

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Teknologiaosaamisen johtaminen

Ari Haapanen

TULVA – Tulevaisuuden venealahankkeen loppuraportti

2011

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Teknologiaosaamisen johtaminen

Haapanen Ari	TULVA – Tulevaisuuden venealahankkeen loppuraportti
Opinnäytetyö	106 sivua
Työn ohjaaja	Simo Ollila
Yhteistyö	TULVA – Tulevaisuuden venealahanke, TEKES Vene 2007 -2011 -ohjelma
Syyskuu 2011	
Avainsanat	vene, aistiergonomia, tutkimus, komposiittimateriaalit, konseptit, laituriveneily

Opinnäytetyö liittyy Tekesin Vene 2007 -2011 ohjelman tutkimushankkeeseen.

Opinnäytetyö on samalla hankkeen loppuraportti. TULVA – tulevaisuuden veneala tutkimushanke alkoi 1.8.2008 ja päättyi 30.4.2011. Hankkeen kokonaisbudjetti oli 357 000 EUR. Tutkimushankkeen taustalla on ollut Kymenlaakson ammattikorkeakoulun panostus venealan koulutukseen ja laajamittainen T&K&I – toiminta yhdessä venealan yritysten kanssa.

Hankkeessa keskityttiin uusien venekonseptien tekemiseen ja uusien veneilytapojen ennustamiseen. Tuotekehitystä ja –konseptointia ohjaavat pinnalla olevat trendit. Trendit lähitulevaisuudessa tulevat liittymään veneiden käyttämään energiaan ja ajallisen resurssin vähenemiseen. Tästä syystä on hyvin todennäköistä, että ”laituriveneily” tulee lisääntymään. Laituriveneily tarkoittaa veneilyä, jossa ollaan kohteessa heti veneelle päästyä, liikutaan sillä tai ei.

Tulva projektin yhteydessä on seurattu veneteollisuuden kehittymistä, etsitty ja testattu uusia materiaaleja ja valmistusmenetelmiä. Projektin yhteydessä materiaali ja valmistustekniikkaa on seurattu laajalla skaalalla tavoitteena tuoda uusia menetelmiä ja materiaaleja paremmin esiin.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Technology administration

Haapanen Ari TULVA – The Future of Boat Industry Research Project - Final Report

Master´s Thesis 106 pages

Supervisor Simo Ollila, Principal Lecturer

Commissioned by TULVA – Future Boat Branch Project, TEKES Boat 2007 -2011 program

September 2011

Keywords Boat, Boating, sense ergonomics, research, concepts, deck boating

The thesis relates to the research project of the Tekes Boat 2007 -2011 program. The thesis is a final report on the same project. TULVA - the future of boat industry research project started 1.8.2008 and ended on 30.4.2011. The total project budget amounted to 357 000 EUR. The research project has been motivated by the Kymenlaakso University of Applied Sciences of investing the boat education and large-scale R & D & I activity with the boat industry.

The project focused on the new boat concepts and forecasting of boating in the future . the trends guide the product development and concepting . Boating will be affected in the near future by energy saving and resource reduction. For this reason, it is very likely that the "dock boating" is going to increase. Dock boating means boating, where you are in the boat as soon as you are on board, if boat is driven or not.

The project has monitored the development of marine industries, searched and tested new materials and manufacturing methods. During the project, materials and manufacturing techniques have been monitored over a wide scale which aims to bring out new methods and materials.

Esipuhe

TULVA – Tulevaisuuden veneala hanke on ollut laaja ja pitkäkestoinen. Osa-alueita on ollut useita aina mielikuvamaailmasta aina kovaan teolliseen tuotantoon asti.

Projektia ovat olleet tekemässä useat opiskelijat sekä venealalta että muotoilusta ja myös useita opettajia ja T&K henkilöitä Kymenlaakson ammattikorkeakoulusta.

Haluan kiittää kaikkia mukana olleita henkilöitä projektin läpiviemisestä.

Erityisesti kiitän tutkijakollegaa Mikko Pitkäahoa materiaalitekniikan osion luomisesta hankkeelle ja myös tähän päättötyöhön.

Oma osuuteni hankkeessa on ollut venekonseptien luominen ja siihen käytetyn pohja-aineiston keräämiseen sekä myös itse loppuraportin koontiin.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	2
1 Johdanto.....	8
2 Tutkimuksen tavoitteet.....	11
2.1 Aistiergonomia	11
2.2 Aistiergonomiset tuotekonseptit	12
2.3 Veneilyn uudet konseptit	12
2.4 Materiaalitutkimus/ valmistusmenetelmätutkimus	13
3 Tutkimusmenetelmät.....	14
3.1 Tiedon hankinta.....	14
3.2 Digma -konseptointimenetelmä	15
3.3 Käyttäjälähtöiset suunnittelumenetelmät	17
3.4 Verkostoituminen.....	18
3.5 Mallintaminen/ mallin rakennus.....	18
4 Tutkimustulokset	20
4.1 Aistit.....	20
4.1.1 Ergonomia	21
4.1.2 Aistiergonomiakäsite	22
4.2 Osaprojektit – omat konseptit	23
4.2.1 Digma –mallin käyttäminen konseptoinnissa	24
4.2.2 Vikunja 36.....	27
4.2.3 Skovel 27	30
4.2.4 Evoya 80	33
4.3 Osaprojektit – yhteistyöyrityksille tehtyjä opinnäytetöitä	36
4.3.1 Bella-veneet Oy	37
4.3.2 Kajak Sport Oy	39

4.3.3	TR- Rakenne Oy	41
4.3.4	Finngulf Yachts Oy	42
4.3.5	KyAMK Tulva-tutkimus.....	44
4.4	Materiaali- ja valmistustekniikan tutkiminen	45
4.4.1	Puu	45
4.4.2	Alumiini	48
4.4.3	Kestomuovit	49
4.4.4	Lujitemuovi sarjatuotannossa.....	50
4.4.5	Yksittäiskappaleet High Tech komposiitit	52
4.5	Lujitemuovivalmistuksen kehityssuuntia	55
4.6	Suljetunmuotin menetelmät.....	55
4.6.1	Alipaineinjektio	55
4.6.2	Uudelleen käytettävät pehmeät kuorimuotit.....	62
4.6.3	Light RTM	65
4.6.4	Märkäpuristus	69
4.7	Muita valmistusmenetelmiä ja kiinnostavia materiaaleja	72
4.8	Kerroslevy eli sandwich rakenteet	75
4.8.1	Valmiit kerroslevyt	76
4.8.2	Ydinaine ja kerroslevy valmistajia	77
4.9	Muotinrakennus	78
4.9.1	Muottien CNC koneistus	78
4.9.2	Protomuotit.....	81
4.9.3	Lämmitettävät muotit.....	83
4.10	Tuotannon tehokkuus.....	92
4.11	Ekologisuus	96
4.11.1	Ekologisuus valmistustekniikan ja materiaalivalintojen kannalta	97

4.11.2	Kierrätys	98
5	Yhteenveto	100
6	Lähteet	102
6.1	Kirjallisuus.....	102
6.2	Netti.....	103
6.3	Kuva	104

1 Johdanto

TULVA – tulevaisuuden veneala tutkimushankkeen taustalla on ollut Kymenlaakson ammattikorkeakoulun panostus venealan koulutukseen sekä tuotemuotoilun että tuotekehityksen osalta. Lisäksi laajamittainen T&K&I –toiminta yhdessä venealan yritysten kanssa on osaltaan vahvistanut osaamme venealan kehittäjänä Suomessa. Tekesin veneohjelmaa suunniteltaessa pääsimme vaikuttamaan itse ohjelman sisältöön ja mihin asioihin tulisi kiinnittää huomioita. Näkemyksemme mukaan tulevaisuuden ennakointi, käyttäjätiedon hyödyntäminen ja uudet visiot ovat merkittävässä roolissa uusien veneiden kehityksessä ja nämä asiat huomioitiin myös Tekesin Veneohjelmassa.

Hanke on ollut ajallisesti suhteellisen pitkä ja monia ongelmia on ollut matkassa, kuten resurssien riittävyys sekä omassa että yritysten toiminnassa. Lisäksi hankkeen aikana taloudellisen tilanteen heikentyminen aiheutti ongelmia varsinkin yritysten sitoutumisessa, mikä toisaalta on aivan ymmärrettävää.

Hankkeessa keskityttiin uusien venekonseptien tekemiseen ja uusien veneilytapojen ennustamiseen. Pohjana ennustuksille toimi pitkälti tekemämme matkat kotimaassa ja ulkomailla sekä keskustelut alan toimijoiden kanssa. Samanaikaisesti tutkittiin komposiittimateriaaleja ja niiden valmistustekniikoita.

Tuotekehitystä ja –konseptointia ohjasivat tällä hetkellä pinnalla olevat trendit, joiden vaikutusta arvioitiin venealalle. Venealaa eniten ohjaavat trendit lähitulevaisuudessa tulevat olemaan veneiden käyttämä energia ja sen tehokkuus sekä talous- että ympäristönäkökohdista. Toinen merkittävä tekijä on ajallinen resurssi, joka tulee pääsääntöisesti vähenemään. Tästä voidaan päätellä, että tietyt veneilijäryhmät eivät halua käyttää aikaansa siirtymisiin paikasta toiseen, vaan haluavat olla perillä heti, kun saapuvat veneelle eli meidän käyttämämme termi ”laituriveneily” tulee tulevaisuudessa hyvinkin todennäköisesti lisääntymään. Tästä onkin noussut yksi iso kysymys esiin, onko asuntoveneily tulevaisuudessa myös Suomessa merkittävä bisnes?

Asuntoveneily/ laituriveneily ovat olleet teemoina omia konsepteja suunniteltaessa ja ideoitaessa. Mukana olleille yrityksille taas on tehty vähän lähemmän tulevaisuuden ideointia, joissa on pyritty herättämään heille uusia ajatuksia tuotekehitykseensä.

Tulva projektin yhteydessä on seurattu veneteollisuuden kehittymistä, etsitty ja testattu uusia materiaaleja ja valmistusmenetelmiä. Tekesin veneohjelmassa on useita projekteja, jotka ovat keskittyneet jonkin tietyn valmistus- tai materiaalitekniikan ongelman ratkaisuun. Tulva projektin yhteydessä materiaali ja valmistustekniikka on seurattu laajemmalla skaalalla tavoitteena tuoda uusia menetelmiä ja materiaaleja paremmin esiin veneteknologian insinöörikoulutuksessa sekä nostaa Kymenlaakson ammattikorkeakoulun valmiutta auttaa yrityksiä tulevissa kehitysprojekteissa.

Materiaali- ja valmistustekniikkaan on perehdytty yritysvierailujen yhteydessä, kansainvälisillä messuilla sekä lehti- ja nettiartikkeleiden avulla. Tutkimuksen pääpaino on ollut komposiittimateriaaleissa ja valmistusmenetelmissä.

Valmistustekniikan ja materiaalin kehittymisen seuraaminen on jatkuva prosessi, erityisesti komposiiteissa tapahtuu jatkuvaa kehitystä. Alan lehdistä ja internetistä löytyy jatkuvasti uusia ja mielenkiintoisia menetelmiä ja materiaaleja. Kokemusten, havaintojen ja mielipiteiden vaihto komposiittien parissa työskentelevien kanssa tuottaa usein arvokasta tietoa molemmin puolin.

Veneenvalmistus on muuttunut melko paljon viimevuosikymmeninä. Suurimmat muutokset liittyvät suunnitteluun, teolliseen sarjatuotantoon ja veneiden teknisten järjestelmien lisääntymiseen ja monimutkaistumiseen. Veneenvalmistus on hyvin erilaista riippuen sekä valmistusmateriaaleista että tuotantomäärästä.

Tehdäänkö tulevaisuudessa entistä pitkäikäisempiä veneitä vai panostetaanko kierrätykseen ja nopeampaan kiertoon? Halutaanko tulevaisuudessa ostaa kertakäyttöveneitä vai tulevia klassikoita?

Nykyisissä veneissä ostotilanteessa harvoin mietitään veneen elinkaarta, vene mielletään ikuisiksi. Pienissä veneissä halvoilla kierrätettävillä materiaaleilla

voitaisiin toteuttaa ehkä jopa ”kertakäyttö-veneitä tai yhden kesän veneitä”.

Tällainen materiaali voisi löytyä esimerkiksi puupohjaisista raaka-aineista.

High Tech And Low Volume vai Low Tech And High Volume – kumpaan suuntaan veneala on menossa? Ainakin autoissa kehitys viittaa edelleen siihen, että uusi malli halutaan entistä useammin. Ekologisuus painottuu käytön aikaiseen taloudellisuuteen eikä tuotteen koko elinkaaren huomioimiseen.

Usein tulevaisuus nähdään erityisesti sarjatuotannon kehittämisenä, mutta on muitakin mahdollisuuksia menestyä. Monet lähteet arvioivat kaikkein haasteellisimmaksi juuri pienet sarjat, joissa tuotantomenetelmiin ja laitteistoihin investointi on vaikeaa ja toisaalta kilpaillaan suurempina sarjoina tuotettujen veneiden kanssa samoista asiakkaista. Tällaista veneenvalmistusta on tällä hetkellä Suomessa paljon.

2 Tutkimuksen tavoitteet

2.1 Aistiergonomia

Suunnittelussa kiinnitetään nykyisin entistä enemmän huomiota tuotteiden muotoiluun ja käytettävyyteen. Tuotteista halutaan saada sekä hyvännäköisiä että toimivia. Enää ei riitä, että tuote täyttää tekniset vaatimukset, vaan tuotteen pitää erottua monin tavoin, tuotteen visuaalinen ilme on jo todettu merkittäväksi kilpailutekijäksi. Tämä on vasta ensimmäinen askel kohti kokonaisvaltaista ”aistiergonomista” tuotetta, joka näyttää, tuoksuu, maistuu, tuntuu ja kuulostaa hyvältä. Eri asiakassegmenttien vaatimuksien ja mieltymyksien tunteminen on avainkysymyksiä arvioitaessa aistiergonomiaan liittyviä vaikeasti mitattavissa olevia asioita.

Aistiergonomia on käsite, johon ei ole olemassa yksiselitteistä vastausta. Käsite on tullut esille ensimmäistä kertaa Kymenlaakson ammattikorkeakoulun järjestämässä MODO-muotoilukilpailussa. Termin tai käsitteen on keksinyt MODO-muotoilukilpailun kehittäjänä toiminut sisustusarkkitehti Heikki Lindroos. Aistiergonomiakäsite on sittemmin mainittu laajasti monessa eri yhteydessä, kuten Tekesin Veneohjelma, Hämeenlinnan asuntomessut ja Habitare -messut.

Mitä ”aistiergonomialla” tarkoitetaan veneissä? Hankkeen tutkimuksessa pyritään löytämään ja antamaan vastaus aistiergonomiakäsitteelle veneteollisuuden tuotteissa ja veneilyn uusissa konsepteissa. Hyötynä on uusien innovaatioiden kehittämisen nopeutuminen. Lisäksi tietoa voidaan käyttää venetestauskäytännön kehittämiseen arvioitaessa tuotteen osatekijöitä käytettävyyden, ergonomian, aistiergonomian ja ympäristöystävällisyyden alueelta. Aistiergonomialla pyritään myös vaikuttamaan veneiden ja veneilyn turvallisuuteen, viihtyvyyteen, mukavuuteen ja käytettävyyteen.

2.2 Aistiergonomiset tuotekonseptit

Määriteltäessä aistiergonomiaa, niin samaan aikaan luodaan erikonsepteja, joilla pyritään tuomaan esille aistiergonomian peruskäsitettä veneilyssä. Konseptien lähtökohtina tulevat olemaan viihtyvyys, turvallisuus, stressitekijöiden minimointi ja käytettävyys. Konsepteilla pyritään vastaamaan myös tulevaisuuden trendeihin, muutokseen ja näkymiin. Tuotteita suunniteltaessa huomioidaan laaja-alaisesti trendien vaikutusta veneiden olemukseen, teknisiä ratkaisuja tulevaisuuden näkymien kautta tuleviin ongelmiin sekä ajatellaan myös yleisesti veneen elinkaarta.

Tekesin veneohjelmassa on mm. tutkittu veneiden aiheuttamaa hiilijalanjälkeä ja koko veneen elinkaarta. Kokonaisuutta tarkasteltaessa ympäristön rasituksesta $\frac{3}{4}$ tulee käytönaikaisista päästöistä ja $\frac{1}{4}$ itse tuotteen aiheuttamista päästöistä.

2.3 Veneilyn uudet konseptit

Veneilyn uusissa konsepteissa tutkitaan tulevaisuuden trendien vaikutusta veneilykulttuuriin. Mihin suuntaan veneily on kehittymässä, millaisia uusia käyttäjäryhmiä veneilyn pariin on tulossa, mitä ovat yleiset vaatimukset tulevaisuuden veneissä?

Tulevaisuuden tuotteita ohjaavat megatrendit ja heikot signaalit eli tulevaisuutta voidaan arvioida myös muiden tuotteiden tyylisuuntien mukaan. Tälläkin hetkellä veneala on sangen konservatiivinen ja tuotteet enemmän tai vähemmän muistuttavat toisiaan. Mikäli halutaan saada uutta veneilijäryhmää innostumaan alasta, niin tulisi huomioida myös näiden potentiaalisten ryhmien erityistarpeita.

Tutkimukset venealasta osoittavat, että tulevaisuudessa myös veneilyn palveluliiketoiminta tulee kasvamaan. Tee se itse -veneily tulee tulevaisuudessa vähenemään ja esimerkiksi huolto- ja kunnossapitopalveluita tullaan tarvitsemaan lisää. Myös vuokraveneily tulee todennäköisesti nostamaan suosiotaan Suomessa.

2.4 Materiaalitutkimus/ valmistusmenetelmätutkimus

Materiaali- ja valmistusmenetelmä tutkimus liittyy lähinnä komposiittirakenteiden ja niiden valmistettavuuden tutkimiseen. Pääpaino on ajatuksessa High Tech – Low Price eli etsitään mahdollisuuksia hyödyntää uusia tekniikoita ja materiaaleja mahdollisimman taloudellisella tavalla. Esimerkkinä on protoveneiden valmistus ennen tuotantokappaleiden vaatimien muottien tekoa.

Toinen osa-alue liittyy tulevaisuuden tuomiin näkökulmiin päästöjen vähentämisessä komposiittirakenteiden valmistuksessa. Tutkimuksen kohteena on, kuinka saadaan tehtyä järkevästi ja edullisesti suljettujen muottien valmistukseen tarvittavia muotteja. Lisäksi ideoita etsitään myös lämmitettävien muottien osalta.

Tavoitteena on ollut seurata komposiittimateriaaleihin ja valmistustekniikkaan liittyvää kehitystä mahdollisimman laajasti. Tulva projektin aikana on pyritty kokeilemaan ja testaamaan erilaisia valmistusmenetelmiä sekä jalkauttamaan tieto veneteknologian insinööriopetuksen kautta teollisuuteen. Tulva projektin avulla on myös lisätty Kymenlaakson ammattikorkeakoulun valmiutta vastata veneteollisuuden tarpeisiin valmistukseen liittyvässä kehitystyössä. Avoimella vuorovaikutuksella teollisuuden ja muiden tutkijatahojen välillä on pyritty myös auttamaan rinnakkaisia projekteja ja kehityshankkeita komposiittimateriaaleihin ja valmistustekniikkaan liittyvissä asioissa.

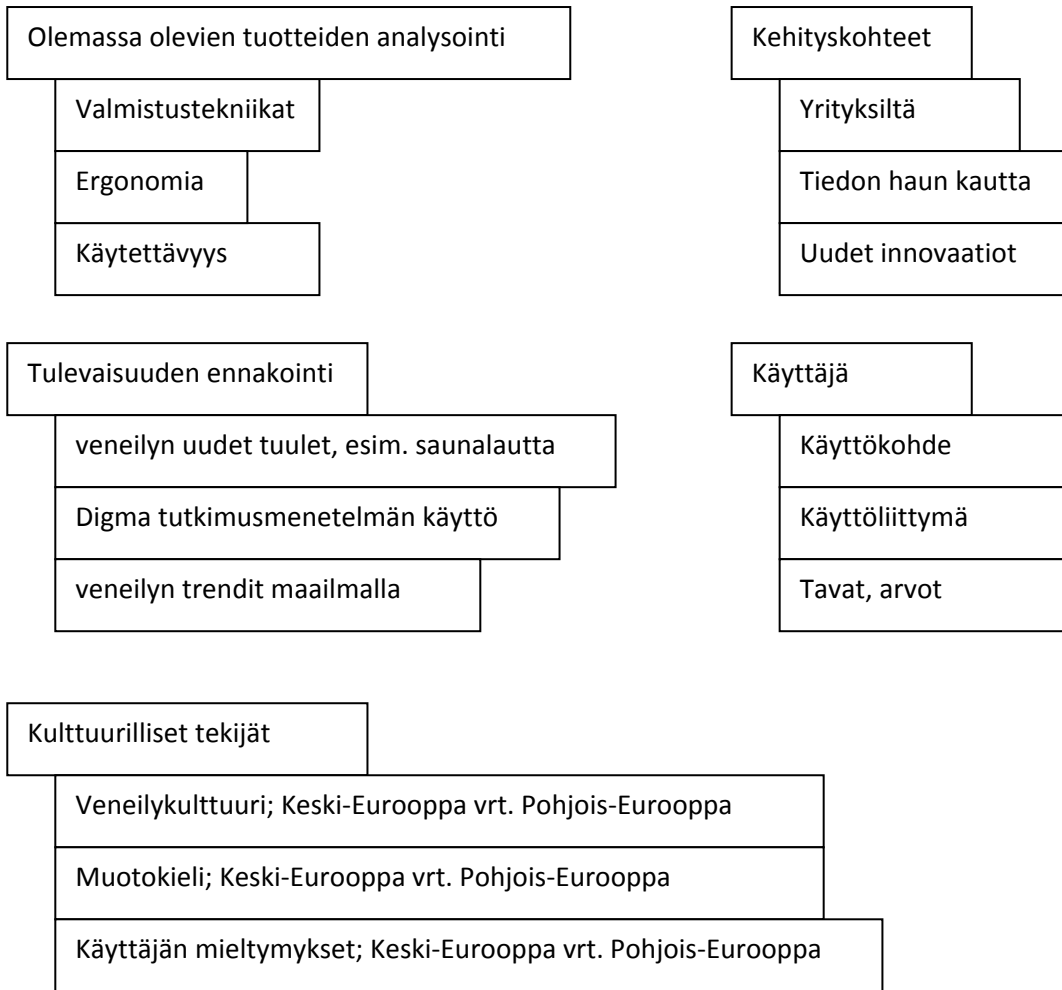
3 Tutkimusmenetelmät

3.1 Tiedon hankinta

Kirjallisen tiedon hankintaa toteutetaan kirjallisuudesta, alan lehdistä ja julkaisuista, internetistä. Matkustaminen koti- ja ulkomailla kuuluu myös osaltaan tiedon hankinnan osa-alueisiin. Ulkomaan matkoja on tehty Yhdysvaltoihin IBEX –messuille (International Boat Exhibition), Pariisiin Ranskaan JEC –muoviteollisuuden messuille, Southamptoniin Englantiin kansainväliseen venenäyttelyyn ja Solentin ja Southamptonin yliopistojen vierailuihin.

Kotimaan matkoilla on osallistuttu useisiin tapahtumiin ja seminaareihin, jotka ovat liittyneet hankkeen aihealueeseen varsinkin veneteollisuuden ja tuotteiden osalta. Lisäksi matkoja on tehty useisiin alan yrityksiin, jossa on keskusteltu venealan tulevaisuuden näkymistä, tuotteiden ominaisuuksista ja kehitystarpeista.

Poikkitieteellisellä lähestymistavalla voidaan löytää venealalle uusia materiaaleja ja menetelmiä, jotka nostavat tuotteet uudelle tasolle ja osaltaan inspiroivat uusiin ratkaisuihin. Valmisteknisten lähtökohtien tutkimiseen käytetään perinteistä ”yritys & erehdys” tutkimusmenetelmää. Pohjatietona on kuitenkin käytössä kaikki tunnetut komposiittivalmistustekniikat, joita käytetään apuna arvioitaessa tuotteiden valmistusta.

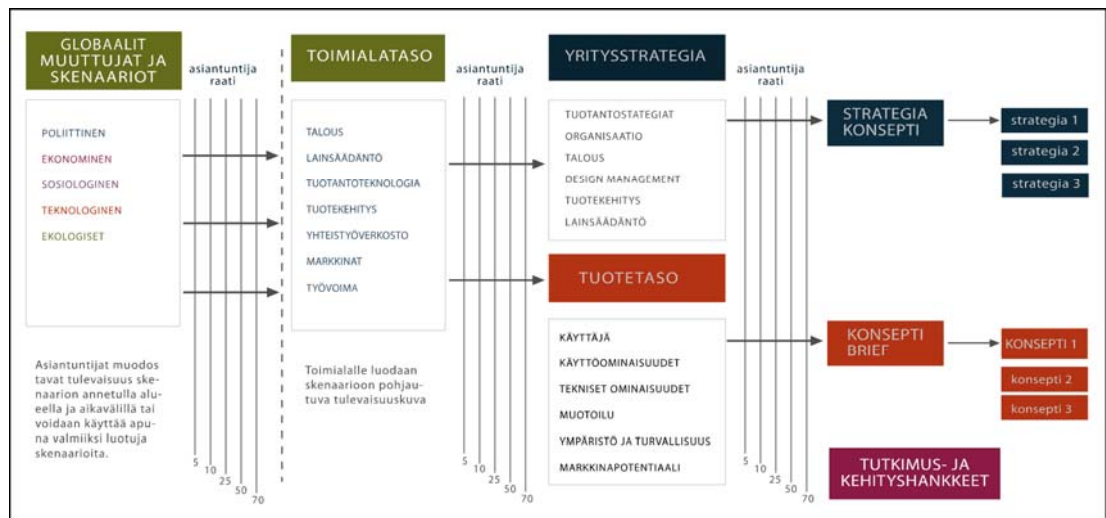


3.2 Digma -konseptointimenetelmä

Tutkimuksen osa-projekteja kartoitettaessa menetelmänä käytetään Digma -konseptointimallia. Sillä voidaan vastata tulevaisuuden haasteisiin tuotekehityksessä ja yrityksen tai yhteisön toimintastrategiassa. Malli pohjautuu PESTE -menetelmään, jota käytetään apuna tulevaisuuden eri osatekijöiden arvioineissa. Menetelmässä huomioidaan poliittiset, ekonomiset, sosiologiset, tekniset ja ekologiset muuttujat globaalissa ympäristössä. (Kokkonen V & kump. 2005)

Kaikkia eri osavaikutuksia huomioitaessa päästään tarkempaan spesifioituun lopputulokseen. Menetelmässä edetään globaaleista muuttujista kohti spesifioitua toimialaa koskeviin määrittelyihin, josta päästään sekä tuote- että yritysstrategiamäärittelyihin. (Haapanen A & kump. 2006)

Menetelmän tarkoituksena on nopeuttaa ja helpottaa tuote- tai yritysstrategiakonseptien luomista. Konseptit perustuvat kattavaan systemaattiseen tiedonhankintaan sekä rationaaliseen päättelyyn tulevaisuuden osatekijöiden vaikutuksesta. Rationaalinen päättely tehdään innovatiivisessa ympäristössä, jossa asiantuntijat toimivat filttereinä eri tasojen drivereiden välissä. Todellisuudessa tasoista saadaan useita tulevaisuusskenaarioita johtuen asiantuntijoista ja tasojen muuttujista. (Mannermaa M. 1999)



Digma konseptointimalli, (kuva Ari Haapanen)

DIGMA konseptointimallin toiminta periaate: globaalit muuttujat sisältävät väittämiä ja faktoja tulevaisuuden trendeistä ja muuttujista. Digma –mallin tarkoituksena ei ole luoda tulevaisuussennusteita, vaan soveltaa olemassa olevia. Skenaarioita luodessa valitaan muutamia tekijöitä mukaan osa-alueista, jotta muuttujia ei tulisi liikaa ja eteenpäin työstäminen täten vaikeutuisi. Tulevaisuuden ennusteet ja tekijät valikoidaan järjestelmän ylläpitäjien toimesta, jolloin pystytään estämään toimialatasoa paisumista ja pystytään nopeuttamaan prosessia. (Haapanen A & kump. 2006)

Tarkoituksena ei ole rajoittaa määritelmää liian tarkoilla tuloksilla, vaan ennemminkin herättää keskustelua ja näkemyksiä, mitä tulevaisuus voi tuoda tullessaan. Seurauksena konsepteista voidaan tehdä paljon vapaampia ja innovatiivisempia ilman turhia rajoitteita. (Haapanen A & kump. 2006)

Konseptimääritelmät muodostuvat käyttöominaisuuksista, käyttötarpeista, kohderyhmistä, teknisistä ratkaisuista, muotokielestä, jne. Määritelmä ei ole valmis konsepti, vaan konseptit työstetään määritelmistä erikseen suunnitteluryhmässä. Tämän jälkeen valmistuneet konseptit voidaan vielä analysoida ja verrata saatuja tuloksia konseptin lähtökohta tietoihin. Tästä voidaan havaita järjestelmän toimivuus kyseessä olevaan tuotteeseen. (Haapanen A & Kump. 2006)

3.3 Käyttäjälähtöiset suunnittelumenetelmät

Käyttäjätiedon määrittämiseen käytetään Luotain -tutkimusmenetelmää. Luotaimet ovat kokeellisia lähestymistapoja lähestyä ihmisen toimintaa käyttäjäkeskeisessä lähestymiskulmassa, ottaen huomioon käyttäjien henkilökohtaisen arvomaailman, tavoitteet ja toiveet. Luotaimet perustuvat käyttäjän osallistumisesta suunnitteluun itseraportoinnin kautta. Käyttäjät tai suunnittelun kannalta potentiaaliset käyttäjät keräävät ja raportoivat materiaalia, toimimalla aktiivisina osallistujina käyttäjäkeskeisessä suunnittelussa. Luotaimet perustuvat suunnittelijan vapaasti ideoimaan materiaaliin, johon käyttäjät vastaavat henkilökohtaisesta perspektiivistä. Gordon T. 2005. Futures Research Methodology V2.0. The Delphi Method. AC/UNU Millennium Project

Persoonilla ja skenaariolla tarkoitetaan osittain kuvitteellisten loppukäyttäjien luontia tuotesuunnittelun avuksi. Loppukäyttäjien hahmot muodostetaan tutkimukseen liittyneen tiedon haun, haastattelujen ja omien tulkintojen pohjalta. Skenaariolla taas tarkoitetaan ihmisen ja koneen vuorovaikutusta ja toimintaa oikeassa kontekstissa. Persoonista ja skenaarioista muodostetaan yleensä 2-5 konseptia, joissa havainnoidaan loppukäyttäjien mieltymyksiä, vaatimuksia ja myös esitellään heille mahdollisia ratkaisuja.

<http://ohjplone.cs.tut.fi:8080/usabilitymate/vaatimukset/persoonaa>. 19.4.2011

3.4 Verkostoituminen

Projektissa on verkostoitunut kansallisesti alan toimijoiden välillä. Toimijoita ovat yritykset, tutkimuslaitokset, korkeakoulut ja muut yhteisöt. Tarkoituksena on vaihtaa tutkimusta hyödyntävää tietoa puolin ja toisin.

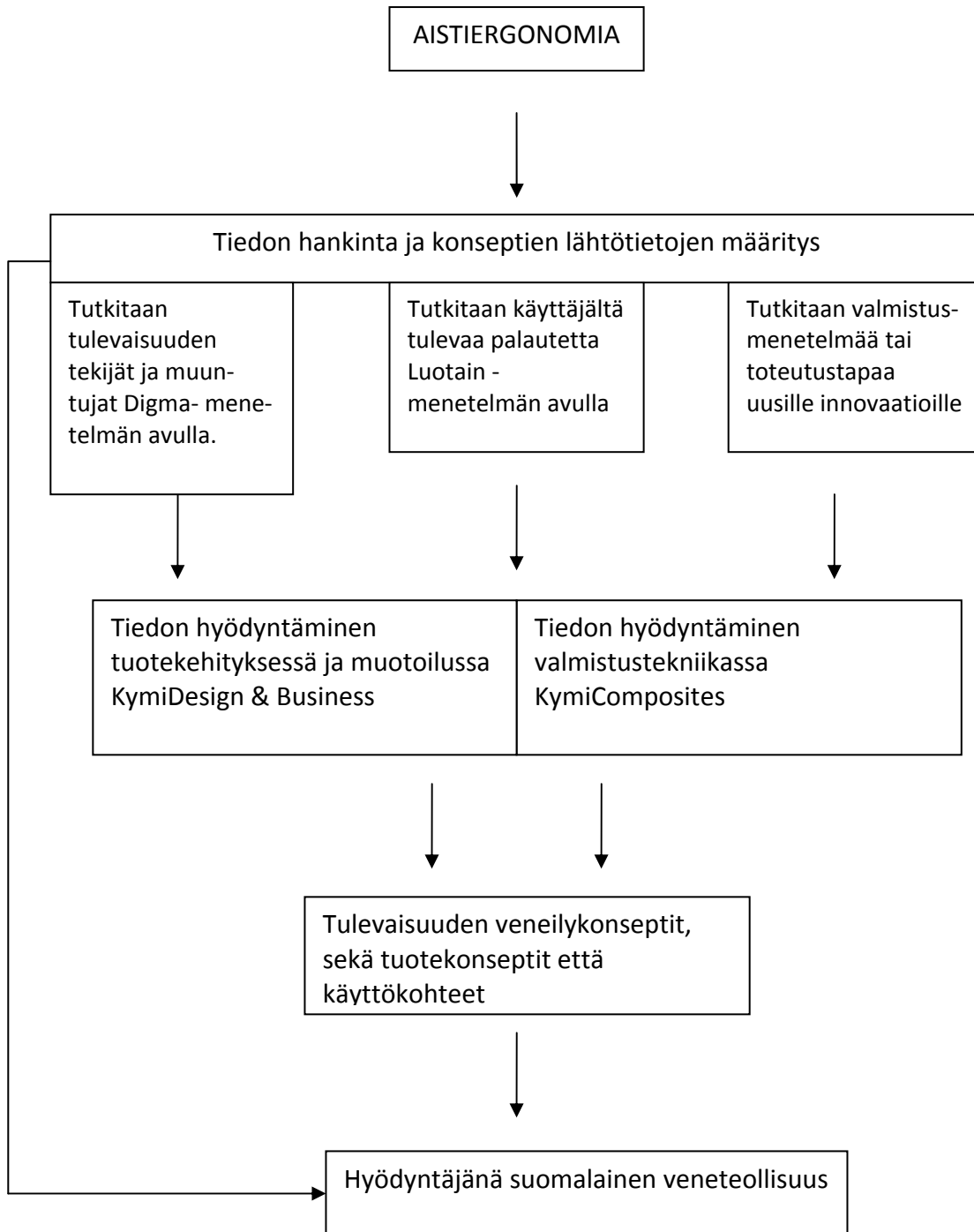
3.5 Mallintaminen/ mallin rakennus

Menetelmänä tutkimuksen teossa hyödynnetään laaja-alaisesti tietokone avusteista 3D mallinnusta ja mallinrakentamista. Niillä pyritään havainnoimaan, miltä tuotteet tulevat näyttämään ja mikä fiilis niistä tulee. Tietokoneen ruudulle tehty 3D-malli auttaa havainnoimaan useita eri valmistusteknisiä ongelmia, tuotteen ominaisuuksia ja yleistä tunnelmaa. Samalla aineistosta pystytään tekemään kuva-aineistoa markkinoinnin käyttöön, tutkimustuloksien esittelyihin, medialle tiedotteisiin. Aineistoa voidaan suoraan myös hyödyntää tuotekehityksen ja tuotannon tarpeisiin. Virtanen S. 2009. 3D-suunnittelu. Opinnäytetyö. KyAMK.

Konkreettisilla pienoismalleilla taas voidaan esittää tuloksia vielä paremmin. Ne havainnollistavat tuotteita ja mittasuhteita paremmin kuin tietokoneella tehtävä 3D-malli. Mallinrakentamisessa käytetään useita eri tekniikoita hyväksi, kuten CNC -jyrsintää, pikamallitulostusta, perinteistä käsinveistoa ja niin edelleen. Mallinrakentaminen on havainnoinnissa kalliimpi vaihtoehto, mutta monin paikoin huomattavasti konkreettisempi kuin pelkkä 3D -mallintaminen.

Lisää aiheesta löytyy venealan insinöörin Samuel Virtasen 3D-suunnittelu opinnäytetyöstä. Työ on tehty Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa keväällä 2009.

Toimintatapa perustiedon kartoittamiseksi



4 Tutkimustulokset

4.1 Aistit

Aistit ovat tunto-, kuulo-, näkö-, haju-, maku-, tasapaino- ja sisätuntemusaisti, jotka tarkentuvat vielä osa-alueisiin. Yleisesti aistit synnyttävät sensorisen integraation, jonka perusteella muodostuu kokonaiskäsitys ihmisen ja ympäristön välille. (H. Hämäläinen & kump 2006: 146)

Näköjärjestelmä ja visuaalinen havaintomaailma eli näköaisti on tärkeä tiedon välittäjä ympäröivästä maailmasta. Silmän näköaistimus perustuu valon havainnointiin ja heijastuksiin, jolloin tietoa välittyy hyvin nopeasti pitkienkin matkojen päästä. Värit välittyvät valon aallonpituusjakauman ja ympäröivien pintojen spektrin avulla eli valon taittuminen pinnasta vaikuttaa siihen, millaisena värinä ja muotona pinta havaitaan. (H. Hämäläinen & kump 2006: 146)

Ihmisen kuulojärjestelmällä on kolme keskeistä tehtävää: a) havaita äänilähde, b) paikallistaa se sekä c) tunnistaa ja tulkita äänen sisältämä informaatio. (H. Hämäläinen & kump, Mieli ja aivot – kognitiivisen neurotieteen oppikirja, Gummeruksen kirjapaino, 2006, s. 157) Äänet syntyvät väliaineen molekyylien värähdellessä eli aaltomaisesti etenevistä painenvaihteluista ilmassa tai muissa väliaineissa. Selkeää tietoa siitä, miten ja mitkä äänet koetaan miellyttävinä tai epämiellyttävinä, ei ole tehty. Aivot ja mieli prosessoivat ympäriltä tulevaa informaatiota ja muodostavat täten äänikuvan kuulijan aistittavaksi (H. Hämäläinen & kump 2006: 157 - 165)

Tuntojärjestelmä muodostuu ihmisessä: ihotunnon kosketus-, lämpö-, kylmä- ja kiputunto; asento- ja liiketunto; ja jänteistä ja lihaksista informaatiota välittävistä järjestelmistä. (H. Hämäläinen & kump 2006: 167)

Hajuaisti muodostuu useista eri aistisolutyypeistä. Haistamisen edellytys on, että hajumolekyyli ärsyttää liikkeessaan hajureseptorisoluja. Hajuaistia on tutkittu varsin vähän muihin aisteihin verrattuna.

Makuaisti on aistinjärjestelmä, joka mahdollistaa aistin saada kriittistä informaatiota nauttimansa aineen luonteesta. Esimerkiksi makea- ja aminohapporeseptorit mahdollistavat ravinteikkaiden ruoka-aineiden tunnistamisen, kun taas karvasreseptorit aiheuttavat luotaantyöntäviä vastareaktioita haitallisia aineita vastaan. Ihmiset ja muut nisäkkäät kykenevät erottamaan ainakin viisi eri perusmakua: makea, hapan, suolainen, karvas ja umami. (Andrew J. Taylor *et al*, *Flavor Perception*, Blackwell Publishing, 2004)

Kuudennesta aistista puhuttaessa tarkoitetaan vaistoa, intuitiota tai muuta paranormaaliksi luokiteltavaa aistimistoimintaa, kuten kykyä tietää asioita ennakoita. Tätä aistia ei ole tieteellisesti pystytty todentamaan.

(http://fi.wikipedia.org/wiki/Kuudes_aisti, 13.4.2011) Myös ihmisen kykyä aistia muuta sähkömagneettista säteilyä kuin valoa ja lämpösäteilyä on myös tutkittu, mutta todisteita tällaisesta sähköyliherkkyydestä ei ole saatu.

(<http://fi.wikipedia.org/wiki/Aistit>)

4.1.1 Ergonomia

Ergonomia on laaja-alaista vuorovaikutusta ihmisen ja ympäristössä vallitsevien järjestelmien välillä. Ergonomia jakautuu fyysiseen, kognitiiviseen ja organisatoriseen alueeseen. ”Ergonomia on tieteenala joka tutkii ihmisten ja [järjestelmän](#) välistä vuorovaikutusta ja ammattiala joka soveltaa teoriaa, periaatteita, dataa ja metodeja suunnitteluun ihmisten hyvinvoinnin ja järjestelmän suorituskyvyn optimoimiseksi.

(Kansainvälisen ergonomiajärjestön (IEA) vuonna 2000 hyväksymä määritelmä.)”,

(www.wikipedia.fi/ergonomia, 13.4.2011).

Fyysinen ergonomia käsittelee ihmiskehon vastauksia fyysisiin fysiologisiin kuormiin. Alan aiheita ovat mm. käsin tehtävä materiaalien käsittely, työpisteen tila, työvaatimukset ja riskitekijät, kuten toisto, tärinä, voima ja epämiellyttävät tai staattiset asennot, jotka liittyvät lihas- ja tukieliinsairauksiin.

(www.wikipedia.fi/ergonomia, 13.4.2011).

Kognitiivinen ergonomia on ala, joka tutkii älyllisiä prosesseja, kuten havaitsemista, tarkkaavaisuutta, kognitiota, motorista kontrollia ja muistivarastoja ja niiden

vaikutusta suhteisiin muihin ihmiseen ja systeemiin. Alan aiheisiin kuuluvat älyllinen työkuormitus, valppaus, päätöksentekeminen, ihmisvirheet, ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus ja harjoittelu. (www.wikipedia.fi/ergonomia, 13.4.2011).

Organisatorinen ergonomia tai makroergonomia käsittelee sosioteknisten järjestelmien, kuten organisaatorakenteiden, käytäntöjen ja prosessien optimointia. Alan tutkimusta tehdään vuorotyöstä, aikatauluttamisesta, työtyytyväisyydestä, motivaatioteoriasta, valvonnasta, ryhmätyöskentelystä, etätyöstä ja etiikasta. (www.wikipedia.fi/ergonomia, 13.4.2011).

4.1.2 Aistiergonomiakäsite

4.1.2.1 Negatiivinen stressitekijä

Joka hetki aistiemme kautta välittyy heikkoja ja vahvoja signaaleja, joista osa on tiedostettuja ja osa tiedostamattomia. Negatiivisten viestien liiallisuus rasittaa kehoa ja mieltä. Tämä voi aiheuttaa välittömiä vaaratilanteita, jos ärsyke estää tarpeellisten viestien välittymisen tai pitkäkestoista, vähitellen kehittyvää haittaa, jos ärsykkeet ovat jatkuvasti läsnä. Olennaista on tunnistaa negatiivisesti ihmiseen vaikuttavat tekijät, jotka voivat olla joko fysiologisia tai psykologisia. Aistien ”kuuleminen” ja signaalien tulkitseminen on aistiergonomian hyödyntämisen edellytys.

Aistiergonomiolla pyritään vaikuttamaan negatiivisten stressitekijöiden minimointiin tai maksimointiin. Esimerkiksi varoitussummerin on tarkoituksen mukaista aiheuttaa lähes sietämätöntä ääntä, jotta sen merkitys tulisi huomioitua, kun taas esimerkiksi veneessä moottorin ääni voi olla taas häiritsevää veneen käyttäjille ja tällöin käyttäjät eivät pysty rentoutumaan käyttötilanteessa.

Keinoja on monia, mutta yleisesti tunnettuja keinoja tähän on värimaailmoiden, äänien ja tuoksujen muovaaminen. Näillä tekijöillä voidaan minimoida tai maksimoida ärsykeitä tarkoituksen mukaan. Hankaluuksia on kaikkien persoonien mieltymyksien toteuttaminen. Aina, kun on kyse yksilön mielipiteestä, niin mielipiteitä on aina yhtä paljon kuin on yksilöitäkin.

Tunto- ja sisätuntemusaistien käyttö aistiergonomian muokkaamisessa on myös mahdollista. Esimerkiksi veneissä, useat uudet/ tottumattomat veneilijät kokevat veneet pelottaviksi ja vaarallisiksi, koska ne keikkuvat. Tämän taas on todettu aiheuttavan merisairautta sekä fysiologisista ja psykologisista syistä. Muokkaamalla veneen hydrostaattisia ominaisuuksia niin, että veneen alkuvakavuus paranee, voidaan em. oireita lieventää. Tähän ratkaisuna ovat esimerkiksi monirunkoveneet.

4.1.2.2 Turvallisuus

Kaikki tieto ympäristöstä välittyy aistiperäisten tulkintojen ja syy-seuraussuhteiden ymmärtämisestä. Vaaran tunnistaminen ja mahdollisuus oikeaan reaktioon on turvallisuuden lähtökohta. Aistimme ovat rakentuneet luonnostaan keräämään tietoa ja välittämään signaaleja toiminnan synnyttämiseksi. Turvallinen toiminta edellyttää riittävää aikaa reagoida signaaleihin. Usein on mahdotonta eliminoida kaikki riskit, siksi myös ongelmiin varautuminen on tarpeellista. Aistien vuorovaikutteisen toiminnan ja sen vaikutusten ymmärtäminen luo kehyksiä ympäristön ja tilojen rakentamiseen.

4.1.2.3 Hyvinvoinnin edistäminen

Positiivisten viestien välittyminen aisteille tukee hyvän olon tunnetta ja edesauttaa rentoutumista. Positiivisena aistittava ympäristö edistää kokijan toimintaa tilassa. Kun ymmärretään aistiergonomian merkitys ja pyritään kohdistamaan aistitietoa käyttötarkoituksen mukaan, voidaan toteuttaa ympäristöjä, jotka tukevat ihmisen psyykkisiä ja fyysisiä ominaisuuksia. Näin muodostuu aistiergonomista vuorovaikutusta.

4.2 Osaprojektit – omat konseptit

Omat osaprojektit perustuvat pitkälti hankkeen aikana tehtyyn tiedon hankintaan, keskusteluihin eri tutkijoiden kanssa ja matkoilla saatuihin kokemuksiin. Konsepteilla ei ole tarkoituksena ratkaista venealan tulevaisuutta, eivätkä ne edes välttämättä ole sellaisia tuotoksia, mitä tultaisiin tulevaisuudessa näkemään. Konseptit kuitenkin

perustuvat kaikki olemassa olevaan tai kehitteillä oleviin tekniikoihin ja EU direktiivin vaatimuksiin ja edustavat siinä mielessä hyvin realistista ja toteumiskelpoista lähitulevaisuutta.

4.2.1 Digma –mallin käyttäminen konseptoinnissa

1. Globaali tason tekijät ovat valikoituneet Tekesin veneohjelman muissa tutkimushankkeissa esiin tulleista tulevaisuuden trendeistä mm. Visio 2025 – hanke ja Ui tai Uppoa – Toimialatutkimus Suomen venealasta, lisätietoa näistä löytyy www.tekes.fi/vene, 27.4.2011
2. Toimialatason tekijät ovat muokkautuneet keskustelujen pohjalta venealan toimijoiden keskuudessa, osittain myös oman projektitiimin pohdintojen pohjalta ja myös muiden hankkeiden tuloksien pohjalta. Tässä vaiheessa ei käyty Digma –mallia orjallisesti läpi yhdellä workshop –istunnolla, vaan tässä on sovellettu asiantuntija filteröinti tasoa.
3. Konseptien briefit ovat muokkautuneet projektiryhmässä mukana olleiden ideoiden pohjalta.

Samaa lähtökohtaa käytettiin kaikkien konseptien pohjalla, vaikkakin konseptit ovat tehty koko projektin aikana. Ao. taulukot kertovat tarkemmin Digma -mallin hyödyntämisestä konseptointiprosessissa.

Globaalit muuttajat

Poliittinen

- Ympäristölainsäädäntö
- Ympäristöpolitiikka

Ekonominen

- Energian hinta
- Jättemaksut/ kierrätys

Sosiologinen

- Työ vs. vapaa-aika
- Ajankäyttö
- Turvallisuus
- Mukavuushakuisuus

Teknologinen

- Hybriditeknikka 1-5 v. aikajänteellä
- Biopolttoaineet 1-5 v. aikajänteellä
- Vety + polttokenno 10 - 20 v. aikajänteellä
- Kestomuovitekniikan kehittyminen - > kierrätettävyys

Ekologinen

- Päästöt CO2 ja melu
- Kierrätettävyys
- Sademetsien suojelu
- Ympäristöystävälliset valmistustekniikat

Toimialataso

- Jatkossa kiinnitettävä enemmän huomiota ekologiseen ajatteluun
- Materiaalien kierrätettävyys
- Uusien vaatimuksien huomioiminen sekä tekniseltä että sosiologiselta kannalta
- Uudet harrastajat - > tietämättömyys/ osaamattomuus, ei perinteitä veneilystä -> arvostavat helppokäyttöisyyttä
- Turvallisuus tulee olemaan merkittävä myyntiargumentti lähitulevaisuudessa, miten se on huomioitu koko tuotteessa ei vain direktiivien vaatimusten osalta
- Mukavuus ja viihtyvyys on merkittävä tekijä jo tälläkin hetkellä, miten sitä voidaan vielä parantaa?
- Mitä keinoja on pienentää veneen käyttökustannuksia? Energian hinta nousee jatkuvasti ja sitä myötä veneen käyttökustannukset - > Merkittävää tämä tulee olemaan paljon veneilevällä ja suurilla matkaveneillä
- työ vs. vapaa-aika -> viedäänkö työtä lähemmäksi vapaa-ajan viettoa tai kenties tehdäänkö työtä esim. veneeltä käsin

Tuote brieffit

Konsepti 1 Vikunja

- Day Cruiser -vene
- Soveltuu tilapäiseen asumiseen ja myös työteko on mahdollista
- Olemukseltaan yksinkertainen, puhdas linjainen ja kevyt
- Pystytään käyttämään hyödyksi uusiutuvaa energiaa -> aurinkoenergia
- Katamaraanirunkoinen pienellä energialla liikkuva alus
- Voidaan hyödyntää perusratkaisua moneen erityyppiseen venekonseptiin
- Kokoluokka veneellä: pit. 12 m

Konsepti 2 Skovel

- Day Cruiser -vene
- Soveltuu tilapäiseen majoittumiseen esim. viikonloppureissu
- Makuutilat 2+2
- Olemukseltaan retrohenkinen 20-luvun huvivenetyyliä
- Puoliliukuvarunkoinen alus
- Pääasiana huvittelu ja viihtyminen
- Toimii huvittelualustana esim. voidaan ottaa mukaan vesijetti, aurinkotuolit
- Avattavat kyljet, jotta saadaan lisää oleskelutilaa
- Pienoiselokuvateatteri kajuutassa
- Kokoluokka veneellä: pit. 9 m

Konsepti 3 Evoya

- Matka-/ asuntovene
- Soveltuu myös vakituiseen asumiseen
- Olemukseltaan yksinkertainen, puhdas linjainen
- Tavoitteena 100 % omavaraisuusaste
- NykYTEKNIKALLA toimintasäde on rajaton 4 kn maksiminopeudella
- Energia varastoidaan vetynä ja lisäenergia tuotetaan polttokennolla
- Tarvittava sähköenergia tuotetaan aurinkopaneelien avulla
- Katamaraanirunkoinen pienellä energialla liikkuva alus
- Kokoluokka veneellä: pit. 24 m

Digma-menetelmän tulosten dokumentaatio, (kuva Ari Haapanen)

4.2.2 Vikunja 36

Konseptin toteutus on tehty yhdessä Halle University of Art And Design kanssa.

Tekijät ovat teollisen muotoilun opiskelijat Hans-Tobias Schicktanz ja Tom Mudra.

Työtä ohjasivat Ari Haapanen ja Jouni Silfver.



Vikunja pienoismalli - ulkoa, (kuva Tom Mudra)

Konseptivene Vikunja 36 on päiväpursi-tyyppinen alus, jonka tarkoituksena on ajanvietto vedenäärellä. Rakenteeltaan vene on hyvin yksinkertainen ja se perustuu ponttonirakenteeseen, jonka päälle voidaan tehdä modifioitava kajuuttarakennelma.



Vikunja pienoismalli - keularamppi, (kuva Tom Mudra)



Vikunja pienoismalli - uimaportaat, (kuva Tom Mudra)

Keulassa ja perässä ovat ulosvedettävät tasot helpottamaan kulkemista alukseen. Kattorakenne on avattava ja pinta tulee aurinkokennoista. Aurinkoenergiaa hyödynnetään aluksen sähköjärjestelmiin ja liikuttamiseen lyhyillä matkoilla esim. satamaoperoinnissa. Muutoin liikuttamiseen tarvittava energia tuotetaan pienillä diesel-moottoreilla.



Vikunja pienoismalli - sisätilat, (kuva Tom Mudra)

Sisätilat ovat muokattavissa käyttötarkoituksen mukaan. Sohvista saadaan muokattua nukkumatilat. Kiintokalusteita on mahdollisimman vähän, jotta tiloja voidaan muovata mahdollisimman paljon ja helposti.

4.2.3 Skovel 27

Tekijät ovat Tulva-projektin tiimi Ari Haapanen, Pasi Korhonen ja Jouni Silfver.



Skovel 27 pienoismalli - ulkoa, (kuva Petri Laukkanen)

Skovel 27 –konsepti pohjautuu viihtymiseen veden äärellä. Alustyyppi soveltuu hyvin vedellisten harrastuksien tukikohdaksi. Takakansi on riittävän iso esim. vesijetin mukaan ottamiseksi.

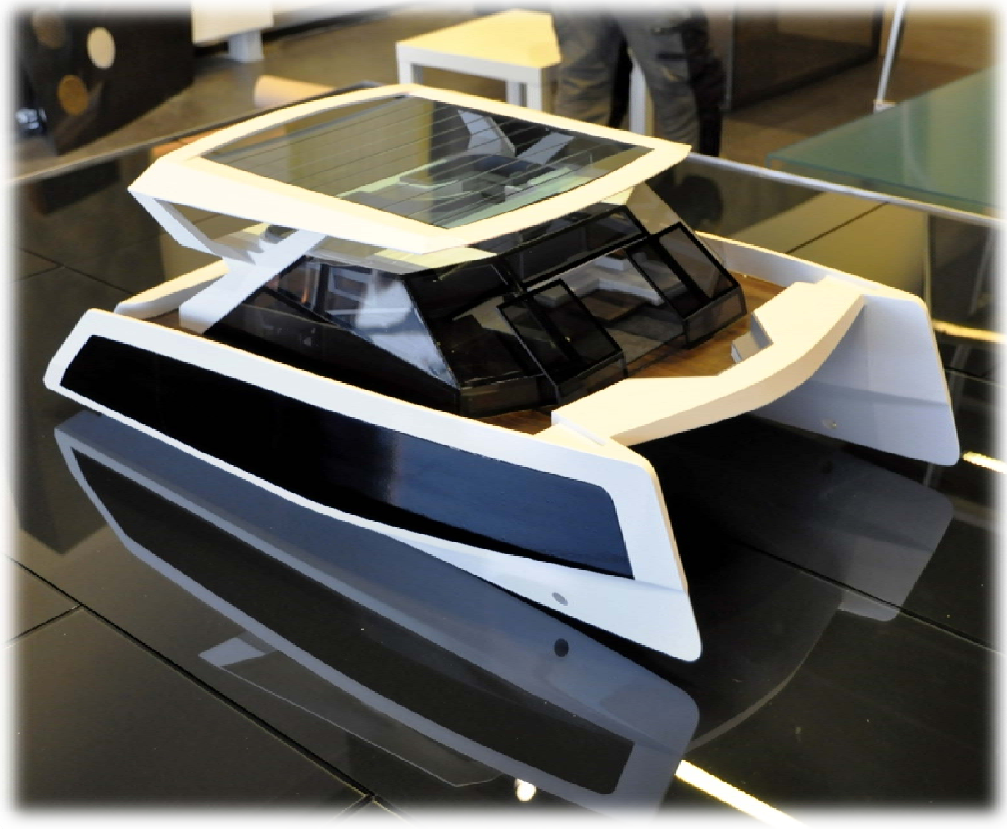


Skovel 27 pienoismalli – avautuva kylki, (kuva Petri Laukkanen)

Takakansi ja laidat voidaan levittää, jolloin saadaan lisää oleskelutilaa. Kansi soveltuu hyvin mm. auringon ottoon, ruokailuun. Kannen alla on paljon säilytystilaa vesileluille, aurinkotuoleille, ym. muille tavaroille.

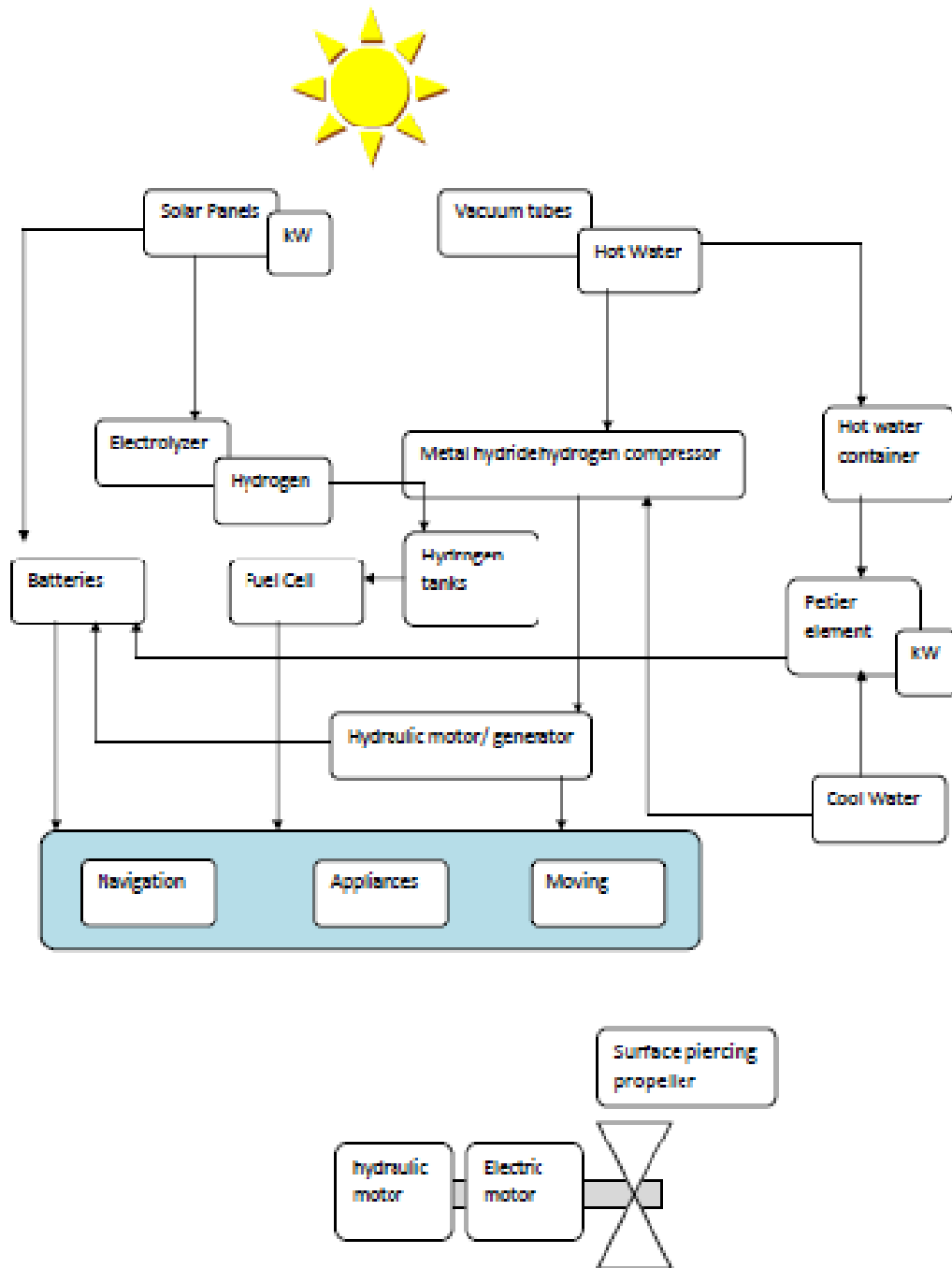
4.2.4 Evoya 80

Tekijät ovat Tulva-projektin tiimi Ari Haapanen, Pasi Korhonen ja Jouni Silfver.
Pienoismallin tekijä Andrei Pathrushin.



Evoya 80 pienoismalli, (kuva Pasi Korhonen)

Evoya 80 –konsepti eli Evolving Yacht Concept tarkoittaa kehittyvää jahtia. Lähtöideana on iso asuntovenekategoriaan soveltuva alus. Peruseriaatteena on, että alus tuottaa itse kaiken tarvitsemansa energian. Energia tuotetaan auringosta sekä aurinkopaneelien että tyhjiöputkikeräimien avulla.

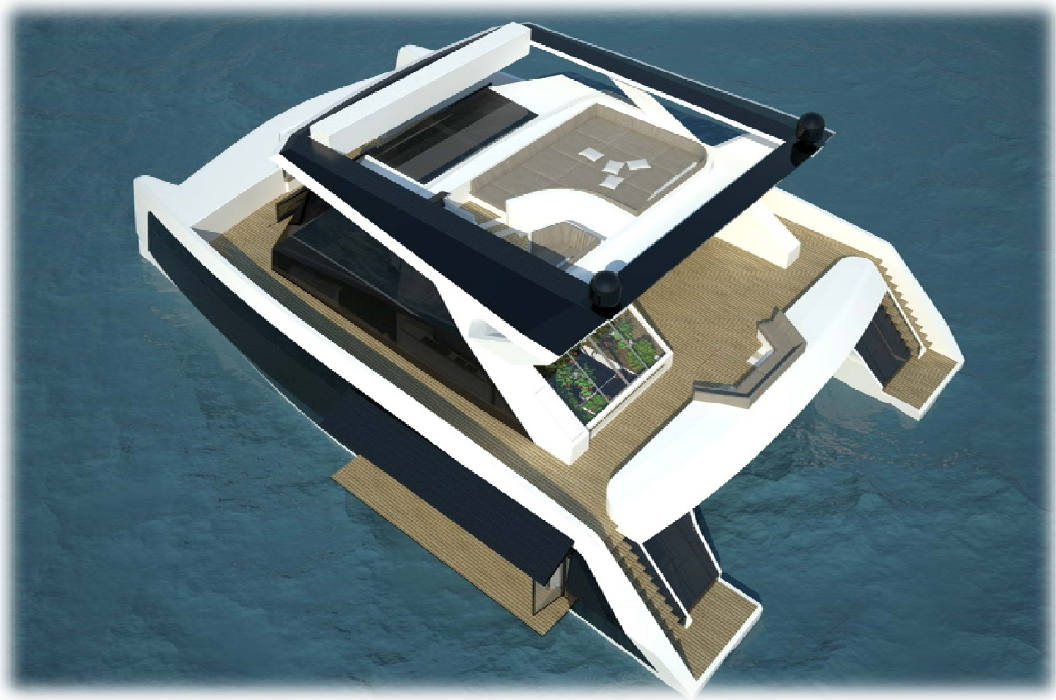


Energian hyödyntämiskaavio, (kuva Ari haapanen)

Oheinen kuva kertoo, kuinka energiaa saadaan tuotettua ja varastoitua. Tutkimuksen perusteella tultiin lopputulokseen, jossa energian varaaminen vetynä tankkeihin näytti olevan paras ratkaisu tähän konseptiin. Aurinko paneeleilla tuotetaan energiaa veneen akkuihin. Myös ajatuksena heitettiin, voitaisiinko peltier-elementtiä käyttää energian tuottamiseksi veneeseen. Merestä saa kylmää ja auringosta saadaan

tuotettua lämpöä, niin voisiko tätä kenties hyödyntää? Tähän emme ehtineet niin paljoa tutustua, että tietäisimme oikeaa vastausta.

Muutoin kaikki hyödynnettävä tekniikka on olemassa olevaa ja keksittyä, mutta niitä ei ole tietääksemme vielä sovellettu yhdessä, joten ajatuksena olikin tietynlainen testialusta sovelluksille.



Evoya 80 - ulkotilat, (kuva Pasi Korhonen)

Veneen kannelta löytyy ulko-ohjauspiste ja aurinkokannet sekä keulasta että perästä ja hytin katolta. Makuuhuoneiden seinät avautuvat parvekkeiksi runkojen sivuille. Runkojen väliin keskitunneliin jää sopivasti tilaa pienelle yhteysveneelle, joka on vaijereiden avulla nostettavissa ja laskettavissa veteen.



Evoya 80 – keittiö ja kasvihuone, (kuva Pasi Korhonen)

Ekologisuusajattelua lisää myös se, että veneen keittiöin yhteydestä löytyy kasvihuone, jossa voidaan tuottaa omia vihanneksia ja hedelmiä. Myös jätteenkäsittelyssä pyritään tuottamaan mahdollisimman jätettä. Kaikki eloperäinen jäte pyritään kompostoimaan aluksessa ja sitä kautta hyödyntämään uudestaan kasvimaalla.

4.3 Osaprojektit – yhteistyöyrityksille tehtyjä opinnäytetöitä

Yrityksille tehtyjä osaprojekteja ei tarkemmin tässä työssä esitellä. Osaprojektit ovat liittyneet venealan ja muotoilun opiskelijoiden opinnäytetöihin, jossa ne ovat käsitelty laajemmin. Ohessa on listaus projektille tehdyistä opinnäytetöistä ja tiivistelmä työstä. Nämä työt löytyvät Kymenlaakson ammattikorkeakoulun kirjastosta ja osa myös Theseus ammattikorkeakoulujen verkkokirjastosta.

4.3.1 Bella-veneet Oy

Simon Örnberg kertoo opinnäytetyössään: ”Kuopiolainen venevalmistaja Bella-Veneet Oy tilasi uuden venemallin konseptisuunnittelun Kymenlaakson ammattikorkeakoulun oppimis- ja innovaatioyksikkö Kymidesign & Businessiltä. Tämä opinnäytetyö kertoo projektin alkutaipaleista, ja tutkii työn tilaajan brandin historiaa ja kartoittaa sen nykyisyyttä ja tulevaisuutta. Venealan yrityksen tutkimuksen lisäksi katsastetaan Suomen venealaa ja sen markkinoita yleisesti.

Muotoilututkimus käsittelee konseptia käyttäjälähtöisesti. Bella-Veneet Oy:ltä saatujen ohjeiden ja toivomusten pohjalta luodaan mielikuva tulevasta venemallista. Tämän perusteella etsitään venetyypille tyypilliset käyttäjäryhmät, ja tarkastellaan venettä heidän näkökulmastaan. Työssä tutkitaan käyttäjien motivaatioita veneilyyn, veneilyn käyttötarkoituksia, veneen ostopäätökseen vaikuttavia tekijöitä ja veneilyharrastukseen vaikuttavia asioita.

Jotta uusi venekonsepti saadaan onnistuneesti suunnattua tulevaisuuden venemarkkinoille, tehdään veneitä ja sen käyttäjiä koskeva tulevaisuustutkimus. Tätä varten tarkastellaan vallalla tai tulossa olevia kuluttajakäyttäytymiseen vaikuttavia trendejä. Saadun tiedon pohjalta luodaan kolme käyttäjäryhmäprofiilia, joiden avulla aloitetaan venemallin luonnostelu.

Suunnittelun alkuvaiheessa tehdään käyttäjäryhmiä hyödyntäen kaksi erilaista veneen konseptia, jotka esitetään työn tilaajalle. Saadun palautteen perusteella jatketaan luonnostelua, josta syntyy kuusi toisistaan poikkeavaa veneen tilaratkaisua. Uusien ehdotuksien pohjalta konseptia jalostetaan eteenpäin.

Työn laajuuden vuoksi suunnitteluosuus jatkuu opinnäytetyön aikataulun ulkopuolella.” (Örnberg, 2009)



Bella 900 ulkoa, (kuva Simon Örnberg)

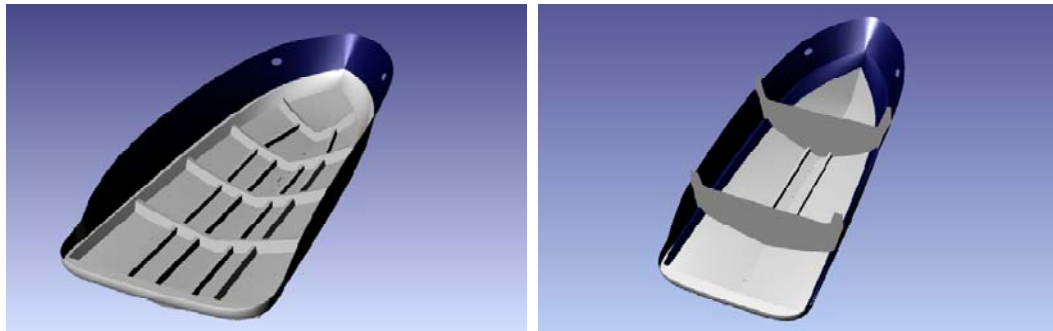


Bella 9000 sisätila layout vaihtoehtoja, (kuvat Simon Örnberg)

Jouni Huusko kertoo opinnäytetyössään: ”Opinnäytetyössä käsitellään uuden sarjatuotantoon tulevan 9 metrisen puoliliukuvan Bella 9000-veneiden rungon rakennelaskentaa. Laskennat perustuvat huviveneiden rakennestandardien SFS-ISO 12215-5 ja 12215-6 vaatimuksiin. Työssä vertaillaan Bella Veneet Oy:n perinteistä veneiden valmistustapaa ja vaihtoehtoista ydinainerakennetta teoreettiselta kannalta ja kerrotaan saavutettavista eduista ja haitoista.

Rakennelaskennan pohjaksi on hahmoteltu Bella-Veneet Oy:ltä saatujen ohjeiden mukaisesti puoliliukuvan veneen runko, joka on muodoltaan riittävän tarkka alustavan rakennelaskennan tekemiseksi. Laskelmat rakenteesta tehtiin standardien vaatimuksia tutkimalla taulukkolaskentaohjelmien avulla. Suunnittelussa pyrittiin ottamaan mahdollisimman hyvin huomioon valmistusmenetelmien tuomat edut ja rajoitteet.

Työn tuloksena on, että Bella Veneet Oy:n tuotannossa uuden venemallin rakenteen muuttaminen edellisiin malleihin verrattuna ja koko valmistusmenetelmän vaihtaminen olisi liian vaikeaa, vaikka sillä saavutettaisiin huomattavia etuja. Saavutettavia etuja ei katsota riittävän suuriksi ja veneiden sarjatuotannossa huomiota kiinnitetään muihin asioihin". (Huusko, 2009)



Bella 9000:n katkokuitu-umpilaminaatti- ja ydinainerakenteen yleiskuva, (kuvat Jouni Huusko)

Bellalle tehty osaprojekti johti yrityksen oman Tekes-hankkeen käynnistämiseen, jonka tuotoksena syntyy yritykselle uusi venemalli.

4.3.2 Kajak Sport Oy

Vesa saari kertoo opinnäytetyössään: *"Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella uusi kajakkimalli jo olemassa olevan mallin pohjalta. Opinnäytetyön tilaaja oli kajakkien ja kajakkikomponenttien toimittaja Kajak-Sport Oy. Opinnäytetyö liittyy Tulevaisuuden veneala –projektiin (TULVA).*

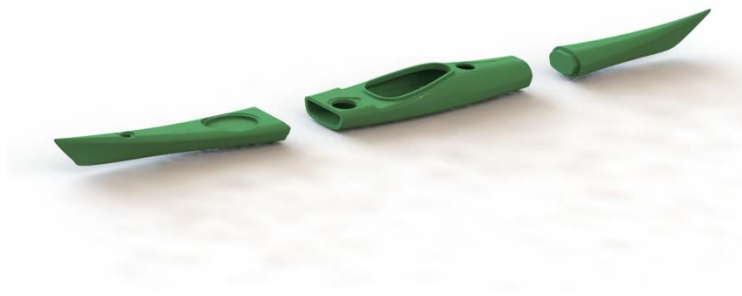
Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella suorituskyvyltään mahdollisimman hyvä uusi kajakki pysyen kuitenkin tilaajan esittämien muutoksien rajoissa. Uuden kajakin

tuli olla muotoilultaan uudenlainen malli, joka kuitenkin tunnistettaisiin Kajak-Sport Oy:n malliksi. Opinnäytetyössä keskityttiin vain kajakin rungon suunnitteluun ja mallinnukseen.

Vertailutulosten saamiseksi olemassa oleva kajakki (Artisan Millenium exp.) mallinnettiin ja siitä tehtiin parametriset laskelmat. Tilaaja esitti uuteen kajakkiin haluamansa muutokset, joiden perusteella uutta kajakkia alettiin mallintaa. Se tehtiin käyttämällä Rhinoceros 4.0 -ohjelmaa ja laskelmiin ohjelman lisäosaa Orcaa. Uuden kajakin rungon mallinnuksesta tehtiin parametriset laskelmat, jotka esitettiin tilaajalle.

Opinnäytetyön tuloksena mallinnettiin uusi kajakin runko, jonka tilaaja hyväksyi. Mallinnuksesta saatujen tulosten perusteella uusi kajakki on vakavuudeltaan parempi kuin olemassa oleva kajakki. Parametristen laskelmien perusteella uuden kajakin tilaajan haluamat ominaisuudet saavutettiin. Tulosten luotettavuutta saattavat kuitenkin heikentää mahdolliset mallinnuksessa tapahtuneet virheet.” (Saari, 2011)

Kajak Sportin osaprojektin yhteydessä luotiin suunnitellusta Kajakista pikamallituloste esimarkkinointia ja havainnointia varten ja sittemmin kehityksen jatkuessa 1:1 kokoinen protokajakki, jota testattiin käytännössä haluttujen ominaisuuksien todentamiseksi. Projekti jatkuu Kajak Sportilla normaalina tuotekehityksenä eteenpäin ja tavoitteena on saada uusi kajakkimalli tuotantoon.



Kajakin pikamallitulosteet, (kuva Ari Haapanen)



Kajakin proton lestikappale jyrstittynä, (kuva Ari Haapanen)

4.3.3 TR- Rakenne Oy

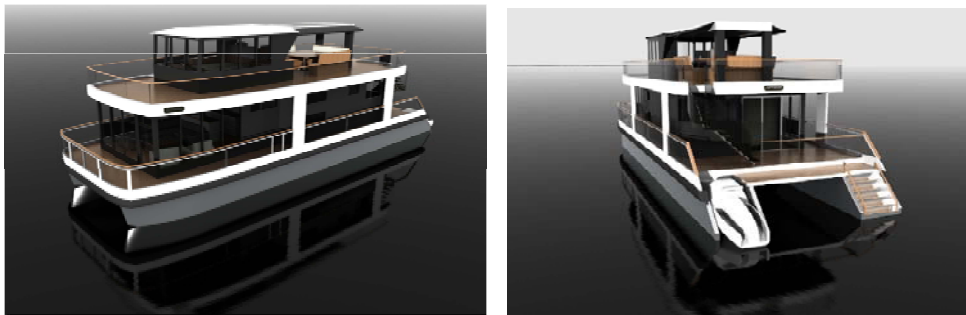
Antti Viitanen kertoo opinnäytetyössään: ” Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella huvilavenekonsepti. Tämä tarkoitti veneen pohjaratkaisun laatimista, toimintojen suunnittelua ja ulkoista muotoilua. Työn tilaaja oli kouvolaalainen rakennusalan yritys, TR-Rakenne Oy. Työ tilattiin KymiDesignista ja projektipäällikkönä huvilaveneen suunnittelussa toimi KymiDesignissa työskentelevä veneinsinööri Ari Haapanen.

Prosessimenetelmänä käytettiin konseptisuunnittelun toimintamallia.

Konseptisuunnittelussa pyrittiin ratkaisevaan ja määrittelevään konseptointiin.

Pohjaratkaisun suunnittelussa otettiin suunnittelun avuksi persoonat, joille luotiin skenaariomaisesti omat pohjaratkaisut.

Työn tavoitteena oli modernikokonaisuus huvilaveneestä, jossa pohjaratkaisu palvelee erilaisia käyttäjäryhmiä. Suunnittelu toteutettiin kesä 2009 ja kevät 2010 välisenä aikana. Projektissa oli mukana sisustussuunnittelun opiskelija Leena Kinnunen, joka laati samanaikaisesti veneensisustussuunnitelman. Muotoilutyöstä syntyi luonnoksia ja 3D-mallinnuksia, joista tehtiin renderöityjä kuvia.” (Viitanen, 2010)



Huvilalautta konsepti, (kuvat Antti Viitanen)

TR–Rakenteen projektin tavoitteena oli luoda uusi huvilalauttakonsepti, jota yritys aloittaisi valmistamaan tulevaisuudessa. Tällä hetkellä projekti ei toistaiseksi etene muun yritystoiminnan viedessä kaiken ajan. Samaiseen projektiin liittyen Leena Kinnunen loi työharjoittelun yhteydessä KymiDesign&Business:ssa huvilaveneeseen sisustuskonseptin.

4.3.4 Finngulf Yachts Oy

Heini Palonen kertoo opinnäytetyössään: *”Purjeveneiden sisätiloiksi luetaan nukkumatilat eli kajuutat, keittiö eli pentteri, saniteettitilat sekä oleskelutila eli salonki. Kajuuttoja on yleensä sekä edessä että takana ja niiden lukumäärä määräytyy veneen koon ja käyttötarkoituksen mukaan. Purjeveneiden sisätilat muistuttavat toinen toistaan. Työssä tutkitaan syitä, jotka vaikuttavat tilan suunnitteluun. Pohdittavana ovat myös sisätilojen kehittämisen mahdollisuudet. Tarkoituksena on keksiä ratkaisu siihen, miten saada mahdutettua kerrostalokaksion*

toiminnallisuus 43-jalkaiseen matkapurjeveneeseen. Lisäksi esitellään erilaisia mekanismeja ja ratkaisuja, jotka voisivat lisätä matkapurjeveneiden sisätilojen käytännöllisyyttä. Tutkimus tehtiin naisnäkökulmasta pohtien samalla, miten sukupuolierot vaikuttavat sisätilojen suunnittelussa.

Työn kohteena oli ensisijaisesti Finngulfin 43-jalkainen matkapurjevene, mutta tutkimuskohteena käytettiin runsaasti muidenkin valmistajien 35–45-jalkaisia purjeveneitä. Tutkimusta täydennettiin kokeneiden naispurjehtijoiden haastatteluilla. Työn tutkimusmenetelmänä käytettiin ohjaavaa analyysiä, jonka tarkoituksena on selvittää, millainen tuote on ja millainen sen pitäisi olla. Menetelmässä kerätään ensin tietoa vanhasta tuotteesta, määritellään mitä halutaan muuttaa tai lisätä ja kootaan sitten yksityiskohtaisia ehdotuksia kehitellystä tuotteesta.

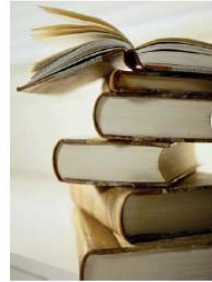
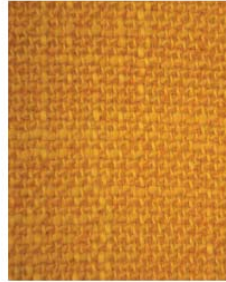
Työstä syntyi tutkimustyön lisäksi luonnoksia mekanismi-ideoista. Työssä on ideoitu mm. pumpputermospullolle oma paikka, jossa sitä voidaan käyttää vaivattomasti myös matkan aikana. Lisäksi on suunniteltu erilaisia säädettäviä pöytiä salonkiin. Pohdittavana oli myös kahden wc:n tarpeellisuus ja miten ne voitaisiin toteuttaa toimivasti, niin että ratkaisu palvelisi mahdollisimman monia käyttäjäkuntia. Sukupuolierojen vaikutusta suunnitteluun pohdittaessa on todettu, ettei nykyään naispurjehtijoilla ole erityisiä erikoistarpeita miehiin verrattuna. Ideoita ja pohjatutkimusta tullaan mahdollisesti käyttämään ja jatkokehittämään TULVA-hankkeen edetessä.” (Palonen, 2010)

Finngulfin projekti jatkui myöhemmin sisätilakonseptien tekemisen muodossa Leena Kinnusen Design Management projektina. Leena loi kolmesta erilaista tila- ja väriyiskonseptia Finngulf 43 purjeveneeseen pohjalta.

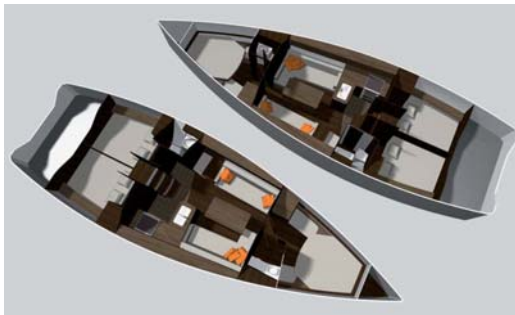
Konsepti 3



Tyylikäs



Klassinen
Lämmin



Finngulf 43 sisutuskonsepti 3, (kuvat Leena Kinnunen)

4.3.5 KyAMK Tulva-tutkimus

Samuel Virtanen kertoo opinnäytetyössään: ” 3D-mallinnus antaa veneen suunnitteluun uusia toimintamalleja, jotka tehostavat tuotantoa ja markkinointia.3D-mallinnuksen merkitystä venealalla ei pidä väheksyä, koska se antaa mahdollisuuden tehokkaampaan ja laadukkaampaan toimintaan firmassa.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään 3D-mallinnuksen keinoja ja mahdollisuuksia venealalla. Käsiteltävänä oleva asia kertoo mallinnuksesta tuotannon sekä markkinoinnin apuna, antaen vastauksia sen hyödyistä venefirmoille. Aihe on pyritty

kertomaan selkeänä ja ymmärrettävänä myös niille, joilla ei ole aikaisempaa kokemusta 3D-mallintamisesta.

Opinnäytetyön aineisto pohjautui tietoon, joka kertyi monenlaisista kirjoista, internetistä, keskustelupalstoilta, oppimateriaaleista sekä omien kokemusten pohjalta.” (Virtanen, 2009)

4.4 Materiaali- ja valmistustekniikan tutkiminen

Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti eri materiaalien kannalta tulevaisuuden mahdollisuuksia ja tarkemmin lujitemuoveihin liittyviä mahdollisuuksia materiaali- ja valmistustekniikka esimerkkien avulla.

Tulevaisuudessa korostuu materiaalien innovatiivinen yhdisteleminen. Veneessä on osattava yhdistellä kohteeseen parhaiten soveltuvia valmistusmenetelmiä ja materiaaleja haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi kilpailukykyisellä hinnalla

4.4.1 Puu

Puu on perinteisin veneenrakennusmateriaaleista. Puun luonnollinen viehäytys tuskin katoaa tulevaisuudessakaan. Puuvene säilyttää asemansa käsityötaidonnäytteenä. Taidokkaasti tehty puuvene on aina haluttu, keskinkertaista puuvenettä ei halua kukaan.



Tyylikäs puuvene (kuva Suomen puuvenekeskus)

Työkalut ja -menetelmät ovat kehittyneet, mutta puu raaka-aineena asettaa kuitenkin erityisiä vaatimuksia osaamiselle. Puulla on paljon veneenrakennuksen kannalta loistavia ominaisuuksia. Niin puuveneen veisto kuin käyttökin vaativat kuitenkin huolellisuutta ja perinteiden vaalimista. Myös teollisessa veneenrakennuksessa puulla on edelleen iso rooli mutta lähinnä perinteisen tunnelman luojana veneiden sisustuksessa ja kansissa. Muualle on valittu helpommin työstettäviä, tasalaatuisempia tai teknisiltä ominaisuuksiltaan halutunlaisia materiaaleja.

Amerikkalainen CUTTS menetelmä edustaa modernia puuveneveistoa, jossa puun lujuusominaisuuksia hyödynnetään tehokkaasti. Menetelmässä kaaret korvataan rakenteeseen upotetuilla aramidikuiduilla. www.redskycraft.com



CUTTS-menetelmällä toteutettua veneenkylkeä, (kuva RedSkyCraft Oy)

Missä muodossa puuta hyödynnetään tulevaisuuden veneissä? Hyödynnetäänkö puuta materiaalina vai oheneeko se pelkäksi pintaviiluksi paksun lakan alle ja lopulta korvataan valokuvalla?

Puuta modifioidaan muun muassa kyllästämällä ja lämpökäsittelyllä haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Puun modifioinnin ansiosta voidaan tulevaisuudessa ehkä korvata perinteisiä veneenrakennuksessa käytettyjä puulajeja nopeammin kasvavilla ja ekologisemmilla puulajeilla. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun puutekniikan laboratorioissa on tutkittu puun painekyllästystä. Vesilasilla kyllästäminen on myrkytön vaihtoehto, jolla voidaan lämpökäsittelyyn

yhdistettynä parantaa muun muassa puun säänkestoa, kovuutta ja muuttaa puun värisävyä tummemmaksi. Vesilasikyllästetty puutavaraa testataan erilaisissa rakennusteollisuuden sovelluksissa ja sillä saattaa olla tulevaisuudessa sovelluksia myös mm. veneiden kansimateriaaleissa.



Vesilasikyllästettyä koivua Nidacore kerroslevyn päällä, (kuva Mikko Pitkäaho)

Puukuitua hyödynnetään monissa teollisesti valmistetuissa materiaaleissa esimerkiksi paperi, lastulevy ja mm. terassirakenteissa käytetyssä ”muovipuussa”.

Lappeenrannan teknillisen yliopiston ”Greenline 2012” projektissa tutkittiin muovipuun mahdollisuuksia veneenrakennuksessa ja valmistettiin limilautainen soutuvene muovipuulankuista hitsaamalla ja liimaamalla. Todennäköisemmin puukuitupohjaisia komposiitteja tullaan teollisessa veneen rakennuksessa hyödyntämään erilaisissa puristeosissa mm sisustuksessa.

Vaneria hyödynnetään paljon veneenrakennuksessa, muun muassa sisustuksissa, lattioissa ja laipioissa. Vaneria käytetään paitsi lakatulla pintaviilulla myös kerroslevyjen ydinaineena, jolloin pintana on useimmiten lasikuitulaminaatti.

Yksittäiskappaleiden rakentamisessa ja pienissä sarjoissa tehdään myös veneen runkoja vanerista mm stictch-and-glue menetelmällä. Vaneri mahdollistaa hyvin jäykkien ja kevyiden rakenteiden valmistamisen, mutta rajoittaa muotoilua eikä ole aivan yhtä näyttävää kuin massiivipuu.

Vanereissakin tapahtuu tuotekehitystä ja yksi mielenkiintoisimmista uutuuksista on UPM:n keväällä 2011 lanseeraama lämpömuovattavissa oleva Grada vaneri, www.upmgrada.com. Gradalla voisi olla mielenkiintoisia sovelluksia myös venepuolella. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun puutekniikan laboratoriossa on myös mahdollista tehdä koe-erinä erilaisia vanereita.

Vanereissa voidaan sisempiä viilukerroksia korvata myös muista kerroslevyistä tutuilla komposiittimateriaaleilla, erilaisilla kennoilla tai vaahdoilla, jolloin voidaan saada aikaan merkittävästi kevyempiä levyrakenteita kuitenkin säilyttäen puun ulkonäkö ja kierrätettävyys.

Perinteiset puuveneet tuskin katoavat, mutta tuleeko markkinoille myös teollisesti puupohjaisista raaka-aineista valmistettuja veneitä? Puuveneet on totuttu rakentamaan ikuisiksi mutta ehkä tulevaisuudessa prässätään ”paperi tai lastulevysoutuveneitä” yhdenkesän käytön jälkeen kierrätettäviksi.

4.4.2 Alumiini

Alumiini on nykyisin yleinen veneenrakennusmateriaali. Sen keveys, korroosionkesto ja helppo työstettävyys tekevät siitä terästä houkuttelevamman erityisesti venekokoluokassa. Alumiinilla on vankka suosio erilaisissa työveneissä ja suosio on kasvussa myös huviveneissä.

Alumiiniveneiden valmistustekniikkaa kehitetään sarjatuotantoa silmälläpitäen, levyjen leikkaus on automatisoitua, hitsaus- ja maalausrobotteja kehitetään edelleen. Olemassa olevaa tekniikkaa muun muassa autoteollisuudesta sovelletaan venevalmistuksen lyhyempiin sarjoihin. Alumiiniveneen hitsauksen automatisointia tutkittiin Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla.

Pääasiassa alumiiniveneet hitsataan yhteen suuntaan taivutetuista levyistä ja hitsauksessa käytetään apuna pursotettuja profiileja. Joitakin pienempiä veneitä valmistetaan myös muotoon puristamalla, mutta näissä levypaksuudet ja koot ovat rajallisia puristimien koon vuoksi.

Alumiiniveneissä hyödynnetään alumiinin lisäksi useita muitakin materiaaleja ja valmistusmenetelmiä. Alumiini soveltuu huonosti muotoiltujen kalusteiden rakentamiseen. Lujitemuovisen sisäkuoren yhdistäminen alumiiniseen runkoon tarjoaa monia etuja sekä valmistajan että veneen käyttäjän kannalta. Samoin mm. rotaatiovaletuilla muoviosilla voidaan kustannustehokkaasti parantaa alumiiniveneen esteettisyyttä ja käytettävyyttä. Tulevaisuudessa todennäköisesti nähdään veneitä, joissa eri materiaalit on yhdistetty toimimaan yhdessä entistä tehokkaammin, ei vain esteettisessä mielessä vaan myös teknisten ominaisuuksien saavuttamiseksi.

Kiinnostava uudehko menetelmä pienemmissä sarjoissa on numeerinen painomuovaus, siinä alumiinia painetaan muotoon levyä paikallisesti vähitellen muokkaamalla. Robotilla tehty painomuovaus mahdollistaa suurienkin kappaleiden muotittoman muovauksen. Painomuovauksella voitaisiin saada lisäarvoa alumiiniveneiden muotoilussa pienillä sarjoilla. Alunperin japanissa autoteollisuuden protovalmistukseen kehiteltyä painomuovausta on tutkittu Suomessa Aalto yliopistolla. Suomessa toimii myös kaupallinen painomuovausta tarjoava yritys Relicomp Oy Suolahdella. www.relicomp.fi

4.4.3 Kestomuovit

Kestomuovi on veneen runkomateriaalina harvinaisuus. Kestomuovien prosessointi vaatii suuria investointeja tuotantotekniikkaan, mutta kun laitteisto on kunnossa, on valmistus ylivoimaisen nopeaa.

Pääasiassa kajakkeja ja pieniä veneitä valmistetaan polyeteenistä rotaatiovalulla. Menetelmä rajoittuu nykyisellään pieniin veneisiin ja joihinkin veneiden komponentteihin. Korkea muottikustannus kompensoituu suurilla sarjoilla. Veneenmuotoilu ja tekniset ominaisuudet rajoittuvat valmistustekniikan ja materiaaliominaisuuksien vuoksi. Veneet ovat tyypillisesti hyvin iskukestäviä ja joustavia.

Terhi veneet valmistetaan poikkeuksellisella valmistusmenetelmällä. Tyhjiömuovatut ABS-muoviset kuoret liimataan yhteen polyuretaanivaahdolla. Tuloksena on iskunkestävä, jäykkä ja uppoamaton kerrosrakenne. Tuotantomenetelmä on tehokas.

Terhi-veneiden Kokoonpano on yksi esimerkki teollisesta veneenvalmistuksesta. Veneteollisuudessa sarjakoot harvoin riittävät kokonaan automatisoitujen kokoonpanolinjojen rakentamiseen. Työvaiheet ja materiaalien kierrot ovat silti tarkkaan mietittyjä. Kokoonpanossa käytetään apuna tarkoitusta varten rakennettuja työkaluja ja kasaus-jigejä.

Kestomuovien ominaisuuksien tuotantotekniikan ja muotinvalmistuksen kehittyessä voidaan kestomuoveista valmistaa entistä suurempia kappaleita.

Kestomuovituotteiden valmistuksessa tuotantoympäristö on puhdas. Prosessissa syntyvä jäte ja käyttöikänsä päässä olevat tuotteet ovat kierrätettävissä.

4.4.4 Lujitemuovi sarjatuotannossa

Lujitemuovi on tämän hetken pääasiallinen veneenrakennusmateriaali. Lujitemuovi on komposiitti, joka koostuu nimensä mukaisesti lujitteesta ja muovista. Nykyisin ylivoimaisesti yleisin lujite on lasikuitu ja matriisimuovina käytetään useimmiten polyesteriä.

Takavuosina veneenvalmistuksen aloittaminen on ollut helppoa, pieniä veistämöitä, joissa käsin laminoitiin soutuveneitä itse tehdyistä muoteista, syntyi kuin sieninä sateella. Sittemmin kilpailu on karsinut veistämöjen lukumäärää. Kilpailussa parhaiten ovat selvinneet isoiksi kasvaneet venetehtaat, jotka ovat osanneet laminoimisen lisäksi kehittää venetuotannosta teollista.



Venetehdas (kuva Mikko Pitkäaho)

Teollisessa veneenvalmistuksessa pyritään tehokkuuteen. Ruiskulaminointi on jo pitkään ollut yleisin laminointitapa. Ruiskulaminointi on tehokasta, mutta työ on sotkuista ja vaatii tarkkuutta. Ruiskulaminoinnille etsitään aktiivisesti korvaavia menetelmiä, joissa kappaleen laminointi tapahtuisi suljetussa muotissa. Useitakin vaihtoehtoja on olemassa mutta niiden laajempaa läpilyöntiä veneteollisuudessa rajoittaa edelleen liian pienet sarjakoot.



Ruiskulaminointia (kuvat Mikko Pitkäaho)

Sarjatuotannossa uusia laminointimenetelmiä on otettu käyttöön pääasiassa pienosien valmistuksessa. Suurissa kappaleissa muottikustannukset ovat liian kalliit. Suljetun muotin menetelmiä hyödyntävät pääasiassa vain suurimmat tehtaat, joilla on riittävät sarjakoot.



Pienosien valmistusta Light RTM menetelmällä (Kuva Professional boatbuilder no 113, Cobalt Boats)

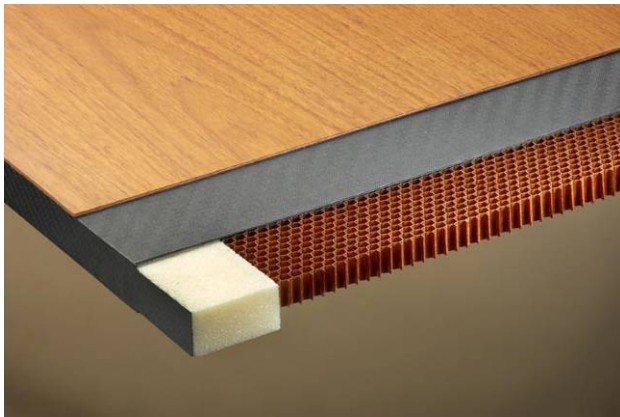
Lujitemuovilla on niin ylivoimaisia ominaisuuksia veneiden käytön ja valmistuksen kannalta, että se varmasti säilyttää suosionsa tulevaisuudessakin. Materiaalit ja valmistusmenetelmät kehittyvät, tuotteista saadaan kevyempiä vahvempia ja tasalaatuisempia. Nykyisin laatua mitataan monesti kiiltävillä pinnoilla ja teknisillä yksityiskohdilla. Sarjatuotantomenetelmillä saavutetaan näillä mittareilla mitattuna merkittäviä etuja. Pieninä sarjoina valmistetuilla veneillä on entistä vaikeampi selviytyä kilpailussa tehokasta sarjatuotantoa vastaan, ainakaan laatumielikuvaa hyödyntämällä.

4.4.5 Yksittäiskappaleet High Tech komposiitit

Komposiiteissa yhdistyy kaksi tai useampia materiaaleja niin, että ne yhdessä muodostavat komposiitille ominaisuuksia, joita kummallakaan materiaalilla ei yksinään ole. $1+1>2$

Yksittäiskappaleina rakennettavilta luksusveneiltä odotetaan ominaisuuksia, joita sarjatuotantoveneillä ei ole. Niiden on oltava kevyempiä, nopeampia ja suurempia. Komposiiteilla voidaan saavuttaa materiaaliominaisuuksia, joita millään yksittäisellä materiaalilla ei ole.

Suomessa valmistetaan useita maailmalla tunnettuja luksusveneitä. Hiilikuidusta, epoksista, erilaisista kenno- ja vaahtomaisista ydinaineista koostuvat tarkasti suunnitellut ja valmistetut rakenteet ovat nykyaikaista käsityötä. High tech -materiaalit voidaan asiakkaan niin halutessa piilottaa taidokkaan perinteitä vaalivan puutyön alle tai jättää esille.



High tech komposiittirakenne, piilossa katseilta (Kuva Baltic Yachts)

Komposiittiosien laminoinnissa käytetään pääasiassa prepreg-lujitteita, joissa hartsin on valmiiksi mukana. Hartsin kovettumisreaktio aktivoituu lämmitettäessä, samalla puristetaan laminaatista ilma pois alipainesäkityksen avulla. Toinen runkojen laminoinnissa käytetty menetelmä on alipaineinjektointi, jossa muottiin ladotut lujite- ja ydinainekerrokset suljetaan muottia vasten muovikalvolla. Paketti alipaineistetaan ja lujitteisiin imetään hartsin alipaineen avulla.



Prepreg laminointia (Kuva Baltic Yachts)

Nykyisellään nämä materiaalit ja menetelmät ovat vielä liian kalliita sarjatuotantoveneisiin. komposiittien käyttö kuitenkin yleistyy monella teollisuuden alalla muun muassa lentokoneissa, junissa ja tuulivoimaloiden siivissä käytetään samoja valmistusmenetelmiä ja materiaaleja. Komposiitteihin liittyvä osaaminen yleistyy ja materiaalien hinnat laskevat. Samalla tuotteille asetetaan entistä suurempia vaatimuksia suorituskyvyn tai energiankulutuksen kannalta. Komposiiteilla saavutettavia kevyitä ja lujia rakenteita tarvitaan tulevaisuudessa entistä useammin.

Nähdäänkö tulevaisuudessa high tech -materiaaleja ja valmistusmenetelmiä myös sarjatuotantoveneissä?

Uudet materiaalit ja menetelmät mahdollistavat tuotteita, joita ei ole ennen pidetty mahdollisina. Nykyaikainen käsityö tarkoittaa myös uusien materiaalien valmistustekniikan hallitsemista. Kalliiden tuotteiden valmistus saattaa olla helpompaa säilyttää korkeiden palkkakustannusten maissa. High tech materiaaleihin ja valmistusmenetelmiin liittyy vielä mystiikkaa, jota voidaan hyödyntää markkinoinnissa, valmistustekninen osaaminen voi olla myyntivaltti, mutta kaikki muutkin brändin rakentamisen palaset täytyy olla kunnossa.

4.5 Lujitemuovivalmistuksen kehityssuuntia

Tulva projektin materiaalitekniinen osuus keskittyi komposiitti materiaaleihin. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan komposiittimateriaalien ja valmistustekniikan kehityssuunnista ja Tulva-projektin yhteydessä tehdyistä kokeiluista.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun veneteknologian koulutusohjelmassa materiaalitekniisten harjoitusten pääpaino on komposiiteissa. KymiComposites komposiittilaboratoriolla pyritään kokeilemaan käytännössä mahdollisimman laajasti erilaisia veneteollisuuden kannalta kiinnostavia lujitemuovivalmistustekniikoita.

4.6 Suljetunmuotin menetelmät

Suljetunmuotin menetelmissä hartsia lisätään muottipuoliskojen väliseen tilaan pakattuihin lujitteisiin joko alipaineella imien tai ylipaineella syöttäen. Menetelmistä on useita variaatioita. Monet materiaali- ja laitevalmistajat ovat kehittäneet suljetunmuotin menetelmiin omia tuotteitaan. Menetelmiä kehittäneet tahot ovat myös keksineet erilaisia nimityksiä menetelmilleen ja siksi kirjainyhdistelmiä ja termejä samalla periaatteella toimiville menetelmille on useita. Esimerkiksi: SCRIMP (The Seeman Composites Resin Infusion Molding), VARI (Vacuum assisted resin infusion), VIP (vacuum injection process), VAP (Vacuum assisted process), API (alipaine injektointi), CCBM (Closed cavity bag moulding), jne. Lyhenteiden viidakossa kannattaa olla tarkkana ja tutustua itse menetelmään termien takana. Usein puhutaan samasta asiasta eri nimellä.

Seuraavissa kappaleissa ei tarkastella menetelmien periaatteita yksityiskohtaisesti vaan kerrotaan lähinnä ”uutuuksista” ja omista havainnoista kunkin menetelmän kohdalla.

4.6.1 Alipaineinjektio

Alipaineinjektiossa lujitteet ja ydinaineet pakataan muottiin kertakäyttöisen muovikalvon alle, paketti tiivistetään ”tacky tape” tiivisteteipillä.



Kajakin injektointia Kyamk komposiittilaboratoriolla, (kuvat Mikko Pitkäaho)

Menetelmän etuja

- Ei vaadi suuria investointeja muotteihin
- Voidaan hoitaa koko laminointi yhdellä kertaa (ydinainerakenteet, palkistot) , rakenteeseen ei synny liimaliitoksia
- Lujite- ja ydinainepakettia voidaan vaihtaa ilman muutoksia muottiin (kalvo seuraa lujitepakkaa tarkasti)
- Hartsin etenemistä injektoinnin aikana voidaan seurata kalvon läpi ja saadaan kerättyä arvokasta tietoa seuraavaa injektointia varten
- Ongelmatilanteita injektoinnin aikana voidaan ratkoa lisäämällä kalvon läpi imu tai syöttöpisteitä
- Saavutetaan paras mahdollinen lujitepitoisuus kalvon puristaessa tarkasti lujiteaihiota

Menetelmän haittapuolia

- Kappaleen takapinnalle tulee säkityskalvon rypyistä jälkiä tai repäisykangaspinta
- Kalvo, tiivisteteipit, repäisykangas, letkut ja hartsinjohtoverkot ovat kertakäyttöisiä (kustannus ja jätettä)
- Kalvo on herkkää käsitellä (kannattaa huolehtia riittävästä ilmankosteudesta, erityisesti polyamidikalvot ovat hauraita kuivassa ilmassa)

- Kalvon tiivistäminen ja rypytys on hidasta erityisesti vaikeiden muotojen päälle
- Kuivien lujitteiden ja ydinaineiden käsittely on hankalaa (asettelu muottiin)
 - Asettelyä helpottaa muotoon leikatut lujitteet ja ydinaineet
 - Spray liimoja ja liimapintaisia lujitteita voidaan myös käyttää
- Vuotokohtat pilaavat kappaleen ja niiden etsintä on hankalaa
- Hartsinjohtokerrokset on suunniteltava lujitteiden tai ydinaineiden avulla tai repäisykankaalla erotettua hartsinjohtoverkkoa käyttäen (toisaalta ei voida tehdä hartsinjohtokanavistoa kuorimuottiin)
- Pinnanlaatu ongelmia

Havaintoja ja vinkkejä

Muotit ja työkalut

- Usein muotteina voidaan käyttää samoja muotteja kuin avolaminoinnissa.
- Muottien on oltava kuitenkin täysin tiiviit ja niissä on oltava riittävät laipat tiivistämistä varten
- Muotin rakenteen on oltava riittävän jäykkä, jos säkityskalvo ei seuraa tarkasti muottipintaa alipaineistamisen aikana muotti saattaa vääntyä ja gelcoat pinta säröytyä
- Muottiin voidaan lisätä mm. läpiviennit hartsin syöttöä varten ja helpottaa näin säkitystä

Alipaineinjektointiin ei tarvita monimutkaisia laitteita. Alipaineen tuottamiseen voidaan käyttää paineilmatoimisia ejektoreita, mutta jatkuvassa käytössä kannattaa hankkia sähkökäyttöinen alipainepumppu. Ejektoreita valmistaa mm. www.piab.com ja pumppuja www.buschpump.com. Pumpun voi hankkia myös komposiittitarvikkeita myyvien yritysten kautta.

Hartsin sekoittaminen injektointia varten tehdään usein käsin ja hartsi imetään muottiin avoimesta astiasta. Uusilla hartsin sekoitus pumpuilla (samoja kuin light RTM:ssä) voidaan syöttää hartsi suoraan pumpulta kalvon alle. Tällä menetelmällä vältetään riskiltä imaista ilmaa muottiin ja saadaan jatkuvasti tuoretta hartsia.

Menetelmä edellyttää hartsipumpun ohjaamista kalvon alta mitatun paineen avulla, hartsin syöttö täytyy pysäyttää aina kun alipaine kalvon alla syöttöpisteen vieressä heikkenee, näin estetään kalvon pullistuminen. Testasimme menetelmää injektoimalla yhden n. 8m² levyn käyttäen Ciject hartsipumppua. Injektointi onnistui hyvin jopa pumpun omalla sähköisellä paineenmittauksella, lisää tarkkuutta saavutettaisiin erillisellä muottiin asennettavalla paineanturilla. Varsinkin isoissa injektioinneissa, joissa käytetään satoja tai jopa tuhansia kiloja hartsia muutamassa tunnissa, täytyy hartsin sekoittaminen tapahtua ongelmattomasti.

Tarvikkeet

Säkityskalvoissa on useita materiaaliveikkoja. Kalvoa valitessa täytyy tarkistaa kalvon yhteensopivuus hartsin kanssa ja muun muassa lämpötilankestä. Osaa kalvoista markkinoidaan myös joustavina, mutta tehtyjen kokeiden perusteella on todettu paremmaksi tehdä säkittäessä reilusti ryppyjä kuin luottaa kalvon joustavuuteen.

Repäisykankaista (engl. peel ply) useimmat ovat polyesteri tai nylon kankaita, jotka tarttuvat huonosti laminaattiin ja ovat kuorittavissa pois kovettuneen laminaatin pinnalta. Repäisykankaita valitessa kannattaa kiinnittää huomiota kankaan pintakäsittelyyn erityisesti jos kankaan jättämää karheaa pintaa aiotaan käyttää pohjana jatkolaminoinnissa. Irrotusainekäsitellyt repäisykankaat ovat kevyempiä kuoria pois mutta niistä saattaa jäädä laminaatin pintaan tarttumista heikentäviä kemikaaleja.

Repäisykankaan sijasta voidaan käyttää myös erilaisia rei'itettyjä muovikalvoja erotuskerroksena hartsinjohto/imukerrosten ja laminaatin välissä. Yksi mielenkiintoinen tuote on imuhuovan ja perforoidun muovikalvon yhdistelmä Compoflex. Compoflex on repäisykankaaseen verrattuna erittäin helppo kuoria irti laminaatista ja se jättää laminaattiin sileämmän pinnan. Paksumpia Compoflex huopia voi käyttää alipainesäkityksissä ja ohuinta laatua myös injektioinneissa repäisykankaan tilalla. www.fibertex.com

Hartsinjohtoverkkona olemme käyttäneet sekä injektointiin tarkoitettuja verkkoja, että halvempina vaihtoehtoina mm. hyttysverkkoja ja telineverkkoa. Kudotut verkot toimivat kaikki hyvin esim Bilteman hyttysverkko on vain hieman hitaampi, ja siihen jää vähemmän hukkaan menevää hartsia kuin virallisiin hartsinjohtoverkkoihin. Hartsinjohtoverkolla on saatu aikaan parempia laminaatteja kuin ilman verkkoa, mutta verkon käyttö on tietysti ylimääräinen kustannus sekä materiaalien että työn kannalta.

Markkinoilla on myös puoliläpäiseviä kalvoja, jotka päästävät ilman läpi, mutta eivät hartsia. Kalvot ovat Gore Tex tyyppisiä kankaita. Näillä kalvoilla voidaan varmistaa ilman poistuminen laminaatista hankalan muotoisissa kappaleissa, joissa hartsin virtausta on vaikea ennustaa. Näitä puoliläpäiseviä kalvoja käytetään mm. lentokoneen osien ja tuuliturbiinin siipien valmistuksessa. Testasimme kalvon toiminnan tasolaminaatilla, mutta emme ole soveltaneet sitä vielä missään varsinaisessa tuotteessa. Kalvo on melko kallista, eikä siksi sovellu tavanomaisiin sarjatuotteisiin. Tällaisia kalvoja löytyy ainakin Saertexiltä http://www.saertex.com/produkt_technik/technik/vap/

Hartsinjohtokanavina käytetään yleisesti johtojen niputuspiraaleja ne toimivat hyvin, mutta jättävät helposti kappaleen pintaan painauman. Vaihtoehtona spiraaleille on injektointiin tarkoitettuja uudelleenkäytettäviä silikonisia sekä kertakäyttöisiä muovisia hartsinjohto/ imukanavia. www.colbond-industry.com Erilaisia tarvikkeita injektointiin löytyy useilta valmistajilta, esimerkiksi www.airtechonline.com www.bodotex.dk

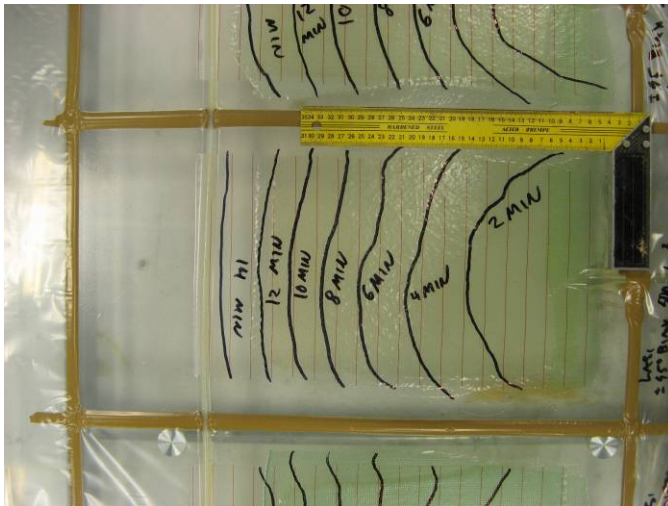
Hartsin valinta

Injektointiin käytettävät hartsit ovat viskositeetilta matalampia eivätkä sisällä tiksotrooppisia aineita, kuten käsinlaminointihartsit. Hartsin valinnassa kannattaa viskositeetin lisäksi kiinnittää huomiota muun muassa kovettumisaikaan, kutistumaan ja mekaanisiin ominaisuuksiin. Injektoinnissa voidaan käyttää kaikkia veneenrakennuksessa käytettyjä hartsityyppejä: polyesteriä, vinyyliesteriä ja epokseja. Hartsin, lujitteiden, ydinaineen, gelcoat ja irrotusaineiden yhteensopivuus täytyy myös tarkistaa. Osa pinnanlaatu ongelmista johtuu hartsin

kutistumasta tai korkeasta eksotermilämmöstä, näihin kannattaa kiinnittää huomiota erityisesti paksuissa laminaateissa ja uritettuja ydinaineita käytettäessä.

Lujitteet

Erityisesti injektointiin suunniteltuja lujitteita on tarjolla monella eri valmistajalla. Yhdistelmälujitteissa saatetaan käyttää huokoisempia kerroksia hartsin virtaavuuden helpottamiseksi. Suunnitellulla lujiterakenteella kannattaa injektoida testipaneeleja, joilla voidaan selvittää hartsin virtausnopeuden. Tällä tavoin on helpompaa suunnitella injektointi strategia varsinaiselle kappaleelle (eli miten hartsin syöttö ja imupisteet kannattaa sijoittaa).



Koeinjektointi kajakkiin suunnitelluilla lujitteilla(kuva Mikko Pitkäaho)

Ydinaineet

Injektoinnista saadaan suurin hyöty käyttämällä kerroslevyrakenteita, joiden tekeminen muilla menetelmillä vaatii useita työvaiheita. Ydinaineen uritus ja rei'itys toimii myös hartsin juoksutuskerroksena. Ydinaineessa olevat urat kuitenkin monesti näkyvät laminaatin pinnalla niissä olevan hartsin kutistuessa muuta rakennetta enemmän. Pinnanlaatuongelmien välttämiseksi kannattaa kiinnittää huomiota lujitekerrokseen ydinaineen ympärillä tai valita ydinaine, jossa uritus on mahdollisimman ohut (leikattu). Ohuissa laminaateissa ydinaineena voidaan käyttää myös mikropalloilla täytettyjä polyesterihuopia, joita saa myös uritettuna niin, että ne toimivat tehokkaana hartsinjohtokerroksena. Yksi tällainen tuote on Lantor Soric,

joka on joustavana materiaalina erittäin helppo asetella muottiin. Lantorilta löytyy myös pintahuopia, jotka poistavat uritetun materiaalin käytöstä aiheutuvia pinnanlaatuongelmia. www.lantor.nl

Erilaisia ydinainemateriaaleja löytyy valtavasti. Ydinainetta valitessa täytyy mekaanisten ominaisuuksien lisäksi kiinnittää huomiota myös yhteensopivuuteen hartsin kanssa sekä injektoitaessa urituksen. Lisäksi ydinaineesta ei alipaineessa saa vapautua kaasuja (outgassing).



Synteettisellä ydinaineella (Sorici) ja luonnon korkilla (Amorim) injektoituja kajakin laminaatteja (kuva Mikko Pitkäaho)

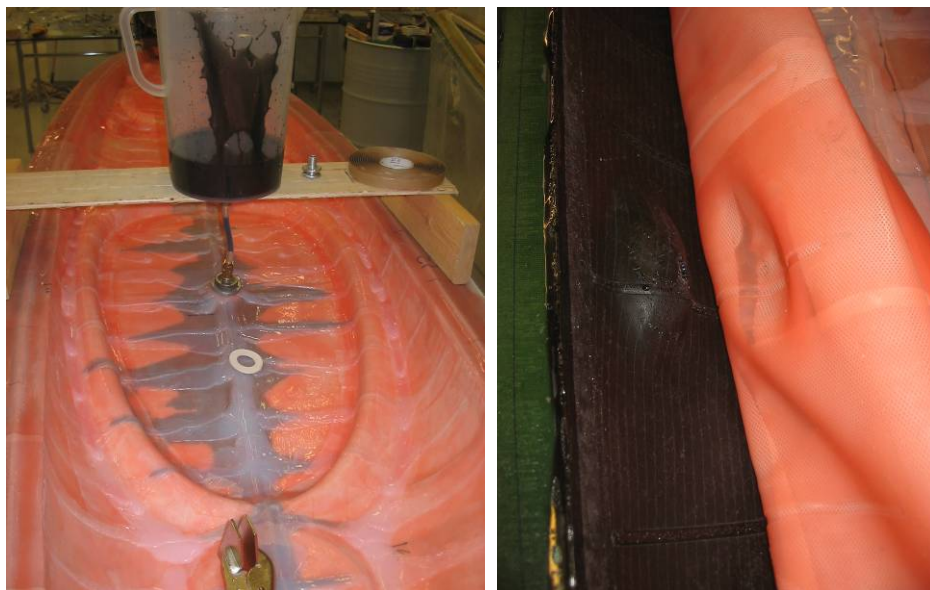
Luonnon korkki on uudehko ydinaine, jolla on paljon mielenkiintoisia ominaisuuksia, joista ekologisuus ei ole ollenkaan vähäisin. Korkki toimi injektoitaessa hyvin, korkkiydinaine ”hengittää läpi” niin, että molemmat laminaattipinnat kastuvat samaa tahtia. Pinnanlaatu oli myös parempi kuin uritetuilla ja rei’itetyillä vaahtolevyillä. Korkki taipuu loivasti kaksoiskaarevillekin pinnoille ilman uritusta. Korkilla ja EpoBiox luonnonöljypohjaisella epoksilla toteutetaan kajakki valmistustekniikan harjoituksena lukukaudella 2012. www.corecork.amorim.com www.amroy.fi

Esivalmisteltujen lujite/ ydinainemateriaalien käyttö tekee injektoinnista houkuttelevan vaihtoehdon käsinlaminoinnille. Jos palkisto voidaan toteuttaa samalla kertaa injektoinnin aikana, voidaan injektoinnilla paitsi nopeuttaa valmistusta myös saavuttaa laadukkaampi tuote liimaliitosten jäädessä pois. Yksi tällaisten preformin

valmistaja on Prisma preforms <http://www.preforms.com/> . Preformien käytöllä voidaan nopeuttaa valmistusprosessia riippumatta laminointimenetelmästä.

4.6.2 Uudelleen käytettävät pehmeät kuorimuotit

Alipainesäkytyksen nopeuttamiseksi ja kertakäyttöisten tarvikkeiden säästämiseksi on kehitetty pehmeitä kuorimuottimateriaaleja.



Kajakin kannen injektointi silikonisäkillä(kuva Mikko Pitkäaho)

Säkkimateriaaleina käytetään silikoni ja polyuretaani materiaaleja. Alan messuilla löytyy materiaaleja ja tarvikkeita useilta eri valmistajilta. Usein säkkimateriaalin tarkkaa koostumusta ei kerrota, mutta periaatteessa silikoneja on kahta tyyppiä additio- ja kondensaatioverkkoituvia, 2-komponenttisia sekä 1-komponenttisia. Erilaisia polyuretaaneja on valtava määrä. Silikoni kuorimuotin teko tapahtuu, joko silikonista sivelemällä tai ruiskuttamalla, useimmissa systeemeissä silikonikerrosten välillä käytetään tukikankaita. Ruiskuttamalla levittämiseen tarvitaan tarkoitusta varten valmistettu ruisku, joka sekoittaa komponentit ruiskuttaa tai pursottaa materiaalin muotin pinnalle. Kaksikomponenttisia silikoneja myydään myös patruunoissa, joista silikoni annostellaan staattisen sekoittajan läpi pursottamalla. KymiCompositella on kokeiltu silikonisäkin valmistusta kaksikomponenttisilla silikoneilla ja lukukaudella 2012 kokeillaan yksikomponenttista Arctekin silikonia.



Silikoni kuorimuotin ja tiivistekauluksen valmistustamelan muottia varten(kuva Mikko Pitkäaho)

Pehmeän muottipuoliskon teko vaatii huolellisuutta ja harjoittelua, mutta ei lopulta ole kovin hankalaa. Useimmilla muottisilikoneilla voi muotin tehdä lastikappaleen päältä ilman, että sitä tarvitsee irrotusainekäsittellä mitenkään, tämä nopeuttaa huomattavasti muotinrakennusprosessia.

Tiivistys kovan muottipuoliskon ja silikonisäkin välillä voidaan toteuttaa eri tavoilla. Yksinkertaisimmillaan silikonisäkkiin tehdään lastikappaleen avulla ura, joka tiivistyy suoraan muottipintaa vasten. IBEX messuilla Composites One (Plastech) esitteli ratkaisua, jossa tiivistys tehtiin erillisellä laipalla. Laipan toinen tiiviste on muottipinnalla toinen silikonisäkin päällä. Tiivisteiden väliin vedetty alipaine tiivistää muotin ja toimii kappaletta kiertävänä imukanavana. Sworl esitteli samoilla messuilla silikonisäkkiä, jossa tiivistys oli tehty säkkiin kiinnilaminoidulla huulitiivisteprofiililla. Kyamk:issa tehtyjen kokeilujen perusteella laippatiivistys vaikuttaa käytännössä toimivimmalta, koska se on helpoin saada painettua tiiviisti muottia vasten alipaineistuksen ajaksi. www.arctekinfusion.com www.plastech.co.uk
www.wacker.com www.sworl.net

Silikonisäkkillä voidaan tehdä myös erittäin hankalan muotoisia kappaleita ja säkkiä voidaan käyttää myös kappaleen sisällä onttojen kappaleiden valmistuksessa.

Pehmeitä muottimateriaaleja markkinoivat yritykset esittävät pehmeää uudelleen käytettävää säkkiä parhaaksi vaihtoehdoksi monimutkaisia muotoja sisältävissä kappaleissa jo 40 kappaleen sarjoissa. Säkkien luvataan kestävän satoja irrotuksia.

Menetelmän etuja:

- samat edut kuin alipaineinjektiossa kalvon alla, lisäksi
- vähentää jätettä
- mahdollistaa monimutkaisten muotojen helpomman säkityksen
- pehmeän vastamuotin rakentaminen on nopeaa (valmiin lestikappaleen päälle)
- negatiiviset päästöt mahdollisia
- useimmiten ei vaadi irrotusainekäsittelyä
- antaa melko hyvän pinnanlaadun

Menetelmän haittoja:

- säkin valmistus on erilaista kuin peruslaminointi. Vaatii harjoittelua ja materiaalista riippuen joskus erikoistyökaluja
- Materiaali on kalliimpaa verrattuna light RTM muotin rakennukseen
- säkin säilytys vaatii huolellisuutta (säkki mm. viruu jakerää pölyä)
- säkin asettelu lujitteiden päälle on joskus hankalaa (nihkeä pinta, säkin paino)
- säkin kanssa ei voida käyttää gelcoatia kappaleen takapinnalla kuten RTM tai light RTM muoteissa

Myös pienten osien valumuotteja voidaan tehdä silikoneista tai polyuretaaneista. Tämä on kiinnostava menetelmä erityisesti yhdistettynä pikamallinnukseen. Näin voidaan tehdä yksilöityjä osia ja kilpailia pienissä sarjoissa mm ruiskupuristettujen osien kanssa. www.freemansupply.com



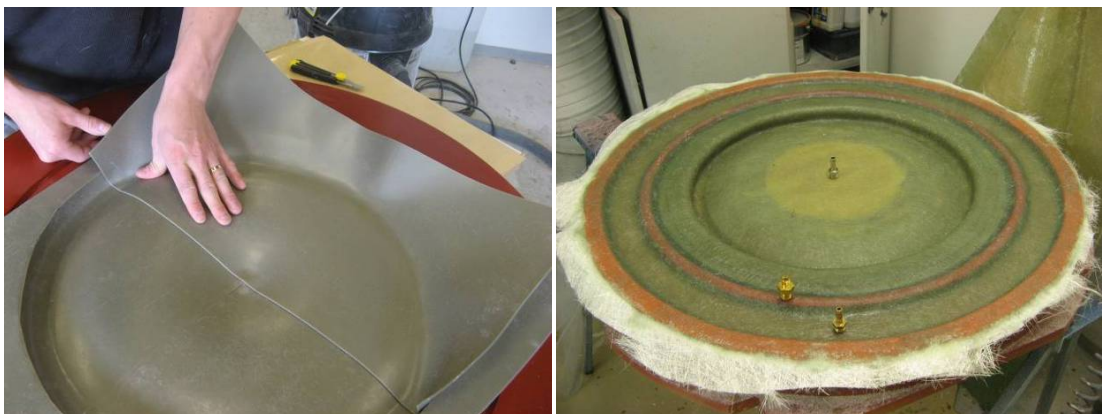
Pikamallinnettu hammaspyörä ja siitä tehty silikonimuotti(kuva Mikko Pitkäaho)

4.6.3 Light RTM

Light RTM menetelmässä muotti suljetaan lujitemuovisella muottipuoliskolla, jota pidetään injektoinnin aikana kiinni alipaineen avulla. Hartsia syötetään muottiin pienellä paineella niin, että alipaine riittää pitämään muotin suljettuna. Menetelmä eroaa varsinaista RTM:stä muottien sulkumekanismiin kannalta, RTM muotit ovat järeitä ja ne suljetaan mekaanisesti puristimien ja lukkojen avulla. RTM:ssä voidaan käyttää suurempia syöttöpaineita kuin light RTM:ssä. (RTM Resin Transfer Moulding)

Light RTM on menetelmänä hyvin tunnettu. Laite- ja tarviketoimittajia on useita. Myös koulutusta muottien suunnitteluun ja valmistukseen on saatavilla. Menetelmä on käytössä useilla venevalmistajilla, useimmiten valmistettavat tuotteet ovat luokkuja ja muita pienosia mutta menetelmällä valmistetaan myös veneiden runkoja ja kansia.

Light-RTM menetelmää on harjoiteltu KyAMK:issa valmistamalla erilaisia muotteja pienosia varten. Muotin rakentamisessa ja tiivistyksen toteutuksessa on useita niksejä, joita kannattaa kysellä laite- ja materiaalivalmistajilta tai käydä näiden tarjoamissa koulutuksissa. Myös KyAMK:issa on hankittu kokemusta muotinrakennuksesta ja erilaisista muottiratkaisuista. Opetuksessa hyödynnettäisiin mieluummin enemmänkin todellisia kappaleita ja tehtäisiin kokeiluja yhdessä alan yritysten kanssa.



Light RTM kuorimuotin rakentamista (kuva Mikko Pitkäaho)

Materiaalien valinnassa kannattaa noudattaa valmistajien neuvoja. Light RTM (tai RTM) käyttöön suunnitellut lujitteet sisältävät hartsin virtaavuutta parantavia kerroksia. Tavallinen emulsio tai pulverisidottu katkokuitumatto ei tahdo pysyä paikallaan hartsin virratessa. Useimmat suljetun muotin menetelmiin tarkoitetut lujitteet ovatkin tikattuja yhdistelmälujitteita tai niin sanottua jatkuvakuituista lasikuitumattoa.



Suljetunmuotin menetelmää varten kehitettyjä lujitteita. (kuva Mikko Pitkäaho)

Tikatuissa yhdistelmälujitteissa yhdistellään tarpeen mukaan hartsinjohtokerroksia ja suunnattuja kuituja. Edellä kuvassa päällimmäisenä on helposti muotoiltava lujite hartsinjohtokerroksella, keskellä suunnattuja kuituja ja alimmaisena jatkuvakuituinen matto.

Lujitteiden preformaatio eli muotoilu muottiin sopivaksi paketiksi voidaan tehdä eri tekniikoilla. Yksinkertaisimmillaan lujite on paineltavissa muotoon käsin. Pienissä sarjoissa voidaan kuituaihioita tehdä myös ompelemalla ja liimaamalla kuitukerroksia haluttuun muotoon. Sarjakoossa suurentuessa käytetään erillisiä muotteja, joilla puristetaan lämmitetty lujitepakka muotoon. On olemassa myös menetelmiä, joissa lujitepakka muodostetaan ruiskuttamalla kuivia kuituja muotoillun verkon päälle,

jossa ne pysyvät alipaineen avulla. Kuitupakka saadaan pysymään koossa lämmittämällä kuidun pinnassa oleva sidosaine kiertoilmaunissa. Sidosaineen jäähtyessä kuidut tarttuvat yhteen. Sea Ray on kehitellyt patentoidun menetelmän, jossa katkokuitu ruiskutetaan robotilla suoraan muottiin. RIMFIRE menetelmässä kuidun pintaan lisätty sidosaine lämmitetään ruiskuttamalla kuitu liekin läpi, muottiin laskeutuessaan sidosaine jäähtyy ja kuidut liimaantuvat yhteen. Menetelmällä voidaan tehdä lujiteaihioita ilman alipaine ja uunisysteemiä. RRIM menetelmää on esitelty muun muassa RTM today lehden artikkelissa 2004, joka on ladattavissa täältä www.plastech.co.uk/Downloads.htm . Kustannustehokas ja nopea lujiteaihion valmistaminen on avainasemassa, mikäli light RTM tai RTM menetelmällä halutaan kilpailla ruiskulaminoitua vastaan myös nopeudessa.

Ydinaineiden sijoittamisessa suljettuun muottiin täytyy olla tarkka, jotta muotti sulkeutuu kunnolla eikä siihen jää hartsirikkaita alueita ydinaineen ja umpilaminaatin rajapintoihin. Suljetunmuotin menetelmiin on kehitetty lujitettuja ydinaineita, joissa halvemman umpisoluisen vaahdon läpi on tikattu lujitekuituja. Näitä ydinaineita on tarjolla myös pehmeästä vaahdosta (PE) tehtyinä, jolloin ne mukautuvat vaihtelevan paksuiseen muottipesään muottia suljettaessa. Injektoitaessa hartsi kastelee vaahdon läpi tikatut lujitteet ja muodostuu ristikkorakenne, joka tukee laminaatit toisiinsa. <http://nida-core.com/english/fusion.htm>



Nida fusion lujitettu ydinaine(kuva Mikko Pitkäaho)

Kuvan injektoidusta paneelista on poistettu vaahto, niin että kuitukimppujen muodostama kuorilaminaatit yhdistävä ristikkorakenne näkyy selkeämmin.

Light RTM ja RTM menetelmissä kannattaa alipainepumpun lisäksi investoida hartsipumppuun, joka sekoittaa automaattisesti kovettajan muottiin pumpattavan hartsin joukkoon. Näihin pumppuihin on saatavilla myös automaattisia venttiilejä, jotka sulkevat muotin hartsin syötön loputtua ja pumppu huuhtelee järjestelmän automaattisesti. Syöttöventtiiliä käytettäessä pumppu vapautuu seuraavaa injektointia varten (muoteilla on omat syöttöventtiilit).

Light RTM Menetelmän etuja:

- nopeampi kuin edellä esitetyt suljetunmuotin menetelmät
- mahdollista tehdä molemmin puolin gelcoat-pintaisia kappaleita
- lujiteaihioiden asettelu helppoa
- kappaleet ovat mittatarkkoja

Menetelmän haittoja:

- molemmat muottipuoliskot vaativat huolellista ylläpitoa
- vaatii investointia muotteihin ja hartsipumppuun
- kuorimuotin teko on melko hidasta käsityötä

Laitevalmistajia ja koulutusorganisaatioita mm.

www.plastech.co.uk

www.composite-integration.co.uk

<http://www.compositesone.com/process.php>

<http://www.acmanet.org/cct/>

4.6.4 Märkäpuristus

Puristusmenetelmissä hartsi ja lujitekuidut puristetaan haluttuun muotoon kahden muottipuoliskon välissä. Menetelmästä on useita variaatiota ja se on laajasti käytössä komposiittituotteiden valmistuksessa mm. ajoneuvo ja rakennusteollisuuden tuotteissa. Tunnetuimmat variaatiot ovat SMC (Sheet Moulding Compound) ja BMC (Bulk Moulding Compound) näissä käytetään lämpökovettuvalla hartsilla kasteltuja lujitteita tai massaa, joka puristetaan muotoon lämmitetyssä muotissa. Tarve investoida lämmitettäviin muotteihin ja puristimiin on vähentänyt näiden menetelmien suosiota veneteollisuudessa. Muun muassa vesijettien runkoja valmistetaan kuitenkin SMC menetelmällä. www.smc-alliance.com

Low pressure compression moulding LPCM on märkäpuristusmenetelmä, joka on toteuttavissa edullisilla työkaluilla. Menetelmää kokeiltiin ATC Formulated Polymers:in valmistamalla hartsilla ja yhtiön osastolla IBEX:issä esitellyllä muottikonstruktiolla. Menetelmässä muottiin pakataan lujiteaiho, mahdollinen ydinaine ja tarvittava määrä voimakkaasti täyttyä hartsia. Muottipuoliskot puristetaan yhteen käyttäen paineilmapalkeita (ilma jousia). (www.atc-fp.com,kts myös yhtiön demo youtubessa löytyy hakusanalla ” poly-bond b55”)



Muotin tuennan rakentaminen ja valmis muotti LPCM kokeiluun (kuvat Mikko Pitkäaho)

Menetelmä on erittäin yksinkertainen ja muotti sulkumekanismeineen on toteutettavissa edullisesti. Menetelmä soveltuu hyvin mm. veneen luukkujen tyyppisiin kappaleisiin. Suurimmat tällä menetelmällä toteutetut kappaleet ovat pinta-alaltaan noin 2m x 2m.

Tarvittava sulkuvoima on pieni verrattuna SMC ja BMC massoihin ja muotti voidaan toteuttaa lujitemuovisena vanerilla ja metallilla tuettuna. Paineilmapalkeet (ilmajouset, air springs, pneumatic bellows) ovat edullisia komponentteja, joita käytetään monissa teollisissa sovelluksissa ja mm rekka-autojen jousituksessa. Muottia suljettaessa on oleellista, että sulkeminen tapahtuu kontrolloidusti, jolloin hartsilla on aikaa virrata muotissa. Ylimääräinen hartsi puristuu ulos muotista, muotin laippaan kannattaa suunnitella ura yli pursuavan hartsin keräämiseksi.

Menetelmän etuja ovat:

- LPCM verrattuna käsinlaminointiin: mittatarkat kappaleet, gelcoat pinta on mahdollinen molemmilla pinnoilla, ei tarvita skincoatia hyvän pinnanlaadun aikaansaamiseksi, nopeampi sykli aika
- LPCM verrattuna SMC: kerroslevyrakenteet ovat mahdollisia yhdellä iskulla yksikertaisemmalla ja halvemmalla muotilla
- LPCM verrattuna light RTM: hyvä pinnanlaatu ja vääristymättömät kappaleet pienikutistumaisen täytetyn hartsin ansiosta

Menetelmän hyödyntämisen kannalta puristin mekanismin rakentamien edullisesti on oleellista. Kuvatun pantasysteemin sijasta voidaan käyttää myös erillistä puristinta, johon ulkomitoiltaan standardoidut muotit vuorotellen siirretään puristettavaksi. Puristuksen jälkeen kappaleet voidaan lukita kovettumisen ajaksi mekaanisesti yhteen, jotta puristin vapautuu nopeammin seuraavalle muotille.

Menetelmää testattiin veneen luukun muotilla. Venealan yritykseltä saatuun muottiin rakennettiin toinen muottipuolisko, tarvittavat jäykisteet ja sulkumekanismi. Kappaleet onnistuivat ensimmäisistä koekappaleista lähtien erittäin hyvin, pinnanlaatu kappaleissa oli hyvä ja laminaatti tasalaatuista.



Ensimmäinen koekappale, (kuvat Mikko Pitkäaho)

Samaan muottiin tehtiin myös light RTM kuorimuotti menetelmien vertailemiseksi. Muottien valmistaminen vei suunnilleen saman verran työtunteja, light RTM muotissa lestikappaleen teko tiivisteurineen ja tiivisteiden liimaus muottiin vievät suunnilleen vastaavan ajan kuin LPCM muotin tukiranteen teko. Light RTM kappaleen teko hartsipumpun avulla on käsin sekoitettuun LPCM hartsiin verrattuna siistimpää (toki LPCM hartsinkin annostelussa voitaisiin käyttää pumppua). Lujiteaihion asettelu on helpompaa LPCM muottiin, koska ei tarvitse varoa kuitujen jäämistä tiiviste-pinnoille ja lujitteet pysyvät hartsilla kasteltuna paremmin paikoillaan. LPCM kappale on parempi pinnanlaadultaan kuin light RTM kappale.

Käsinlaminointiin verrattuna sekä LPCM että light RTM menetelmillä saavutetaan tasalaatuisempia ja siistimpiä kappaleita. Laatuero korostuu kokematonta laminointityövoimaa käytettäessä.

4.7 Muita valmistusmenetelmiä ja kiinnostavia materiaaleja

Prepreg ja Sprint materiaalit ovat käytössä high tech komposiittituotteiden valmistuksessa myös veneteollisuudessa. Näiden materiaalien edut korostuvat yksittäiskappaleissa, joissa tavoitellaan erittäin korkeaa laatua. Materiaalien hinnan vuoksi ne eivät ole yleistyneet halvemmissä veneissä. Matalan lämmön prepregit ja Sprint kalvot eivät vaadi kovetussyklissä autoklaavia, uuni ja alipainepumppu riittävät. Periaatteessa näitäkin materiaaleja ja menetelmiä voidaan käyttää yksinkertaisilla työkaluilla, mutta valmistuksessa vaaditaan kuitenkin tietoa ja kokemusta materiaalien käyttäytymisestä ja prosessoinnista. Tietoa ja apua on hyvin saatavilla materiaalitoimittajilta, mutta menetelmien harjoittelu on kallista ja hankalaa ilman maksavaa asiakasta. Kyamk:issa preregejä on käytetty lähinnä tasolaminaattien valmistuksessa vaneripuristimia hyödyntäen sekä mm. putkiprofiilien tekemiseen kutisteteipin avulla. Materiaalitoimittajia esimerkiksi <http://www.gurit.com/marine.aspx> ja www.hexcel.com

Professional boatbuilder lehden numerossa 131 on Richard Downs-Honey kirjoittama artikkeli "Cleanest Way to Build a Composite Boat" joka käsittelee monipuolisesti prepreg valmistusta. Professional boatbuilder lehden artikkelit ovat Luettavissa netissä www.proboat.com

Ruiskupuristusmenetelmistä, joissa käytetään kertamuoveja, käytetään termiä Reaction Injection moulding eli RIM. Menetelmässä sekoitetaan hartsin komponentit ja ruiskutetaan ne suljettuun muottiin, jossa hartsi kovettuu kemiallisen reaktion seurauksena. Hartsina voidaan käyttää polyestereitä, polyuretaaneja, epokseja. Hartsin joukossa voidaan käyttää lujitteita (RRIM) tai muottiin voidaan laittaa lujiteaiho (Structural RIM). Kappaleet voivat olla myös vaahtomaisia niin, että niissä on kuitenkin tiivis pinta. Menetelmällä voidaan toteuttaa materiaaliominaisuuksiltaan hyvinkin erilaisia tuotteita.

Polyuretaanimateriaaleihin ja niihin liittyviin valmistustekniikoihin kannattaa tutustua kun sarjakoot kasvavat tai on erityisten teknisten ominaisuuksien vuoksi tarve tehdä lujitemuovisia tuotteita uudella tavalla. Polyuretaaneista löytyy lisätietoa mm. www.bayermaterials.com

Kestomuovien prosessointiin kehitetään uusia menetelmiä ja materiaalit kehittyvät. Toistaiseksi materiaalit ovat olleet kiinnostavia lähinnä pienien osien ja muun muassa verhoilutuotteiden valmistuksessa veneissä. Tyhjiömuovaus eli alipainemuovaus on kiinnostava menetelmä jo pienillä sarjoilla. Siinä levyaihiö lämmitetään sähkövastuksilla pehmeäksi ja puhalletaan paineilman avulla kuplaksi. Samalla muottipöytä nostetaan kuplan sisään, levyaihiö tiivistyy muottipöydän reunoihin. Kuplan sisältä imetään alipaineella ilma pois ja levy muotoutuu muottipintaa vasten. Jäähdytynyt kappale irrotetaan muotista ja siitä leikataan reunat. Leikatut levyn reunat voidaan kierrättää. Muotti voidaan rakentaa eri materiaaleista vaadittavasta pinnanlaadusta ja sarjakoosta riippuen. Halvimmillaan muotti voi olla vaneria.

Rotaatiovalulla voidaan valmistaa onttoja kappaleita pyörivän lämmitetyn muotin sisällä. Menetelmällä valmistetaan veneisiin mm. säiliötä ja ohjauspulpetteja mutta myös kokonaisia veneitä.

Kestomuovia voidaan käyttää myös matriisimuovina lujitetuissa tuotteissa. Markkinoilla on erilaisia lujitteita joihin on yhdistetty matriisimuovi jauheena tai kuituna. Lämmitettäessä muovin sulamispisteen yläpuolelle matriisimuovi sulaa ja kuitupakka voidaan puristaa muotoon. Tällaisia materiaaleja ovat mm. polypropeenin ja lasikuidun yhdistelmät Ahlstromin RTC, Owens Corningin Twintex. Twintexiä on saatavilla myös PET kuidulla. Prosessointiin tarvitaan lämpöä yli 180 astetta. www.ocvreinforcements.com/solutions/Twintex.asp www.reinor.fi

Pure Composites valmistaa polypropeenikuitua, jossa ulkopinnassa käytetty polypropeeni sulaa matriisimuoviksi kuidun sisäosan säilyessä lujitekuituna. Materiaali on siis polypreeni-polypropeeni komposiitti. Materiaalia on saatavilla kuituna, kankaana ja levynä. Prosessointiin tarvitaan lämpöä 130-180 astetta ja painetta laminaatin tiivistämiseksi. www.pure-composites.com

Rakenteellisten osien valmistamiseksi yllämainitut materiaalit tarvitsevat kovan puristuspuheen laminaatin tiivistämiseksi. Puristamiseen vaadittu voima ja tarvittava lämpötila aiheuttavat vaatimuksia muoteille ja sulkupuristimille. Pure Composites esitteli JEC messuilla materiaalista valmistettua kajakkia ja yhtiön edustaja kertoi, että materiaalia kehitetään niin, että puristuspuheeksi riittäisi jopa pelkkä alipaine.

Samoilla messuilla oli esillä myös Twintexistä valmistettu purjejolla. Materiaalien tekniset ominaisuudet rajoittavat materiaalien käytön pieniin veneisiin tai veneiden osiin.



Twintex:istä valmistettu jolla (JEC 2009),(kuva Mikko Pitkäaho)

CBT on Cyclics corporation:in kehittänyt syklinen muoto PBT:stä (polybutylene terephthalate). CBT on prosessoitavissa kuin kertamuovi tai kuin kestopuovi. Lämmitettäessä huoneenlämmössä kiinteä CBT sulaa n. 160 asteen lämpötilassa ja kovettuu kemiallisesti PBT:ksi 180-200 asteen lämpötilassa. PBT sulamispiste on huomattavasti korkeampi n. 225 astetta. Sulan CBT:n viskositeetti ennen kovettumista on hyvin alhainen, kuin vedellä. Alhaisen viskositeetin ja säädettävissä olevan kovettumisajan ansiosta CBT:tä voidaan käyttää jopa injektointimenetelmillä. CBT:n kovettumisreaktio on isoterminen, reaktio ei tuota lämpöä ja kovettunut kappale on poistettavissa muotista ilman jäädytystä.

Cyclics on demonstroinut CBT:n käyttöä useilla eri valmistusmenetelmillä, lujitteilla ja täyteaineilla. CBT:tä on saatavilla eri muodoissa prosessointitavasta riippuen. Haasteellista CBT käytössä veneteollisuudessa tekee korkea prosessointilämpötila muottien kannalta ja valmistusolosuhteiden hallinta mm ilmankosteuden osalta.

Tämän tyyppiset uudet materiaalit saattavat mullistaa veneiden sarjatuotantoa ja niiden tuotekehitystä kannattaa seurata. Mukaan tuotekehitykseen tarvitaan

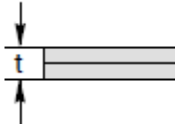
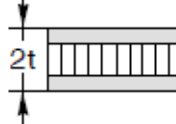

rohkeita yrityksiä ratkomaan valmistukseen liittyviä käytännön ongelmia, onneksi näitä yrityksiä löytyy muiltakin komposiitteja hyödyntäviltä aloilta.

Ahlstrom on ollut mukana CBT materiaalin kehitysprojektissa ja testilaminaatteja on valmistettu myös KymiCompositella. www.cyclics.com

4.8 Kerroslevy eli sandwich rakenteet

Kerroslevyrakenteet kuuluvat oleellisena osana komposiitteihin. Kerroslevyrakenteita käytetään samasta syystä kuin teräsrakenteissa I-palkkeja, jotta saadaan lisättyä jäykkyyttä ja pienennettyä painoa. Kerroslevyssä ydinaine käyttäytyy kuin I-palkin uuma yhdistäen kuormaa kantavat pintalaminaatit toisiinsa.

Kerroslevyissä levyn jäykkyyttä lisätään kasvattamalla levyn paksuutta ydinaineen avulla. Valitsemalla mahdollisimman kevyt ydinaine saadaan jäykkyyttä kasvatettua ilman merkittävää painon lisäystä.

	Solid material	Core thickness t	Core thickness 3t
			
Stiffness	1.0	7.0	37.0
Flexural strength	1.0	3.5	9.2
Weight	1.0	1.03	1.06

Paksuuden vaikutus jäykkyyteen ja painoon (kuva Hexcel Prepreg Technology)

Negatiiviset mielikuvat kerroslevyjen käytöstä veneiden rakenteissa liittyvät pitkälti alkuaikojen väriin materiaalivalintoihin ja valmistusvirheisiin. Oikealla suunnittelulla sekä valitsemalla oikeat materiaalit ja valmistusmenetelmät kerroslevyrakenteilla voidaan toteuttaa kaikilta ominaisuuksiltaan umpilaminaattia parempia rakenteita. Ydinaineen on paitsi sidottava pintalaminaatit lujasti yhteen myös pystyttävä jakamaan kuormitus laajemmalle alueelle ja joustamaan hetkellisen kuormituksen ja iskujen yhteydessä. Painonsäästön lisäksi oikein suunnitellulla

kerroslevyrakenteella voidaan vaimentaa ääntä ja värinää, eristää lämpöä ja lisätä rakenteen iskunkestävyyttä.

Ydinaineena kerroslevyissä käytetään vaahtoja ja kennoja, joita molempia on saatavilla monesta eri materiaalista valmistettuina useilta eri valmistajilta.

Ydinaineiden ominaisuuksissa ja hinnoissa on suuria eroja. Muun muassa PET vaahtot ja polyeteenikennot sekä kuitulujitetut ydinaineet ovat kiinnostavia uutuuksia.

Tunnettuja ydinaineiden valmistajia ovat muun muassa:

www.nida-core.com , www.diabgroup.com ja www.corematerials.3acomposites.com

4.8.1 Valmiit kerroslevyt

Veneissä käytetään paljon levyjä, muun muassa sisustuksessa, laipioissa lattioissa ja verhoiltujen osien runkoina. Useimmiten käytetään vaneria mutta paljon muitakin kerroslevyjä on tarjolla. Käyttämällä vanerin sijasta kerroslevyjä voidaan säästää merkittävästi painossa. Painon säästöllä saavutetaan paljon etuja sekä suorituskyvyn että käytävyyden kannalta. Luukkuja ja tynnyjen runkoja keventämällä voidaan paitsi helpottaa niiden käsittelyä myös saada verhoilut ja saranat kestämään paremmin.



Nidacorella toteutettu kaluste. Kerroslevyrakenteiden ei tarvitse näkyä päälle. (kuva Mikko Pitkäaho)

Kerroslevyjä voidaan laminoida itse mutta valmiita levyjäkin on tarjolla useilta valmistajilta. Useat ydinaineita valmistavat yritykset myös tekevät valmiita kerroslevyjä eri pintavaihtoehtoilla. Pinnat voivat olla lujitemuovin lisäksi esimerkiksi

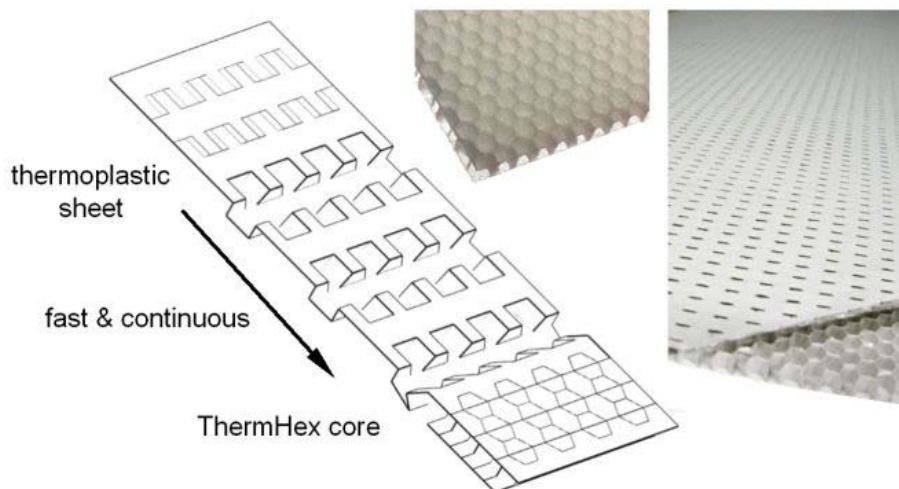
kestomuovia, terästä, alumiinia, kiveä tai puuta. Erityisesti kestopuovipintaisten levyjen valmistuksessa tarvitaan usein erikoislaitteita ja niiden valmistaminen itse laminoimalla ei ole edes mahdollista, muidenkin materiaalien kohdalla saattaa olla kustannustehokkaampaa ostaa valmiita levyä kuin tehdä levy itse. Useilta toimittajilta levyt voi tilata myös cad-kuvien perusteella valmiiksi CNC leikattuna.

4.8.2 Ydinaine ja kerroslevy valmistajia

Nidacore polypropeeni kenno valmistetaan ekstruuderilla ja profiilista katkotaan levyn paksuisia suikaleita, jotka liitetään lämmöllä toisiinsa ja pintahuopaan. Kennon materiaali on polypropeeni, pintalevyt voidaan laminoida tai liimata halutusta materiaalista kennon pintaan. Pintahuopa sulkee kennon pinnan niin että liima ei pääse täyttämään kennoja. Nidacore toimittaa myös valmiita kerroslevyjä eri pintavaihtoehtoilla ja useat muut kerroslevyn valmistajat käyttävät Nidacoren kennoa. www.nida-core.com

Elytra tekee Belgiassa kerroslevyjä useilla eri pintamateriaaleilla ja polypropeenikennolla, PET vaahdolla tai LDPE ydinaineella. www.elytra.be

Econcore valmistaa hunajakennotyyppisiä kerroslevyjä eri tekniikalla kuin Nidacore. Kenno valmistetaan patentoiduilla thermhex -prosessilla, jossa yhdistyy lämpömuovaus, taittelu ja liimaus.



ThermHex ydinaineen valmistusprosessi: lämpömuovaus, taittelu ja liimaus. (kuva Econcore)

www.econcore.com

IQ-tec tekee kerroslevyjä mistä tahansa materiaaleista, yhtiön erikoisuutena on aiemmin mainittu CBT materiaali. www.ig-holding.com

Polymer park on saksalainen yritys, joka on vuodesta 2002 valmistanut itse kehittämällään menetelmällä kokonaan yhdestä materiaalista koostuvia levyjä, joissa pinta on kiinteä ja ydin vaahtoa. Materiaaleina on PPC, PPH, PE ja PS HI jotka ovat muunneltua polypropeenaa, polyeteeniä ja polystyreeniä.

Levy on rakenteeltaan poikkeuksellinen, koska se on kauttaaltaan samaa materiaalia ja yhtä kappaletta ilman liimaliitoksia. Levyjen kerrotaan olevan helppoja työstää ja mekaanisesti kestäviä. Yhtiön nettisivujen mukaan levyjä käytetään myös venesovelluksissa luukuissa, laipioissa ja peräpeileissä. www.polymer-park.de

Levyjen materiaaleista riippuen niiden työstämiseen, taivuttamiseen ja liitosten tekemiseen on olemassa erilaisia keinoja. Valmistajien nettisivuilta löytyy runsaasti sovellusesimerkkejä ja työohjeita kerroslevyjen käyttöön.

4.9 Muotinrakennus

Muottien valmistus ja ylläpito on erittäin suuressa roolissa lujitemuoviteollisuudessa. Muotit ovat iso investointi ja useimmiten ne ovatkin yrityksen arvokkain työkalu. Suljetunmuotin menetelmiin ja uusiin valmistusmateriaaleihin siirryttäessä muotteille asetetut vaatimukset kasvavat entisestään ja vaaditaan vielä aiempaa enemmän ja tarkempia muotteja. Suuretkin investoinnit muotteihin olisi mahdollista pitkillä sarjoilla mutta toisaalta uusi venemalli halutaan ulos entistä tiheämmin.

4.9.1 Muottien CNC koneistus

Muottien valmistus on muuttunut merkittävästi siirryttäessä suunnittelussa kolmiulotteiseen CAD mallinnukseen. Nykyisin suurin osa muoteista valmistetaan

ainakin osittain CNC koneilla. Nykyisin veneteollisuudessa käytettyihin laminointimenetelmiin (käsinalaminointi, ruiskulaminointi, alipaineinjektio ja light RTM) edulliset ja kestävät muotit valmistetaan CNC:llä koneistetun lestin päältä laminoimalla. CNC:n käytöstä huolimatta muotinrakennuksesta edelleen hyvin suuri osa on taitoa ja aikaa vaativaa käsityötä.

Suoraan CNC:llä koneistetuista ja huolellisesti pintakäsitellyistä muoteistakin voidaan saada jopa kymmeniä irrotuksia, mutta pitkillä sarjoilla tai nopeammassa tuotantotahdissa niiden kanssa tulee yleensä muun muassa eksotermilämmöstä, käsittelystä ja kulumisesta johtuvia ongelmia.

Muottien CNC koneistusta tekevät Suomessa ainakin: www.scanmould.fi ja www.trikatex.fi molemmilla yrityksillä on käytössään isot viisiakseliset porttaali-malliset jyrskoneet. Nautorilla on käytössään oma robotteihin perustuva jyrsin solu.

Tulva projektin yhteydessä Kyamk:issa testattiin vanhan, aikaisemmin hitsauskäytössä olleen, robottisolun muuntamista muottien jyrskäyttöön. 90-luvun alusta oleva robotti, lineaarijohteet ja kääntöpöytä saatiin mekaanisesti toimimaan ja robotilla voidaan ajaa robotin ohjaimella tehtyä liikeratoja. Järjestelmää yritettiin modernisoida robottien offline-ohjelmointiin tarkoitetun ohjelmiston avulla. Tarkoituksena oli pystyä simuloimaan CAM ohjelmien tuottamia liikeratoja ja muuntamaan ne robotin ymmärtämään muotoon. Eri vuosikymmeniltä olevien tuotteiden yhteensovittaminen osoittautui kuitenkin erittäin hankalaksi ja robotilla saatiin lopultakin ajettua vain hyvin yksinkertaisia ja lyhyitä työstöjä. Robotti on vielä toimintavalmiudessa, mikäli löydetään ohjelmisto, jolla käytännössäkin saataisiin robottia hyödynnettyä. Mainospuheiden perusteella Mastercamin Robotmaster voisi olla sellainen, mutta vielä ei kannata elätelläsuuria toiveita.



Robotin off-line ohjelmointia ja jyritys koekappale(kuvat Mikko Pitkäaho)

Uuteen robottisoluun investoitaessa on paljon vaihtoehtoja, useilla robottivalmistajilla on omia offline ohjelmointityökaluja, esimerkiksi ABB:n IRBCAM vaikuttaa toimivalta. Pelkässä muottienjyrityksessä porttaali-jyrsimet ovat monen haastatellun tahon mielestä robotteja käyttökelpoisempia, nopeampia ja tarkempia. Toisaalta robottisolut ovat halvempia ja monipuolisemmin hyödynnettävissä mikäli ohjelmistopuoli kehittyy odotetusti.

Muottien laminointi ja käsittely

Laminoitujen muottien rakentamista nopeuttavat muotinrakennushartsit, joita on tarjolla monilta hartsintoimittajilta. Muottihartseilla voidaan rakentaa kerralla paksuja laminaatteja ilman että laminaatti kutistuu, tämä nopeuttaa huomattavasti muotin rakennukseen kuluva aikaa.

Myös muotin käsittelyyn käytettävien kemikaalien, huokoslakkojen ja irrotusaineiden kehittyminen nopeuttaa muotin käyttöönottoa ja huoltoa. Oikein käytettynä nämä puolipysyvät irrotusaineet ovat erittäin tehokkaita, mutta niiden käytössä on oltava huolellinen ja seurattava tarkasti valmistajan ohjeita. Usein nämä kemikaalit ovat myös perinteisiä muottivahoja herkempiä olosuhteille mm. ilman kosteuden ja lämpötilan suhteen.

4.9.2 Protomuotit

Tuotekehityksen ja markkinoinnin kannalta olisi usein kiinnostavaa saada tuotteesta toimintakelpoinen prototyyppi ennen varsinaisten tuotantomuottien valmistamista. Vene voidaan valmistaa myös monilla erilaisilla one-off menetelmillä. Kyamk:in venealan opiskelijat testasivat lukukaudella 2011 yhtä melko poikkeuksellista valmistustapaa. Opiskelijat rakensivat Stitch and Glue –menetelmällä prototyypin vesijettiveneestä. Yleensä Stitch and Glue menetelmässä käytetään vaneria, mutta tässä tapauksessa vene rakennettiin kokonaan lujitemuovisena, pöydällä laminoiduista tasolaminaateista. Veneessä hyödynnettiin sekä umpilaminaattia että kerroslevyjä. Tällä rakentamistavalla saatiin aikaan prototyyppi messuilla esiteltäväksi ja koeajoihin erittäin nopealla aikataululla ja edullisesti materiaalia haaskaamatta.



Vesijettiveneen "JetBo" rakentamista ja prototyyppi koeajolla kesällä 2011 (kts myös Youtube "Veneteknologia") (kuvat Mikko Pitkäaho)



Rakennustapa aiheuttaa tietysti rajoitteita veneen muotoilulle, mutta soveltuu aika hyvin nykymuodinjakausten moottoriveneiden valmistamiseen. Prototyypin pohjalta voidaan edetä muotin rakennukseen myös hyödyntämällä protoa lestinä. Tällöin

lestikappaleeseen voitaisiin lisätä haluttuja piirteitä CNC koneistetuilla osilla (esimerkiksi nousulistoja ja luukkujen kauluksia ym).

Kajak sportille tehtiin Tulva-projektin yhteydessä uuden kajakkimallin suunnittelua ja prototyypin valmistusta. Uusi kajakkimalli mallinnettiin Rhino 3D CAD-ohjelmalla. Iterointikierröksen aikana mallin pohjalta tulostettiin pikamallinnuskoneella pienoismalli suunnittelutiimin tutkittavaksi. Varsinainen 1:1 protyyppi päädyttiin tehtyjen kokeilujen perusteella toteuttamaan Finnfoam eristelyistä (suulakepuristettu polystyreeni) CNC koneistamalla. Polystyreeni ei kestä laminointia polyesterihartseilla, koska hartsi sulattaa levyä, mutta epokseilla laminointi onnistuu hyvin.

Kajakin malli jrsittiin polystyreenilevystä neljässä osassa CNC koneen rajoitusten vuoksi ja koottiin uretaaniliimalla yhteen. Lestikappaleen päälle laminoitiin ensimmäiseksi kerrokseksi repäisykangas ja sitten halutut lujitekerrokset. Laminaatin kovettuttua polystyreeni lohkottiin mekaanisesti irti laminaatista. Repäisykankaan avulla saadaan laminaatin pinnasta loput vaahtolevystä helposti irti. Apuna voi käyttää myös asetonia, joka sulattaa nopeasti polystyreenivaahtoa. Vaahdosta jäljelle jäänyt kovettunut klöntti voidaan asetonin haihtumisen jälkeen poistaa repäisykankaan avulla kappaleen pinnalta.



Lestikappaleen jrsintää KymiDesignin vanhalla jrsimellä ja testipala, josta vaahto on sulatettu asetonilla (kuvat Mikko Pitkäaho)

Tällä uhrautuvan muotin menetelmällä saavutettiin yhtä kappaletta oleva kajakki nopeasti ja suhteellisen edullisesti. Koska pinnanlaadulla ei tässä tapauksessa ollut

juuri väliä, voitiin CNC koneistus tehdä pehmeään vaahtoon suurella syöttönopeudella.

Edellä kuvatulla tavalla voidaan tehdä myös naarasmuotti, jolloin kappaleen ulkopinnasta saataisiin mittatarkempi.

Kertakäyttömuotteja ja one-off menetelmiä kehittämällä voisi olla mahdollista tuoda myös venemessuille konseptiveneitä, kuten automessuilla on konseptiautoja. Tällaisten konseptien rakentaminen voisi olla myös palvelua suuria sarjoja tuottaville venetehtaille.

4.9.3 Lämmitettävät muotit

Muotin lämpötilan hallinnalla saavutettaisiin monia etuja:

- Sykliajan nopeuttaminen (esim. RTM, light RTM)
- Valmistusolosuhteiden hallinta
- Toistettavuus sarjatuotannossa
- Hartsin viskositeetin madaltaminen, kovettumisajan hallinta
- Lämmitysenergiesäästö
- Biohartsit vaativat jälkikovuksen
- laajemmat mahdollisuudet materiaalin valintaan: polyuretaanivalut, prepregit, kestopuovien prosessointi

Tulva projektissa pohdittiin, miten muottien lämmitys voitaisiin valmistaa edullisesti ja helposti. Lähtökohtana oli idea hyödyntää Parabeam lujitetta vesivaipan valmistamiseksi lujitemuovimuottiin.

Messuilla ja kirjallisuudesta tutkittiin käytössä olevia tekniikoita muotin lämmitykseen.

Sähkövastukset

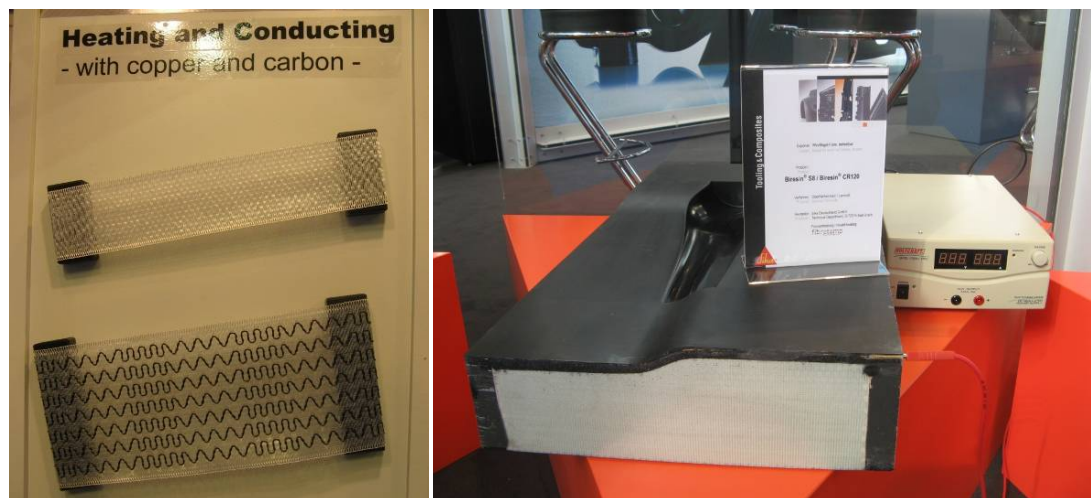
Etuja:

- Yksinkertainen rakenne

- Valmiita vastusverkkoja saatavilla
- Edullinen?
- Säättäminen helppoa
- Muotin ei tarvitse olla massiivinen
- Nopea lämmitys
- Korkea lämpötila mahdollinen

Haittoja:

- Jäähdytys ei ole mahdollista
- liian nopeat muotin lämpötilan vaihtelut rasittavat muottia
- Palo- ja räjähdysvaara
- Ex-suojaus, ATEX?



Sähkövastuksia muotinlämmitykseen ja demomuotti (Kuvat JEC 2009 Mikko Pitkäaho)

Vesikierto

Etuja:

- Jäähdytys mahdollinen
- Lämpöenergia talteenotto mahdollinen

Haittoja:

- Putkisto on työläs rakentaa
- Muotista tulee massiivinen
- Hidas
- Muotin rakenteesta tulee monimutkainen, kallis ja vaikea korjata

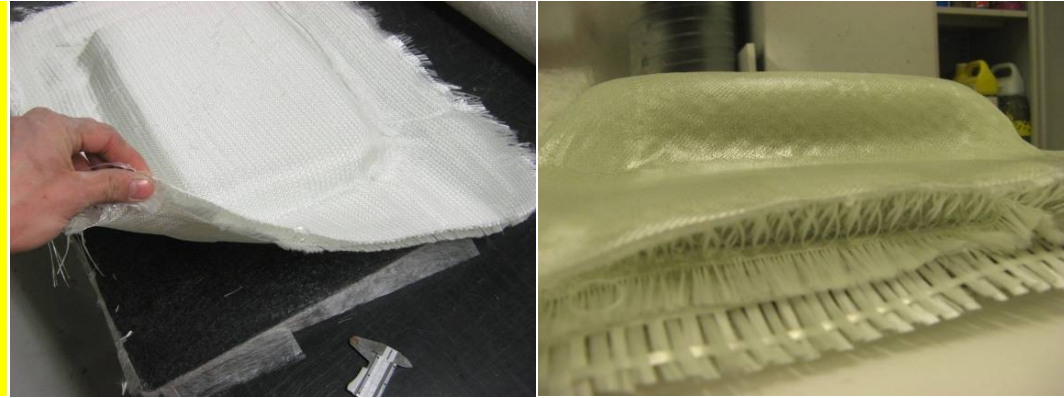


Vesikiertoinen muotinvärmitys putkituksella toteutettuna (kuva JEC 209 Mikko Pitkäaho)

Vesikiertoinen muotti Parabeamilla toteutettuna

Parabeam on kolmiulotteinen lasikuitulujite, joka hartsilla kasteltuna pysyy koholla muodostaen kovettuessaan ontton kerroslevyn. Kerroslevy muodostuu lujitteen pinnat yhdistävistä kuitukimpuista, jotka kovettuaan muodostavat ristikkomaisen rakenteen. Parabeamia käytetään kerroslevyjen rakentamiseen mm. ajoneuvoissa ja säiliöissä. www.parabeam.nl

Ajatuksena oli kokeilla Parabeamia muotinvärmityksessä niin, että Parabeamin avulla muodostettaisiin muotinpinnan taakse yhtenäinen vesivaippa muotinvärmityksen lämpötilan säätelyä varten.



Muotin laminointia Parabeam lujitteella(kuvat Mikko Pitkäaho)

Lämmitettävien muottien testi

Muottien lämmittämisen eri menetelmien vertailemiseksi toteutettiin koepaneelit eri tekniikoilla. Testipaneelit ja niiden valmistus:

Paneeli A: Joustava lämmityskudos

Plastech (KG-enterprise)

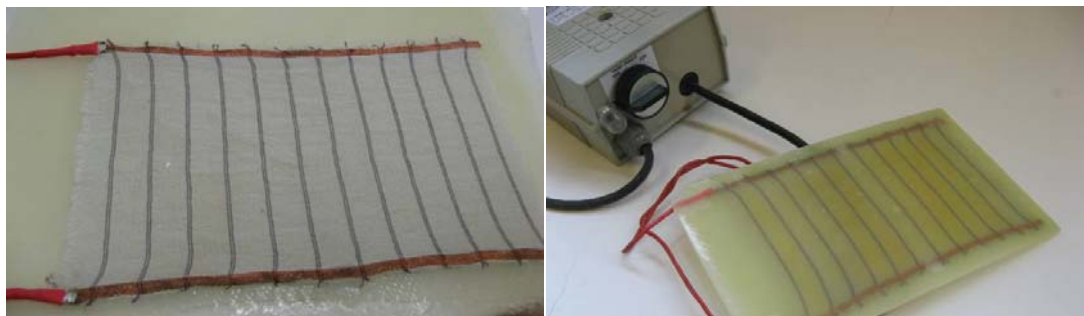
Epoksi laminaatti

West epoxy 105+205

Twill 190+290g/m²

Lämmityskudos

Biax 2*450g/2

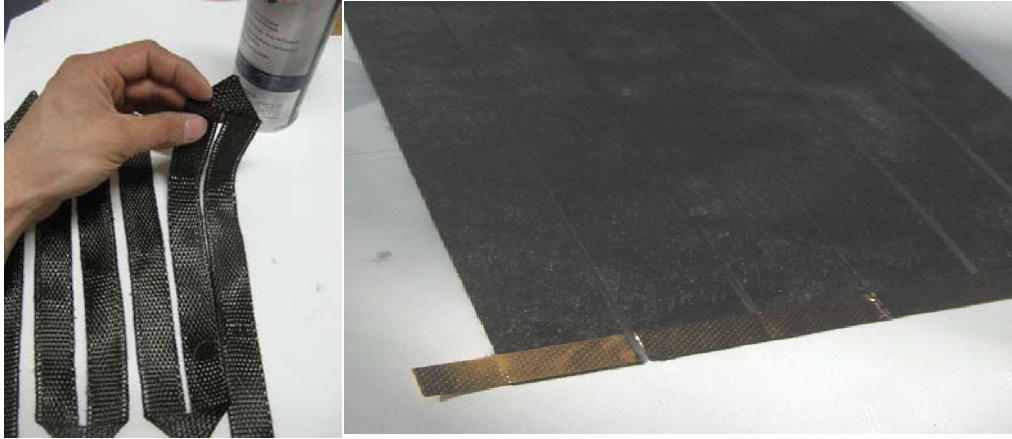


Sähköllä lämpiävä paneeli (kuvat Mikko Pitkäaho)

Paneelin valmistaminen valmiista vastusverkosta on helppoa. Haluttu resistanssi saadaan aikaan leikkaamalla vastusverkon päissä olevat kuparijohteet poikki, niin että haluttu määrä vastuksia on rinnan kytkettynä.

Paneeli B: Hiilikuitulujitteiden käyttäminen vastuksina

näitä tehtiin useita erilaisia käyttäen erilaisia hiilikuitulujitteita.



Hiilikuitunauhasta ja huovasta tehdyt vastuskuviot (kuvat Mikko Pitkäaho)

Hiilikuitulujitteita käyttämällä toteutettiin sarja testipaneeleita erilaisia lujitteita käyttäen. Lujitteina käytettiin hiilihuopaa, kudottua nauhaa, ja lasi-hiili hybridikudosta (palttina). Sähköyhteet kytkettiin kuiviin hiilikuitulujitteisiin ennen laminointia 3M johtavalla liimalla varustetulla kupariteipillä.

Paneeli C: 8mm kupariputki

Polyesteri laminaatti (katkokuitu)

Täyteaineena alumiinisilikaatti

Noin 50 tilavuus %



Kupariputkesta taivuteltu lämmityspotkisto(kuva Mikko Pitkäaho)

Paneeli valmistettiin käsillä olevista materiaaleista. Hehkutettua 8mm kupariputkea oli suhteellisen helppo taivuttaa muotoon ja sen valaminen hiekkapuhallus hiekalla (alumiinisilikaatti) täytettyyn hartsiin onnistuu helposti.

Paneeli D: Parabeam

Epoksilaminaatti
Twill 190+290g/m²
Parabeam 22mm
Twill 190+290g/m²



Parabeam paneeli(kuva Mikko Pitkäaho)

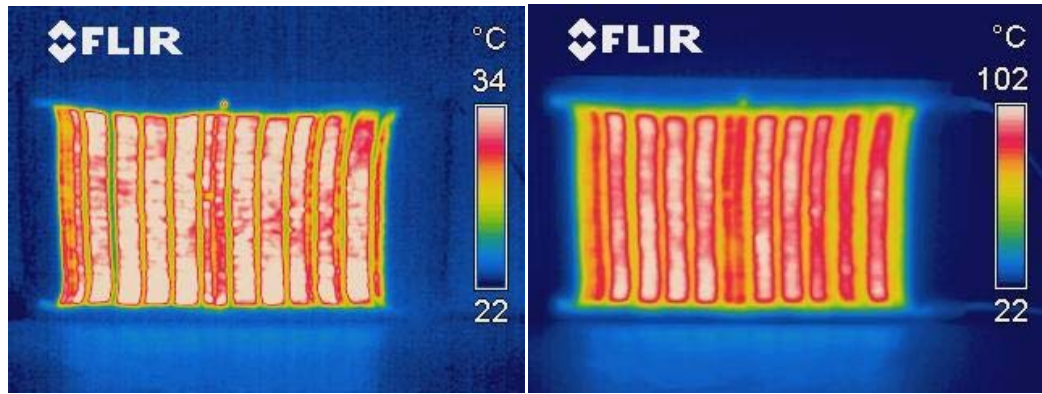
Parabeamista valmistettu paneeli tehtiin kerralla laminoiden. Paneelin kaksi sivua puristettiin kovettumisen ajaksi kiinni. Kaksi muuta sivua täytettiin jälkikäteen epoksi mikropallo massalla ja samalla niihin laminoitiin kierrehokit liittimiä varten.

Testimenettely ja tulokset

Paneelit lämpenemisnopeutta ja lämmön tasaisuutta muottipinnalla mitattiin lämpökameralla. Vesikiertoisiin testipaneeleihin syötettiin kylmä/kuuma vesi vesijohdosta. Sähköpaneelin syöttönä käytettiin säädettävää vaihtovirtamuuntajaa (20V).

Paneeli A:

Sähkövastukset lämpenivät erittäin nopeasti , 24 asteesta 100 asteeseen 60 sekuntia.



Sähkövastuksilla lämmitetty paneeli 10s ja 60s virran kytkemisestä, (kuva Mikko Pitkäaho)

Koska sähköllä lämmitettyä paneelia ei pysty jäähdyttämään oli jäähtyminen hidasta, takaisin huoneenlämpöön jäähtyminen vei noin 20minuuttia.

Paneeli B:

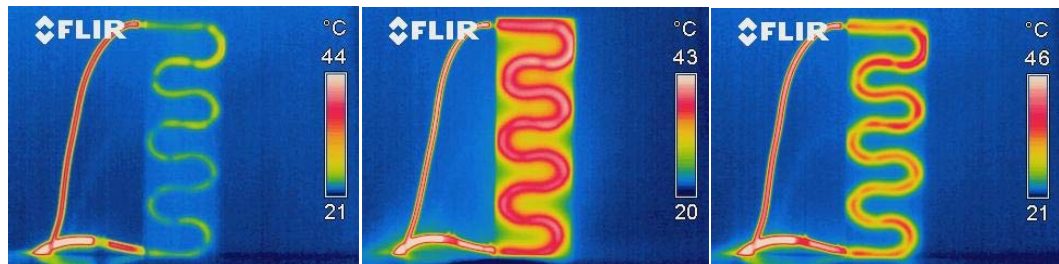


Hiilikuidulla toteutettu paneeli, huono liitos hiilikuituun kuumenee, (kuvat Mikko Pitkäaho)

Paneleiden valmistuksessa ”kotikonstein” osoittautui vaikeaksi saada kunnollinen kontakti hiilikuidun ja kuparin välille. Paneeleista vain noin puolet onnistui ja niidenkin resistanssi muuttui satunnaisesti laminoinnin tuloksena. Periaatteessa hiilikuitulujitteita voidaan käyttää ja käytetäänkin vastuksina mutta liitosten tekemiseen täytyisi löytää parempi tapa.

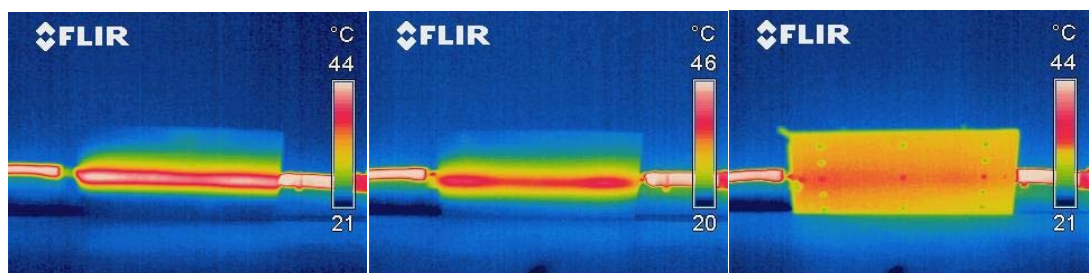
Paneeli C:

Kupariputkella toteutettu vesikiertoinen paneeli lämpeni epätasaisesti. Paneelin pinnassa näkyy lämpökamerakuvassa selkeästi kupariputken sijainti. Lämpötila tasaantuu hitaasti sekä lämmitettäessä että jäähdytettäessä.



Kupariputkella toteutettu vesikierto 0,5 min, 2min ja 25min vesikierron aloittamisesta (kuvat Mikko Pitkäaho)

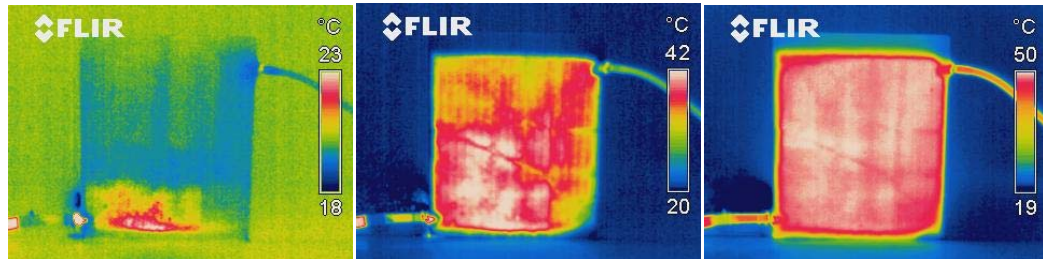
Muottimateriaalilla on suuri merkitys pintalämmön tasaantumisen kannalta. Tätä demonstroitiin liimaamalla kupariputki eri materiaalista olevien levyjen takapinnalle. Lasikuitulaminaatti johtaa huonosti lämpöä eikä hartsiin sekoitetulla hiekalla ollut suurta merkitystä. Alumiini levyn avulla lämpö jakaantuu tasaisesti.



2mm polyesteri, 3mm polyesteri+hiekka, 2mm alumiini(kuvat Mikko Pitkäaho)

Paneeli D:

Parabeamilla toteutettu vesikierto tasaa muottipinnan lämpötilan huomattavasti kupariputkea paremmin. Turbulenttisesti paneelin sisällä virtaava vesi lämmittää koko paneelin, vaikka syöttö ja poistoputkien paikat ovatkin virtauksen alussa selvästi näkyvissä. Paneeli jäähtyy ja lämpenee nopeasti. Jäähdytys voidaan tehdä vaihtotehtoisesti puhaltamalla vesi pois paneelin sisältä.



Parabeam testipaneeli 10s, 30s ja 60 s vesikierron aloittamisen jälkeen (kuvat Mikko Pitkäaho)

Parabeam vaikutti erittäin toimivalta muotin lämmityksen rakentamiseen. Myöhemmin soittautuikin, että idea ei ollutkaan täysin uusi, Professional Boatbuilder lehden numerossa 125 on artikkeli "Process Control Refined" lämpötilakontrolloiduista muoteista ja siinä esitellään samaa ideaa Parabeamin käytöstä. Artikkelin mukaan Andre Cocquyt on esitellyt Parabeamia tässä käytössä jo vuonna 2002. Artikkelissa kuvataan menetelmän etuja erityisesti yhdistettynä Arkema nimisen hartsitoimittajan kanssa kehitettyyn vinyyliesterihartsiin, jolla saavutetaan hallittu kovettuminen säädetyn kynnyslämpötilan yläpuolella. Menetelmää kehittää TCM Composites. <http://www.kenway.com/manufacturing-technology/tcm-composites/>

Artikkelin perusteella voi päätellä, että vapaasti hyödynnettävissä olevaa menetelmää kannattaisi kehitellä eteenpäin.

Parabeam vesikierrolla saavutettaisiin monia etuja:

- räätälöidyillä hartsisysteemeillä on mahdollista estää kovettumisen alkaminen tietyn kynnyslämpötilan alapuolella. Näin saataisiin varmuutta isojen kappaleiden injektointiin.

- eksotermi lämmön hallinnalla voidaan estää laminaatin ylikuumentuminen hartsirikkaissa tai paksuissa laminaateissa
- Hartsia lämmittämällä voidaan laskea hartsin viskositeettia ja nopeuttaa virtausta
- Hallin lämpötila ei vaikuttaisi injektointeihin, jos muotin lämpötilaa voidaan säätää
- Voidaan pitää hallin lämpötila alhaisempana ja säästetään lämmityskuluissa
- Hyödyntämällä varaajia ja lämpöpumppuja voidaan tuottaa muottien lämmitykseen tarvittava energia edullisesti
- Öljykierrolla ja kuumankestävillä hartseilla tai keraamisilla muottimateriaaleilla voitaisiin saavuttaa termoplastisten muovien prosessointiinkin riittäviä yli 180asteen lämpötiloja

4.10 Tuotannon tehokkuus

Tehokkuus on päivän sana kaikkialla teollisuudessa. Tuote on tehtävä nopeammin ja halvemmalla muuten ei pärjää kilpailussa halvemmän työvoiman maita vastaan. Totta kai näin onkin erityisesti, jos tehdään samanlaista tuotetta samoille markkinoille.

Tarkastellaan tässä yhteydessä lähinnä lujitemuoviveneiden sarjatuotantoa.

Veneen valmistus kokonaisuudessaan on kehittynyt teollisempaan suuntaan. Suomalaisilla venetehtailla tämä on tarkoittanut tuotantolinjojen suunnittelua, tehtaan lay-outin ja työvaiheiden järjeistämistä. Tuotteet, niiden valmistus ja kokoonpano suunnitellaan aiempaa tarkemmin. Työoloihin, työn suunnitteluun, palkkausjärjestelmiin, materiaalivirtoihin osien ja kokonaisuuksien alihankintaan on etsitty malleja muualta teollisuudesta ja luotu omia toimivia järjestelmiä.

Suomalaisessa lujitemuoviveneiden valmistuksessa automaatio on edelleen vähäistä. Veneiden valmistus ja kokoonpano on edelleen pääasiassa käsityötä. Sarjatuotantoa on kuitenkin pystytty nopeuttamaan muun muassa työvaiheiden suunnittelulla, kasausjigeillä, osakokoonpanoilla ja alihankinnalla.

Lujitemuoviveneiden valmistuksessa laminointi on muuttunut varmasti vähiten. Edelleen ruiskulaminoituisoissa kappaleissa ja käsinlaminointi pienosissa on eniten käytetty menetelmä. Materiaaleissa ja työvälineissä ja -olosuhteissa on tapahtunut kehitystä mutta valmistusmenetelmät ovat säilyneet samoina.

Luultavasti tuotannossa on keskitytty juuri oikeisiin asioihin, onhan suomalainen veneteollisuus menestynyt hyvin. Kilpailussa pienempiä sarjoja tai yksittäiskappaleita valmistavia yrityksiä vastaan on pärjätty niin hyvin että vain isoimmat ovat jäljellä. Tuotteissa joissa hinta ratkaisee, joudutaan vääjäämättä kilpailemaan tulevaisuudessa vieläkin isompia vastaan.

Lujitemuovituotannon haasteita ovat:

- Tuotannon tehostaminen
- Pienisarjojen kustannustehokas valmistaminen
- Automatisointi (tai muu prosessin kehitys)
- Alihankinta/oman osaamisen kehittäminen
- Tuotteen ominaisuuksien parantaminen
- Työturvallisuus ja työn houkuttelevuus (VOC, pöly, melu, työn haastavuus)

Maailmalta löytyy veneenvalmistajia, jotka ovat investoineet valtavia summia tuotannon automatisointiin ja kehittäneet myös laminointiin uusia ja innovatiivisia menetelmiä. Valmistustekniikan kannalta nämä kaksi ovat ehkä kiinnostavimmat:

Vec Technology on patentoitu muunnelma RTM tekniikasta. Menetelmän erikoisuus on puristin yksikkö, jossa lujitemuoviset muottipinnat on tuettu paineistetulla vedellä. Veden avulla, paitsi tuetaan muotti tasaisesti, myös kontrolloidaan muotin lämpötilaa. Ideana on toteuttaa muotti huomattavasti teräksistä vesikiertoista RTM muottia halvemmalla ja mahdollistaa useiden tuotteiden valmistaminen samassa puristin yksikössä yksinkertaisesti muottipinnat vaihtamalla. Menetelmän keksi Gene Kirilä 90-luvun lopulla. Patentin osti Genmar vuonna 2000, silloin Genmar oli yksi suurimmista venealan yrityksistä ja omisti toistakymmentä amerikkalaista venebrändiä. Genmar ja Irwin Jacobs näkivät menetelmässä potentiaalia veneiden

valmistukseen. Genmar on käyttänyt menetelmän kehittämiseen yli sata miljoonaa dollaria, kertoo Irwin Jacobs Professional boatbuilder –lehdessä 101 June/July 2006. Artikkelin mukaan Genmar on valmistanut menetelmällä kuudessa vuodessa yli 40 tuhatta venettä. 2006 julkaistu artikkeli oli ensimmäinen kerta, kun yhtiö esitteli menetelmän tarkoin varjeltuja yksityiskohtia julkisuudessa. Artikkelissa kerrotaan myös menetelmän vaikeuksista mm. VEC Shield, lämpömuovattu kalvo, jolla oli tarkoitus korvata gelcoat veneiden rungossa, ei ole vielä edennyt tuotantoon asti. Artikkelissa kerrotaan menetelmän sopivan 400-20 000 kappaleen sarjoihin, joka veneteollisuudessa voisi tarkoittaa 500-3000 venettä vuodessa 1-5 vuoden ajan. Vuonna 2006 Irwin Jacobs kertoi nyt olevan aika jolloin menetelmä alkaa tuottaa takaisin siihen sijoitettua rahaa ja aikaa. Mutta lama taisi ehtiä ennen ja Genmar ajautui konkurssiin.



VEC menetelmä (Kuva www.vectechnology.com)

VEC Technology löytyy internetistä www.vectechnology.com. Uusi yhtiö markkinoi menetelmää komposiittituotteiden valmistukseen, myös veneisiin (2006 Genmar ei vielä ollut valmis luovuttamaan teknologiaa kilpailijoille). Yhtiön nettisivuilta ja Youtubesta löytyy erittäin havainnollinen video, jossa julistetaan VEC Technologyn vievän veneenvalmistuksen uudelle vuosituhannele.

Menetelmässä on paljon mielenkiintoisia innovaatioita mutta siihen kannattaa suhtautua kriittisesti. Kilpaileviin suljetunmuotin menetelmiin (joita on kuvattu

aiemmin raportissa) verrattuna VEC vaatii kuitenkin aivan eri kokoluokan laite- ja muotti-investointeja mahdollisten lisenssimaksujen lisäksi.

Jotta veneiden runkojen valmistuksessa päästäisiin sarjoihin, joissa olisi kannattavaa hyödyntää sinänsä olemassa olevaa teknologiaa mm. ajoneuvopuolelta, täytyisi valmistajien hyväksyä ajatus keskitetystä runkojen tuotannosta. Veneissä täytyisi käyttää samaa ajatusta kuin autoteollisuudessa yhteisten pohjalevyjen suhteen. Se ei ole yhtä helppoa kuin autoissa suunnittelun kannalta muun muassa hydrostaatiikan ja -dynamiikan vuoksi. Runko on tietysti myös varsin näkyvä osa venettä muotoilullisesti. Vähän isompiin sarjoihin päästään jo hyödyntämällä yhteisiä osia oman tuotemalliston sisällä, tätähän useimmat veneenvalmistajat jo tekevätkin.

“Poncin experiment” –niminen artikkeli Professional Boatbuilder lehdessä 115 oct/nov 2008 kertoo **Harmony Yachts** venetehtaan tuotantomenetelmästä, jossa on pyritty hyödyntämään autoteollisuuden menetelmiä lujitemuovisten purjevereiden valmistukseen. Tuotantoteknologian kehittämällä pyrittiin kustannustehokkuuteen 34’-47’ purjevereiden valmistuksessa noin 300 veneen tuotantomäärillä. Poncin Group rakensi 39m€ Harmony veneiden tehtaan 2005. Tehdas suunniteltiin alusta asti pitkälle automatisoiduksi ja hyödyntämään RTM-laminointia sekä mahdollisimman paljon robotiikkaa eri työvaiheissa.



Robotti aukottamassa kantta Harmony Yachts:illa (Kuva Harmony esitteestä)

Artikkeli esittelee koko valmistusprosessin valokuvin ja Youtubesta löytyy tehtaalta kuvattu espanjankielinen video hakusalla ”barcos harmony”. Poncin Group oli ajautunut vaikeuksiin jo artikkelin julkaisun aikaan lokakuussa 2008.

RTM menetelmän soveltaminen isojen kappaleiden laminointiin ei ole kovin helppoa. Raskaiden 4-14 tonnisten muottien siirtelyn työvaiheiden välillä kerrotaan olleen yksi suurimmista haasteista. Kappaleiden asettelu robotilla tehtävää gelcoat maalausta ja leikkaustyövaiheita varten täytyy tehdä millin tarkasti. Artikkelin perusteella vaikuttaisi, että Poncin on hyödyntänyt kaikki laminointityöhön tarjolla olevat high tech apuvälineet. Artikkelissa kerrotaan kuitenkin, että gelcoat robottien hyödyntäminen oli paljon odotettua hankalampaa ja esimerkiksi laser projisoinnista lujitteiden asettelussa ei lopulta ollut käytännönhyötyä.

Yksi mielenkiintoisimpia yksityiskohtia on artikkelissa kuvattu Harmonyn kehittämä RTM:n ja alipaineinjektio yhdistelmä ”infujection”. Siinä veneen rungon palkiston osalta käytetään kovaa RTM muottia ja hartsin injektointi jatkuu laidoilla kalvon alla. Tässä voisi olla ajatusta, palkiston säkittäminen kalvolla on hankalaa eikäsillä saada riittävää mittatarkkuutta eikä gelcoat pintaa pilssiin, toisaalta veneen laidoilla halutaan usein hyödyntää kerroslevyä, joka sopii hyvin kalvon alla injektoitavaksi. Kalvon alla saadaan kerroslevyyn paras mahdollinen lujitepitoisuus. ”Infujection”-idea voisi kehitellä eteenpäin.

Harmonyn ”kokeilu” osoittaa, mitä voidaan rakentaa hyödyntämällä viimeisintä tekniikkaa. Toisaalta myös Poncin ajautui vaikeuksiin eikä Harmony tehtaan kohtalosta ole uutisoitu mitään. Nettisivujen perusteella Poncin keskittyy muihin tuotemerkeihinsä: Shark-moottoriveneisiin ja Catana-katamaraanipurjeveisiin.

4.11 Ekologisuus

Ekologisuus on yksi tämän hetken voimakkaimmista trendeistä. Tuotteen ekologisuus tulisi huomioida kokonaisvaltaisesti jo suunnittelussa, myöhemmin aitoa ekologisuutta on enää vaikea tuotteeseen sisällyttää.

Tuotteen ekologisuutta pitäisi tarkastella kokonaisuutena huomioiden tuotteen koko elinkaari, valmistuksen käytön ja kierrätyksen kannalta. Tekesin veneohjelmassa VTT:n toteuttama ”Ympäristömyötävyyden kehittäminen venealalla”-projekti tutki eri materiaalista valmistettujen ja erityyppisten veneiden kokonaisekologisuutta elinkaariajattelun kautta. Suurin osa n 80% huviveneilyn hiilijalanjäljestä muodostuu käytöstä. Valmistuksen, kokoonpanon ja loppukäytön osuus on vähäinen kokoelinkaarta tarkastellen.

http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT_R_02928_10.pdf

Voiko huviveneily lopulta koskaan olla kovin ekologista, sehän on huvia ja tuottaa ainoastaan hyvin vaikeasti mitattavissa olevaa iloa.

Ekologisuus kuitenkin kiinnostaa yhä useampia veneen ostajia: polttoaineen kulutusta kysellään, kiinnitetään huomiota meluun ja päästöihin. Veneilyssäkin, halutaan säilyttää ekologinen imago. Useiden on kuitenkin kyse vain ekologisesta mielikuvasta. Luonnon materiaalit mielletään ekologisiksi vaikka rakenteesta tulisi niiden takia painavampi ja enemmän polttoainetta kuluttava eikä kierrätyskään oikeasti olisi yhtään helpompaa. Ekologisuus voidaan kuitenkin helposti rakentaa näkyväksi osaksi tuotteen brändiä esimerkiksi pintamateriaalein valinnalla. Ekologisuus ajattelu voisi kuitenkin huomioida paljon muitakin teknisiä ominaisuuksia ja valintoja.

Oikein markkinoituna asiakas saattaisi olla valmis tinkimään huippunopeudesta ja suurista moottoritehoista ja korvata ne hiljaisuudella ja pitkällä toimintasäteellä. Kehuskellaanko tulevaisuudessa hevosvoimien vähyydellä?

4.11.1 Ekologisuus valmistustekniikan ja materiaalivalintojen kannalta

Biokomposiitit ovat paljon esillä julkisuudessa. Luonnonkuituista esimerkiksi hampua ja pellavaa voidaan hyödyntää lujitteena komposiiteissa. Autoteollisuudessa käytetään luonnonkuitukomposiitteja, miksei siis veneissäkin? Veneissä suurin osa komposiittiosista on rakenteellisia ja niissä on vaikeampi hyödyntää useimmiten lyhyinä kuituina saatavilla olevia luonnonkuituja. Luonnonkuituista on pystytty tekemään myös pitkäkuituisia jopa suunnattuja

lujitteita, mutta niiden saatavuus ja laatu vaihtelee. Luonnonkuitujen prosessointi lujitteiksi on vaikeampaa, lujitteet mm. pölyävät katkeilevat ja imevät kosteutta ilmasta. Ainakin pienissä määrissä ja näytteinä luonnonkuitulujitteet ovat myös selvästi lasikuitua kalliimpia, jopa hiilikuidun hinnoissa.

Kierrätettävyyden kannalta kestomuovit olisivat veneissä käytettyjä kertamuoveja parempia, mutta niiden prosessointi vaatii isoja investointeja tuotantolaitteisiin. Joidenkin lähteiden mukaan bio-pohjaiset Furan ja PLA hartsit voisivat olla tulevaisuuden vaihtoehtoja, mutta niiden soveltuvuudesta veneenrakennukseen ei vielä ole tietoa. Biohartsit vaativat myös jälkikovuksen korotetussa 100-160asteen lämpötilassa.

Markkinoilla on myös vihreitä vaihtoehtoja perinteisistä polyestereistä ja epokseista. Näissä kasviöljyjen osuus on 10-50% tai jopa enemmän. Nämä hartsit soveltuvat tuttuihin valmistusmenetelmiin ja ovat hinnaltaan kilpailukykyisiä perinteisiin materiaaleihin nähden. Biohartseja on saatavilla esimerkiksi Ashlandilta, Sicominilta ja Amroylta.

Valmistustekniikan ja materiaalivalintojen kannalta veneen käytönaikaiseen ekologisuuteen ja sitä kautta kokonaisekologisuuteen voitaisiin parhaiten vaikuttaa keventämällä rakenteita.

4.11.2 Kierrätys

Kierrätettävyys on veneissä aina ongelma. Autoihin verrattuna vene on erittäin vaikea suunnitella purettavaksi ja lajiteltavaksi. Sinänsä ekologiset materiaalit yhteen liimattuna muuttuvat hankalasti kierrätettäviksi. Käytöstä poistetuilla veneillä on jätemäärässä mitattuna kuitenkin aika mitätön vaikutus verrattuna muuhun yhteiskunnan tuottamaan jätteeseen. Vanhojen veneiden kierrätys toimii hyvin, jos katsoo käytettyjen veneiden markkinoita esimerkiksi suomalaisilta nettipalstoilta - toisen jäte on toiselle aarre.

Lujitemuovilla on huono maine ekologisuuden kannalta juuri kierrätettävyyden vuoksi. Lujitemuovin kierrätystä on tutkittu paljon. Jos lujitemuovijätettä tulisi

riittävästi ja se olisi kerättävissä, voitaisiin sitä käyttää hyödyksi mm.

sementinpoltossa. Puhdasta lujitemuovijätettä esimerkiksi tuotannossa syntyviä leikattuja reunoja voidaan murskata ja hiontapölyä käyttää sellaisenaan täyteaineena erilaisissa komposiittituotteissa. Hiilikuitulaminaatista voidaan pyrolyysillä polttaa hartsi pois ja hyödyntää kuitu uudelleen lujitteena. Lujitemuovituotteiden kierrätystä on pohdittu mm. KIERRÄ-projektissa. Projektin tuloksien mukaan lujitemuovijäte on kierrätettävissä, mutta pienien volyymien vuoksi siitä on hankala tehdä kannattavaa. Projektin loppuraportissa on esitelty erilaisia vaihtoehtoja kierrätykseen.

http://www.ketek.fi/tiedostot/KIERRA-hanke_Vuorinen.pdf

Lujitemuovijätteen kierrättämisessä tuotantolaitoksen sisällä voisi olla ainakin tulevaisuudessa järkeä kuljetuskustannusten ja kaatopaikkamaksujen kasvaessa. Seawolf Design inc Floridassa markkinoi menetelmää, johon kuuluu murskain ja laitteisto, jolla lasikuitumursketta voidaan syöttää ruiskulaminoinnin yhteydessä laminaattiin. Yhtiön nettisivuilta ladatun materiaalin perusteella menetelmällä voidaan säästää 10-25% ruiskulaminoinnin materiaalikustannuksista hyödyntämällä jauhattua lasikuitua täyteaineena. Menetelmän väitetään myös vähentävän tarvetta laminaatin telaamiseen. Nettisivujen materiaalin referenssit näyttävät olevan 90-luvun lopulta ja niissä mainitaan mm RYDS. Lupauksiin kannattaa suhtautua kriittisesti, mutta joihinkin tuotteisiin harkitusti sovellettuna tässä saattaisi olla ideaakin. Kannattaa kuitenkin muistaa, että huonolaatuisemman tuotteen tekeminen kalliimmalla on harvoin perusteltua, vaikka se edistäisikin kierrätystä.

www.gogreenfrp.com

Joka tapauksessa yritysten kannattaa pyrkiä vähentämään tuotannossa syntyvän jätteen määrä, mutta on tärkeää myös seurata, kuinka paljon ja millaista jätettä syntyy. Oikein lajitellun ja tunnetun jätteen hyödyntämistä on helpompi suunnitella.

5 Yhteenveto

Veneet kehittyvät jatkuvasti niin kuin muutkin kulutustuotteet. Verrattuna autoihin, niin myös veneisiin halutaan jatkuvasti lisää mukavuuksia, viihde elektroniikkaa, apulaitteita, automatiikkaa jne. Tämä luo tulevaisuudessa haasteita tuotteen käytettävyyden ja ergonomian osa-alueilla. Hankeen yhtenä osana oli käytettävyyden arviointi tuotekehityksessä, jota hyödynnettiin tuotekonsepteja tehtäessä sekä omien että yritysten lähtökohdista. Myös valmistettavuus oli konsepteissa oleellisena osana.

Hankkeen yhtenä tarkoituksena oli tutkia, mihin suuntaan veneily on muuttumassa, josta yhtenä ennusteena on uusilla käyttäjäryhmillä se, että veneily muuttuu enemmän lähemmäksi asumista/ mökkeilyä sekä tuotteena että elämäntapana. Silloin ei enää veneellä ajelu tule olemaan oleellinen asia, vaan viihtyvyys ja itse tila, missä aikaa vietetään. Vaatimuksena ovat tällöin avarat tilat ja helppokulkuisuus eli päinvastoin kuin tämän päivän veneissä.

Perinteiset käyttäjäryhmät eivät tule katoamaan myöskään veneilystä. Heidän kohdallaan tulevaisuus kuitenkin näyttää siltä, että vaikuttavin tekijä kehityksen ohjaamiseen tulee olemaan energiataloudessa käytönaikaisen kulutuksen osalta. Tähän maailmalla etsitään jatkuvasti uusia ratkaisuja, kuinka voitaisiin käyttää uusiutuvaa energiaa ja vaihtoehtoista energiaa hyväksi tulevaisuuden tuotteissa.

Tämän hetken kehityksessä keihään kärkenä ovat erilaiset hybridiratkaisut ja kokonaan sähköllä toimivat veneet. Ainoana ongelmana tähän soveltuvan tekniikan hyödyntämisessä on enää energian varastointi, joka edelleenkin on hyvin kehittämätöntä, kun katsotaan sitä varauskapasiteetti /paino suhteena.

Uusia materiaaleja ja vaihtoehtoja valmistukseen esitellään päivittäin. Kehitystä erityisesti komposiittivalmistuksessa tapahtuu monella rintamalla komposiittien käytön yleistyessä.

Veneet muuttuvat jatkuvasti monimutkaisemmiksi paitsi laitteiden ja järjestelmien myös materiaalien ja valmistustekniikan kannalta. Veneitä verrataan usein autoihin ja

veneeltä odotetaan samaa viimeistelyä ja teknisiä yksityiskohtia kuin autoilta. Tämä kehitys ajaa veneenvalmistusta entistä suurempiin tehtaisiin ja vain harvat merkit selviävät kilpailusta. Vain kaikkein isoimmat selviytyvät eivätkä nekään yksin, alihankintaketjun hallinta on iso osa nykyaikaista veneenvalmistusta.

Toisaalta ilman suuria investointeja tuotantolinjoihin voidaan edelleen tehdä huippulaadukkaita veneitä pienemmissä sarjoissa. Monesti pienet oivallukset tuotannossa voivat säästää monelta harmilta ja turhilta investoinneilta.

Avoimella vuoropuhelulla eri toimijoiden välillä voidaan kehittää valmistustekniikkaa ilman, että kaikkien täytyy tehdä samoja virheitä. Ohjelmistopuolelta tuttu ajatusmalli "open source" toimisi hyvin komposiittivalmistustekniikan kehittämissäkin, kunhan löydetään väyliä ajatusten ja kokemusten vaihtamiseksi. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu jatkaa valmistustekniikan ja materiaalien kehityksen seuraamista. Osallistumme ja jaamme kokemuksia mieluusti alan muiden toimijoiden ja yritysten kanssa.

Winston Churchillillä siteeraten: "It's amazing what can be accomplished if you don't care who gets the credit."

6 Lähteet

6.1 Kirjallisuus

Andrew J. Taylor *et al.* 2004. *Flavor Perception*. Blackwell Publishing

Gordon T. 2005. *Futures Research Methodology V2.0. The Delphi Method*. AC/UNU Millennium Project413

H. Hämäläinen & kump, 2006, *Mieli ja aivot – kognitiivisen neurotieteen oppikirja*, Gummeruksen kirjapaino

Työterveyslaitos. 1972. *Ergonomian johdantokurssi*

Saari Jorma. 1981. *Ergonomian perusteet*. Työterveyslaitos

Haapanen A & kump. 2006. *Digma-tutkimusjulkaisu*. Kyamk

Mannermaa M. 1999. *Tulevaisuuden hallinta. Skenaariot Strategia työskentelyssä*. WSOY, *Ekonomia-sarja*. Porvoo

Kokkonen V & kump. 2005. *Visioiva Tuotekonseptointi*. Teknologiateollisuus

Virtanen S. 2009. *3D-suunnittelu*. Opinnäytetyö. KyAMK

Simon Örnberg, 2009, *Moottorivenekonsepti Bella-Veneet Oy:lle*, KyAMK opinnäytetyö

Jouni Huusko, 2009, *Bella 9000-veneeseen rungon rakennelaskenta ruiskulaminaatti- ja ydinainerakenteella*, KyAMK opinnäytetyö

Vesa Saari, 2011, *Uuden kajakin suunnittelu Kajak Sport osakeyhtiölle*, KyAMK opinnäytetyö

Antti Viitanen, 2010, *Huvilaveneen konseptointi*, KyAMK opinnäytetyö

Heini Palonen, 2010, *Matkapurjeveneeseen sisätilojen tutkiminen naisnäkökulmasta – Toimintojen tutkiminen ja kehittäminen*, KyAMK opinnäytetyö

6.2 Netti

http://fi.wikipedia.org/wiki/Kuudes_aisti	22
http://nida-core.com/english/fusion.htm	68
http://ohjplone.cs.tut.fi:8080/usabilitymate/vaatimukset/persoona	18
http://www.gurit.com/marine.aspx	73
http://www.kenway.com/manufacturing-technology/tcm-composites/	92
http://www.ketek.fi/tiedostot/KIERRA-hanke_Vuorinen.pdf	100
http://www.preforms.com/	63
http://www.saertex.com/produkt_technik/technik/vap/	60
www.airtechonline.com www.bodotex.dk	60
www.arctekinfusion.com www.plastech.co.uk	64
www.atc-fp.com	70
www.bayermaterialsscience.com	73
www.buschpump.com	58
www.colbond-industry.com	60
www.corecork.amorim.com www.amroy.fi	62
www.cyclics.com	76
www.econcore.com	79
www.elytra.be	78
www.fibertex.com	59
www.freemansupply.com	65
www.gogreenfrp.com	100
www.hexcel.com	73
www.iq-holding.com	79
www.lantor.nl	62
www.nida-core.com	78
www.nida-core.com , www.diabgroup.com ja www.corematerials.3acomposites.com	77
www.ocvreinforcements.com/solutions/Twintex.asp www.reinor.fi	74
www.parabeam.nl	86
www.piab.com	58
www.plastech.co.uk/Downloads.htm	68
www.polymer-park.de	79
www.proboat.com	73
www.pure-composites.com	74
www.redskycraft.com	47
www.relicomp.fi	50
www.smc-alliance.com	70
www.tekes.fi/vene	25

www.upmgrada.com.....	49
www.wacker.com www.sworl.net.....	64
www.wikipedia.fi/ergonomia	22, 23

6.3 Kuva

Digma konseptointimalli, (kuva Ari Haapanen)	16
Digma-menetelmän tulosten dokumentaatio, (kuva Ari Haapanen)	26
Vikunja pienoismalli - ulkoa, (kuva Tom Mudra)	27
Vikunja pienoismalli - keularamppi, (kuva Tom Mudra)	28
Vikunja pienoismalli - uimaportaati, (kuva Tom Mudra)	28
Vikunja pienoismalli - sisätilat, (kuva Tom Mudra)	29
Skovel 27 pienoismalli - ulkoa, (kuva Petri Laukkanen)	30
Skovel 27 pienoismalli – avautuva kylki, (kuva Petri Laukkanen)	31
Skovel 27 sisätilaluonnostelu, (kuva Jouni Silfver).....	32
Evoya 80 pienoismalli, (kuva Pasi Korhonen).....	33
Evoya 80 - ulkotilat, (kuva Pasi Korhonen).....	35
Bella 900 ulkoa, (kuva Simon Örnberg).....	38
Bella 9000 sisätila layout vaihtoehtoja, (kuvat Simon Örnberg).....	38
Bella 9000:n katkokuitu-umpilaminaatti- ja ydinainerakenteen yleiskuva, (kuvat Jouni Huusko)	39
Kajakin pikamallitulosteet, (kuva Ari Haapanen)	40
Kajakin proton lestikappale jyrskittyä, (kuva Ari Haapanen).....	41
Huvilalautta konsepti, (kuvat Antti Viitanen).....	42
Finngulf 43 sisustuskonsepti 3, (kuvat Leena Kinnunen).....	44
Tyylikäs puuvene (kuva Suomen puuvenekeskus)	45
CUTTS-menetelmällä toteutettua veneenkylkeä, (kuva RedSkyCraft Oy).....	46
Vesilasikyllästettyä koivua Nidacore kerroslevyn päällä, (kuva Mikko Pitkäaho)	47
Venetehdas (kuva Mikko Pitkäaho)	51
Ruiskulaminoitua (kuvat Mikko Pitkäaho)	51
Pienosien valmistusta Light RTM menetelmällä (Kuva Professional boatbuilder no 113, Cobalt Boats)	52

High tech komposiittirakenne, piilossa katseilta (Kuva Baltic Yachts).....	53
Prepreg laminointia (Kuva Baltic Yachts)	54
Kajakin injektointia Kyamk komposiittilaboratoriolla, (kuvat Mikko Pitkäaho)	56
Koeinjektointi kajakkiin suunnitelluilla lujitteilla(kuva Mikko Pitkäaho)	60
Kajakin kannen injektointi silikonisäkillä(kuva Mikko Pitkäaho).....	62
Silikoni kuorimuotin ja tiivistekauluksen valmistustamelaan muottia varten(kuva Mikko Pitkäaho)	63
Pikamallinnettu hammaspyörä ja siitä tehty silikonimuotti(kuva Mikko Pitkäaho)	64
Light RTM kuorimuotin rakentamista (kuva Mikko Pitkäaho)	65
Suljetunmuotin menetelmää varten kehitettyjä lujitteita. (kuva Mikko Pitkäaho).....	66
Nida fusion lujitettu ydinaine(kuva Mikko Pitkäaho).....	68
Muotin tuennan rakentaminen ja valmis muotti LPCM kokeiluun(kuvat Mikko Pitkäaho)	70
Ensimmäinen koekappale, (kuvat Mikko Pitkäaho)	71
Twintex:istä valmistettu jolla (JEC 2009),(kuva Mikko Pitkäaho)	74
Paksuuden vaikutus jäykkyyteen ja painoon (kuva Hexcel Prepreg Technology)	75
Nidacorella toteutettu kaluste. Kerroslevyrakenteiden ei tarvitse näkyä päälle. (kuva Mikko Pitkäaho)	76
ThermHex ydinaineen valmistusprosessi: lämpömuovaus, taittelu ja liimaus. (kuva Econcore).....	78
Robotin off-line ohjelmointia ja jyrstetty koekappale(kuvat Mikko Pitkäaho)	80
Vesijettiveneen ”JetBo” rakentamista ja protoyyppi koeajolla kesällä 2011 (kts myös Youtube ”Veneteknologia”) (kuvat Mikko Pitkäaho).....	81
Lestikappaleen jyrstintää KymiDesignin vanhalla jyrstimellä ja testipala, josta vaahto on sulatettu asetonilla (kuvat Mikko Pitkäaho)	82
Sähkövastuksia muotinlämmitykseen ja demomuotti (Kuvat JEC 2009Mikko Pitkäaho)	84
Vesikiertoinen muotinlämmitys putkituksella toteutettuna (kuva JEC 209 Mikko Pitkäaho)	85
Muotin laminointia Parabeam lujitteella(kuvat Mikko Pitkäaho).....	86
Sähköllä lämpiävä paneeli (kuvat Mikko Pitkäaho).....	86
Hiilikuitunauhasta ja huovasta tehdyt vastuskuviot (kuvat Mikko Pitkäaho).....	87

Kupariputkesta taivuteltu lämmitysputkisto(kuva Mikko Pitkäaho)	87
Parabeam paneeli(kuva Mikko Pitkäaho)	88
Sähkövastuksilla lämmitetty paneeli 10s ja 60s virran kytkemisestä, (kuva Mikko Pitkäaho)	89
Hiilikuidulla toteutettu paneeli, huono liitos hiilikuituun kuumenee, (kuvat Mikko Pitkäaho)	89
Kupariputkella toteutettu vesikierto 0,5 min, 2min ja 25min vesikierron aloittamisesta (kuvat Mikko Pitkäaho).....	90
2mm polyesteri, 3mm polyesteri+hiekka, 2mm alumiini(kuvat Mikko Pitkäaho).....	90
Parabeam testipaneeli 10s, 30s ja 60 s vesikierron aloittamisen jälkeen (kuvat Mikko Pitkäaho)	91
VEC menetelmä (Kuva www.vectechnology.com).....	94
Robotti aukottamassa kantta Harmony Yachts:illa (Kuva Harmony esitteestä).....	95