinni. Hartsia injektoidaan ylipaineella muottien väliseen tilaan, kunnes ilmanpoistoaukoista ei tule enää ilmakuplia. (Muccio 1994: 186; Pouttu 2005: 37.)

Alipaineinjektio-*toimintaperiaate* on luonnollisesti kehittynyt vuosien saatossa, mutta perusperiaatteet ovat edelleen samat. Kehittämistyön suurin haaste on ollut vuosien ajan saavuttaa kustannuksellisesti kilpailukykyinen laminointitekniikka käsinlaminoinnin kanssa. Nykyaikaiset alipaineinjektio-menetelmät ovat jo hyvin lähellä käsinlaminoinnin kustannustasoa, ja esimerkiksi Bill Seemannin kehittämä SCRIMP-menetelmä (Seemann Composite Resin Infusion Manufacturing Process) on vakiinnuttanut asemansa tuotantoteknologiana Britannian teollisuudessa. (Jones, Middleton & Owen 2000: 130.)

Alipaineinjektio on herättänyt suurta mielenkiintoa suomalaisessa veneteollisuudessa viime aikoina. Suurin syy mielenkiinnolle on alipaineinjektion mahdollistama työilman laadun parantuminen ja tasaisen laminointirakenteen saavuttaminen. Alipaineinjektiosta ei myös aiheudu haitallisia styreenipäästöjä, minkä takia tekniikan avulla voitaisiin turvata venealan yritysten kilpailukyky myös tulevaisuudessa. Käytännössä alipaineinjektio on houkutteleva vaihtoehto suomalaiselle venealan yritykselle, koska se tarjoaa suljettujen tekniikoiden etuudet huomattavasti alhaisemmilla käyttöönottokustannuksilla kuin esimerkiksi RTM-menetelmä. (Jones ym. 2000: 125, 130; Pouttu 2005: 37.)

Alipaineinjektiossa voidaan käyttää lujitteena lähes mitä tahansa kuitumateriaalia, ja myös käytettävien hartsien valikoima koostuu useammasta vaihtoehdosta. Yleisimmin lujitteena käytetään kuitenkin perinteistä lasikuitua ja hartsina epoksia. Tuotantoprosessi asettaa käytettäville aineille kuitenkin tiettyjä edellytyksiä, minkä takia kaikkia muissa laminointitekniikoissa käytettäviä aineita ei voida käyttää alipaineinjektiossa. Esimerkiksi hartsina on järkevintä käyttää materiaalia, jonka viskositeetti on mahdollisimman alhainen, jotta hartsi virtaa mahdollisimman hyvin lasikuituihin. (Fiber Glast 2009: 5–6, 10.)

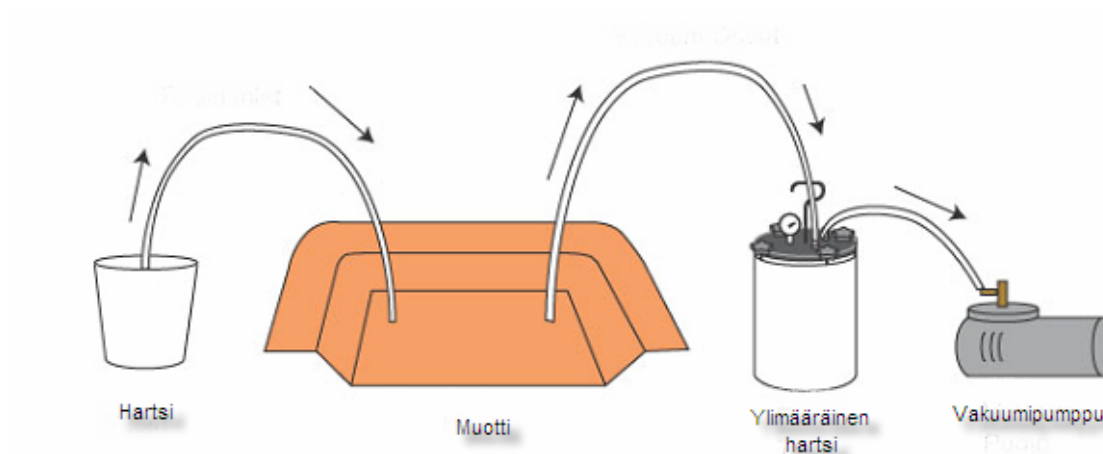
Yleensä alipaineinjektiota käytetään teollisuudessa, kun lopputuotteelta vaaditaan erinomaista kestävyyttä ja laatua. Alipaineinjektion avulla valmistetut tuotteet ovat laadullisesti erinomaisia johtuen laminaatin korkeasta lasikuitupitoisuudesta. Alipaineinjektiota käytetään maailmalla erityisesti lasikuituveneiden runkojen valmistukseen. (Andersson, Gebart, Lundström & Långström 2000: 113; NGCC 2009.)

#### 5.4.1 Valmistusmenetelmä

Alipaineinjektio toteutetaan osittain samalla tavalla kuin tyhjiösäkkimenetelmäkin. Keskeinen ero menetelmien välillä on lujitteessa ja hartsin levityksessä. Tyhjiösäkkimenetelmässä lujitteena käytetään prepreg-materiaalia, kun taas alipaineinjektiossa muottiin asetetaan kuivia lujiteliuskoja. Muotti suljetaan säkillä, joka tiivistetään reunoilta. Säkin rakennus toteutetaan vastaavalla tavalla kuin tyhjiösäkin tapauksessa, ja

kerrokset kasataan samalla tavalla kuin tyhjiösäkissä myös irrotusaineiden ja suojakerrosten osalta. (Jones ym. 2000: 130–131.)

Kun lujitteet ja muut aineet on aseteltu muottiin ja säkki on tiivistetty, kiinnitetään säkkiin hartsisäiliöt, hartsin lähteelle ja prosessin seurauksena muodostuvalle ylimääräiselle hartsille, sekä vakuumpumppu. Tarvittavien kytkentöjen jälkeen aloitetaan varsinainen alipaineimu. Yleensä alipaineimu suoritetaan kaksivaiheisesti. Käynnistetäessä alipaineimu ensimmäisen kerran, tarkoituksena on varmistua säkin tiiviystä ja samalla poistaa ylimääräinen ilma säkistä (ks. kuva 5). (Fibre Glast 2009: 3–4.)



**Kuva 5.** Alipaineinjektion toimintaperiaate (Fibre Glast 2009: 3).

Kun säkki on tyhjä ja lasikuitukerrokset asettuneet kunnolla paikoilleen, imetään ulkopuolisesta säiliöstä säkkiin hartsia, joka kulkeutuu alipaineen avulla kaikkialle lujitteeseen. Ylimääräinen hartsi imetään säkistä ulkoiseen säiliöön alipaineen avulla (ks. kuva 5). Kovettumisvaiheessa säkki poistetaan muotin päältä ja tuote irrotetaan muotista. (Kulshreshtha & Vasile 2002: 78.)

#### 5.4.2 Alipaineinjektion edut ja heikkoudet

Alipaineinjektion käytössä on lukuisia etuja. Kenties suurin alipaineinjektion etu on sen suljettu toimintaperiaate. Suljetut laminointitekniikat eivät aiheuta juuri ollenkaan haitallisia päästöjä, minkä takia ne parantavat työilman laatua huomattavasti. Yhdysvalloissa alipaineinjektion käyttöönotto on alentanut styreenipäästöjä jopa 90 % aikaisempiin tekniikoihin verrattuna. Päästöjen vähäisyyden takia alipaineinjektio täyttää myös EU:n päästörajoitteiden kriteerit, minkä takia tekniikan käyttäminen on myös lain puitteissa mahdollista tulevaisuudessa. (Jones ym. 2000: 132.)

Alipaineinjektion käyttöönotto alentaa myös valmistuskustannuksia monellakin tavalla. Ensinnäkin tekniikan käyttöönottamisesta aiheutuvat kustannukset ovat suhteellisen alhaiset verrattuna esimerkiksi RTM-menetelmään. Alipaineinjektiossa on mahdollista myös käyttää samoja muotteja, joita on käytetty toisissa laminointimenetelmissä, minkä takia muottien tekemisestä aiheutuvat kustannukset laskevat. Alipaineinjektiossa hartsia ei käytetä kuin juuri se määrä mitä valmistukseen tarvitaan, minkä ansiosta hartsin kulutus on pienempi kuin muissa tekniikoissa. Alhaisempi hartsin kulutus vaikuttaa puolestaan suoraan valmistuskustannusten pienenemiseen. Alhaisempien styreenipäästöjen takia myös tehtaiden lämmitys- ja ilmastointikustannukset alenevat. Esimerkiksi ruiskulaminoititehtaissa ilmastointikustannukset ovat merkittävä kustannuserä. Automatisoidun tekniikan käyttöönotto alentaa myös työvoimakustannuksia. Esimerkiksi käsinlaminointiin verrattuna työvoimakustannukset voivat alentua jopa 50 %. (Fibre Glast 2009: 1; Jones ym. 2000: 132.)

Alipaineinjektion myötä lopputuotteiden laatu paranee ja valmistusaika lyhenee. Tekniikan avulla valmistettavat tuotteet ovat pinnoiltaan erinomaisia, ja valmistettavien tuotteiden välillä ei ole myöskään laatueroja. Alipaineinjektion avulla hartsi leviää tasaisesti kaikkiin laminaattikerrokseen muodostaen vahvan rakenteen tuotteelle. Alipaineinjektioilla valmistetut tuotteet sisältävät myös kuitua enemmän kuin esimerkiksi käsinlaminoidut tuotteet, minkä johdosta lopputuote on kestävämpi kuin käsinlaminoidut tuotteet. Tekniikka mahdollistaa myös useimpien kuitujen ja hartsien käytön, minkä vuoksi alipaineinjektion avulla voidaan valmistaa hyvin erilaisia



tuotteita. Tekniikka ei aseta suuria rajoitteita myöskään tuotteiden koolle tai muodolle, vaan tässäkin suhteessa lopputuotevalikoima on laaja. Alipaineinjektiossa on myös mahdollista integroida laminointiprosesseja, mikä mahdollistaa esimerkiksi jäykisteiden laminoinnin yhtäaikaaisesti itse laminaatin kanssa. (Andersson ym. 2000: 113; Jones ym. 2000: 132; Strong 2007: 417.)

Alipaineinjektiossa on myös omat heikkoutensa. Uuden tekniikan käyttöönotto edellyttää aina työvoiman koulutusta, joka vaatii aikaa ja rahaa. Parhaan lopputuloksen saaminen alipaineinjektioilla edellyttää myös perehtymistä lujitteiden ja hartsien ominaisuuksiin, koska esimerkiksi käytettävä hartsin viskositeetin tulisi olla mahdollisimman alhainen optimaalisen virtaavuuden takia. (Jones ym. 2000: 132.)

Säkin käyttäminen asettaa myös omat haasteensa prosessille. Ensinnäkin säkkiin asennettavien vakuumputken ja hartsiputkien sijoittaminen on erittäin tarkkaa, ja väärin sijoitettu putki voi pilata koko laminointiprosessin. Säkin käyttämisessä on myös aina olemassa puhkeamisen vaara. Pienikin reikä säkissä voi aiheuttaa ilman pääsyn säkkiin, mikä voi vaarantaa lopputuotteen rakenteen. (Fibre Glast 2009: 2.)

Johtuen prosessin herkästä virhemahdollisuudesta, alipaineinjektioita käyttöönotto aiheuttaa todennäköisesti jonkin verran viallisia tuotteita. Erityisesti hartsin virtauksen saaminen täsmälleen oikein on haastavaa, minkä takia viallisia tuotteita todennäköisesti syntyy. Alipaineinjektioita käyttöönotto on kokonaisuudessaan melko haastavaa, ja käytännössä tekniikan käyttöönotto edellyttää kuukausien testausta. (Fibre Glast 2009: 2.)

## 5.5 RTM-menetelmä

Toinen yleisesti tunnettu injektio- ja laminointitekniikka on RTM-menetelmä (Resin Transfer Moulding). RTM-menetelmä on monilta osin samankaltainen prosessi kuin alipaineinjektio. Suurin ero prosessien välillä on hartsin levityksessä. Alipaineinjektiossa hartsi imetään alipaineella säkkiin, kun taas RTM-menetelmässä hartsi

injektoidaan kahden kiinteän muotin väliseen tilaan. Prosessien samankaltaisuudesta johtuen RTM-menetelmällä tarkoitetaan alan kirjallisuudessa usein virheellisesti kaikkia injektiolaminointitekniikoita yleisellä tasolla, mikä osaltaan monimutkaistaa termistöä. (Jones ym. 2000: 55; Strong 2007: 417.)

RTM-menetelmässä lujitteena ja hartsina voidaan käyttää lähes mitä tahansa materiaaleja. Yleensä lujitteena käytetään lasikuitua ja hartsina polyesteria tai epoksia. Käytettävän hartsin tulee kuitenkin olla viskositeetiltaan alhainen, jotta hartsi kastelee lasikuidun kauttaaltaan. RTM-menetelmää voidaan käyttää useaan käyttötarkoitukseen. Tekniikan avulla on mahdollista valmistaa erilaisia tuotteita pienistä ja yksinkertaisista tuotteista, suuriin ja monimutkaisiin tuotteisiin. RTM-menetelmän avulla voidaan myös valmistaa korkean kuitupitoisuuden tuotteita, minkä takia esimerkiksi lentoteollisuus on hyvin kiinnostunut tekniikan käyttöönottamisesta. RTM-menetelmää käytetään jonkin verran myös autoteollisuudessa, ja esimerkiksi Ford on ollut kiinnostunut tekniikan hyödyntämisestä. (Jones ym. 2000: 55, 125; Kulshreshtha & Vasile 2002: 20–21; Lee 1992: 326.)

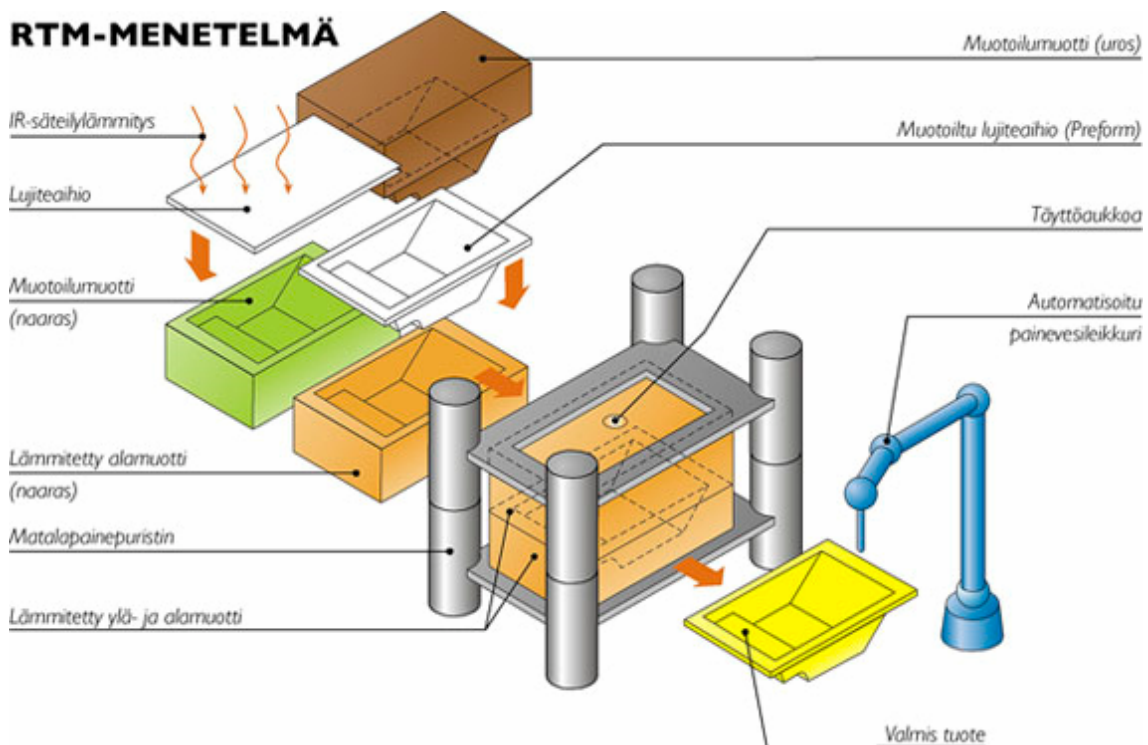
RTM-menetelmän käyttöönottokustannukset ovat suuremmat kuin alipaineinjektio-tekniikassa, minkä takia suomalaiset venealan yritykset eivät ole kiinnittäneet RTM-menetelmään yhtä paljon huomiota kuin alipaineinjektioon. Vaikka RTM-menetelmää voidaan käyttää hyvinkin erilaisten kappaleiden valmistamiseen, ei pääsääntöisesti pienillä venevalmistajilla ole mahdollisuutta investoida RTM-menetelmään korkean hankintahinnan takia. (Jones ym. 2000: 55)

### 5.5.1 Valmistusmenetelmä

RTM-menetelmässä käytetään kahta kiinteää muottia, jotka voidaan valmistaa joko komposiitista tai erilaisista metalleista. Muottien valmistus edellyttää huolellisuutta, koska muottien tulee sopia täydellisesti yhteen laadukkaan lopputuloksen aikaansaamiseksi. Muottien rakenteella on myös suuri merkitys hartsin virtauksen onnistumisen kannalta. Muottien täytyy olla suunniteltu niin, että hartsi pääsee virtaamaan kaikkialle muottitilassa. Muotit tulee myös varustaa venttiileillä yli-

määräisen ilman poistamiseksi muottien välisestä tilasta. Valmiiden muottien väliin asetetaan kerrokset kuivaa lujiteainetta. Usein valmistaja myös kiinnittää lujitekerrokset kiinni toiseen muoteista, jotta lujitekerrokset pysyvät paikallaan hartsin injektoinnin aikana (ks. kuva 6). (Jones ym. 2000: 55; Lee 1992: 326; NGCC 2009.)

Muotit kiinnitetään lujasti toisiinsa kiinni, ettei injektio aiheuttama paine irrota muotteja toisistaan. Hartsi injektoidaan ylipaineen avulla muottien muodostamaan suljettuun tilaan tarkoin valitusta kohdasta. Ylipaineen ansiosta hartsi leviää kaikkialle lujitekerrokseen muodostaen vahvan ja yhtenäisen rakenteen. Hartsin injektioimiseen voidaan käyttää erilaisia laitteita. Käyttötarkoitukseen soveltuvia laitteita on olemassa yksinkertaisista ruiskuista kehittyneisiin systeemeihin, jotka annostelevat automaattisesti oikean määrän aineita. Injektointilaitteesta riippumatta injektio prosessi vaatii huolellisuutta ja erityisesti lämpötilan kontrollointi on tärkeää ennen aikaisen kovettumisen estämiseksi. (Lee 1992: 325–326; NGCC 2009.)



**Kuva 6.** RTM-menetelmän rakenne (Sinex Oy 2009).

Injektointiprosessi on valmis, kun ilmakuplien tulo loppuu venttiileistä. Ilmakuplien loppuminen tarkoittaa sitä, että hartsi on syrjäyttänyt tilan ilman kokonaisuudessaan ja lujite on täysin kyllästetty hartsilla. Prosessin valmistuttua hartsin injektointi lopetetaan ja laminoidun tuotteen annetaan kuivua. Lopuksi kovettunut tuote nostetaan ulos muotista ja viimeistellään. (Kulshreshtha & Vasile 2002: 20–21; Muccio 1994: 186.)

### 5.5.2 RTM-menetelmän edut ja heikkoudet

RTM-menetelmän on pitkälle automatisoitu laminointitekniikka. Automatisoinnin ansiosta tekniikan käyttämiseen tarvitaan vähemmän työvoimaa, kuin esimerkiksi käsinlaminointiin. Vähentyneen työvoiman tarpeen lisäksi prosessi on huomattavasti käsinlaminointia nopeampi, ja valmistuneiden tuotteiden molemmat pinnat ovat korkealaatuisia. Menetelmän avulla tuotetut tuotteet ovat myös aina samanlaisia laadultaan, eikä työn laatu ole juurikaan riippuvainen työntekijöiden ammattitaidosta. RTM-menetelmä, kuten kaikki suljetut menetelmät, ei myöskään aiheuta juuri ollenkaan haitallisia päästöjä, minkä johdosta työilma on parempi ja työvoiman saanti helpompaa. (NGCC 2009.)

Tekniikka mahdollistaa myös sekä pienten että suurien tuotteiden valmistamisen kustannustehokkaasti, eikä tuotanto ole rajoittunut vain tietyn muotoisiin tuotteisiin. Valmistuksessa voidaan käyttää myös monia eri lujitteita sekä hartseja, mikä mahdollistaa erilaisten materiaaliyhdistelmien käyttämisen. Tekniikan avulla voidaan myös valmistaa korkean kuitupitoisuuden tuotteita, joita voidaan käyttää vaativissakin olosuhteissa. Ylipaineinjektio ansiosta hartsi leviää lujitekerrokseen kauttaaltaan, minkä johdosta hartsi-lujite-suhde on kaikkialla kerroksissa yhtä suuri ja tuotteen laatu myös tasaisempi. (Kulshreshtha & Vasile 2002: 21–23; Lee 1992: 326; Strong 2007: 417.)

RTM-menetelmän avulla saavutetaan myös kustannussäästöjä. Automatisoinnin mahdollistama työmäärän aleneminen tarkoittaa luonnollisesti myös pienempiä työvoimakustannuksia. Prosessi on myös huomattavasti käsinlaminointia nopeampi, mikä tarkoittaa tehokkaampaa tuotantoa. Tehokkaampi tuotanto puolestaan laskee yksikkökohtaisia valmistuskustannuksia. Tekniikan avulla myös tehtaan styreenipäästöt

alenevat, mikä taas merkitsee alhaisempia työtilan ilmastointikustannuksia. Tekniikan avulla voidaan tuotteet valmistaa lähelle viimeistelyä kokoaan, minkä ansiosta ylimääräisen materiaalin määrä pienenee. Pienentynyt materiaalinkulutus taas tarkoittaa luonnollisesti alhaisempia materiaalikustannuksia. (Kulshreshtha & Vasile 2002: 22–23; Strong 2007: 417.)

Kenties suurin RTM-menetelmän heikkous on sen suuri käyttöönottokustannus verrattuna muihin tekniikoihin. Suuri käyttöönottokustannus nostaa kannattavan toiminnan edellyttämää minimituotantomäärää. Arvion mukaan RTM-menetelmän käyttäminen edellyttää vähintään 500 tuotteen valmistamista vuosittain ollakseen taloudellisesti kannattava investointi. (NGCC 2009.)

RTM-menetelmässä muottien rakenteella ja suunnittelulla on suuri merkitys onnistuneen lopputuloksen kannalta. Pieni muotin suunnitteluvirhe voi aiheuttaa hartsin leviämisen epätasaisesti, mikä johtaa tuotteen rakenteen heikkenemiseen. Hartsin on myös teknisesti haastavaa saada leviämään tasaisesti kaikkialle muottiin, ja monessa tapauksessa hartsilla on tapana kerrostua reunoihin. Joissakin tapauksissa myös lujitekerrokset eivät pysy paikallaan muotissa injektoinnin aikana, mikä voi muodostua ongelmaksi. (Lee 1992: 326.)

## 5.6 Rotaatiovalu

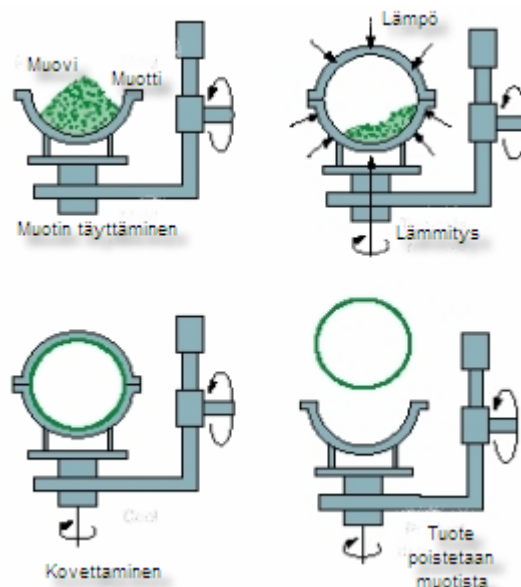
Rotaatiovalutekniikka on yksi uusimmista valmistusmenetelmistä. Tekniikka perustuu alhaisen paineen ja korkean lämpötilan hyödyntämiseen. Menetelmän avulla valmistetaan tyypillisesti onttoja, yksiosaisia muovikappaleita, ja esimerkiksi Buster-veneiden ohjauspulpetit ja penkit valmistetaan rotaatiovalutekniikalla. (Crawford & Kearns 2003: 1.)

Rotaatiovalutekniikka on kehitetty jo vuosisatoja sitten, mutta kiinnostus tekniikka kohtaan nousi vasta 1950-luvulla, jolloin rotaatiovalua käytettiin muun muassa leikkinukkejen valmistuksessa. Tekniikan yleistymisen taustalla olivat uudet, prosessia

varten kehitetyt, materiaalit, jotka laajensivat tekniikan käyttömahdollisuuksia. Tänä päivänä rotaatiovalutekniikka on hyvin kilpailukykyinen vaihtoehto esimerkiksi perinteisille avolaminointimenetelmille ja injektioaminointitekniikoille. Rotaatiovalumenetelmän avulla voidaan valmistaa kustannustehokkaasti hyvin erilaisia ja pinta-laadultaan erinomaisia tuotteita, minkä takia tekniikka on herättänyt mielenkiintoa myös suomalaisessa veneteollisuudessa. (Crawford & Kearns 2003: 1.)

### 5.6.1 Valmistusmenetelmä

Valmistusprosessi alkaa täyttämällä ontto, metallinen muotti nestemäisellä tai kideäisellä muovilla (ks. kuva 7). Muovia asetetaan muottiin valmistettavan kappaleen massan verran. Tarvittava määrä voidaan päätellä esimerkiksi muotin pinta-alan, lopputuotteen paksuuden ja materiaalin tiheyden avulla. Rotaatiovalumenetelmässä muottiin asetettava materiaali käytetään kokonaisuudessaan tuotteen valmistukseen, minkä ansiosta materiaali jätettä ei synny lainkaan. (Beall 1998: 1; Crawford & Kearns 2003: 8–9.)



**Kuva 7.** Rotaatiovaluprosessi (Fawcett 2000).

Seuraavaksi muotin toinen puoli asetetaan materiaalilla täytetyn muotin päälle ja osat kiinnitetään toisiinsa. Suljettu muotti asetetaan koneeseen, joka alkaa pyörittää muottia siirtäen sen samalla uuniin (ks. kuva 7). Pyörivän muotin sisäpinnan lämpötilan saavuttaessa tietyn pisteen alkaa muovi muotin sisällä liimaantua muottiin kiinni. Muotin pyöriessä akselien ympäri muovi leviää kauttaaltaan muotin pinnalle muodostaen koko pinnan peittävän tasaisen kerroksen. Muotin pyörimisnopeudella on suuri merkitys valmistusprosessin onnistumisen kannalta. Suurien ja monimutkaisten kappaleiden valmistaminen ei ole mahdollista suurilla nopeuksilla, minkä takia muottia pyöritetään hitaasti. Yleensä pyörimisnopeus on maksimissaan 12 kierrosta minuutissa. Muottia pyöritetään uunissa normaalisti kahden akselin ympäri. Muotin materiaali-kerroksen paksuuden muodostumista voidaan hallita säätämällä muotin pyörimisnopeutta akseleihin nähden. (Beall 1998: 1; Crawford & Kearns 2003: 11–12.)

Materiaalin levittyä muottiin aloitetaan kovettamisprosessi. Muotti poistetaan uunista ja siirretään tilaan, jossa muotti kovetetaan ilmavirran avulla. Muottia pyöritetään myös kuivumisprosessin aikana, jotta muovi varmasti pysyy kiinni muotissa. Muovin kovettua pyörimisliike lopetetaan ja muotti avataan. Valmis tuote poistetaan muotista ja viimeistellään. (Crawford & Throne 2002: 2.)

### 5.6.2 Rotaatiovalun edut ja heikkoudet

Rotaatiovalumenetelmää voidaan hyödyntää lähes minkä tahansa tuotteen valmistukseen. Tekniikka ei aseta rajoitteita tuotteen koolle tai muodolle, minkä takia rotaatiovalua käytetään usein monimutkaisten tuotteiden valmistukseen. Rotaatiovalun avulla voidaan myös valmistaa monimutkaisempia onttoja kappaleita yhdessä osassa ilman liitoskohtia. Tekniikka mahdollistaa myös useampien kappaleiden samanaikaisen valmistamisen yhdessä uunissa, ja tuotteista voidaan tehdä rakenteeltaan monikerroksisia. (Crawford & Kearns 2003: 16; Crawford & Throne 2002: 9.)

Muottien valmistaminen on myös suhteellisen halpaa, koska muottien ei tarvitse olla kovinkaan paksuja. Valmistusprosessissa muotteihin kohdistuva paine on hyvin pieni, minkä johdosta muottien seinät voivat olla ohuita. Muottien valmistusaika on myös

lyhyt, joten itse valmistusprosessi päästään aloittamaan melko nopeasti tilauksesta. Rotaatiovalun avulla voidaan myös valmistaa pieniä eriä kustannustehokkaasti. Rotaatiovalussa ei aiheudu lainkaan hukkamateriaalikustannuksia, koska materiaali käytetään tuotteeseen kokonaisuudessaan, mikä alentaa materiaalikustannuksia. (Crawford & Kearns 2003: 16; Crawford & Throne 2002: 9.)

Eräs rotaatiovalun suurimpia heikkouksia on rajoittunut materiaalivalikoima. Rotaatiovalussa materiaalit ovat pitkiä aikoja korkeassa lämpötilassa, minkä takia esimerkiksi monet muovit eivät sovellu rotaatiovaluun. Rotaatiovalussa materiaalin täytyy olla kide- tai nestemuodossa, minkä takia materiaalikustannukset ovat myös melko korkeat. Pitkistä lämmitysajoista johtuen myös tuotteiden valmistusajat ovat melko pitkiä. Rotaatiovalu edellyttää monista muista tekniikoista poiketen myös muotin lämmittämistä, minkä takia energiakustannukset nousevat ja valmistusajat pidentyvät. (Crawford & Kearns 2003: 16; Crawford & Throne 2002: 9.)

Rotaatiovalun heikkoutena on myös tuotteiden onttoisuus. Valmistettavat tuotteet eivät sisällä ydintä, ja vain tuotteen toisen pinnan tasaisuutta voidaan kontrolloida. Pitkistä lämmitysajoista johtuen myös riski muovin lämpötilan laskemiselle prosessin aikana on melko suuri. (Beall 1998: 6.)



## 6 LAMINOINTITEKNIKOIDEN VERTAILU

Laminointitekniikat eroavat toisistaan monella tapaa. Merkittävät eroavaisuudet tekniikoiden välillä liittyvät muun muassa kustannuksiin, valmistusaikoihin, haitallisiin päästöihin sekä laminaatin pintojen tasaisuuteen. Taulukossa 4 on lueteltu eri laminointitekniikoiden merkittävimmät eroavaisuudet.

**Taulukko 4.** Laminointitekniikoiden vertailu.

	<b>Käsin-laminointi</b>	<b>Ruisku</b>	<b>Prepreg</b>	<b>Alipaineinjektio</b>	<b>RTM</b>	<b>Rotaatio</b>
<b>Käyt.otto kust.</b>	ei	alhaiset (vain ruisku)	melko korkeat	melko korkeat	korkeat	korkeat
<b>Min. taloud. eräkkoko</b>	ei	pieni	pieni	pieni	korkea	korkea
<b>Valmistusaika</b>	hidas	melko nopea	melko nopea	melko nopea	nopea	nopea
<b>Molempien pintojen tasaisuus</b>	ei mahd.	ei mahd.	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
<b>A-luokan pinnan tasaisuus (toinen puoli)</b>	riippuu ammattitaidosta	riippuu ammattitaidosta	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
<b>Ongelmia päästöistä</b>	kyllä	kyllä	ei	ei	ei	ei
<b>Tuotanto rajoittunut (vain tietyt)</b>	ei	osittain	osittain	osittain	ei	ei

<b>kokoluokat/muodot)</b>						
<b>Tuotteen kuitupitoisuus korkea</b>	ei mahd.	ei mahd.	kyllä	kyllä	kyllä	-
<b>Mat. kust. (valmistuskustannuksista)</b>	50 %	75 %	yli 50 %	50 %	alhaiset (lähellä nettokokoa)	60 %

Taulukko 4 havainnollistaa hyvin laminointitekniikan valinnan vaikeutta. Tekniikat eroavat monessa suhteessa toisistaan ja niiden edut sekä heikkoudet risteävät keskenään. Tuotantotekniikan valinnassa tulee huomioida muun muassa yrityksen tuotevalikoima, tuotantovolyymit, lopputuotteiden käyttökohde sekä investointipotentiali.

Yrityksen tuotantovolyymi on hyvin tärkeä tuotantotekniikan valintakriteeri. Suomalaiset venealan yritykset ovat pääsääntöisesti pieniä tai keskisuuria yrityksiä, joiden tuotantomäärät ovat pieniä. Suljetut laminointitekniikat edellyttävät suurempia tuotantomääriä ollakseen kannattavia, minkä takia suurimmalle osalle venealan yrityksistä kyseiset tekniikat eivät ole järkevä investointi. Esimerkiksi RTM-menetelmä edellyttää joidenkin laskelmien mukaan 500 kappaleen vuosituotantomäärää kustannustehokkuuden saavuttamiseksi. Pienillä volyyymeilla ainoat kannattavat tuotantotekniikat ovat käsinlaminointi ja ruiskulaminointi, jotka mahdollistavat myös pienten tuotantomäärien valmistuksen kustannustehokkaasti. Monessa suomalaisessa venealan yrityksessä käytetään sekä käsinlaminointia että ruiskulaminointia rinnakkain, mikä pienentää valmistusaikaa verrattuna ainoastaan käsinlaminoinnin käyttämiseen.

Tuotantotekniikan valinnassa myös yrityksen tuotevalikoima on tärkeässä osassa. Osa tuotantotekniikoista on rajoittunut vain tietyn kokoisten tai mallisten tuotteiden valmistamiseen, minkä takia laajan tuotevalikoiman omaava yritys ei voi ottaa käyttöön

tiettyjä tekniikoita. Joustavin tuotantotekniikka on ehdottomasti käsinlaminointi, jonka avulla voidaan valmistaa minkä kokoisia tai muotoisia tuotteita tahansa. Sen sijaan esimerkiksi alipaineinjektion avulla ei ole mahdollista laminoida hyvin kulmikkaita tuotteita.

Suuri merkitys valintaprosessissa on myös yrityksen tuotteiden käyttötarkoituksella. Suljettujen laminointitekniikoiden avulla voidaan valmistaa erittäin runsaan kuitupitoisuuden omaavia laminaattirakenteita, joita voidaan käyttää hyvinkin vaativissa olosuhteissa. Sen sijaan avolaminointitekniikoilla ei ole mahdollista saavuttaa yhtä suuria kuitupitoisuuksia kuin suljetuilla menetelmillä.

Kenties suurin merkitys tuotantotekniikan valinnassa on luonnollisesti rahalla. Suljettujen laminointitekniikoiden käyttöönotto edellyttää suurta investointia, mihin pienillä yrityksillä ei yksinkertaisesti ole varaa. Sen sijaan esimerkiksi käsinlaminointi ei edellytä investointia minkäänlaisiin koneisiin tai laitteisiin.

## 7 SUOMALAISEN VENETEOLLISUUDEN NYKYTILA: CASE-YRITYKSET

### 7.1 Lähdemateriaalin keräys

Lähdemateriaalin keräys empiriaosuuden analysoinneille suoritettiin henkilökohtaisilla haastatteluilla venealan yritysten edustajien kanssa. Lähdemateriaalina on käytetty myös Merinovalta saatuja venealan yritystietoja. Haastatteluihin osallistuneet yritykset ovat mukana TEKES:in Vene-ohjelmassa ja haastattelutilaisuuksien käytännönjärjestelyistä vastasi Merinovan Mika Konu. Haastatteluihin osallistui yhteensä neljä suomalaista venealan yritystä sekä kehitysyhteisö. Haastattelut suoritettiin 29.9–30.10.2009 välisenä aikana.

Tutkimukseen osallistuneille yrityksille lähetettiin etukäteen tai esitettiin haastattelutilaisuuden alussa lyhyt tietopaketti, jossa kerrottiin liiketoiminta-alan tulevaisuuden haasteista, lainsäädännön muutoksista ja laminointitekniikoista sekä niiden eduista ja heikkouksista. Tietopaketissa arvioitiin myös ruiskulaminoinnista aiheutuvia yksikkökohtaisia valmistuskustannuksia, ja niitä verrattiin alipaineinjektiosta aiheutuviin vastaaviin kustannuksiin. Lisäksi tietopaketissa arvioitiin erilaisten skenaarioiden avulla vaadittavia vuosituotantomääriä alipaineinjektion kannattavuudelle.

Luvuissa 7, 8 ja 9 lähteinä on käytetty yritysten haastatteluista saatuja vastauksia sekä kirjoittajan omia näkemyksiä. Yritysten tietojen suojaamiseksi vastauksia käsitellään anonyymisti yleisellä tasolla.

Haastatteluissa venealan yritysten edustajilta kysyttiin seuraavia kysymyksiä:

1. Yrityksen perustiedot: liikevaihto, henkilöstömäärä, tuotevalikoima, tuotantomäärät, kohderyhmät ja käytössä olevat tuotantotekniikat
2. Pahimmat kilpailijat
3. Tuotteiden kustannusrakenne
4. Tuotantotekniikoiden yksikkökohtaiset laminoitinkustannukset
5. Työvoiman saatavuus käytössä olevilla tuotantotekniikoilla
6. Kiinnostus uusia tuotantotekniikoita kohtaan: Onko harkittu tekniikan uusimista? / Onko jo päätetty investoinneista?
7. Yrityksen kyky investoida tulevaisuudessa uusiin tuotantotekniikoihin
8. Tuotantotekniikoiden käyttöönottokustannukset
9. Veneiden keskimääräiset valmistusajat
10. Markkina- ja kilpailutilanne
11. Venealan nykytilanne ja tulevaisuuden näkymät

Kattavan analysoinnin mahdollistamiseksi tutkimuksen kohdeyrityksistä selvitettiin perustietojen lisäksi muun muassa työntekijöiden lukumäärä ja toimenkuvat, valmistettavat tuotteet ja niiden tuotantotekniikat, eri tuotteiden vuosituotantomäärät ja kohderyhmät sekä pahimmat kilpailijat.

Laminoitintekniikoiden analysoimiseksi selvitettiin myös eri tuotteiden kustannusrakenteet, laminoinnin aiheuttamat kustannukset eri tuotantotekniikoilla, tuotantotekniikoiden käyttöönottokustannukset, veneiden keskimääräiset valmistusajat eri tuotantotekniikoilla, työvoiman saatavuus päästöjä aiheuttavilla tekniikoilla, kiinnostus uusia tuotantomenetelmiä kohtaan ja yritysten mahdollisuus tai halu investoida uusiin tekniikoihin. Lisäksi yrityksiltä selvittiin heidän näkemyksensä venealan yleisestä tilanteesta ja yrityskohtaisista markkina- ja kilpailutilanteista tänä päivänä. Yrityksiltä tiedusteltiin myös heidän tulevaisuuden näkymistä ja toimintakeinoista prosessien kehittämiseksi.

## 7.2 CASE-yritykset

Tutkimukseen haastateltiin henkilökohtaisesti neljää venealan yritystä sekä kehitysyhteisöä, minkä lisäksi analysoinnissa hyödynnettiin Merinovan tilastoja venealan yritysten tiedoista. Merinovan tilastot kattavat käytännössä kaikki suomalaiset venevalmistajat, joilla on ollut myyntiä viimeisen parin vuoden aikana. Yritysten liikevaihdot, henkilöstömäärät, tuotevalikoimat ja tuotantomäärät vaihtelevat laidasta laitaan. Tilastoissa on mukana eri kokoluokkien yrityksiä mikroyrityksistä suur-yrityksiin.

Henkilökohtaisia haastatteluja suoritettiin neljässä yrityksessä. Tutkimukseen osallistuneet yritykset kattavat hyvin suomalaisen veneteollisuuden erilaiset yritykset. Mukana oli sekä sarjatuotantona pienempiä veneitä valmistavia yrityksiä, että suuria veneitä tilauksesta valmistavia yrityksiä. Haastateltujen yritysten joukossa oli myös lasikuituosien ja -komponenttien valmistajia. Yritysten liikevaihdot vaihtelevat muutamasta sadasta tuhannesta eurosta muutamiin kymmeneen miljooniin euroihin. Vastaavasti myös yritysten henkilöstö- ja tuotantomäärät vaihtelevat huomattavasti. Henkilöstömäärät vaihtelevat välillä 20–250 ja tuotantomäärät välillä 10–500. Taulukossa 5 on esitetty haastateltujen yritysten perustiedot.

**Taulukko 5.** Haastateltujen yritysten perustiedot.

Yrityksen koko	Liikevaihto	Henkilöstömäärä	Lukumäärä
<b>Keskisuuri</b>	< 50 milj. €	< 250 kpl	1
<b>Pieni</b>	< 10 milj. €	< 50 kpl	3
<b>Mikro</b>	< 2 milj. €	< 10 kpl	-
<b>YHT.</b>	~ 35 milj. €	~ 300 kpl	4

Taulukossa 5 esitetyt yritysten kokoluokat ovat jaoteltu Euroopan yhteisöjen komission (2003) yritysten määritelmiä koskevan suosituksen perusteella. Haastatellut yritykset

työllistävät yhteensä noin 300 henkilöä, ja suurimmalla osalla yrityksistä on 20–30 työntekijää.

### 7.3 Käytetyt laminointitekniikat ja kiinnostus uusia tekniikoita kohtaan

Haastateltujen venevalmistajien keskuudessa ylivoimaisesti käytetyimmät valmistusmenetelmät ovat käsinlaminointi ja ruiskulaminointi. Kahdella yrityksellä on käytössään myös alipaineinjektiolaitteisto, jota käytetään joko erilaisten osien tai tiettyjen mallien laminointiin. Haastateltujen yritysten joukossa oli myös rotaatiovalu-tekniikalla erilaisia komponentteja valmistava yritys.

Lähes kaikki haastatelluista yrityksistä ovat kiinnostuneita suljetuista laminointitekniikoista, ja osa yrityksistä oli myös hankkinut koulutusta koskien suljettujen menetelmien käyttöä. Kaikki haastatellut yritykset ovat tietoisia mahdollisista styreenipäästöjä koskevista rajoituksista tulevaisuudessa, minkä takia suljettuihin tekniikoihin on tutustuttu melko laajalti.

Käytännössä ainoa kiinnostuksen kohteena oleva tekniikka valmistajien keskuudessa on alipaineinjektio. Suurin osa valmistajista ei pitänyt RTM-menetelmää järkevänä vaihtoehtona suurten investointi- ja muottikustannusten takia. Rotaatiovalutekniikka sen sijaan on venevalmistajien keskuudessa melko tuntematon valmistusmenetelmä. Osa haastatelluista yrityksistä ei ollut koskaan kuullut veneiden valmistamisesta kyseisellä tekniikalla, ja osa piti rotaatiovalutekniikan valmistusmateriaalia sekä maineeltaan että laadultaan lasikuitua heikompana. Lähes kaikki venevalmistajat uskovat myös lasikuituveneiden olevan rakenteeltaan jäykempiä kuin rotaatiovalutekniikalla valmistetut.

Suurin osa alipaineinjektioon tutustuneista yrityksistä kertoi todenneensa käytännössä valmistusprosessin epävakaaaksi. Tekniikkaa koskevaa koulutusta hankkineiden yritysten mukaan alipaineinjektiokokeilut olivat epäonnistuneet joko osittain tai täysin, minkä takia prosessin toimivuuteen ei uskota. Kokeiluiden epäonnistumisten syynä oli useissa tapauksissa ollut epäonnistunut alipaineimu. Valmistajien mukaan hartsi ei

imeydy lasikuituun muotin kulmikkaissa kohdissa, minkä takia koko laminointiprosessi epäonnistuu. Alipaineinjektiota jo vuosia hyödyntäneiden yritysten mukaan valmistusmenetelmä aiheuttaa käyttöönottovaiheessa melko paljon viallisia tuotteita, mutta oikeiden työtapojen myötä prosessin häiriöherkkyys laskee todella alhaiseksi.

Useat valmistajista uskoivat myös käytössä olevien tuotemallien valmistuksen olevan mahdotonta suljetuilla menetelmillä, minkä takia uusien tuotantotekniikoiden käyttöönotto edellyttäisi myös uusien mallien suunnittelua. Tuotemallien muuttamisen takia venevalmistajat ovat yhtä mieltä siitä, että uuden tekniikan käyttöönotto tulee ajoittaa niin, että tällä hetkellä valmistettavien tuotteiden takaisinmaksuajat otetaan uusien tekniikoiden käyttöönottoprosessissa huomioon. Jos uusi tuotantomenetelmä otetaan käyttöön ennen kuin vanhalla tekniikalla valmistetut tuotteet ovat maksaneet suunnittelu- ja muottikustannuksensa takaisin, aiheutuu yrityksille suuria kustannuksia uuden tekniikan käyttöönottamisen väärinajoittamisesta.

Yritysten mukaan alipaineinjektiokokeiluissa ei ole tullut esille mitään muita syitä uuden tekniikan käyttöönottamiselle kuin styreenipäästöjen poistuminen. Valmistajien mukaan alipaineinjektion myötä materiaalikulutus laskee, mutta koska materiaali on kalliimpaa kuin avolaminoinnissa käytetty, eivät materiaalikustannukset kuitenkaan ole alhaisemmat kuin avolaminoinnissa. Yritysten mukaan myös käyttöönotto- ja muottikustannuksissa ei ole suurta eroa avolaminointitekniikoiden ja alipaineinjektion välillä. Useat valmistajat uskoivat alipaineinjektion käyttöönottamisen kuitenkin aiheuttavan käytännössä suuria kustannuksia epäonnistuneiden tuotteiden muodossa.

Valmistajien mukaan alipaineinjektio ei tuotantoprosessina ole juurikaan ruiskulaminointia nopeampi, joten tekniikan käyttöönottamisella ei ole vaikutuksia myöskään valmistusaikoihin. Useat valmistajista painottivat avolaminointitekniikoiden kehittyneen vuosikymmenten kokemuksen kautta todella luotettaviksi ja laadullisesti erinomaisiksi valmistusmenetelmiksi, minkä takia epävarmoja suljettuja menetelmiä ei haluta ottaa käyttöön. Valmistajien mukaan avolaminointiprosessi epäonnistuu todella harvoin, koska tuotteisiin voidaan tehdä korjauksia myös kesken tuotantoprosessin. Suljetuissa menetelmissä korjausten tekeminen tuotteille prosessin aikana on

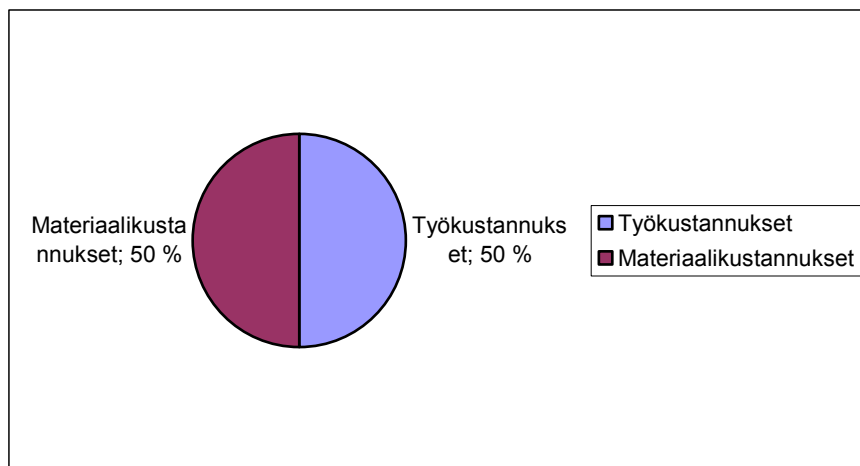


mahdotonta. Valmistajien mukaan suljetut menetelmät edellyttävät myös huolellisempaa muottien suunnittelua ja valmistusta kuin avolaminointimenetelmät, koska valmistettavaan tuotteeseen ei voida tehdä korjauksia prosessin aikana.

Monet valmistajista kertoivat siirtyvänsä suljettuihin laminointimenetelmiin vain, jos avolaminointitekniikoiden käyttö kielletään tai jos suljetut menetelmät mahdollistavat tulevaisuudessa huomattavia kustannussäästöjä. Valmistajien mukaan olisi järjetöntä ottaa suuria tuotannon käynnistyskustannuksia aiheuttava ja epävakaa prosessi käyttöön tilanteessa, jossa kilpailijat kuitenkin jatkavat tuotantoaan entisillä menetelmillä.

#### 7.4 Veneiden kustannusrakenteet

Haastateltuja yrityksiä pyydettiin arvioimaan veneiden valmistuskustannusten kustannusrakennetta jakamalla kustannukset työ- ja materiaalikustannuksiin. Materiaalikustannuksiin luetaan kaikki veneenvalmistuksesta aiheutuvat materiaalikustannukset. Kustannusrakenteiden välillä on havaittavissa eroja riippuen valmistettavan veneen koosta ja tuotantomenetelmästä.



**Kuva 8.** Käsineläminoidun lasikuituveneän kustannusrakenne.

Lasikuituveneiden valmistuskustannukset jakautuvat kuvan 8 mukaisesti käsinlaminoinnissa. Käsinlaminointi on ajallisesti hitain valmistusmenetelmä, minkä takia työkustannusten osuus kokonaiskustannuksista on suurempi kuin muissa valmistusmenetelmissä. Ruiskulaminoinnissa laminointiprosessi on huomattavasti nopeampi kuin käsinlaminoinnissa, minkä takia työkustannusten osuus kokonaiskustannuksista on huomattavasti alhaisempi kuin käsinlaminoinnissa. Ruiskulaminoinnin valmistuskustannuksista noin 25 % aiheutuu työkustannuksista ja noin 75 % materiaalikustannuksista. Alipaineinjektiolla valmistettujen tuotteiden kustannuksista noin 50 % aiheutuu työkustannuksista ja noin 50 % materiaalikustannuksista.

Rotaatiovalettujen tuotteiden kustannusrakenne poikkeaa lasikuituveneiden kustannusrakenteista jonkin verran. Rotaatiovalettujen tuotteiden valmistuskustannuksista noin 60 % aiheutuu materiaalikustannuksista, noin 20 % työkustannuksista ja noin 20 % muista kustannuksista. Muihin kustannuksiin kuuluvat muun muassa viimeistelystä ja pakkaamisesta aiheutuvat kustannukset. Suhteellisen korkea materiaalikustannusten osuus selittyy osittain eri raaka-aine materiaalilla sekä hyvin pitkälle automatisoidulla valmistusprosessilla, jossa työkustannukset ovat hyvin alhaiset.

Tuotantomenetelmästä riippumatta valmistettavan veneen kokoluokka vaikuttaa huomattavasti tuotteen kustannusrakenteeseen. Pienen ja yksinkertaisen veneen materiaalikustannukset ovat suhteellisen alhaiset verrattuna työkustannuksiin, koska materiaalia kuluu käytännössä ainoastaan rungon ja pulpetin valmistukseen. Suuremmissa veneissä materiaalikustannusten osuus kokonaiskustannuksista on työkustannuksia suurempi, koska erilaisia materiaaleja käytetään huomattavasti enemmän. Suuremmissa veneissä materiaaleja kuluu esimerkiksi sisustuksen ja makuutilojen rakentamiseen, joita pienissä veneissä ei ole.

## 7.5 Venealan markkina- ja kilpailutilanne sekä tulevaisuuden näkymät

Valmistajien mukaan venealan markkinatilanne on tällä hetkellä huono talouden taantumien takia. Kuluttajien ostokyvyn heikkeneminen on heijastunut vahvasti venealaan alentuneen tilauskannan muodossa, minkä takia useilla venevalmistajilla on tällä hetkellä taloudellisia ongelmia. Osa haastatelluista venevalmistajista oli joutunut lomauttamaan työntekijöitään huonon tilauskannan takia, ja myös veneiden vienti on yleisesti heikentynyt. Venekauppa on muuttunut taantumien aikana myös luonteeltaan. Nousukauden aikana ilman vaihtovenettä tehtävien venekauppojen osuus kokonaiskauppamäärästä oli noin 90 %. Taantumien aikana sen sijaan lähes jokainen veneenostaja antaa vaihdossa vanhan veneensä. Vaihtoveneiden osuuden lisääntyminen kasvattaa venevalmistajien varastoja ja pienentää venekaupoista saatavien rahallisten suoritteiden määrää.

Talouden taantumien takia lähes kaikkien haastateltujen yritysten kehitysprosessit oli keskeytetty. Kaikki venevalmistajat olivat yhtä mieltä siitä, että tuotantotekniikoiden uudistaminen ei tällä hetkellä ollut ajankohtaista, ja tilannetta tullaan pohtimaan vasta kun veneiden kysyntä on palautunut normaalille tasolle. Venevalmistajat pyrkivät tällä hetkellä alentamaan kustannuksiaan kaikin keinoin, ja resursseja toiminnan kehittämiseen ei ole käytettävissä.

Kilpailu venealalla on tällä hetkellä hyvin voimakasta johtuen talouden taantumasta. Venevalmistajat pyrkivät kaikin tavoin saamaan lisää tilauksia, ja varastoja pyritään pienentämään myymällä veneitä huomattavasti normaalia alhaisempiin hintoihin. Erään venevalmistajan mukaan kilpailu on tällä hetkellä niin kovaa, että veneiden nykyisillä myyntihinnoilla katetaan vain aiheutuvat kustannukset ja veneistä ei saada voittoa lainkaan. Suomen venemarkkinoilla on tarjolla runsaasti eri vaihtoehtoja kaikissa kokoluokissa. Suurin osa suomalaisista venealan yrityksistä myy vuosittain alle 100 venettä, minkä takia kilpailu eri venemallien välillä on todella kiivasta. Venealan pahimmat kilpailijat löytyvät pääasiassa Suomesta, mutta myös muista EU-maista ja halpatuotantomaisista löytyy kilpailijoita, joiden merkitys kasvaa entisestään tulevaisuudessa. Suomalaisveneiden hyvä kysyntä on perustunut vuosikymmenten ajan

veneiden erinomaiseen laatuun. Venevalmistajien mukaan on selvää, että tulevaisuudessa yritysten tulee hakea kilpailuetua myös muiden kuin laatukriteerien perusteella. Halpatuotantomaat tuottavat laadullisesti lähes samanveroisia veneitä huomattavasti pienemmillä kustannuksilla, mikä tulee varmasti vaikuttamaan suomalaisveneiden kysyntään tulevaisuudessa.

Näkemykset venealan tulevaisuudesta vaihtelivat jokseenkin venevalmistajien keskuudessa. Kaikki valmistajat olivat yhtä mieltä siitä, että venekauppa tulee palautumaan entisiin mittoihinsa jossakin vaiheessa lähitulevaisuudessa. Osa uskoi venekaupan kääntyvän nousuun kevään 2010 aikana, ja osa uskoi nousukauden tulevan vasta myöhemmin. Venevalmistajien mukaan osa pienistä yrityksistä joutunee vielä lopettamaan liiketoimintansa seuraavan vuoden aikana huonon tilauskannan takia. Venevalmistajien mukaan suomalaisten venealan yritysten määrä tulee supistumaan tulevaisuudessa, koska pienten valmistajien toiminta on volyymiltaan liian alhaista ja sen takia myös kannattamatonta.

Huolimatta markkinoiden yleisesti huonosta tilanteesta, osa valmistajista oli jo saanut uusia tilauksia ja osalla valmistajista oli myös lähes täysi työllisyys tehtaillaan tälläkin hetkellä. Taantumien vaikutuksen aste venealan yrityksiin vaihtelee melko paljon yritysten valmistamien venemallien mukaan. Taantumien vaikutus isompia veneitä tilauksesta valmistaviin yrityksiin ei ole ollut niin suurta kuin pienempiä veneitä varastoon valmistavilla. Tämä johtunee siitä, että satojen tuhansien eurojen hintaisia veneitä ostavat kuluttajat ovat todennäköisesti ostovoimaisia myös taantumien aikana, minkä takia kyseisen hintaluokan veneiden kysyntä pysyy lähes normaalitasolla.

Venevalmistajat uskovat, että tuotannon ympäristönäkökohdat huomioidaan tulevaisuudessa entistä paremmin. Sekä EU:n että kuluttajien vaatimukset ympäristöystävällisempiä prosesseja kohtaan on otettava huomioon tuotannossa kilpailukyvynturvaamiseksi. Haastatellut yritykset uskovat, että EU ei tule rajoittamaan tuotannosta aiheutuvia styreenipäästöjä ainakaan vielä lähiaikoina. Yritykset arvioivat, että styreenipäästöjä tullaan todennäköisesti rajoittamaan tulevaisuudessa, mutta aikaisintaan 5–10 vuoden kuluttua, jos silloinkaan.

## 8 LAMINOINTITEKNIKOIDEN KUSTANNUKSET

Tässä luvussa esitetyt kustannuslaskelmat perustuvat kokonaisuudessaan venevalmistajilta saatuihin tietoihin. Haastatteluissa saatujen valmistuskustannustietojen välillä on havaittavissa eroavaisuuksia eri valmistajien välillä, mikä selittynee ainakin osittain erilaisilla tuotevalikoimilla sekä tuotantomäärillä. Venevalmistajien antamat kustannustiedot ja teoriaosuudessa käytettyjen lähdekirjojen tiedot ovat myös osittain ristiriidassa. Teoriaosuuden lähdekirjoina on käytetty pääasiassa Yhdysvalloissa kirjoitettuja teoksia, minkä takia teosten tiedot pohjautuvat todennäköisesti Yhdysvaltojen veneteollisuuden tuotantomäärille. Suomen veneteollisuuden tuotantomäärät ovat lähes minimaaliset Yhdysvaltojen veneteollisuuteen verrattuna, minkä takia esimerkiksi suurten volyymien avulla saavutettavat suljettujen menetelmien kustannussäästöt eivät ole mahdollisia Suomen veneteollisuuden tämän hetkisillä tuotantomäärillä.

Kustannuslaskelmissa käsitellään käsinlaminoinnin, ruiskulaminoinnin, alipaineinjektion sekä rotaatiovalun aiheuttamia kustannuksia. Laskelmat on rajattu edellä mainittuihin neljään tuotantomenetelmään, koska kyseiset menetelmät ovat jo käytössä Suomessa ja koska alipaineinjektio sekä rotaatiovalu ovat todennäköisimmät vaihtoehdot Suomen veneteollisuuden tuotantomenetelmiksi tulevaisuudessa.

Venevalmistajien mukaan RTM-menetelmää ei kannata tällä hetkellä ottaa käyttöön Suomessa suurten investointi- ja muottikustannusten takia. RTM-menetelmässä käytettävien muottien kustannukset ovat kaksinkertaiset verrattuna esimerkiksi avolaminoinnin muottikustannuksiin, minkä takia venevalmistajilla ei ole varaa investoida RTM-muotteihin. Venevalmistajien mukaan menetelmän käyttöönotto edellyttäisi myös huomattavia laiteinvestointeja, joihin venealan yrityksillä ei myöskään ole varaa. RTM-menetelmän taloudellisesti kannattava käyttö edellyttää todella suuria tuotantomääriä, joihin Suomessa voidaan päästä vain keskittämällä useiden eri tehtaiden tuotanto yhdelle uudelle tehtaalle.

Prepreg-menetelmän tarkastelu laminoointitekniikoiden kannattavuusanalyysissä ei ole tarkoituksenmukaista, koska prepreg-menetelmällä valmistetaan lähinnä erikoislujia

veneitä. Prepreg-menetelmän käyttöönotto edellyttää melko suuria investointeja, ja valmistusprosessissa käytettävä raaka-aine on myös kalliimpaa kuin avolaminoinnissa käytettävä materiaali, minkä takia prepreg-menetelmä tuskin on suomalaisten lasikuituveneiden valmistusmenetelmä tulevaisuudessa. Prepreg-menetelmää tullaan todennäköisesti käyttämään myös tulevaisuudessa erikoisvahvojen veneiden valmistuksessa, mutta kuluttajille suunnattujen veneiden valmistaminen kyseisellä tekniikalla ei liene kannattavaa.

Vertailukelpoisen kannattavuusanalyysin aikaansaamiseksi on eri valmistusmenetelmien aiheuttamia kustannuksia arvioitu 5,0 metrisen, noin 350 kilogrammaa painavan pulpettiveneen valmistuksessa. Kyseinen venetyyppi on valittu laskelmissa käytettäväksi esimerkkipuveneeksi, koska venetyypin kokonaisvalmistuskustannukset aiheutuvat hyvin pitkälle pelkän rungon laminointikustannuksista, jolloin esimerkiksi sisutuksesta aiheutuvat kustannukset eliminoiduvat automaattisesti pois laskelmista. Tutkielman tarkoituksena on analysoida laminointitekniikoiden kannattavuutta, minkä takia seuraavissa luvuissa esitettävissä esimerkkilaskelmissa käsitellään vain laminoinnista aiheutuvia kustannuksia, ja muun muassa viimeistely- ja sekä pakkaus-kustannuksia ei oteta huomioon. Valmistajien arvioiden mukaan valmistuskustannukset aiheutuvat lähes kokonaisuudessaan laminointikustannuksista, minkä takia eri tekniikoiden kannattavuutta voidaan arvioida pelkkien laminointikustannusten avulla.

Tuotantomenetelmien laminointikustannusten vertailussa lähtökohtana on hypoteettinen suomalainen venevalmistaja, joka tällä hetkellä valmistaa veneitä käsinlaminoimalla omassa tehtaassaan. Näin ollen laskelmissa ei oteta huomioon tehtaan investointikustannuksia, mikäli tekniikan käyttöönottaminen ei sitä edellytä. Suljettujen menetelmien kohdalla mahdollisen uuden tehtaan investointikustannukset otetaan huomioon, mikäli uuden tekniikan käyttöönottaminen edellyttää joko olemassa olevan tehtaan laajentamista tai kokonaan uuden tehtaan rakentamista.

## 8.1 Käsinlaminoinnin kustannukset

Perinteinen käsinlaminointi on käytetyin laminointitekniikka suomalaisessa vene-teollisuudessa. Valmistajien mukaan suurimmat syyt käsinlaminoinnin suosiolle ovat tekniikan minimaaliset käyttöönottokustannukset, erinomainen pintalaatu ja talou-dellisen tuotannon saavuttaminen volyyminääristä riippumatta. Suomalaisten vene-valmistajien tuotantomäärät ovat yleisesti hyvin pieniä, minkä takia käsinlaminointi on yksi harvoista taloudellisesti kannattavista valmistusmenetelmistä.

Haastateltujen yritysten mukaan käsinlaminointi on teknisesti ehkä helpoin valmistusmenetelmä, minkä takia mahdollisten uusien työntekijöiden kouluttaminen on edullista ja yksinkertaista. Käsinlaminoinnista aiheutuu haitallisia styreenipäästöjä, mutta vene-valmistajien mukaan päästöillä ei ole käytännössä vaikutusta työvoiman saatavuuteen, koska suurimmassa osassa työtiloista on erinomaiset ilmastointilaitteet ja työntekijät voivat nykyään suojautua päästöiltä kokonaan suojavaatteiden avulla.

Valmistajien mukaan eräs tärkeä kustannussäästöjä aikaansaava tekijä käsin-laminoinnissa on tuotteen korjausmahdollisuus valmistusprosessin aikana. Lami-noitavan pinnan laatua voidaan tarkkailla koko valmistusprosessin ajan, ja esimerkiksi laminaattikerroksen paksuutta ja tasaisuutta voidaan kontrolloida ennen kovetus-vaihetta. Valmistusprosessin korjausmahdollisuuden ansiosta käsinlaminoinnissa syntyy todella harvoin pilalle menneitä tuotteita, minkä takia käsinlaminoinnista aiheutuu hyvin vähän kustannuksia epäkelpojen tuotteiden muodossa.

Käsinlaminoinnissa myös materiaalin hävikki on melko pieni, koska materiaali onnistutaan käyttämään lähes kokonaisuudessaan laminaattiin. Sen sijaan esimerkiksi ruiskulaminoinnissa syntyy paljon hävikkiä, koska osa materiaalista leviää ruiskun mukana työilmaan. Ruiskulaminoinnissa materiaalinkulutuslaskelmiin joudutaankin laskemaan hävikkilisä, joka on noin 25 % käytettävän materiaalin määrästä. Vastaava luku käsinlaminoinnin laskelmissa on vain 5 %.

Huolimatta pienistä hävikkiluvuista, käsinlaminoinnin tuottavuus valmistusmenetelmänä on todella huono. Pääsyy huonolle tuottavuudelle on valmistusprosessin hitaus, minkä takia valmistettavan tuotteen työkustannukset muodostuvat huomattavan suuriksi. Haastateltujen valmistajien arvioiden mukaan noin puolet käsinlaminoinnin valmistuskustannuksista aiheutuu työkustannuksista. Valmistajien mukaan laskelmien esimerkkiveneen laminoiminen käsin kestää noin 50–55 tuntia. Esimerkiksi ruiskulaminointiin verrattuna veneen valmistusaika on käsinlaminoimalla viisinkertainen.

Veneenvalmistajien mukaan käsinlaminoinnin muottikustannukset yhtä venemallia kohden ovat noin 50 000–100 000 euroa. Muottikustannuksilla käsitetään muottien suunnittelusta, materiaaleista ja valmistuksesta aiheutuvat kustannukset. Valmistajien mukaan uutta venemallia on valmistettava keskimäärin vähintään viisi vuotta, jotta käsinlaminoitun mallin suunnittelu- ja muottikustannukset ovat maksaneet itsensä takaisin.

Valmistajilta saatujen tietojen perusteella lasikuituveneen laminoiminen käsin maksaa noin 5,0 euroa laminoitua kilogrammaa kohden. Kyseinen summa muodostuu 2,5 euron raaka-ainekustannuksesta ja samansuuruisesta työkustannuksesta. Taulukossa 6 on laskettu esimerkkilaskelma käsinlaminoinnin kustannuksista. Esimerkkilaskelmassa on tarkasteltu 5,0 metrisen ja 350 kilogrammaa painavan pulpettiveneen valmistuskustannuksia käsinlaminoimalla. Esimerkkiveneen tuotantovolyymeina on käytetty 500, 100, 34 ja 33 kappaletta vuodessa. 34 ja 33 kappaleen tuotantomäärät ovat mukana kriittisen pisteen havainnollistamiseksi. Myyntihinnaksi on asetettu 10 000 euroa ja muottikustannusten määräksi on arvioitu 100 000 euroa. Käsinlaminoititekniikan käyttöönottamista aiheutuvat kustannukset ovat niin minimaaliset, että niiden vaikutusta laskelmiin ei ole huomioitu.



**Taulukko 6.** Käsinlaminoinnin valmistuskustannukset 10 000 euron myyntihinnalla.

Veneen pituus (m)		5	5	5	5
Veneen paino (kg)		350	350	350	350
Valmistuskustannukset (€/kg)		5	5	5	5
Myyntihinta (€)		10 000	10 000	10 000	10 000
Tuotantomäärä (kpl)		500	100	16	15
Valmistuskustannukset (€)					
	Työ 50 %	875	875	875	875
	Materiaalit 50 %	875	875	875	875
	YHT.	1750	1750	1750	1750
Kate/vene (€)		8 250	8 250	8 250	8 250
Tekniikan					
käyttöönottokustannukset		0	0	0	0
Muottikustannukset (€)		100 000	100 000	100 000	100 000
Myyntitulot (€)		4125000	825000	132000	123750
Valmistuskustannukset (€)		975000	275000	128000	126250
Myyntituotot (€)		3150000	550000	4000	-2500

Taulukossa 6 kokonaisvalmistuskustannukset muodostuvat veneiden yksikkökohtaisten valmistuskustannusten, tekniikan käyttöönottokustannusten ja muottikustannusten summasta. Myyntitulot muodostuvat venekohtaisen katteen ja tuotantomäärän tulosta ja myyntituotot myyntitulojen ja valmistuskustannusten erotuksesta.

Veneen myyntihinnan ollessa 10 000 euroa, laminoinnin valmistuskustannusten osuus myyntihinnasta on 17,50 %. 500 kappaleen vuosituotantomäärällä kyseisen veneen valmistamisesta saataisiin 3 150 000 euron suuruiset myyntituotot. Taulukosta 6 käy ilmi tuotantomäärän erittäin suuri merkitys tuotannon kannattavuuteen. Mikäli esimerkkilaskelman vuosituotantomäärä on 500 kappaleen sijaan 100 kappaletta, ovat vuosittaiset myyntituotot enää vain 550 000 euroa. Esimerkkilaskelmassa tuotannon kannattavuuden kriittinen piste on 16 tuotettua venettä vuodessa. Kriittinen piste saadaan laskemalla tuotantomäärä, jolla vuosittainen katemäärä on yhtä suuri kuin vuosittaiset kustannukset (ks. kaava 1). Kaavassa 1 laskettavaa tuotantomäärää on merkitty X:llä.

$$(1) \quad 8250 X = 1750 X + 100\,000 \leftrightarrow X = 15,38.$$

16 kappaleen tuotantomäärällä saadaan katettua juuri ja juuri aiheutuvat kustannukset ja vuosittaisten myyntituottojen määrä on 4000 euroa. Valmistettaessa 15 venettä vuodessa, muotti- ja valmistuskustannuksia ei saada katettua myyntituloilla, ja tuotannosta syntyy myyntitappiota 2500 euroa.

Laskelmissa on otettava huomioon veneen myyntihinnan suuri merkitys laminointikustannusten prosentuaalisen osuuden määrään. Mikäli veneen myyntihinta olisi taulukon 4 laskelmassa esimerkiksi 8000 euroa, olisi laminointikustannusten osuus myyntihinnasta noin 22 %. Laminointikustannusten osuus veneen myyntihinnasta on sitä suurempi, mitä alhaisempi veneen myyntihinta on. Esimerkkilaskelman myyntituotot 8000 euron myyntihinnalla olisivat huomattavasti heikommat kuin 10 000 euron myyntihinnalla, tuotantomäärästä riippumatta. 8000 euron myyntihinnalla vuosituotantomäärän kriittinen piste on 23 kappaletta. Alle 23 kappaleen tuottaminen 8000 euron myyntihinnalla on kannattamatonta. 500 kappaleen vuosituotantomäärällä vuosittaiset myyntituotot ovat 2 150 000 euroa.

Jos veneen myyntihinta olisi esimerkkilaskelmassa 3500 euroa, ei aiheutuvia kustannuksia saataisi katettua enää millään tuotantomäärällä. 3500 euron myyntihinnalla laminointikustannukset muodostavat 50 % myyntihinnasta, jolloin myyntitulojen ja valmistuskustannusten määrä on identtinen. Kyseisellä myyntihinnalla aiheutuu tuotantomäärästä riippumatta myyntitappiota muottikustannusten verran.

Edellä esitettyjen laskelmien pohjalta voidaan johtaa minimimyyntihinnat eri tuotantomäärille. Käytännössä minimimyyntihinnat saadaan etsimällä myyntihinta, jolla myyntitulojen ja valmistuskustannusten erotus saa lukuarvon nolla. Kaavassa 2 on laskettu veneen minimimyyntihinta 100 kappaleen tuotantomäärällä. Laskettava minimimyyntihinta on merkitty X:llä.

$$(2) \quad (100X - 100 \cdot 1750) - (100 \cdot 1750 + 100 \cdot 000) = 0 \Leftrightarrow X = 4500.$$

Kaavan 2 perusteella tulee minimimyyntihinnan olla 100 kappaleen tuotantomäärällä 4500 euroa. Taulukossa 7 on laskettu minimimyyntihinnat 100, 50, 30 ja 10 kappaleen

vuosituotantomäärille. Suurin osa suomalaisista venealan yrityksistä valmistaa alle 100 venettä vuodessa, minkä takia vuosituotantomääräksi on taulukossa 7 huomioitu vain alle 100 kappaleen tuotantomääriä.

**Taulukko 7.** Käsins laminoidun veneen minimimyyntihinnat eri tuotantomäärillä.

Veneen pituus (m)	5	5	5	5	
Veneen paino (kg)	350	350	350	350	
Valmistuskustannukset (€/kg)	5	5	5	5	
Myyntihinta (€)	4 500	5 500	6 834	13 500	
Tuotantomäärä (kpl)	100	50	30	10	
Valmistuskustannukset (€)					
	Työ 50 %	875	875	875	875
	Materiaalit 50 %	875	875	875	875
	YHT.	1750	1750	1750	1750
Kate/vene (€)		2 750	3 750	5 084	11 750
Tekniikan					
käyttöönottokustannukset	0	0	0	0	
Muottikustannukset (€)	100 000	100 000	100 000	100 000	
Myyntitulot (€)	275000	187500	152520	117500	
Valmistuskustannukset (€)	275000	187500	152500	117500	
Myyntituotot (€)	0	0	20	0	

Taulukon 7 perusteella voidaan todeta, että vuosituotantomäärän ollessa 100 kappaletta, on veneen myyntihinnan oltava 4500 euroa nollatuloksen saavuttamiseksi. Vastaavasti 50 kappaleen vuosituotantomäärällä veneen myyntihinnan on oltava vähintään 5500 euroa, 30 kappaleen vuosituotantomäärällä 6834 euroa ja 10 kappaleen tuotantomäärällä 13 500 euroa.

Käsins laminoinnin kannattavuus on laskelmien perusteella hyvin pitkälle riippuvainen myyntihinnasta ja tuotantomäärästä. Mitä pienempi tuotanto yrityksellä on, sitä korkeampi tulee veneen myyntihinnan olla kokonaiskustannusten kattamiseksi.

## 8.2 Ruiskulaminoinnin kustannukset

Ruiskulaminointi on käsinlaminoinnin rinnalla yleisin laminointitekniikka Suomen veneteollisuudessa. Useassa suomalaisessa venetehtaassa käytetään ruisku-laminointi- ja käsinlaminointimenetelmiä rinnakkain. Ruiskulaminointi on yleinen valmistusmenetelmä veneteollisuudessa, koska ruiskulaminoinnin tuottavuus on hyvä verrattuna käsinlaminointiin, ja tekniikan käyttöönottokustannukset ovat alhaiset suhteessa saavutettavaan tehokkuuden kasvuun.

Ruiskulaminoinnin materiaalikustannukset ovat alhaisemmat kuin käsinlaminoinnissa, koska käytettävän materiaalin lasikustannukset ovat alhaisemmat kuin käsinlaminoinnissa. Ruiskulaminointiprosessissa aiheutuu kuitenkin paljon hävikkiä, koska osa käytettävästä materiaalista leviää ruiskutuksessa työilmaan. Ruiskulaminoinnin kustannuslaskelmissa joudutaankin käyttämään 25 % suuruista materiaalikulutuksen hävikkilisää. Vaikka ruiskulaminoinnin lasikustannukset ovat alhaisemmat kuin käsinlaminoinnissa, ovat ruiskulaminoinnin kokonaismateriaalikustannukset yhtä suuret kuin käsinlaminoinnissa suuresta materiaalihävikistä johtuen.

Ruiskulaminointiprosessissa tuotteeseen voidaan tehdä korjauksia prosessin aikana, minkä takia pilalle menneiden tuotteiden osuus valmistuksesta on pieni. Näin ollen ruiskulaminoinnista ei aiheudu juurikaan kustannuksia pilalle menneiden tuotteiden muodossa. Sen sijaan esimerkiksi suljetut menetelmät aiheuttavat enemmän kustannuksia tässä suhteessa korjausmahdollisuuden puuttumisen takia.

Ruiskulaminoinnin suurin etu kustannustehokkuutta ajatellen on prosessin nopeus. Ruiskulaminointiprosessi on ajallisesti viisi kertaa nopeampi kuin käsinlaminointiprosessi, ja muun muassa kustannuslaskelmien esimerkkiveneen ruiskulaminointi kestää noin 10–15 tuntia. Nopean tuotantoprosessin ansiosta ruiskulaminoinnin avulla saavutetaan huomattavia säästöjä veneiden työkustannuksissa. Vaikka käsinlaminoinnin ja ruiskulaminoinnin materiaalikustannukset ovat yhtä suuret, ovat ruiskulaminoituneen kokonaismateriaalikustannukset alhaisista työkustannuksista johtuen pienemmät kuin käsinlaminoituneen veneen.

Valmistajilta saatujen tietojen mukaan ruiskulaminointi on tällä hetkellä tehokkain lasikuituveneiden valmistusprosessi. Valmistajien mukaan alle 8,5 metristen veneiden laminoiminen on hinta-laatu-suhteen perusteella kannattavinta toteuttaa ruiskun avulla, ja suurempien veneiden laminoiminen on kannattavinta suorittaa käsin.

Ruiskulaminoinnin käyttöönotto edellyttää 10 000 euron suuruista sijoitusta ruiskutuslaitteeseen. Ruiskutuslaitetta voidaan kuljettaa paikasta toiseen, joten se ei ole tehdassidonnainen. Ruiskulaminoinnin käyttöönotto ei yleensä edellytä investointia uuteen tehtaaseen, koska ruiskulla voidaan lähes aina laminoida samoissa tiloissa kuin käsinkin. Ruiskulaminoinnin muottikustannukset eivät juuri eroa käsinlaminoinnin muottikustannuksista.

Valmistajien arvioiden mukaan ruiskulaminoimisen raaka-ainekustannukset ovat suurin piirtein yhtä suuret kuin käsinlaminoinnissa, eli noin 2,5 euroa laminoitua kilogrammaa kohden. Materiaalikustannukset muodostavat arvioiden mukaan ruiskulaminointikustannuksista noin 75 %, jolloin työkustannusten osuus valmistuskustannuksista on vain 25 %, eli 0,833 euroa kilogrammaa kohden. Ruiskulaminoinnin työkustannukset ovat lähes 70 % pienemmät kuin käsilaminoinnin työkustannukset. Materiaali- ja työkustannusten perusteella ruiskulaminoinnin kokonaisvalmistuskustannuksiksi saadaan 3,333 euroa laminoitua kilogrammaa kohden. Taulukossa 8 on laskettu ruiskulaminoinnista aiheutuvia kustannuksia 5,0 metrisen esimerkkiveneen tapauksessa. Laskelman tuotantomäärinä ja myyntihintana on käytetty samoja lukuarvoja kuin käsinlaminoinnin kustannuslaskelmissa. Muottikustannuksiksi on oletettu myös käsinlaminointilaskelmissa käytetty 100 000 euroa, ja tekniikan käyttöönotto-kustannuksiksi on arvioitu ruiskun investointikustannus, 10 000 euroa.

**Taulukko 8.** Ruiskulaminoinnin valmistuskustannukset 10 000 euron myyntihinnalla.

Veneen pituus (m)	5	5	5	5	
Veneen paino (kg)	350	350	350	350	
Valmistuskustannukset (€/kg)	3,333	3,333	3,333	3,333	
Myyntihinta (€)	10 000	10 000	10 000	10 000	
Tuotantomäärä (kpl)	500	100	15	14	
Valmistuskustannukset (€)					
	Työ 25 %	291,6375	291,6375	291,6375	291,6375
	Materiaalit 75 %	874,9125	874,9125	874,9125	874,9125
	YHT.	1166,55	1166,55	1166,55	1166,55
Kate/vene (€)		8 833	8 833	8 833	8 833
Tekniikan käyttöönottokustannukset					
		10 000	10 000	10 000	10 000
Muottikustannukset (€)		100 000	100 000	100 000	100 000
Myyntitulot (€)		4416725	883345	132501,8	123668,3
Valmistuskustannukset (€)		693275	226655	127498,3	126331,7
Myyntituotot (€)		3723450	656690	5003,5	-2663,4

Ruiskulaminoitun veneen myyntihinnan ollessa 10 000 euroa, laminoitukustannusten osuus myyntihinnasta on noin 11,7 %. Kyseisellä myyntihinnalla saavutetaan 500 veneen vuosituotantomäärällä 3 723 450 euron myyntituotot. Mikäli vuosituotantomäärä on 100 kappaletta, myyntituotot ovat 656 690 euroa. Ruiskulaminoinnin tuotannon kriittinen piste voidaan laskea vastaavalla tavalla kuin käsinlaminoinnin kustannuslaskelmassa sivulla 64. Ruiskulaminoinnin tapauksessa kriittisen pisteen laskennassa on otettava huomioon myös tekniikan käyttöönottokustannukset 10 000 euroa (ks. kaava 3).

$$(3) 8833 X = 1166,55 X + 100\,000 + 10\,000 \leftrightarrow X = 14,35.$$

Kaavan 3 perusteella tehtaalla on tuotettava vähintään 15 venettä vuosittain kustannusten kattamiseksi. Jos veneitä valmistetaan vain 14 vuodessa, aiheutuu valmistajalle myyntitappiota noin 2663 euroa. Ruiskulaminoinnin tuotannon kriittinen piste on laskelmien perusteella lähes sama kuin käsinlaminoinnin. Käytetyillä lukuarvoilla laskettuna ruiskulaminoinnin käyttöönottokustannukset ovat lähes identtiset käsinlaminoinnin kanssa, minkä takia investointien kattamiseksi tarvittava valmistusvolyymi on lähes

identtinen tekniikoiden välillä. Ruiskulaminoinnin laminointikustannukset ovat yhteensä noin 3,333 euroa laminoitua kilogrammaa kohden, joka on noin 33 % vähemmän kuin käsinlaminoinnin tapauksessa. Alhaisempien valmistuskustannusten ansiosta ruiskulaminoinnilla voidaan saavuttaa käsinlaminoinnin aikaansaamat myyntituotot alhaisemmalla tuotantovolyymilla. Esimerkiksi käsinlaminoimalla saavutetaan esimerkkiveneen tapauksessa 100 kappaleen tuotantomäärällä noin 550 000 euron suuruiset myyntituotot. Samansuuruisten myyntituottojen aikaansaamiseksi täytyy ruiskulaminoimalla valmistaa vain noin 90 kappaletta, eli noin 10 % vähemmän kuin käsinlaminoimalla.

Ruiskulaminoinnin kustannuslaskelmissa on otettava huomioon myyntihinnan vaikutus kannattavuuteen samalla tavalla kuin käsinlaminoinninkin tapauksessa. Vertailupohjan saamiseksi on tarkoituksenmukaista arvioida ruiskulaminoinnin kustannuksia samoilla myyntihinnoilla kuin käsinlaminoinnin laskelmissa. Mikäli ruiskulaminoitavan veneen myyntihinta olisi 10 000 euron sijaan 8000 euroa, olisi laminointikustannusten osuus myyntihinnasta lähes 14,6 %. 500 kappaleen vuosituotantomäärällä saavutettaisiin kyseisellä myyntihinnalla 2 723 450 suuruiset myyntituotot. Myyntihinnan laskeminen 2000 eurolla alentaa vuosittaisia myyntituottoja siis 1 000 000 euroa. Tuotantomäärän kriittinen piste 8000 euron myyntihinnalla on 20 kappaletta. Kriittinen piste on 8000 euron myyntihinnan tapauksessa kolme kappaletta vähemmän kuin käsinlaminoinnin tapauksessa, ja alle 20 kappaleen valmistaminen kyseisellä myyntihinnalla on siis kannattamatonta ruiskulaminoimalla.

Ruiskulaminoinnin tapauksessa veneen minimimyyntihinnan on oltava vähintään 2334 euroa, jotta myyntituloilla on mahdollista kattaa aiheutuvat kustannukset. Kyseisellä myyntihinnalla myyntituottojen aikaansaanminen tosin edellyttää epärealistisia tuotantomääriä.

Taulukon 8 laskelmien perusteella voidaan jälleen laskea minimimyyntihinnat eri tuotantomäärille vastaavalla tavalla kuin käsinlaminoinnin tapauksessa sivulla 65. Taulukon 9 laskelmassa on vertailutietojen saamiseksi käytetty samoja tuotantomääriä kuin käsinlaminoinnin minimimyyntihintojen laskemisessa.

**Taulukko 9.** Ruiskulaminoitun veneen minimimyyntihinnat eri tuotantomäärillä.

Veneen pituus (m)		5	5	5	5
Veneen paino (kg)		350	350	350	350
Valmistuskustannukset (€/kg)		3,333	3,333	3,333	3,333
Myyntihinta (€)		3 434	4 534	6 000	13 334
Tuotantomäärä (kpl)		100	50	30	10
Valmistuskustannukset (€)					
	Työ 25 %	291,6375	291,6375	291,6375	291,6375
	Materiaalit 75 %	874,9125	874,9125	874,9125	874,9125
	YHT.	1166,55	1166,55	1166,55	1166,55
Kate/vene (€)		2 267	3 367	4 833	12 167
Tekniikan käyttöönottokustannukset		10 000	10 000	10 000	10 000
Muottikustannukset (€)		100 000	100 000	100 000	100 000
Myyntitulot (€)		226745	168372,5	145003,5	121674,5
Valmistuskustannukset (€)		226655	168327,5	144996,5	121665,5
Myyntituotot (€)		90	45	7	9

Taulukon 9 perusteella voidaan todeta, että ruiskulaminoimalla minimimyyntihinnat voivat olla suurilla tuotantovolyyymeilla käsinlaminointia alhaisemmat. Esimerkiksi 100 kappaleen vuosituotantomäärällä minimimyyntihinnan on oltava vähintään 3434 euroa, joka on noin 24 % vähemmän kuin käsinlaminoinnin minimimyyntihinta 4500 euroa vastaavalla tuotantomäärällä. Minimimyyntihintojen ero tekniikoiden välillä kaventuu tuotantomäärän pienentyessä. 50 kappaleen tuotantomäärällä minimimyyntihinnan on oltava ruiskulaminoimalla 3367 euroa, 30 kappaleen tuotantomäärällä 4833 euroa ja 10 kappaleen tuotantomäärällä 12 167 euroa. Vastaavasti käsinlaminoimalla minimimyyntihinnan on oltava 50 kappaleen tuotantomäärällä vähintään 5500 euroa, 30 kappaleen tuotantomäärällä 6834 euroa ja 10 kappaleen tuotantomäärällä 13 500 euroa.

### 8.3 Alipaineinjektion kustannukset

Alipaineinjektio on ehdottomasti suurinta kiinnostusta herättänyt suljettu laminointitekniikka suomalaisessa veneteollisuudessa. Alipaineinjektio on käyttöönotto-



kustannuksiltaan edullisin suljettu laminointitekniikka, minkä takia suomalaiset venealan yritykset ovat testanneet ja tutkineet eniten kyseistä tekniikkaa. Tällä hetkellä Suomessa on muutamia venealan yrityksiä, jotka valmistavat lasikuituveineitä alipaineinjektiolla. Suurin osa suomalaisista alipaineinjektiota hyödyntävistä yrityksistä käyttää alipaineinjektiota avolaminointitekniikoiden rinnalla, ja alipaineinjektion avulla valmistetaan usein esimerkiksi tiettyjä veneen osia. Venevalmistajien mukaan alipaineinjektio ei ole todennäköisesti saavuttanut suosiota veneiden runkojen valmistuksessa, koska monet valmistajat ovat käytännössä todenneet valmistusprosessin käyttöönottamisen edellyttävän jopa kuukausien sisäänajoa, minkä aikana myyntikelpoisia lopputuotteita ei välttämättä onnistuta valmistamaan lainkaan.

Alipaineinjektio on muiden suljettujen valmistusmenetelmien tapaan osittain automatisoitu prosessi. Automatisoinnin tasoa arvioitaessa alipaineinjektio asettuu avolaminointitekniikoiden ja rotaatiovalun välimaastoon. Alipaineinjektiossa hartsin levitys ja ilmanpoisto laminaattikerrosten välistä tapahtuu automaattisesti alipaineen avulla, mutta alipainesäkin asettelu ja tiivistys sekä alipainelaitteiston kytkeminen tapahtuvat manuaalisesti. Uusien työntekijöiden koulutuksesta aiheutuvat kustannukset eivät todennäköisesti juurikaan eroa muiden tekniikoiden koulutuskustannuksista.

Alipaineinjektio alentaa valmistusprosessin materiaalikulutusta noin 20 % avolaminointitekniikoihin verrattuna, koska valmistusprosessissa kuluu lähes puolet vähemmän hartsia kuin avolaminoinnissa. Alipaineinjektiossa hartsia käytetään juuri se määrä, joka tarvitaan lasikuitukerrosten vahvistamiseen, ja ylimääräinen hartsi imetään ulkoiseen astiaan, minkä ansiosta hartsin hävikkimäärä on todella alhainen. Joidenkin venevalmistajien mukaan alipaineinjektion materiaalikulutukset eivät kuitenkaan ole alhaisemmat kuin avolaminointitekniikoissa, koska alipaineinjektiossa käytettävä materiaali on kalliimpaa kuin avolaminoinnissa käytettävä. Osa venevalmistajista sen sijaan kertoi laskeneensa materiaalikulutusten olevan jopa 30 % alhaisemmat kuin avolaminoinnissa. Todennäköisesti alipaineinjektion materiaalikulutukset ovat prosessin käyttöönoton alkuvaiheessa avolaminoinnin kanssa samalla tasolla, mutta prosessin sisäänajovaiheen jälkeen alipaineinjektion avulla saavutettaneen materiaalikulutussäästöä.

Alipaineinjektion ongelmana on, kuten muissakin suljetuissa valmistusmenetelmissä, että tuotteen rakennetta ei voida korjata valmistusprosessin aikana. Alipaineinjektion onnistuminen on hyvin pitkälle riippuvainen valmistettavan tuotteen muodosta ja alkuvalmistelujen tekemisestä. Esimerkiksi jos hartsi ei alipaineimussa imeydy kaikkialle laminaattirakenteeseen, tuote on korjaus- ja käyttökelvoton. Joidenkin venevalmistajien mukaan alipaineinjektiokokeiluissa on todettu prosessin olevan hyvinkin häiriöherkkä, ja esimerkiksi teräväkulmaisten muottien laminoiminen alipaineinjektiolla on käytännössä lähes mahdotonta. Valmistajien mukaan alipaineinjektion käyttöönotto edellyttäisi kokonaan uusien venemallien suunnittelua, koska nykyisten mallien valmistaminen ei onnistu alipaineinjektiolla.

Monet haastatelluista valmistajista olivat sitä mieltä, että tämän hetkiselällä tietotaidolla ei Suomessa kyetä valmistamaan kuin tiettyjä osia tai esimerkiksi purjeveneen kansia. Alipaineinjektiota pääasiallisena valmistusmenetelmänä käyttävät valmistajat kertoivat, että tekniikan käyttöönottamista aiheutuu paljon kustannuksia pilalle menneiden tuotteiden muodossa. Alipaineinjektio on veneen valmistusmenetelmänä täysin erilainen kuin avolaminointi, minkä takia uuden menetelmän käyttöönottaminen edellyttää pitkäjänteisyyttä ja peräänantamattomuutta. Muutaman päivän kokeiluilla ei varmastikaan onnistuta alipaineinjektion käyttöönotossa, mutta pidempiaikaisen sisäänajon kautta prosessi on mahdollista ottaa käyttöön. Alipaineinjektiovalmistajien mukaan prosessin sisäänajon jälkeen valmistusmenetelmä on helposti toistettava, ja pilalle menneitä tuotteita syntyy todella harvoin.

Alipaineinjektion eräs keskeisimpiä etuja on valmistusprosessin nopeus. Venevalmistajien mukaan alipaineimu kestää noin 20–30 minuuttia viisi metrisen esimerkkiveneen tapauksessa, joten hartsin levitys ja rakenteen tiivistys tapahtuvat todella nopeasti. Valmistusprosessin ongelmana on kuitenkin manuaalisten alkuvalmistelujen ajallinen kesto. Esimerkiksi alipainesäkin asettamisessa ja tiivistämisessä, sekä alipainelaitteiston asentamisessa kuluu melko paljon aikaa, minkä takia itse alipaineimun mahdollistama ajallinen säästö menetetään hitaista alkuvalmisteluista johtuen. Venevalmistajien mukaan alipaineinjektio ei tällä hetkellä ole käytännössä

juurikaan ruiskulaminointia nopeampi valmistusprosessi, minkä takia myös aiheutuvat työkustannukset eivät ole alhaisemmat kuin ruiskulaminoinnissa. Alipaineinjektiovalmistajien mukaan alkuvalmisteluiden tekeminen on mahdollista tehdä noin puolessa tunnissa, kun prosessin kulku on sisäistetty, ja työntekijät ovat harjaantuneita uuteen valmistusmenetelmään.

Alipaineinjektion käyttöönotto ei vaadi valtavia investointeja. Venevalmistajien mukaan valmistusprosessissa tarvittava alipainepumppu maksaa noin 15 000 euroa, minkä lisäksi kustannuksia aiheutuu lähinnä alipainesäkistä ja tiivistysmateriaaleista. Valmistusprosessissa käytettävä laitteisto ei vaadi suurta fyysistä tilaa, minkä ansiosta alipaineinjektio on mahdollista toteuttaa samoissa tiloissa kuin avolaminointikin. Näin ollen alipaineinjektion käyttöönotto ei edellytä investointia uuteen tehtaaseen, ja tekniikan käyttöönottokustannukset ovat huomattavasti alhaisemmat kuin muissa suljetuissa valmistusmenetelmissä. Alipaineinjektiossa käytettävät muotit ovat arvioiden mukaan suurin piirtein samanhintaisia kuin avolaminoinnissa käytettävät muotit. Alipaineinjektiossa lopputuotteen laatu on pitkälle riippuvainen muottien pinnan laadusta, minkä takia alipaineinjektiossa käytettävien muottien tulee olla pinnoiltaan tasaisempia kuin esimerkiksi avolaminoinnissa.

Alipaineinjektion materiaalikustannukset ovat alhaisemman hartsimäärän ansiosta noin 30 % alhaisemmat kuin ruiskulaminoinnissa. Ruiskulaminoinnin materiaalikustannukset ovat noin 2,5 euroa laminoitua kilogrammaa kohden. Alipaineinjektion materiaalikustannukset ovat näin ollen 1,75 euroa laminoitua kilogrammaa kohden, eli 70 % ruiskulaminoinnin materiaalikustannuksista. Valmistajien arvioiden mukaan alipaineinjektion kokonaisvalmistuskustannukset ovat alhaisemmista materiaalikustannuksista huolimatta samansuuruiset ruiskulaminoinnin kanssa. Ruiskulaminoinnin kokonaisvalmistuskustannukset ovat noin 3,333 euroa laminoitua kilogrammaa kohden, jonka perusteella voidaan laskea alipaineinjektion työkustannukset vähentämällä ruiskulaminoinnin kokonaiskustannuksista alipaineinjektion materiaalikustannukset. Alipaineinjektion työkustannuksiksi saadaan kyseisellä laskutavalla noin 1,583 euroa laminoitua kilogrammaa kohden. Alipaineinjektion manuaaliset työvaiheet kestävät ajallisesti melko kauan, minkä takia alipaineinjektion työkustannukset ovat suuremmat kuin

ruiskulaminoinnissa. Laskelmien perusteella alipaineinjektion kokonaiskustannuksista noin puolet aiheutuu työkustannuksista ja noin puolet materiaalikustannuksista. Taulukossa 10 on laskettu alipaineinjektiosta aiheutuvia valmistuskustannuksia 5,0 metrisen esimerkkiveneen tapauksessa. Laskelmissa veneen myyntihintana, muottikustannuksina ja tuotantomäärinä on käytetty samoja lukuarvoja kuin avolaminointimenetelmien laskelmissa. Tekniikan käyttöönottokustannuksiksi on arvioitu alipaine pumpun hinta 15 000 euroa.

**Taulukko 10.** Alipaineinjektion valmistuskustannukset 10 000 euron myyntihinnalla.

Veneen pituus (m)		5	5	5	5
Veneen paino (kg)		350	350	350	350
Valmistuskustannukset (€/kg)		3,333	3,333	3,333	3,333
Myyntihinta (€)		10 000	10 000	10 000	10 000
Tuotantomäärä (kpl)		500	100	15	14
Valmistuskustannukset (€)					
	Työ 50 %	583,275	583,275	583,275	583,275
	Materiaalit 50 %	583,275	583,275	583,275	583,275
	YHT.	1166,55	1166,55	1166,55	1166,55
Kate/vene (€)		8 833	8 833	8 833	8 833
Tekniikan					
käyttöönottokustannukset		15 000	15 000	15 000	15 000
Muottikustannukset (€)		100 000	100 000	100 000	100 000
Myyntitulot (€)		4416725	883345	132501,8	123668,3
Valmistuskustannukset (€)		698275	231655	132498,3	131331,7
Myyntituotot (€)		3718450	651690	3,5	-7663,4

Taulukon 10 perusteella voidaan todeta, että alipaineinjektiolla valmistettujen tuotteiden myyntituotot ovat lähes identtiset ruiskulaminoitujen kanssa, koska tuotekohtaiset valmistuskustannukset ovat samansuuruiset molemmissa tekniikoissa. Käytännössä alipaineinjektion myyntituotot ovat tuotantomäärästä riippumatta aina 5000 euroa alhaisemmat kuin ruiskulaminoinnilla, koska alipaineinjektion käyttöönottokustannukset ovat kyseisen summan verran ruiskulaminointia korkeammat. Esimerkiksi 500 kappaleen tuotantomäärän tapauksessa alipaineinjektion myyntituotot ovat 3 718 450 euroa, kun ruiskulaminoinnin myyntituotot vastaavalla tuotantomäärällä ovat 3 723 450 euroa. Lähes identtisistä kustannuksista johtuen alipaineinjektion

tuotantomäärän kriittinen piste on myös sama 15 kappaletta kuin ruiskulaminoinnin tapauksessa (ks. kaava 4).

$$(4) 8833 X = 1166,55 X + 100\,000 + 15\,000 \Leftrightarrow X = 15,00.$$

Identtisistä valmistuskustannuksista johtuen alipaineinjektio on tuottavuudeltaan ruiskulaminoinnin kanssa samalla tasolla. Alipaineinjektion laminointikustannukset ovat myös noin 33 % vähemmän kuin käsinlaminoinnin tapauksessa, ja samoin kuin ruiskulaminoimalla, myös alipaineinjektiolla voidaan saavuttaa käsinlaminoinnin myyntituotot noin 10 % alhaisemmilla tuotantomäärillä.

Myyntihinnan alentamisella 8000 euroon on luonnollisesti alipaineinjektion tapauksessa myös vastaavanlaiset vaikutukset kuin ruiskulaminoinnin tapauksessa. Esimerkiksi 500 kappaleen tuotantomäärällä myyntituottojen määrä on 2 718 450 euroa, joka on 5000 euroa vähemmän kuin ruiskulaminoinnin tapauksessa. Käytännössä ruiskulaminoinnin ja alipaineinjektion myyntituottojen ero on veneen myyntihinnasta riippumatta aina käyttöönottokustannusten eron verran. Myyntihinnan alentaminen 2000 eurolla laskee vuosittaisia myyntituottoja myös alipaineinjektion tapauksessa tasan 1 000 000 euroa. Tuotantomäärän kriittinen piste on 8000 euron myyntihinnalla alipaineinjektion tapauksessa 21 kappaletta, eli yhden kappaleen enemmän kuin ruiskulaminoinnin tapauksessa. 8000 euron myyntihinnalla käyttöönottokustannusten eron vaikutus kasvaa jo sen verran suuremmaksi, että kriittisten pisteiden välille muodostuu yhden kappaleen ero.

Taulukon 10 tietojen perusteella voidaan jälleen laskea minimimyyntihinnat eri tuotantomäärille alipaineinjektiovalmistuksessa. Taulukossa 11 on laskettu minimimyyntihinnat 100, 50, 30 ja 10 kappaleen tuotantomäärille.

**Taulukko 11.** Alipaineinjektoidun veneen minimimyyntihinnat eri tuotantomäärillä.

Veneen pituus (m)		5	5	5	5
Veneen paino (kg)		350	350	350	350
Valmistuskustannukset (€/kg)		3,333	3,333	3,333	3,333
Myyntihinta (€)		3 484	4 634	6 167	13 834
Tuotantomäärä (kpl)		100	50	30	10
Valmistuskustannukset (€)					
	Työ 50 %	583,275	583,275	583,275	583,275
	Materiaalit 50 %	583,275	583,275	583,275	583,275
	YHT.	1166,55	1166,55	1166,55	1166,55
Kate/vene (€)		2 317	3 467	5 000	12 667
Tekniikan käyttöönottokustannukset		15 000	15 000	15 000	15 000
Muottikustannukset (€)		100 000	100 000	100 000	100 000
Myyntitulot (€)		231745	173372,5	150013,5	126674,5
Valmistuskustannukset (€)		231655	173327,5	149996,5	126665,5
Myyntituotot (€)		90	45	17	9

Taulukon 11 perusteella voidaan todeta, että alipaineinjektoidujen veneiden minimimyyntihinnat ovat vain hieman korkeammat kuin ruiskulaminoitujen veneiden minimimyyntihinnat. Käytännössä minimimyyntihinnat tekniikoiden välillä ovat hyvin lähellä toisiaan, ja ruiskulaminoitujen veneiden minimimyyntihinnat ovat keskimäärin vain muutaman prosenttiyksikön verran alhaisempia kuin alipaineinjektoidujen veneiden. Esimerkiksi 100 kappaleen tuotantomäärällä alipaineinjektoidun veneen minimimyyntihinta on 3484 euroa, kun taas ruiskulaminoitujen veneen minimimyyntihinta vastaavalla tuotantomäärällä on 3434 euroa. 50 kappaleen tuotantomäärällä alipaineinjektoidun veneen minimimyyntihinta on 4634 euroa, 30 kappaleen tuotantomäärällä 6167 euroa ja 10 kappaleen tuotantomäärällä 13 834 euroa.

Venevalmistajien mukaan alipaineinjektiomenetelmän käyttöönottamisesta ei tällä hetkellä ole yritykselle muuta etua kuin styreenipäästöjen loppuminen ja veneen kokonaisuksen aleneminen. Laskelmat tukevat venevalmistajien tietoja, ja käytettyjen lukuarvojen perusteella alipaineinjektiolla ei saavuteta kustannussäästöä ruiskulaminointiin verrattuna. Mikäli jokin venevalmistaja onnistuu standardoimaan ali-

paineinjektioprosessin, on tekniikan avulla mahdollistaa saavuttaa kustannussäästöjä työkustannusten laskiessa.

#### 8.4 Rotaatiovalun kustannukset

Rotaatiovalu on yksi viimeaikaisimmista veneiden valmistustekniikoista, ja tällä hetkellä kukaan suomalainen venevalmistaja ei tiettävästi valmista veneitä kokonaisuudessaan rotaatiovalulla. Ainakin kaksi suomalaista venevalmistajaa kuitenkin käyttää veneissään rotaatiovalettuja pulpetteja. Maailmalla rotaatiovalu on huomattavasti yleisempi valmistustekniikka ja esimerkiksi Norjassa sekä Yhdysvalloissa valmistetaan rotaatiovalettuja pulpettivenettä paljon. Venevalmistajien mukaan rotaatiovalu ei ole yleistynyt Suomessa, koska rotaatiovaletut veneet eivät ole valmistajien mielestä laadultaan samantasoisia lasikuituveneiden kanssa.

Rotaatiovalu on suljettu valmistusmenetelmä, jossa valmistusprosessi on hyvin pitkälle automatisoitu. Prosessista ei aiheudu lainkaan haitallisia styreenipäästöjä, ja korkean automaatioasteen ansiosta lopputuotteen laatu ei ole kovinkaan riippuvainen työntekijöiden ammattitaidosta. Automatisoinnin ansiosta rotaatiovalun käyttööntamamisesta ei aiheudu myöskään suuria työvoiman koulutuskustannuksia.

Rotaatiovalussa veneiden valmistusmateriaalina käytetään yleensä polyeteeniä, joka on edullisempaa kuin lasikuitu. Raaka-aineen edullisuuden ansiosta rotaatiovalun materiaalikustannukset ovat huomattavasti alhaisemmat kuin avolaminointitekniikoissa. Raaka-aine annostellaan valmistusprosessissa koneellisesti, minkä takia prosessin materiaalihävikki on pieni. Minimaalisen materiaalihävikin takia rotaatiovalusta aiheutuvat hävikkikustannukset ovat pienet. Lasikuituun verrattuna polyeteenin etuna on myös materiaalin kierrätettävyys. Käytetty polyeteeni voidaan jauhaa raaka-aineeksi ja käyttää uudelleen. Sen sijaan käytettyä lasikuitua ei voida hyödyntää millään tavoin jatkojalostuksessa.

Rotaatiovalutekniikan heikkous kustannuksia ajatellen on prosessin aikaisen korjaustyömahdollisuuden puuttuminen. Rotaatiovalutekniikka toteutetaan lähes kokonaisuudessaan koneellisesti, minkä takia tuotetta ei voida muokata prosessin aikana. Jos valmistusprosessissa tapahtuu häiriö, on valmistuva lopputuote korjaus- ja käyttökelvoton. Valmistajien mukaan valmistusprosessi ei kuitenkaan ole kovin häiriöherkkä, ja arviolta vain 3 % valmistuvista tuotteista on viallisia. Venevalmistajien mukaan 3 % vikatuotemäärä tuotantoprosessissa on yleisesti hyväksyttävä taso.

Rotaatiovalun eräs keskeisimpiä etuja on tuotantoprosessin nopeus. Esimerkilaskelmissa käytetyn 5,0 metrisen pulpettiveneen valmistaminen rotaatiovalulla kestää vain 1,5 tuntia. Esimerkiksi ruiskulaminointiin verrattuna tuotantoprosessi on siis lähes viisi kertaa nopeampi. Nopean valmistusajan ansiosta työn tuottavuus on korkea, ja aiheutuvat työkustannukset todella pienet. Valmistajien mukaan yhden rotaatiovalulaitteiston käyttämiseen tarvitaan vain kaksi työntekijää, jotka hoitavat koko valmistusprosessin alusta loppuun saakka.

Rotaatiovalutekniikan käyttöönotto edellyttää avolaminointitekniikoihin verrattuna suurta investointia. Arvioiden mukaan veneiden valmistukseen soveltuva rotaatiovalukone maksaa noin 500 000 euroa. Kyseinen laite on fyysisiltä mitoiltaan iso, ja laite vaatii arviolta 300 neliömetrin suuruisen lattiapinta-alan. Käytännössä laitteen käyttöönoton edellyttää siis myös uuden tehtaan rakentamista. Rotaatiovalun muottikustannukset ovat myös kalliimmat kuin esimerkiksi avolaminointitekniikoissa. Arvion mukaan 5,0 metrisen esimerkkilaskelmien veneen muottikustannukset ovat noin 150 000–200 000 euroa. Valmistusprosessissa käytettävät muotit on valmistettava alumiinista, minkä takia muottikustannukset ovat korkeammat kuin avolaminointitekniikoissa.

Venevalmistajilta saatujen tietojen mukaan rotaatiovalun materiaalikustannukset ovat noin 1,60 euroa valmistettua kilogrammaa kohden ja kahden työmiehen työkustannukset 0,6 euroa valmistettua kilogrammaa kohden. Sekä materiaali- että työkustannukset ovat siis selvästi alhaisemmat kuin avolaminointitekniikoissa. Taulukossa 10 on laskettu 5,0 metrisen esimerkkiveneen rotaatiovalukustannukset.



Valmistajilta saatiin rotaatiovalun kustannuksista huomattavasti muita tekniikoita yksityiskohtaisempaa tietoa, minkä takia kustannuslaskelma on tarkempi kuin muiden valmistusmenetelmien tapauksissa. Taulukon 12 laskelmassa on työ- ja materiaali-kustannusten lisäksi huomioitu myös muut valmistuksen aiheuttamat kustannukset. Laskelmassa on eritelty muun muassa yleiskustannuslisät, kaasukustannukset, arvioidut hävikkikustannukset sekä viimeistely- ja pakkauskustannukset. Yleiskustannuslisäksi laskelmassa on arvioitu 0,05 euroa valmistettua kilogrammaa kohden, ja kaasukustannukseksi 0,18 euroa valmistettua kilogrammaa kohden. Hävikkikustannuksiksi on arvioitu 3 % valutyön kustannuksista. Lisäksi laskelmissa on arvioitu viimeistelyyn käytettävän yksi miestyötunti, jonka kustannukset ovat 30 euroa. Venekohtaisten pakkauskustannusten on arvioitu muodostuvan 10 euron hintaisesta teippirullasta ja kahdesta 1,40 euron kappalehintaista hitsauslätkästä. Kustannuslaskelmassa on muottikustannusten hinnaksi arvioitu 200 000 euroa, tekniikan käyttöönotto-kustannukseksi rotaatiovalulaitteiston hinta 500 000 euroa, uuden tehtaan investointi-kustannukseksi 2 000 000 euroa ja veneen myyntihinnaksi aikaisemmissa laskelmissa käytetty 10 000 euroa.

Rotaatiovalun käyttöönottokustannukset ovat yhteensä noin 2,7 miljoonaa euroa, minkä takia on realistista olettaa, että yrityksen tulee ottaa pankista lainaa investointien kattamiseksi. Rotaatiovalun kustannuslaskelmassa oletetaan avolaminointi- ja alipaine-injektiolaskelmien tapaan, että muottikustannukset saadaan katettua ilman pankkilainaa. Sen sijaan laite- ja tehdasinvestointeihin joudutaan ottamaan pankista 2,5 miljoonan euron suuruinen laina, jonka takaisinmaksuaika laskelmassa on 10 vuotta. Lainan rahoituskustannuksiksi oletetaan 5 %. Näin ollen 500 000 euron suuruisen tekniikan käyttöönottokustannuksen vuosittainen lainan lyhennyssumma on 50 000 euroa, johon lisätään 5 % suuruinen rahoituskuluosuus 25 000 euroa. Tekniikan käyttöönottamisesta aiheutuu yritykselle toiminnan käynnistämivuonna yhteensä 75 000 euron suuruinen kustannus. Uuden tehtaan lainan vuosittainen lyhennyssumma on 200 000 euroa, johon lisätään vastaavalla tavalla 5 % suuruinen rahoituskuluosuus 100 000 euroa. Uuden tehtaan rakentamisesta aiheutuu toiminnan käynnistämivuonna yhteensä 300 000 euron suuruinen kustannus. Rahoituskuluosuuksien määrät pienenevät vuosittain lainamäärän

laskiessa. Taulukon 12 laskelmassa on käytetty tuotantomäärinä samoja lukuarvoja kuin aikaisempien kustannuslaskelmien kohdalla.

**Taulukko 12.** Rotaatiovalun valmistuskustannukset 10 000 euron myyntihinnalla.

Veneen pituus (m)	5	5	5	5
Veneen paino (kg)	350	350	350	350
Myyntihinta (€)	10 000	10 000	10 000	10 000
Tuotantomäärä (kpl)	500	100	70	69
Valmistuskustannukset (€)				
Työ 0,6 € / kg	210	210	210	210
Materiaalit 1,60 € / kg	560	560	560	560
Insertit 4 kpl a`3 €	12	12	12	12
Kaasu 0,18 € / kg	63	63	63	63
Yk-lisä 0,05 € / kg	17,5	17,5	17,5	17,5
Valutyön kust. YHT.	862,5	862,5	862,5	862,5
Hävikkikustannukset 3 %	25,875	25,875	25,875	25,875
<b>Valutyön omakust. hinta</b>	<b>888,375</b>	<b>888,375</b>	<b>888,375</b>	<b>888,375</b>
Viimeistelykust. 30 € / h	30	30	30	30
Pakkauskustannukset yht.	12,8	12,8	12,8	12,8
Omakustannushinta YHT.	931,175	931,175	931,175	931,175
Kate/vene (€)	9 112	9 112	9 112	9 112
Tekniikan käyttöönottokust. (€)				
Uuden tehtaan investointikust.(€)	75 000	75 000	75 000	75 000
Muottikustannukset (€)	300 000	300 000	300 000	300 000
Myyntitulot (€)	200 000	200 000	200 000	200 000
Valmistuskustannukset (€)	4555812,5	911162,5	637813,8	628702,1
Myyntituotot (€)	1019187,5	663837,5	637186,3	636297,9
Myyntituotot (€)	3536625	247325	627,5	-7595,75

Rotaatiovaletun veneen myyntihinnan ollessa 10 000 euroa, valutyön omakustannushinnan osuus myyntihinnasta on noin 9 %. Rotaatiovaletuilla veneillä saadaan 500 kappaleen tuotantomäärällä aikaan 3 536 625 euron suuruiset myyntituotot. Kyseisellä tuotantomäärällä rotaatiovalun myyntituotot ovat vain noin 5 % alhaisemmat

kuin esimerkiksi ruiskulaminoinnin myyntituotot vastaavalla tuotantomäärällä. Taulukon 12 laskelmassa ei ole otettu huomioon viimeistely- ja pakkauskustannuksia venekohtaisissa valmistuskustannuksissa aikaisempien laskelmien kanssa vertailukelpoisen tuloksen aikaansaamiseksi, vaan myyntituotot on laskettu valutyön omakustannushinnan perusteella. Rotaatiovalun valmistuskustannukset ovat huomattavasti pienemmät kuin avolaminointitekniikoilla. Vastaavalla myyntihinnalla valmistuskustannukset muodostavat käsinlaminoinnissa 17,50 % myyntihinnasta, ja ruiskulaminoinnissa 11,70 %.

Rotaatiovalun tuotantomäärän kriittinen piste 10 000 euron myyntihinnalla saadaan laskettua vastaavalla tavalla kuin käsinlaminoinnin kriittisen pisteen laskelmassa sivulla 65. Rotaatiovalun tapauksessa laskelmassa täytyy lisäksi huomioida uudesta tehtaasta aiheutuvat kustannukset (ks. kaava 5).

$$(5) \quad 9112 X = 888,375 X + 75\,000 + 300\,000 + 200\,000 \Leftrightarrow X = 69,92.$$

Rotaatiovalutekniikalla on kaavan 5 perusteella siis valmistettava vähintään 70 venettä ensimmäisenä toimintavuonna, jotta saavutetaan nollatulot. Rotaatiovalun edellyttämä vuosituotantomäärä on suuri muihin tekniikoihin verrattuna, koska käsinlaminoinnin tuotannon kriittinen piste oli aikaisempien laskelmien perusteella vain 16 kappaletta vuodessa, ja ruiskulaminoinnin sekä alipaineinjektion tapauksessa vain 15 kappaletta vuodessa.

Rotaatiovalun tapauksessa on tarkoituksenmukaista tarkastella myyntihinnan vaikutusta tuottoihin vastaavalla tavalla kuin avolaminointitekniikoiden tapauksessakin. Mikäli rotaatiovalun veneen myyntihinta olisi vain 8000 euroa, olisi valutyön omakustannushinnan osuus myyntihinnasta noin 11 %. 500 kappaleen vuosituotantomäärällä saavutettaisiin kyseisellä myyntihinnalla 2 536 625 euron suuriset myyntituotot. Myyntihinnan alentaminen 2000 eurolla laskisi vuosittaisia myyntituottoja tasan miljoona euroa. Tuotantomäärän kriittinen piste 8000 euron myyntihinnalla on 93 kappaletta vuodessa. Myyntihinnan alentaminen 2000 eurolla edellyttäisi siis noin 33 % suurista tuotantovolyymien kasvua.

Taulukon 12 pohjalta voidaan johtaa jälleen minimimyyntihinnat eri tuotantomäärille vastaavalla tavalla kuin käsinlaminoinnin laskelmissa sivulla 65. Tuotantomäärinä on taulukossa 13 käytetty samoja lukuarvoja kuin muiden tekniikoiden minimimyyntihintalaskelmissa.

**Taulukko 13.** Rotaatiovaletun veneen minimimyyntihinnat eri tuotantomäärillä.

Veneen pituus (m)	5	5	5	5
Veneen paino (kg)	350	350	350	350
Myyntihinta (€)	7 527	13 277	20 944	59 277
Tuotantomäärä (kpl)	100	50	30	10
Valmistuskustannukset (€)				
Työ 0,6 € / kg	210	210	210	210
Materiaalit 1,60 € / kg	560	560	560	560
Insertit 4 kpl a`3 €	12	12	12	12
Kaasu 0,18 € / kg	63	63	63	63
Yk-lisä 0,05 € / kg	17,5	17,5	17,5	17,5
Valutyön kust. YHT.	862,5	862,5	862,5	862,5
Hävikkikustannukset 3 %	25,875	25,875	25,875	25,875
<b>Valutyön omakust. hinta</b>	<b>888,375</b>	<b>888,375</b>	<b>888,375</b>	<b>888,375</b>
Viimeistelykust. 30 € / h	30	30	30	30
Pakkauskustannukset yht.	12,8	12,8	12,8	12,8
Omakustannushinta YHT.	931,175	931,175	931,175	931,175
Kate/vene (€)	6 639	12 389	20 056	58 389
Tekniikan				
käyttöönottokust. (€)	75 000	75 000	75 000	75 000
Uuden tehtaan investointikust.(€)	300 000	300 000	300 000	300 000
Muottikustannukset (€)	200 000	200 000	200 000	200 000
Myyntitulot (€)	663862,5	619431,3	601668,8	583886,3
Valmistuskustannukset (€)	663837,5	619418,8	601651,3	583883,8
Myyntituotot (€)	25	12,5	17,5	2,5

Taulukon 13 perusteella rotaatiovaletun veneen minimimyyntihinnan on oltava 100 kappaleen tuotantomäärällä vähintään 7527 euroa, 50 kappaleen tuotantomäärällä

vähintään 13 277 euroa, 30 kappaleen tuotantomäärällä vähintään 20 944 euroa ja 10 kappaleen tuotantomäärällä vähintään 59 277 euroa. Taulukosta 13 käy selvästi ilmi, että rotaatiovalulla on valmistettava vähintään 100 venettä vuodessa. Jos vuosituotantomäärä on esimerkiksi vain 50 kappaletta, on veneen myyntihinnan oltava yli 13 000 euroa, joka on liian paljon kyseisen koko luokan veneestä.

## 9 VALMISTUSMENETELMIEN KANNATTAVUUSANALYYSI

Luvussa 8 on laskettu eri valmistustekniikoista aiheutuvia kustannuksia tekniikan käyttöönottovuonna. Laskelmien perusteella voidaan huomata, että tekniikan kannattavuuteen vaikuttavat suuresti muun muassa yksikkökohtaiset valmistuskustannukset, tuotantomäärät sekä tekniikan edellyttämien investointien kustannukset. Aiheutuvien kustannusten lisäksi valmistusmenetelmien kannattavuusanalyyseissa on huomioitava myös muut kuin taloudelliset tekijät. Taulukossa 14 on vertailtu edellisessä luvussa käsiteltyjen valmistusmenetelmien kustannuksia ja muita tekijöitä.

**Taulukko 14.** Valmistusmenetelmien vertailu.

	<b>Käsin- laminointi</b>	<b>Ruisku- laminointi</b>	<b>Alipaine- injektio</b>	<b>Rotaatiovalu</b>
Valm.kust. / kg (€)	5	3,333	3,333	2,2
Tuotannon kriittinen piste (kpl)	16	15	15	70
Esimerkkiveneen valm.kust. (€)	1750	1166,55	1166,55	888,375
Muottikust.	100 000	100 000	100 000	200 000
Tekniikan käyt.otto.kust (€)	-	10 000	15 000	500 000
Uuden tehtaan inv.kust. (€)	-	-	-	2 000 000
Myyntituotot / 100 kpl (€)	550 000	656 690	651 690	247 325
Myyntituotot / 500 kpl (€)	3 150 000	3 723 450	3 718 450	3 536 625
Susikappale -%	lähes 0	lähes 0	alus- korkea, lopulta ~ 0	3
Valmistusaika (h)	50 - 55	10	~1	~1,5

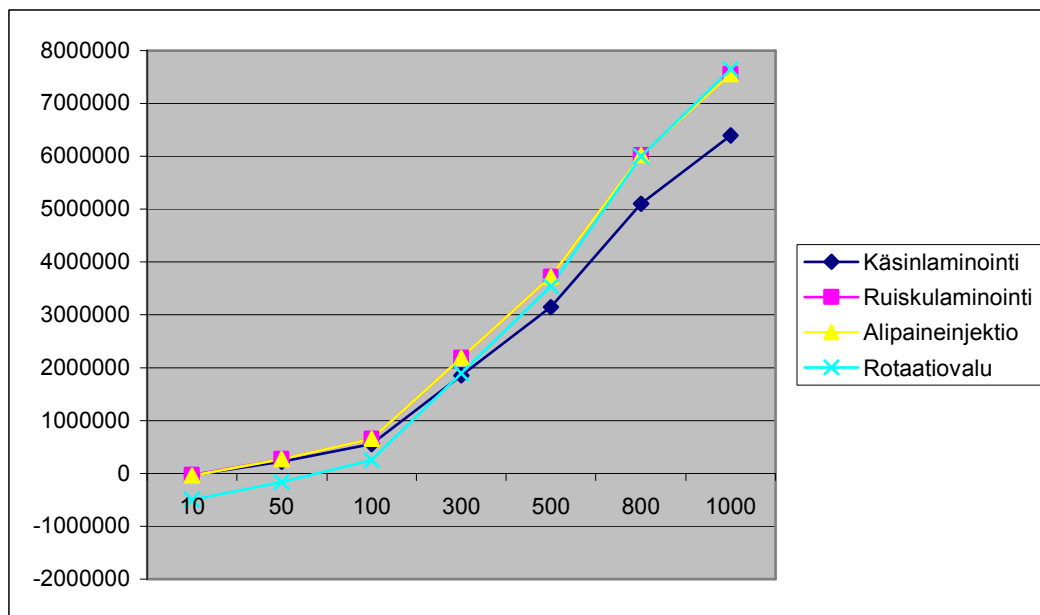
Taulukon 14 perusteella käsinlaminoinnin valmistuskustannukset ovat selvästi vertailun suurimmat. Käsinlaminoinnin valmistuskustannukset ovat 5 euroa valmistettua kilogrammaa kohden, joka on 33 % enemmän kuin ruiskulaminoinnissa ja alipaineinjektiossa. Käsinlaminointi on myös ajallisesti hitain valmistusprosessi. Yksikkökohtaisilta kustannuksiltaan selvästi edullisin valmistusmenetelmä on rotaatiovalu. Rotaatiovalun valmistuskustannus on vain 2,2 euroa valmistettua kilogrammaa kohden, joka on noin 34 % vähemmän kuin ruiskulaminoinnissa ja alipaineinjektiossa. Esimerkkiveneen valmistuskustannukset ovat rotaatiovalussa noin 24 % alhaisemmat

kuin ruiskulaminoinnissa ja alipaineinjektiossa. Ruiskulaminointi ja alipaineinjektio ovat identtisistä valmistuskustannuksista johtuen yhtä kustannustehokkaita.

Ensimmäisen toimintavuoden myyntituottoja tarkasteltaessa 100 ja 500 kappaleen tuotantomäärillä ovat ruiskulaminointi ja alipaineinjektio eniten tuottavat valmistusmenetelmät. 500 kappaleen tuotantomäärällä kyseiset tuotantomenetelmät tuottavat myyntituottoja noin 3,7 miljoonaa euroa ja 100 kappaleen tuotantomäärällä noin 650 000 euroa. Käsinlaminoinnin myyntituotot ovat tuotantomäärien molemmilla vertailuarvoilla ruiskulaminointia ja alipaineinjektiota heikkommat. Sekä 500 että 100 kappaleen tuotantomäärillä käsinlaminointi tuottaa noin 15 % vähemmän kuin ruisku- ja alipainemenetelmät. Rotaatiovalu on 100 kappaleen tuotantomäärällä tuotoiltaan selvästi heikoin menetelmä tuottaen vain noin 247 000 euroa. Rotaatiovalun tuotot kyseisellä tuotantomäärällä ovat vain noin 38 % ruisku- ja alipainemenetelmien tuotoista, koska suuret investointikustannukset rasittavat tuottoja näin pienillä tuotantomäärillä. 500 kappaleen tuotantomäärällä rotaatiovalu on jo selvästi kannattavampi valmistusmenetelmä. Kyseisellä tuotantomäärällä rotaatiovalun myyntituotot ovat enää vain 5 % alhaisemmat kuin ruisku- ja alipainemenetelmissä.

### 9.1 Valmistusmenetelmien käyttöönottoavuoden myyntituotot eri tuotantomäärillä

Kokonaisvaltaisen käsityksen saamiseksi valmistusmenetelmien kannattavuudesta, on tarkasteltava myyntituottojen määrää eri tuotantomäärillä tekniikan käyttöönottoavuonna. Kuvassa 9 on esitetty valmistusmenetelmien aikaansaamat myyntituotot eri tuotantomäärillä tekniikan käyttöönottoavuonna.



**Kuva 9.** Valmistusmenetelmien myyntituotot eri tuotantomäärillä tekniikan käyttöönottovuonna.

Kuvasta 9 voi huomata, että alle 15 kappaleen tuottaminen ei ole tekniikan käyttöönottovuonna kannattavaa millään tekniikalla. Rotaatiovalun tapauksessa nollatuloksen saavuttaminen edellyttää vähintään 70 veneen valmistamista toiminnan käynnistämivuonna. Alle 837 kappaleen tuotantomäärällä ruisku- ja alipaine-menettelmät ovat taloudellisesti kannattavimmat valmistusmenettelmät tekniikan käyttöönottovuonna. Rotaatiovalun kustannukset ensimmäisenä vuonna ovat suhteessa muihin tekniikoihin niin suuret, että rotaatiovalu on taloudellisesti kannattavin tekniikka vasta yli 837 kappaleen tuotantomäärällä. Vaikka rotaatiovalun yksikkökohtaiset valmistuskustannukset ovat selvästi vertailutekniikoiden alhaisimmat, eivät myyntituotot silti ole suurimmat perinteisillä venealan tuotantomäärillä ensimmäisenä toimintavuonna.

Rotaatiovalun käyttöönoton kannattavuuden arvioimiseksi on järkevää tarkastella myös kuinka paljon enemmän rotaatiovalulla on tuotettava suhteessa tuottavimpaan laminointitekniikkaan tekniikan käyttöönottovuonna, jotta rotaatiovalulla saavutettaisiin yhtä suuret myyntituotot kuin tuottavimmalla tekniikalla, eli ruiskulaminoinnilla. Taulukossa 15 on esitetty ruiskulaminoinnin myyntituotot eri tuotantomäärillä tekniikan



käyttöönottovuonna, sekä rotaatiovalulta vaadittavat tuotantomäärät vastaavien myyntituottojen aikaansaamiseksi.

**Taulukko 15.** Rotaatiovalulta vaadittavat tuotantomäärät tekniikan käyttöönottovuonna ruiskulaminoinnin myyntituottojen aikaansaamiseksi.

Ruiskulaminoinnin tuotantomäärät (kpl)	Ruiskulaminoinnin myyntituotot (€)	Rotaatiovalulta vaadittava tuotantomäärä (kpl)
20	43338	~ 76
50	273345	~104
100	656690	~150
300	2200070	~338
500	3723450	~523
800	6023520	~803
1000	7556900	~989

Ruiskulaminoinnilla, joka on laskelmien perusteella tuottavin tähän mennessä käsitellyistä valmistusmenetelmistä, saavutetaan 500 kappaleen vuosituotantomäärällä 3 723 450 euron myyntituotot. Vastaavien myyntituottojen saavuttamiseksi tarvittava tuotantomäärä rotaatiovalulla voidaan laskea yhtälöllä, jossa myyntitulojen ja valmistuskustannusten erotus on 3 723 450 euroa (ks. kaava 6).

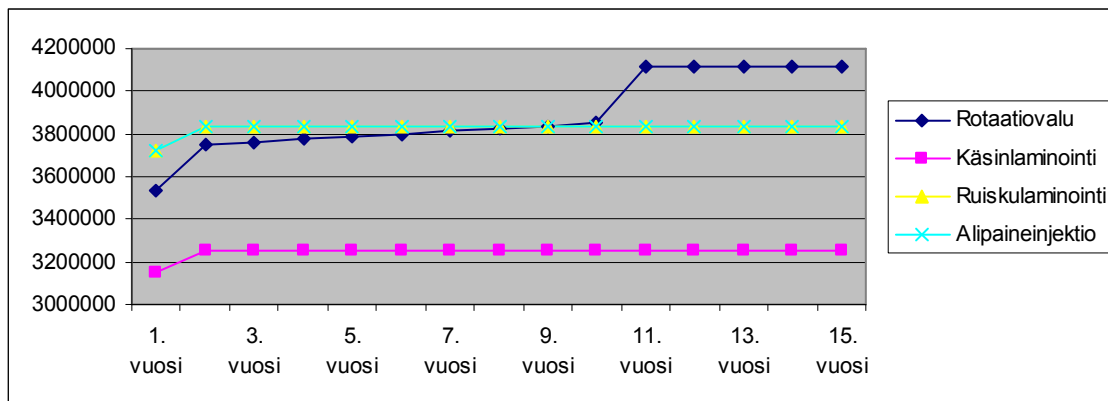
$$(6) \quad 9112 X - ( 888,375 X + 75\,000 + 300\,000 + 200\,000 ) = 3\,723\,450 \Leftrightarrow X = 522,69$$

Ruiskulaminoinnin myyntituottojen saavuttaminen edellyttää siis noin 523 kappaleen valmistamista vuosittain, mikä tarkoittaa tuotantomäärän kasvattamista ruiskulaminointiin verrattuna vain noin 5 % prosentilla. 100 kappaleen tuotantomäärällä ruiskulaminointi tuottaa 656 690 euroa vuodessa. Rotaatiovalulla samansuuruisien myyntituottojen saavuttaminen edellyttäisi noin 150 veneen valmistamista vuosittain, mikä tarkoittaa vuosivolyymien kasvattamista 50 % ruiskulaminointiin verrattuna. Jos yritys sen sijaan valmistaa ruiskulaminoimalla 20 venettä vuodessa, on rotaatiovalulla tuotannon oltava jo lähes nelinkertainen vastaavien myyntituottojen saavuttamiseksi.

Taulukon 15 perusteella rotaatiovalulla on tuotettava pienillä tuotantomäärillä suhteessa paljon enemmän kuin ruiskulaminoimalla yhtä suurten myyntituottojen aikaansaamiseksi. Mitä enemmän veneitä valmistetaan ruiskulaminoimalla vuodessa, sitä pienempi on rotaatiovalun käyttöönoton edellyttämä vuosituotantomäärä suhteessa ruiskulaminoinnin tuotantomäärään. Rotaatiovalun lainamäärän pienentyessä vuosittain, pienenevät myös tekniikan käyttämiseen kohdistuvat kustannukset vuosittain. Rotaatiovalun kustannusmäärän laskiessa vuosittain, laskee myös rotaatiovalulta edellytettävän tuotantovolyymien kasvun määrä suhteessa ruiskulaminoinnin tuotantomäärään.

## 9.2 Valmistusmenetelmien myyntituottojen kehitys ensimmäisenä 15 vuonna

Tuotantomäärän kasvaessa käsinlaminoinnin kannattavuus heikkenee entisestään ja rotaatiovalun kannattavuus puolestaan nousee. Lähes identtisistä valmistus- ja investointikustannuksista johtuen ruiskulaminointi ja alipaineinjektio ovat kustannusten kannalta käytännössä yhtä kannattavia menetelmiä tuotantomäärästä riippumatta. Suuret investointikustannukset rasittavat rotaatiovalun tuottoja toiminnan ensimmäisinä vuosina, minkä takia on järkevää tarkastella kyseisen tekniikan mahdollistamia tuottoja pidemmällä aikavälillä, kun käyttöönottokustannusten vaikutus tuottoihin on pienempi. Kuvassa 10 on vertailtu aikaisemmissa laskelmissa käsiteltyjen valmistusmenetelmien myyntituottoja toiminnan ensimmäiseltä 15 vuodelta. Kuvassa 10 on otettu huomioon investointikustannusten takaisinmaksun merkitys tuottoihin, ja esimerkiksi rotaatiovalun tapauksessa pankkilainan summa pienenee vuosittain, kunnes laina on maksettu kokonaan kymmenentenä vuonna. Kuvassa 10 vuosittainen tuotantomäärä on 500 kappaletta ja veneen myyntihinta 10 000 euroa.



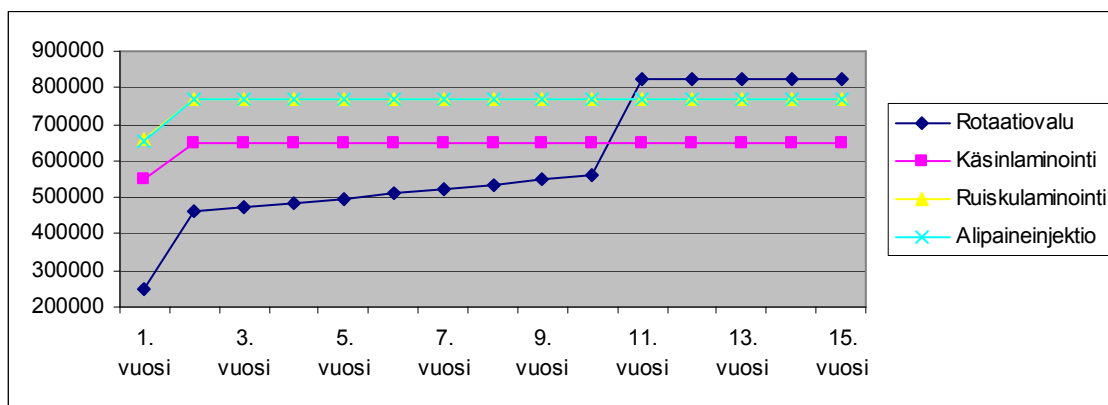
**Kuva 10.** Valmistusmenetelmien myyntituottojen vuosikehitys 500 kappaleen tuotantomäärällä.

Myyntituottojen kehityslaskelmassa on oletettu, että muottikustannukset katetaan kaikkien menetelmien kohdalla ensimmäisen vuoden tuotoista, mikä näkyy selvänä myyntituottojen kasvuna toisena toimintavuonna (ks. kuva 10). Käsineläminoinnin, ruiskueläminoinnin ja alipaineinjektio tapauksissa myös tekniikan käyttöönotto-kustannukset ovat katettu jo ensimmäisenä toimintavuonna myyntituottojen avulla. Kyseisten valmistusmenetelmien tapauksessa kaikki kertaluonteiset kustannuserät maksetaan takaisin ensimmäisenä toimintavuonna, minkä takia myyntituottojen määrä on vakio toisesta toimintavuodesta eteenpäin. Toisesta toimintavuodesta lähtien kustannuksia aiheutuu ainoastaan yksikkökohtaisista valmistuskustannuksista, minkä takia valmistuskustannukset ovat samat vuodesta toiseen tuotantomäärän säilyessä ennallaan. Käsineläminointi tuottaa toisesta toimintavuodesta alkaen 3 250 000 euroa vuodessa, ja ruisku- sekä alipainemenetelmät 3 833 450 euroa vuodessa.

Rotaatiovalun tapauksessa muita kuin yksikkökohtaisia kustannuksia aiheutuu vielä ensimmäisen toimintavuoden jälkeen, koska investointeja varten otetun pankkilainan takaisinmaksuaika on kymmenen vuotta. Vuosittainen kustannuserä pienenee vuosittain lainan määrän lyhentyessä, kunnes yhdenkymmentätoista toimintavuonna lainasta ei aiheudu enää kustannuksia toiminnalle, ja kaikki kustannukset aiheutuvat ainoastaan yksikkökohtaisista valmistuskustannuksista (ks. liite 2). Rotaatiovalun myyntituottojen määrä on vakio yhdenkymmentätoista toimintavuodesta lähtien, jolloin myyntituottojen määrä on 4 111 625 euroa. Investointien takaisinmaksun jälkeen rotaatiovalu tuottaa

vuosittain yli 250 000 euroa enemmän kuin ruisku- ja alipainemenetelmät tuotantomäärän ollessa 500 kappaletta vuodessa, ja on näin ollen edullisin tuotantomenetelmä investointien takaisinmaksuajat huomioitaessa.

Kattavan analyysin kannalta on tarkoituksenmukaista laskea tekniikoiden myyntituottojen vuosikehitykset myös 100 kappaleen vuosituotantomäärällä, jolloin voidaan analysoida tekniikoiden kannattavuutta pidemmällä aikavälillä myös alhaisemmalla tuotantomäärällä. Kuvassa 11 on esitetty valmistusmenetelmien vuosittaisten myyntituottojen kehitys ensimmäiseltä 15 vuodelta 100 kappaleen tuotantomäärällä.



**Kuva 11.** Valmistusmenetelmien myyntituottojen vuosikehitys 100 kappaleen tuotantomäärällä.

Vastaavalla tavalla kuin kuvan 10 tapauksessa, myös kuvan 11 laskelmassa on oletettu muottikustannusten katettavan ensimmäisen vuoden tuotoilla. Käsinalminoinnin, ruiskulaminoinnin ja alipaineinjektio käyttöönottokustannukset katetaan myös vastaavalla tavalla ensimmäisen vuoden myyntituotoista, ja kyseisten kolmen tekniikan myyntituottojen määrä on jälleen vakio toisesta toimintavuodesta alkaen. 100 kappaleen tuotantomäärällä käsinalminointimenetelmä tuottaa toisesta toimintavuodesta alkaen 650 000 euroa vuodessa ja ruisku- sekä alipainemenetelmät 766 690 euroa vuodessa.

Rotaatiovalun kohdalla pankkilaina aiheuttaa myyntituottoja pienentäviä kustannuksia ensimmäisen kymmenen vuoden aikana, jonka jälkeen myyntituottojen määrä on vakio

myös rotaatiovalun kohdalla (ks. liite 2). Yhdentenätoista vuotena rotaatiovalumenetelmä tuottaa 822 325 euroa, joka on yli 50 000 euroa enemmän kuin ruisku- ja alipainemenetelmien myyntituotot kyseisenä vuonna. Investointien takaisinmaksuajat huomioiden rotaatiovalu on edullisin valmistusmenetelmä myös 100 kappaleen tuotantomäärällä. Laskelmien perusteella voidaan todeta, että alhaisemmista yksikkökohtaisista kustannuksista johtuen rotaatiovalu on edullisin valmistusmenetelmä tuotantomäärästä riippumatta, kun investoinnit ovat maksaneet itsensä takaisin.

### 9.3 Valmistusmenetelmien kokonaismyyntituotot ensimmäiseltä 20 vuodelta

Luvun 9.2 perusteella rotaatiovalu on tuottavin veneiden valmistusmenetelmä, vasta kun käyttöönottokustannukset ovat maksaneet itsensä takaisin. Kattavan kannattavuusanalyysin kannalta on tarkoituksenmukaista verrata eri valmistusmenetelmien avulla saavutettavia kokonaismyyntituottoja pitkällä aikavälillä investointien kannattavuuden analysoimiseksi. Taulukossa 16 on verrattu ruisku- ja rotaatiomenetelmien myyntituottoja toiminnan ensimmäiseltä 20 vuodelta 100, 300 ja 500 kappaleen vuosituotantomäärillä.

**Taulukko 16.** Ruiskulaminoinnin ja rotaatiovalun kokonaismyyntituotot toiminnan ensimmäiseltä 20 vuodelta 500, 300 ja 100 kappaleen tuotantomäärillä.

	Ruisku- laminointi (500) kpl	Rotaatio- valu (500 kpl)	Ruisku- laminointi (300) kpl	Rotaatio- valu (300 kpl)	Ruisku- laminointi (100) kpl	Rotaatio- valu (100 kpl)
1. vuosi	3 723 450	3 536 625	2 190 070	1 891 975	656 690	247 325
2. vuosi	3833450	3749125	2300070	2104475	766690	459825
3. vuosi	3833450	3761625	2300070	2116975	766690	472325
4. vuosi	3833450	3774125	2300070	2129475	766690	484825
5. vuosi	3833450	3786625	2300070	2141975	766690	497325
6. vuosi	3833450	3799125	2300070	2154475	766690	509825
7. vuosi	3833450	3811625	2300070	2166975	766690	522325
8. vuosi	3833450	3824125	2300070	2179475	766690	534825
9. vuosi	3833450	3836625	2300070	2191975	766690	547325
10. vuosi	3833450	3849125	2300070	2204475	766690	559825
11. vuosi	3833450	4111625	2300070	2466975	766690	822325
12. vuosi	3833450	4111625	2300070	2466975	766690	822325
13. vuosi	3833450	4111625	2300070	2466975	766690	822325

14. vuosi	3833450	4111625	2300070	2466975	766690	822325
15. vuosi	3833450	4111625	2300070	2466975	766690	822325
16. vuosi	3833450	4111625	2300070	2466975	766690	822325
17. vuosi	3833450	4111625	2300070	2466975	766690	822325
18. vuosi	3833450	4111625	2300070	2466975	766690	822325
19. vuosi	3833450	4111625	2300070	2466975	766690	822325
20. vuosi	3833450	4111625	2300070	2466975	766690	822325
<b>YHT.</b>	<b>76 559 000</b>	<b>78 845 000</b>	<b>45 891 400</b>	<b>45 952 000</b>	<b>15 223 800</b>	<b>13 059 000</b>

Taulukon 16 perusteella rotaatiovalu on pitkällä aikavälillä kannattavampi veneiden valmistusmenetelmä 500 veneen vuosituotantomäärällä. 20 vuoden aikajänteellä rotaatiovalu tuottaa laskelmien lukuarvoilla yli 2 000 000 euroa enemmän kuin ruiskulaminointi kyseisellä tuotantomäärällä. 100 kappaleen tuotantomäärällä rotaatiovalu on sen sijaan kannattamattomampi valmistusmenetelmä kuin ruiskulaminointi.

Taulukon 16 perusteella voidaan todeta, että rotaatiovalu on suurilla tuotantomäärillä kannattavin veneiden valmistusmenetelmä. Käytännössä vuosituotantomäärän on oltava yli 300 kappaletta vuodessa, jotta rotaatiovalun käyttöönotto on kannattavaa 20 vuoden aikajänteellä.

## 10 YHTEENVETO

Lasikuituveneiden valmistusmenetelmän valinta on moniulotteinen ja haastava prosessi. Valintaprosessissa on huomioitava muun muassa valmistusmenetelmän taloudellisuus, aiheutuvat styreenipäästöt ja lopputuotteiden laatu. Suomalaiset lasikuituveneet ovat menestyneet vuosikymmenten ajan ylivertaisen laatumielikuvan ansiosta, minkä takia uuden valmistusmenetelmän luotettavuus laadukkaiden veneiden valmistamisessa on hyvin tärkeää.

Kustannusanalyysissä vertailtiin käsinlaminoinnin, ruiskulaminoinnin, alipaineinjektio- ja rotaatiovalun kustannuksia. Laskelmien perusteella perinteinen käsinlaminointi on yksikkökustannuksiltaan selvästi kannattamattomin valmistusmenetelmä. Ruisku- ja alipainemenetelmistä aiheutuvat kustannukset ovat lähes identtiset, ja alipaineinjektio- käyttöönottamisella ei saavuteta tällä hetkellä kustannussäästöjä vaikka niin yleisesti oletetaan. Alipaineinjektio- käyttäminen suomalaisessa venevalmistuksessa on vielä suhteellisen uusi asia, minkä takia veneiden valmistaminen vie tällä hetkellä enemmän aikaa kuin optimitilanteessa. Jos alipaine-prosessi onnistutaan tulevaisuudessa suorittamaan nykyistä nopeammin, on tekniikan avulla mahdollista saavuttaa huomattaviakin kustannussäästöjä ruiskulaminointiin verrattuna. Tällä hetkellä alipaineinjektio- hyödyntäminen ja tietotaitotaso suomalaisessa veneteollisuudessa ovat kuitenkin vielä melko lailla alkutekijöissä, minkä takia alipaineinjektio- käyttöönottaminen on haastavaa ja aiheuttaa suhteellisen paljon hävikkikustannuksia pilalle menneiden tuotteiden muodossa. Ainoat alipaineinjektio- käyttöönottamisella saavutettavat edut tällä hetkellä ovat styreenipäästöjen loppuminen ja tiiviimmän rakenteen avulla saavutettava veneiden massan alentuminen.

Vertailun perusteella rotaatiovalu on selvästi edullisin valmistusmenetelmä yksikkökustannusten kannalta, mutta menetelmän muotti- ja investointikustannukset ovat selvästi vertailun korkeimmat. Avolaminointitekniikoilla saavutettavien myyntituottojen aikaansaaminen rotaatiovalulla edellyttää korkeista investointikustannuksista johtuen vuosituotantomäärän kasvattamista. Laskelmien perusteella rotaatiovalu on kuitenkin kannattavin veneiden valmistusmenetelmä kun verrataan menetelmien avulla

saavutettavia myyntituottoja investointien takaisinmaksuajat huomioiden. Investointien maksettua itsensä takaisin, on rotaatiovalu edullisin valmistusmenetelmä tuotantomäärästä riippumatta. Jotta rotaatiovalu olisi kannattavin valmistusmenetelmä tekniikan käyttöönottovuodesta lähtien, tulisi tuotantomäärän olla huomattavasti avo-  
laminointimenetelmien tuotantomääriä suurempi.

Suomalaisten venealan yritysten vaihtoehdot tulevaisuudessa ovat käytännössä joko jatkaa avolaminointia kunnes se mahdollisesti kielletään, tai ottaa käyttöön suljettu valmistusmenetelmä. Suljetun valmistusmenetelmän käyttööntamisessa vaihtoehtoja ovat käytännössä alipaineinjektio, rotaatiovalu ja ylipaineinjektio eli RTM. Haastattelujen perusteella ylivoimaisesti eniten tutkittu ja testattu suljettu menetelmä on alipaineinjektio, koska siitä on eniten tietoa saatavilla. RTM-menetelmän aiheuttamien kustannusten suuruudesta ei Suomessa ole kunnollista tietoa, ja monet valmistajat eivät edes harkitse kyseistä vaihtoehtoa, koska sen kannattava käyttö edellyttää suurta tuotantomäärää. Venevalmistajista vain pieni osa on pohtinut rotaatiovalun käyttämistä veneteollisuudessa, ja hyvin monen valmistajan mielikuva rotaatiovalun materiaalina käytettävästä polyeteenistä on erittäin negatiivinen.

Pro gradu osoittaa, että hyvin harvalla venevalmistajalla on täsmällistä tietoa eri valmistusmenetelmistä ja niiden aiheuttamista kustannuksista, vaikka on melko todennäköistä, että toimialalla tapahtuu suuria valmistusmenetelmiä koskevia muutoksia lähitulevaisuudessa. Kustannusanalyysin perusteella pitkällä aikavälillä kannattavin valmistusmenetelmä on yli 300 kappaleen tuotantomäärillä rotaatiovalu, mutta on todennäköistä, että rotaatiovalu ei ole ensimmäinen vaihtoehto uudeksi venealan valmistusmenetelmäksi käytettävän materiaalin takia. Useat venevalmistajat kertovat jatkavansa avolaminointia kunnes sen käyttö kielletään, ja todennäköisesti siirtyvät tämän jälkeen käyttämään alipaineinjektiota, jonka käyttööntokustannukset ovat alhaiset ja tuottavuus samalla tasolla ruiskulaminoinnin kanssa. Yhdelläkään haastatelluista venevalmistajista ei kuitenkaan ollut tietoa alipaineinjektio-  
käyttööntamisen alkuvaiheessa aiheutuvien hävikkikustannusten suuruudesta, ja vasta käytännön kautta saatava tieto tulee osoittamaan onko alipaineinjektio-  
käyttöönto kannattavaa, vai jopa kalliimpaa kuin rotaatiovalun käyttööntaminen.



Suomalaisten venevalmistajien tulevaisuuden kilpailukyvyn kannalta on yritysten välisen yhteistyön edistäminen lähes välttämätöntä. Suomalaisten avolaminointia kannattavien valmistajien on syytä pohtia mitä suomalaiselle lasikuituvenemarkkinalle tapahtuu, jos visionäärinen pääomasijoittaja päättää sijoittaa rotaatio-valutehtaaseen neljä miljoonaa euroa, ja myydä viisi metrisiä pulpettiveneitä esimerkiksi 6000 euron myyntihinnalla. Todennäköisesti suomalaiset veneiden ostajat alkavat pohtia onko todella järkeä maksaa selvästi enemmän lasikuituveneestä, kuin rotaatio-valetusta polyeteeniveneestä. Mikäli kyseinen avolaminoinnin uhkakuva toteutuu lähitulevaisuudessa, tietää se todellisia haasteita suomalaiselle lasikuituveneteollisuudelle.

## LÄHDELUETTELO

- Andersson, M., B. R. Gebart, S. Lundström & R. Långström. (2000). *Development of guidelines for the vacuum infusion process*. FRC 2000 – Composites for the Millennium. Abington: Woodhead Publishing Ltd. 646 s.
- Beall, Glenn L. (1998). *Rotational moulding: design, materials, tooling and processing*. Munchen: Carl Hanser Verlag. 245 s.
- Crawford, Roy J. & Mark P. Kears (2003). *Practical guide to rotational moulding*. Shawbury: Rapra Technology Limited. 174 s.
- Crawford, Roy J. & J. L. Throne (2002). *Rotational Moulding Technology*. New York: Plastics Design Library / William Andrew Publishing. 399 s.
- Cripps, David (2009). *Prepreg Moulding*. [siteerattu 4.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.netcomposites.com/education.asp?sequence=61>>
- Dymling, Claes (1970). *Rakennamme muoviveneen*. 2. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otavan laakapaino. 106 s.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 1907/2006. [siteerattu 28.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:FI:PDF>>
- Euroopan yhteisöjen komissio (2003). *Pienten ja keskisuurten yritysten määritelmästä 6 päivänä toukokuuta 2003 annettu komission suositus 2003/361/EY (EUVL L 124, 20.5.2003)*. [siteerattu 17.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: [http://europa.eu/legislation\\_summaries/enterprise/business\\_environment/n26026\\_fi.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/enterprise/business_environment/n26026_fi.htm)>

- Euroopan yhteisöjen komissio (2006). *Q and A on the new Chemicals policy, REACH*. [siteerattu 28.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/06/488>>
- Fawcett, John (2000). *Putting The Right Spin On Rotational-Molding Designs*. [siteerattu 14.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://machinedesign.com/article/putting-the-right-spin-on-rotational-molding-designs-0518>>
- Feldman, Dorel (1989). *Polymeric building materials*. Essex: Elsevier Science Publishers Ltd. 575 s.
- Fibre Glast (2008). *Vacuum Infusion – The Equipment and Process of Resin Infusion*. [siteerattu 7.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: [www.fibreglast.com/documents/361.pdf](http://www.fibreglast.com/documents/361.pdf)>
- Finnboat ry (2008). *Finnboatin jäsenistöllä edelleen liikevaihtojen kasvua. Kokonaisliikevaihto kasvoi 10,5 %*. [siteerattu 26.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: [http://www.finnboat.fi/fi/fi\\_3\\_3\\_read.html?Id=1202393401.html](http://www.finnboat.fi/fi/fi_3_3_read.html?Id=1202393401.html)>
- Finnboat ry (2009). *Talouden epävarmoista ajoista huolimatta venealan kokonaisliikevaihtoon kirjattiin pientä kasvua vuonna 2008*. [siteerattu 26.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: [http://www.finnboat.fi/fi/fi\\_3\\_3\\_read.html?Id=1233576908.html](http://www.finnboat.fi/fi/fi_3_3_read.html?Id=1233576908.html)>
- Finlex (2009). *Valtioneuvoston asetus orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä toiminnoissa ja laitoksissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta*. [siteerattu 1.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20010435>>

Hentinen, Markku (2008). *Katsaus esiselvityksen päätuloksiin ja käynnistyneisiin projekteihin*. [siteerattu 2.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: [http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/Veneteollisuus/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta\\_ ja\\_aktivointi/Seminaarit/Pietarsaari\\_111208/5\\_Hentinen\\_Esiselvitys\\_ ja\\_ hankkeet\\_MTH.pdf](http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/Veneteollisuus/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ ja_aktivointi/Seminaarit/Pietarsaari_111208/5_Hentinen_Esiselvitys_ ja_ hankkeet_MTH.pdf)>

Hexcel (2009). *Prepreg Technology*. [siteerattu 4.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.hexcel.com/NR/rdonlyres/230A6C2A-FDFA4EC7-B048-E4EB28E3BC8C/0/PrepregTechnology2.pdf>>

Holm, Gunnar (2004). *Uudistettu huvivenedirektiivi astuu voimaan*. Finnboat News 2/2004. [siteerattu 1.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: [http://www.finnboat.fi/linked/fi/Fb\\_2\\_2004.pdf](http://www.finnboat.fi/linked/fi/Fb_2_2004.pdf)>

Kauppalehti (3.3.2009). *Lisää valoa venealalle: Botnia Marinille uusia tilauksia*. [siteerattu 27.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/yritysuutiset/?oid=2009/03/19603>>

Kulshreshtha, A.K. & C. Vasile (2002). *Handbook of Polymer Blends and Composites*. Shawbury: Raphra Technology Limited. 428 s.

Jones, I. Arthur, Victor Middleton & M. J. Owen (2000). *Integrated design and manufacture using fibre-reinforced polymeric composites*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. 393 s.

Kauppalehti (3.3.2009). *Lisää valoa venealalle: Botnia Marinille uusia tilauksia*. [siteerattu 27.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/yritysuutiset/?oid=2009/03/19603>>

Kauppalehti (8.4.2009). *Lisää hyviä uutisia venevalmistajilta*. [siteerattu 27.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/yritysuutiset/index.jsp?oid=2009/04/20912>>

- Keski-Pohjanmaa (5.6.2009). *Venealan näkymät vaihtelevat rajusti*. [siteerattu 27.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: [http://yle.fi/alueet/keski-pohjanmaa/2009/06/venealan\\_nakymat\\_vaihtelevat\\_rajusti\\_781805.html](http://yle.fi/alueet/keski-pohjanmaa/2009/06/venealan_nakymat_vaihtelevat_rajusti_781805.html)>
- Koskinen, Seppo, Reijo Mankinen, Olavi Rantala & Pekka Sulamaa (2004). *EU:n uuden kemikaalilainsäädännön (REACH) teollis-taloudelliset vaikutukset*. KTM Rahoitetut tutkimukset 2/2004. Teknologiaosasto. Helsinki: Edita Publishing Oy. 114 s.
- Lavender CE Pty Ltd (2009). *Guide to Prepregs*. [siteerattu 4.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.lavender-ce.com/wpcontent/uploads/guide-to-prepregs.pdf>>
- Lee, Stuart M. (1992). *Handbook of Composite Reinforcements*. New York: John Wiley & Sons. 715 s.
- Muccio, Edward A. (1994). *Plastics Processing Technology*. Ohio: ASM International. 320 s.
- NGCC (2009). *Manufacturing techniques*. [siteerattu 4.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.ngcc.org.uk/DesktopDefault.aspx?tabindex=36&tabid=459>>
- Oy Marino Ab (2009). *Suomen vanhin lujitemuoviveneiden valmistaja*. [siteerattu 1.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://magnic.com/customers/marino/index.php?lang=FI&p=Historia>>
- Pohjanmaan kauppakamari (2007). *Venealan suhdannebarometri*. [siteerattu 26.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <https://www.ostro.chamber.fi/Link.aspx?id=1027667>>

- Pouttu, Maria (2005). *REACHin vaikutukset kemikaaleja käyttäviin pk-yrityksiin, case Pohjanmaan ja Keski-Pohjanmaan veneteollisuus*. [siteerattu 3.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/34497/nbnfife20051443.pdf?sequence=1>>
- Savon Sanomat (2.3.2009). *Bella käynnistää tuotannon ensi viikolla*. [siteerattu 27.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.savonsanomat.fi/uutiset/talous/bellak%C3%A4ynnist%C3%A4%C3%A4-tuotannon-ensi-viikolla/375708>>
- Sinex Oy (2009). *RTM (Resin Transfer Moulding)*. [siteerattu 8.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.sinex.fi/index.php?p=rtm-%28resin-transfer-moulding%29>>
- Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto sekä Suomen ympäristökeskus (2009 a). *Yleistä REACH-asetuksesta*. [siteerattu 27.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL:<http://www.reachneuvonta.fi/Reach/reach.nsf/sp?open&cid=Content4898B&leftnavinf=FI\Sis%C3%A4lt%C3%B6\REACH\Content4898B&leftnavinfa=o&size=>>>
- Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto sekä Suomen ympäristökeskus (2009 b). *Yleistä luokituksesta ja merkinnöistä*. [siteerattu 1.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL:<http://www.reachneuvonta.fi/Reach/reach.nsf/sp?open&cid=Content5B3C9&leftnavi2nf=FI\Sis%C3%A4lt%C3%B6\CLP\Content5B3C9&leftnavi2nfa=o&size=>>>
- SPI Composites Institute (1998). *Introduction to composites*. 4. painos. Washington DC: SPI Composites Institute. 90 s.
- Strong, A. Brent (2007). *Fundamentals of Composites Manufacturing: Materials, Methods and Applications*. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers. 620 s.

- Taloussanommat (16.6.2008). *Venekauppa kiihtyi ylikierroksille*. [siteerattu 26.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://m.taloussanommat.fi/?page=showSingleNews&newsID=200816074>>
- Taloussanommat (2.9.2008). *Pahin mahdollinen iski Bella-veneisiin*. [siteerattu 26.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.taloussanommat.fi/yrittaja/2008/09/02/pahin-mahdollinen-iski-bella-veneisiin/200822778/137>>
- Tekes (2009 a). *Vene-ohjelma 2008-2011. Ohjelman kuvaus*. [siteerattu 14.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/Veneteollisuus/fi/ohjelmankuvaus.html>>
- Tekes (2009 b). *Vene-ohjelma 2008–2011*. [siteerattu 14.8.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/Veneteollisuus/fi/etusivu.html>>
- Tekniikka & Talous (24.8.2006). *Kemikaalien Veneteollisuus opettelee autotehtaiden menetelmiä*. [siteerattu 9.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.tekniikkatalous.fi/tyo/article46042.ece>>
- Työterveyslaitos (2009 a). *Kemikaalien uusi luokitus- ja merkintäjärjestelmä - GHS/CLP*. [siteerattu 1.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Palvelut/Tyoympariston+kehittamispalvelut/Riskinarviointi/GHS.htm>>
- Työterveyslaitos (2009 b). *OVA-ohje: STYREENI*. [siteerattu 2.9.2009] Saatavilla Internetistä osoitteesta: <URL: <http://www.ttl.fi/ova/styreeni.html>>
- Wiley, Jack (1988). *The Fiberglass Repair and Construction Handbook*. 2. painos. Blue Ridge Summit: McGraw-Hill. 250 s.