

# LIIMALIITOSTEN KOULUTUKSEN NYKYTILA JA KEHITYS TEKNOLOGIATEOLLISUUDEN ERI SOVELLUKSISSA

Tero Karttunen, Minna Venäläinen, Tapio Lepistö,  
Markku Partanen, Kari Dufva

# LIIMALIITOSTEN KOULUTUKSEN NYKYTILA JA KEHITYS TEKNOLOGIA- TEOLLISUUDEN ERI SOVELLUKSISSA

Tero Karttunen & Minna Venäläinen & Tapio Lepistö  
& Markku Partanen & Kari Dufva



ETELÄ-SAVON  
MAAKUNTALIITTO

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013



MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU  
MIKKELI 2014

D: VAPAAMUOTOISIA JULKAISUJA – FREE-FORM PUBLICATIONS 41

© Tekijä(t) ja Mikkelin ammattikorkeakoulu

Kannen kuva: Shutterstock

Kannen ulkoasu: Tammerprint Oy

Taitto- ja paino: Tammerprint Oy

ISBN: 978-951-588-470-1 (nid.)

ISBN: 978-951-588-471-8 (PDF)

ISSN: 1458-7629

[julkaisut@xamk.fi](mailto:julkaisut@xamk.fi)

# Esipuhe

Vaativien hybridirakenteiden liimaliitosmenetelmien kehitys teknologiateollisuuden eri sovelluksissa -hanke on Etelä-Savon maakuntaliiton rahoittama EAKR-hanke. Myös Mikkelin Ammattikorkeakoulu Oy ja Etelä-Savon Ammattiopisto Esedu ovat rahoittaneet hanketta omarahoitusosuudella. Julkaisu liimaliitosmenetelmien koulutuksen nykytilasta ja kehityksestä teknologiateollisuuden eri sovelluksissa, perustuu hankkeen aikana toteutettuihin yrityshaastatteluihin ja vierailuihin, sekä lähdekirjallisuuden hyväksikäyttöön. Työn pohjalta muodostuneen näkemyksen ja hankkeen aikana kerätyn tiedon avulla koulutuksen nykytilasta, on Etelä-Savon alueelle suunniteltu uutta opetuskokonaisuutta alan koulutuksen edistämiseksi. Julkaisun tavoitteena on jakaa tietoa liimaliitoksia koskevista koulutusvaatimuksista sekä tarjolla olevista koulutuksista. Koulutuksen ja tutkimuksen edistämiseksi tuetaan teollisuuden kehitystä uusien tekniikoiden ja menetelmien hyödyntämisessä sekä yritysten kilpailukykyä.

## **Toteuttajat:**

### **Mikkelin Ammattikorkeakoulu Oy**

Tero Karttunen  
Tapio Lepistö  
Tuija Ranta-Korhonen  
Maritta Valtonen  
Kari Dufva

### **Etelä-Savon Ammattiopisto, Esedu**

Minna Venäläinen  
Markku Partanen

# Lyhenteet

AES	Atomic emission spectroscopy
ATB	Authorized Training Body – ”valtuutettu kouluttaja tahó”
ANB	Authorized National Body – ”valtuutettu kansallinen tahó”
ADCB	Asymmetric Double Cantilever Beam
CLS	Cracked Lap Shear
CLT	Cross laminated timber; monikerroslevy
DCB	Double Cantilever Beam
DCS	Differential scanning calorimetry
DMA, DMTA	Dynamic mechanical analysis, Dynamic mechanical thermal analysis
DVS	Die Verbindungs Spezialisten, German Welding Society
EAB	European Adhesive Bonder
EAE	European Adhesive Engineer
EAS	European Adhesive Specialist
EBA	German Federal Railway Authority (Eisenbahnbundesamt - EBA)
ENF	End Notched Flexure
ELS	End Loaded Specimen
ESCA	Electron Spectroscopy for Chemical Analysis
Esedu	Etelä-Savon Ammattiopisto
EFW	The European Federation for Welding, Joining and Cutting
GSI-SLV	Gesellschaft für Schweißtechnik international mbH, German Association for Welding - Welding and Training Institutes
GFRP	glass fiber reinforced plastic; lasikuitu
LVL	Laminated Veneer Lumber; kertopuu
Mamk	Mikkelin Ammattikorkeakoulu
MMB	Mixed Modulus Bending
NC/CAM	Numerical Control/Computer Aided Manufacturing
op.	Opintosuorituspaikka AMK:ssa
ov.	Opintoviikko ammattiopistossa
SHY	Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys
TAST	Thick Adherent Shear Test
TDCB	Tapered Double Cantilever Beam
TEM	Transmission electron microscopy
TGA	Thermal Gravimetric Analysis
VDA	Verband der Automobilindustrie; German Association of the Automotive Industry
YTE	Yhteentoimivuuden tekninen eritelmä (Trafi)

# Sisältö

<b>I. JOHDANTO</b>	7
1.1 Taustaa	7
1.2 Projektin tavoitteet ja toimenpiteet	7
<b>2. PÄTEVÖITTÄVÄN KOULUTUKSEN SELVITYSOSIO</b>	9
2.1 EWF:n EAB / EAS / EAE –koulutukset	11
2.2 DIN 6701 ja DIN 6701-2 mukainen auditointi kiskoliikenteeseen liittyvissä yrityksissä	14
<b>3. TEKNOLOGIA-JA KOULUTUKSEN TARVEKARTOITUS</b>	16
3.1 Metall- ja elektroniikkateollisuus	16
3.1.1 Liimatoimittajien näkökulma	16
3.1.2 Teollisuuden näkökulma	20
3.1.3 Standardisointi liimausteknologian alalla	25
3.2 Puu- ja rakennusteollisuus	27
3.2.1 Puu- ja rakennusteollisuudessa käytettävät liimat	28
3.2.2 Puulevytuotanto	30
3.2.3 Puutavaran jatkojalosteet	33
3.2.4 Rakennuspuusepän tuotteet	35
3.2.5 Rakennuselementit	37
3.2.6 Puu- ja rakennusalan liimojen teollisesta käytöstä	38
3.2.7 Rakennustuotteiden CE-merkintä	39
3.2.8 Puu- ja rakennustuoteteollisuuden koulutustarve	41
<b>4. VIERAILU - IFAM FRAUNHOFER INSTITUUTTI</b>	43
4.1 Yleistä	44
4.2 IFAM:n liimausteknisen koulutuksen tarjonta ja yhteistyömahdollisuudet	45
4.3 Pätevöittävä koulutuksen järjestäminen Suomessa	49
<b>5. OLEMASSA OLEVAN KOULUTUKSEN KARTOITUS</b>	51
5.1 Annettava koulutus ammattikorkeakouluissa	51
5.2 Annettava koulutus yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa	52
5.3 Ulkomailla ja verkossa olevaa koulutustarjontaa	54

<b>6. VIERAILUT LIIMAUSTEKNOLOGIAA KÄYTTÄVISSÄ YRITYKSISSÄ</b>	55
6.1 Paroc Panel System Oy Ab	55
6.2 Valmet Automotive	57
6.3 Yhteenveto yritysvierailuista	59
<b>7. KOULUTUKSEN SUUNNITTELU</b>	60
7.1 Edellytyksiä ja huomioitavia seikkoja koulutuksen järjestämiselle	60
7.2 Koulutusosioiden yhdistäminen	63
7.3 Toisen asteen koulutusmahdollisuudet	65
7.3.1 Osaamistarpeiden ennakointi	65
7.3.2 Aiempi yhteistyö Esedu / Mamk	66
7.3.3 Opetuksen sisältö	67
7.3.4 Laajuuden ja aikataulun määrittäminen	68
7.3.5 Toteutuksen suunnittelu	68
7.3.6 Esedun asettamat ammattitaidon osoittamistavat	69
7.3.7 Esedun tarjoama täydennyskoulutuspaketti	71
7.4 Korkea-asteen koulutus	71
7.4.1 Tarjonta avoimessa ammattikorkeakoulussa sekä yrityksille	72
7.4.2 Suunnitelma liimaustekniikan koulutuksesta ammattikorkeakoulun opetuskurssina	75
7.4.3 Koulutusvienti	80
7.5 Markkinoinnin ja kohderyhmien suunnittelusta	81
<b>8. TULOKSET JA YHTEENVETO</b>	83

# I. Johdanto

## I.1 Taustaa

Teknolohiateollisuuden vaatimukset energia- ja tuotantotehokkuudesta, lähes kaikilla teollisuuden aloilla, ovat johtaneet keveiden rakenteiden käytön ja suunnittelun lisääntymiseen. Tällaisia sovelluksia ovat ajoneuvoteollisuuden lisäksi monet energiatuotannon sekä kulutustuotteiden sovellukset. Käytettävien materiaaliyhdisteiden, kevytrakennetekniikoiden sekä niissä tarvittavien liittämismenetelmien teknologiakehitys tulee yhä merkittävämmäksi tekijäksi tuotesuunnittelussa ja tuotannossa.

Liima- ja hybridiliitosten merkityksen kasvaessa niiden suunnitteluun ja toteuttamiseen tarvittava koulutustarve lisääntyy. Tietyillä aloilla, kuten raide-liikenneteollisuuden puolella, vaaditaan jo pätevytymistä liimausteknologiaan liittyvien eri tehtäväalojen toimijoilta. Mikkelin ammattikorkeakoulu (Mamk) materiaalitekniikan koulutusohjelmalla on valmiudet kehittää ohutlevy- ja kevytrakennetekniikan liittämisteknologiaa erityisesti liimojen pitkäaikaisominaisuuksien osalta. Etelä-Savon ammattikoululla (Esedu) on osaamista valmistustekniikoiden sekä pintakäsittelytekniikoiden osalta. Oppilaitoksissa kehitettävillä liitostekniikoiden opintojaksoilla ja mahdollisella yhteistyöllä oppilaitosten kesken olemassa olevien erikoisosaamisalueilla on mahdollista saada Etelä-Savon alueelle alaan liittyvää koulutus- ja osaamistarjontaa. Hankkeessa on koottu liimaliitosten käyttöön ja koulutustarpeeseen liittyvää tietoa pohjautuen erilaisiin haastatteluihin ja kyselyihin teollisuudesta ja liimatoimittajilta. Tämän pohjalta saadaan käsitys liimausteknologioiden nykytilanteesta teollisuudessa ja koulutuksen kehittämistarpeesta liimausalalle.

## I.2 Projektin tavoitteet ja toimenpiteet

Projektissa selvitettiin liimaliitosteknologioiden nykytilaa teollisessa toiminnassa, liimaliitoksiin liittyvän koulutuksen tilaa sekä koulutuksen tarvetta teollisuuden kannalta sekä edellytyksiä alan koulutuksen kehittämiseksi Mikkelin ammattikorkeakoulussa (Mamk) sekä Etelä-Savon ammattioppilaitoksessa (Esedu). Lisäksi suunniteltiin liimaliitoskoulutusta eri kohderyhmille.



Selvityksellä luodaan pohjaa oppilaitosten osaamiselle ja toiminnalle, jolla liimausalaa voidaan kansallisella tasolla viedä eteenpäin. Projektin tuloksia hyödyntämällä Etelä-Savoon on mahdollista kehittää kansallisella tasolla tarvittavaa osaamista ja liimausalan koulutustarjontaa. Tavoitteiden saavuttamiseksi hankkeessa:

- Selvitettiin kansallisella tasolla teollisuuden liimaliitosteknologioiden käyttöä, nykytilannetta ja koulutuksen tarvetta yrityksissä.
- Selvitettiin liimaliitoksiin tai liimausteknologioihin liittyvää koulutusta Suomessa sekä koulutuksen tarvetta asianomaisille liimatoimittajille ja yrityksille.
- Selvitettiin päteväyttävää liimausteknologian koulutusta ja sen toteutusvaihtoehtoja Suomessa. Vierailtiin IFAM Fraunhofer-instituutissa, Bremenissä. Tutustuttiin IFAM:n päteväyttävän liimaliitoskoulutuksen toteutukseen ja instituutin toimintaan.
- Suunniteltiin liimaliitoskoulutuksen toteuttamista Mamkissa ja Esedussa.

Tässä hankkeessa keskityttiin pääasiassa metalli- ja elektroniikkateollisuuden sekä puu- ja rakennusteollisuuteen. Projektissa tehtävä selvitys- ja suunnittelutyö toteutettiin Mikkelin ammattikorkeakoulun sekä Etelä-Savon ammattiopiston toimesta siten, että Mamk keskittyi metalli- ja elektroniikkateollisuuteen ja Esedu puu- ja rakennusteollisuuteen. Metalli- ja elektroniikkateollisuuden sekä puu- ja rakennusteollisuuden osiot on esitetty tässä raportissa omina kokonaisuuksinaan, koska alat poikkeavat liimausteknisesti toisistaan. Koulutuksen suunnittelussa sekä Mamk että Esedu suunnittelivat omilla laitoksissaan toteutettavia opintokokonaisuuksia.

## 2. Pätevöittävän koulutuksen selvitysosio

Hitsaustekniikan alalla laatujärjestelmään kuuluvat työt ovat olleet arkipäivää ja sertifiointin alla jo vuosikausia. Liimaliitosten yleistyessä materiaalitekniikan yleisen kehittymisen myötä liimaliitostöiden sertifiointi on luonnollinen askel laadun näkökulmasta. EWF on hitsaustekniikkaan, liittämiseen ja leikkaamiseen keskittynyt Euroopan laajuinen järjestö. Sen päätoimialaan kuuluu hitsaustekniikkaan liittyvän henkilöstön pätevöintikoulutus ja sertifiointi sekä hitsausalan yritysten sertifiointi. Lisäksi järjestö tukee yleisesti liittämisteknologioihin liittyviä toimintoja, kuten liimausteknologian pätevöintikoulutuksen sertifiointia. EWF julkaisee ohjeistoja (guidelines), joiden mukaisesti koulutuksen tarjoaja voi auditoinnin jälkeen antaa pätevöittävää koulutusta. Ohjeistoissa määritellään koulutuksen sisällölliset vaatimukset, odotetut tulokset ja aiheisiin käytettävät minimi tuntimäärät. Hitsaustekniikan alalla vuodesta 1992 alkaen on myönnetty yli 200 000 tutkintotodistusta ja EWF:n ohjeisiin viitataan useissa standardeissa. [1]

Liimaliitosten alalla henkilöstön koulutusta järjestetään kolmella tasolla: EAB (European adhesive bonder), EAS (European adhesive specialist) ja EAE (European adhesive engineer). Liimausteknisten tekijöiden huomioon ottaminen kohteesta riippuen voi olla osin jopa vaativampaa kuin hitsausteknisissä töissä. Kuvassa 1 on esitetty kaavio kansainvälisestä EWF:n hitsaustekniikan ammattihenkilöstön pätevöitymisjärjestelmästä. Järjestelmässä EWF:n jäsenorganisaatio kansallisella tasolla nimitetään ANB:ksi (Authorized National Body). Sen tehtävä on valvoa koulutusta, pätevöitymistutkintoja sekä henkilöstösertifiointeja kyseisessä maassa. ANB:n edustajat yhdessä kansainvälisesti muodostavat operatiivisen johdon, joka nimittää sopivan johtavan asessorin (Lead Asessor) sekä vertaisasessorin (Peer Asessor). Näiden tehtävänä on varmistaa jokaisen ANB:n säännösten yhdenmukaisuus ja säännönmukaisuus hyväksytyihin säännöksiin nähden. ANB on kansallisella tasolla vastuussa ATB:n arvioinneista sekä valvonnasta, kokeiden toimeenpanoista, kursseille hakijoiden arvioinneista ja todistusten myöntämisestä. ATB (Authorized Training Body) on organisaation, joka tarjoaa koulutusta alueellaan. ANB hoitaa ATB:n hyväksynnät, kun ne hakevat oikeutta pitää tiettyä koulutuskokonaisuutta. ANB arvioi, täyttääkö ATB sille asetetut vaatimukset. Vaatimukseen kuuluu ATB:n koulutuksen yhdenmukaisuus EWF ohjeisiin nähden, opettajien pätevyys, teoreettiset ja käytännölliset mahdollisuudet pitää koulutusta, opintomateriaalit ja havaintovälineet, käsikirjaston kattavuus: kirjallisuuden, stan-

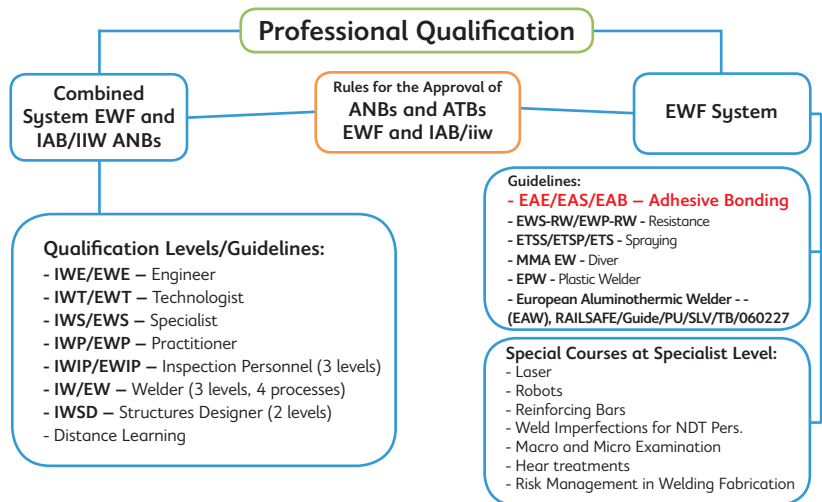
dardien, ohjeiden ja koekappaleiden puolesta. Liimausteknisen henkilöstön harmonisoitu koulutusjärjestelmä on tuorempi hitsaustekniseen verrattuna mutta valtaa alaa Euroopassa. Vuonna 2013 EWF:n liimausteknisen henkilöstön pätevyyskoulutuksen ANB status oli myönnettyä/käytössä Itävallassa, Belgiassa, Ranskassa, Saksassa, Italiassa, Alankomaissa ja Espanjassa [1]. Koska nämä maat ovat Suomen viennin tärkeimpiä maita, ei liene kaukaa haettava, että liimausteknisen henkilöstön pätevyyskoulutusvaatimukset tulevat nousemaan yhä ajankohtaisemmiksi myös Suomessa. Tähän vaikuttaa tuotteilta vaaditut sertifikaatit ja hyväksynnät. ATB-statuksen hakijalle on olemassa vaatimukset, jotka määrittävät EWF:n ohjeissa. ANB:llä pitää olla myös tietämystä liimausteknologiasta ja myös ANB-statuksen hakijalle on asetettu vaatimukset EWF:n ohjeissa.

Suomessa EWF:n jäsenjärjestö on SHY (Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys), mutta sillä ei ole tällä hetkellä EWF:n ANB-statusta liimaliitoskoulutukseen. Näin ollen jos SHY haluaisi toimia ANB:nä, sen pitäisi ensin hakea ANB-status. Koulutusorganisaatio voisi hakea ATB-statusta. Suomen viranomaisiin hyväksyntöjen saaminen ei tällä hetkellä liity vaan vaatimukset tulevat markkinoiden kautta. Saksassa EBA vaatii DIN 6701 -sertifointia rautatieliikenteen laitteistolta ja niiden valmistajilta. Näin ollen EWF:n koulutukset liittyvät rautatieliikenteen viranomaisiin Saksassa.

Perinteinen maakohtainen akreditointiprosessi on pääpiirteittäin seuraava:

- Maalle (Suomelle) täytyy hakea oikeudet koulutuksen pitämiseen. Tämä voi tarkoittaa ANB-statuksen hakemista esimerkiksi SHY:lle.
- Jos SHY olisi ANB, oppilaitos pitäisi auditoida SHY:n laatukäsikirjan ”A009 Standardivaatimukset koulutuksen järjestäjälle” mukaisesti.
- Oppilaitos hakee oikeutta Pilot-kurssin pitämiseen ja sen onnistuessa oppilaitos saa hakea oikeutta koulutuksen pitämiseen (ATB status). [2]

Edellä kuvattu prosessi on kuvattu SHY:n kannalta, mutta akreditoidun koulutuksen pitämiseen on myös muita vaihtoehtoja, eikä ANB-statuksen tarvitse olla välttämättä sidottu SHY:hyn.



KUVA 1. Henkilöstön kansainvälinen koulutus ja pätevyysjärjestelmä [3]

Kiskoliikenteessä on yleisesti käytössä DIN 6701 -standardi liimaliitoksien laatu järjestelmään liittyen. Vaikka standardi on saksalainen, siitä on tullut tietynlainen kansainvälinen vaatimus alan yrityksille. Suomessa viranomaispuolella Trafín kiskoliikennepuolen määräyksissä ei suoraan viitata liimausalan pätevytyksiin. Laitevalmistajan täytyy hakea tuotteelleen hyväksyntä ulkopuoliselta toimijalta, jotta se täyttää Trafín YTE (Yhteentoimivuuden tekninen eritelmä) määräykset. YTE:issä ei määritellä suoraan edes hitsausliitoksille tarkkaa standardia vaan vaatimuksen täyttämiseksi hyväksynnän myöntäjä valvoo hitsausliitoksien määräyksiin mukaisuudet esimerkiksi EN 15085 -standardin mukaisesti. Niin ikään kiskokaluston liimaliitoksille YTE:ssä ei ole suoria vaatimuksia vaan ne liittyvät yleisiin rakenteellisiin vaatimuksiin. [4]

## 2.1 EWF:n EAB- / EAS- / EAE-koulutukset

Laajin ja tunnetuin pätevoittävän liimaliitosalan koulutuksen järjestäjä Euroopassa on IFAM Fraunhofer - instituutti Bremenissä. Se järjestää liimausteknologian pätevoittävää koulutusta EWF 515/516/517 -ohjeiden mukaisesti (EAB/S/E-koulutuksiin) DVS:n sertifioimana (DVS toimii ANB:nä). IFAM on myös ”certification body” EBA:n valtuuttamana ja akkreditoi yrityksiä DIN 6701-2 mukaisesti. Teknologiakeskus TC Kleben järjestää DVS:n sertifioimana EWF:n EAS- ja EAB-tasojen koulutusta yhteistyössä GSI-SLV:n kanssa sekä akkreditoi yrityksiä EBA:n valtuuttamana DIN 6701-2 mukaisesti. SKZ (**Süddeutsche Kunststoff-Zentrum**) järjestää EAB-tason koulutusta.

Lyhyesti eri tasojen tavoitteena on [5]:

- EAB ymmärtää ja toteuttaa työohjeiden mukaisia liimaustapahtumia
- EAS osaa luoda liimaukseen liittyviä työohjeita ja opastaa työntekijöitä ongelmatilanteissa
- EAE osaa kehittää ja ottaa käyttöön liimaliitosprosesseja tuotannossa ja kunnossapidossa.

Alla on esitetty EAB/S/E–koulutusten sisällöt suppeasti [6]. Koulutusten tarkemmat sisältökuvaukset ovat EWF 515/516/517 -ohjeissa.

EAB-kurssi on suunnattu työntekijöille, jotka työskentelevät liimoja ja liimaliitoksia käyttävissä ja valmistavissa yrityksissä. Työntekijät tekevät liimaliitoksia itsenäisesti työohjeita noudattaen. Kurssi kestää yhden viikon (40 tuntia) ja se sisältää teoriaosuuden sekä käytännön tehtäviä. Lisäksi kursilla järjestetään koe, johon kuuluu suullinen, kirjallinen ja käytännön osio. Kurssilla käsitellään mm. seuraavia asioita:

- Verrataan liimaliitostekniikkaa muihin liitostekniikoihin esimerkiksi liitosvoimien osalta
- Tärkeimmät teollisuuden liimatyypit tehdään tutuiksi.
- pintakäsittelyä liimaliitoksissa käydään läpi erityisesti primereiden ja adheesion edistäjien osalta.
- Käytännön osuudessa tavallisimmat liimaliitosten testausmenetelmät käydään läpi ja arvioidaan liitoksien murtumia.
- Valmistustekniikkaa, työturvallisuusasioita (pääpaino oikeanlaisen suojavarustuksen käytössä) ja ympäristönsuojelua.

EAS-kurssi on suunnattu liiman käyttäjille teollisuuden ja käsityön aloilla. Kohderyhmään kuuluvat erityisesti erikoistuneet, ammattilaisatutkinnon omaavat työntekijät, jotka toimivat valvontatyössä. Kurssi käsittelee liimaliitostekniikoita teollisen tuotannon ja tuotekehityksen näkökannalta. Kurssi on pituudeltaan kolme viikkoa (käytäntö ja teoria, kolme erillistä viikon pituista jaksoa), ja se sisältää kokeen. Kurssilla käsitellään mm. seuraavia asioita:

- liimaliitostekniikoiden etuja ja rajoituksia verrattuna muihin liitostekniikoihin
- kosteuden vaikutusta liimaliitoksien eri parametreihin
- erilaisia tuotteita (esim. polyuretaanit, epoksit); mitkä ovat tärkeimpiä teollisuuden kannalta ja kuinka ominaisuudet eroavat toisistaan substraattien rakennetta ja käyttäytymistä ulkoisten voimien ja olosuhdevaihtelujen alaisena
- pintakäsittelyä: mekaaninen, fysikaalinen ja kemiallinen esikäsittely primereiden ja adheesionedistäjien avulla
- liimakerroksen ominaisuudet: absorboituneen kosteuden tai täyteaineen vaikutus liimaliitoksen muodonmuutuskäyttäytymiseen

- testausmenetelmät: toistettavuus ja pitkän aikavälin vakaus. Liimaliitoksen hajottavan testauksen tärkeys.
- työturvallisuus ja ympäristönsuojelu: liimojen ja apumateriaalien riskit ja vaarat.

EAE- kurssi on suunnattu tutkijoille ja insinööreille, jotka työskentelevät liimaliitostekniikan parissa nykyisin tai tulevaisuudessa. Kurssin käynyt täyttää standardin DIN EN ISO 9001 vaatimukset erikoisprosessien valvontaan. Kurssi käydään kahdeksana viikon mittaisena jaksona, ja se täytyy suorittaa kolmen vuoden kuluessa. Kurssilla käsitellään mm. seuraavia asioita:

- polymeerien ja muiden materiaalien primääri- ja sekundäärirakenteet
- metallien, muovien, komposiittien ja lasin liimausominaisuudet: pintakäsittelymetodien välttämättömyys ja vaikutus
- liimat ja liimaliitosmekanismit: eri liimatyyppejen käsittelyn ominaisuudet, kovettumismekanismit ja ominaisuudet kiinteässä tilassa
- liimojen ja pintojen analysointimenetelmät: DSC, DMA, TGA, IR, permeation chromatography, DTA, ESCA, AES, SPM, TEM
- adheesio: periaatteet ja katsaus nykyisiin tutkimuksiin. Liimaliitosteknologian pääasialliset voimat ja periaatteet, jotka asettavat myös rajoituksia. Kriittinen lähestymistapa vakiintuneita malleja ja prosesseja kohtaan
- pintakäsittely: pintojen erikoispuhdistaminen, materiaalien esi- ja jälkikäsittelyn tehokkuus
- valmistustekniikka: liimojen virtauskäyttäytyminen ja kovetustekniikat
- muiden liitostekniikoiden yhdistäminen liimaliitosten kanssa
- mittaus- ja laskentametodit liimaliitosrakenteille
- laadunhallinta: ainetta rikkomaton testaus
- työturvallisuus ja ympäristönsuojelu.

Kurssien hinnat IFAM Fraunhofer, Bremen 2014 [6]:

EAB-kurssi hinta on noin 1300 € sekä kokeen kertamaksu noin 200 €.

EAS-kurssin hinta on 3 x 1415 €/ viikko sekä kokeen kertamaksu 395 €.

EAE-kurssi maksaa 8 x 1545 €/viikko sekä kokeen kertamaksun 675 €.

Osallistumisedellytyksinä kaikille kursseille on hyvä opetuskielen ymmärtäminen, jotta pystyy seuraamaan opetusta ja osallistumaan kokeisiin, jotka pidetään kirjallisesti ja suullisesti. EAS-kurssille osallistujilla pitää olla lisäksi ammattitutkinto ja EAE-kurssille osallistujilla tekniikan AMK-insinöörin tai kandidaatin taso (Bachelor's level) tai korkeampi koulutus.

Yrityshaastattelujen perusteella EAS-kurssin käyneiden kokemukset ovat olleet pelkästään positiivisia. EAS-kurssi on todella laadukas ja hyvä kurssi, joskin vaativa. Kurssia tarjoaa paljon tietoa, jota voi käyttää työelämässä lii-

maustekniikan puolella. Opiskelupäivät koostuvat aamulla edellisen päivän asioiden kertaamisesta ja suullisesta tenttaamisesta. Jokaisen viikon jälkeen pidetään kirjallinen koe. Viimeisen kurssiviikon päätteeksi pidetään suullinen kuulustelu koko koalueesta, jonka läpäistytään on oikeutettu saamaan pätevyyden.

## 2.2 DIN 6701 ja DIN 6701-2 mukainen auditointi kiskoliikenteeseen liittyvissä yrityksissä

Saksan raideliikenteen ajoneuvoteollisuudessa on käytössä standardi DIN 6701 – ”Adhesive bonding of railway vehicles and parts”. Vuodesta 2010 lähtien yritys, joka käyttää liimaliitoksia raideajoneuvoteollisuuteen suunnatuissa tuotteissa tai osissa, myy liimaliitoksia sisältäviä tuotteita tai tuottaa palveluita (suunnittelu, valmistus) koskien liimaliitoksia, on oltava sertifioitu DIN 6701-2 standardin mukaisesti. Yritykselle myönnetty sertifikaatti on voimassa kolme vuotta ja 1,5 vuoden päästä auditoinnista suoritetaan väliauditointi. Virallisesti sertifiointivaatimus koskee ainakin Saksan raideliikennettä, mutta sertifiointia kysytään nykyisin myös monessa muussa maassa isojen laitetoimittajien taholta alihankkijoihin kohdistuen. Näin ollen sertifiointi ja siten EAB/S/E-koulutukset koskettavat kansainvälisesti toimivia yrityksiä myös Suomessa. Standardi antaa ohjeita suunnitteluun ja antaa laatumääräyksiä liimaliitoksien valmistukseen. Standardissa esitetään myös sertifikaattijärjestelmä alan valmistajille, mikä määrittelee laatukriteerit raideliikenteeseen liimaliitoksia sisältäviä tuotteita valmistaville yrityksille. Suomen raideliikenteessä ei ole asetettu viranomaisten taholta suoria vaatimuksia kiskokaluston liimaliitoksille ja liimaliitostöille.

DIN 6701 standardi on neliosainen:

- DIN 6701-1: Basic terms and regulations
- DIN 6701-2: Qualification of companies which use adhesives (user-companies), compliance evaluation
- DIN 6701-3: Design specifications - guideline for construction, sizing and proof thereof
- DIN 6701-4: Regulations for manufacturing adhesive bonds and quality assurance

Standardi määrittää liimaliitokset neljään ryhmään, joihin liittyviin työvaiheisiin henkilöstöllä täytyy olla tietyn tasoinen koulutus. Taulukossa 1, on esitetty standardin mukainen liimaliitosten luokittelu.

**TAULUKKO 1. DIN 6701 standardin mukainen liimaliitosten luokittelu [7]**

Luokka	Kuvaus	Esimerkkejä
<b>A1</b>	Korkean turvallisuustason omaavat raideajoneuvojen ja niiden osien liimaliitokset	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GFRP pää kennoon</li> <li>- etuikkuna etukoriin</li> <li>- siviikkunat vaunun runkoon</li> <li>- laatat vaunun rakenteeseen</li> <li>- ulkopuoliset osat, vaunujen koje-laatikot</li> <li>- kattorakenteet</li> </ul>
<b>A2</b>	Keskimääräisen turvallisuustason omaavat raideajoneuvojen ja niiden osien liimaliitokset	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sisäpuoliset kalusteet, osastoseinät, paneloinnit</li> <li>- lattiarakenteet ja päällysteet</li> <li>- paineettomat tankit</li> <li>- istuinten lattiakiinnitykset</li> </ul>
<b>A3</b>	Alhaisen turvallisuustason omaavat raideajoneuvojen ja niiden osien liimaliitokset	<ul style="list-style-type: none"> <li>- levyt</li> <li>- peilit</li> <li>- lattiapäällysteet</li> <li>- kahvat</li> <li>- ilmastointiritilät</li> </ul>
<b>A4</b>	Tämä luokka koskee yrityksiä, joilla ei ole omaa valmistusta, mutta suunnittelevat tai hankkivat ja jälleenmyyvät tai hankkivat ja kokoonpanevat luokkiin A1 ja A2 kuuluvia liimattavia osia	

Luokan A1 tason liimaliitostöiden vastuullisen valvojan pätevyudeksi vaaditaan EAE-tason koulutus tai vastaava pätevyys.

Luokan A2 tason liimaliitostöiden vastuullisen valvojan pätevyudeksi vaaditaan EAS-tason koulutus tai vastaava pätevyys.

Luokan A3 tason liimaliitostöiden vastuullisen valvojan pätevyudeksi ole vaatimuksia.

Kaikki liimaliitostöitä tekevien henkilöiden pätevyudeksi vaaditaan EAB-tason koulutus tai vastaava pätevyys.



## 3. Teknologia- ja koulutuksen tarvekartoitus

### 3.1 Metalli- ja elektroniikkateollisuus

Liimatoimittajilta kysyttiin keskusteluissa sekä puhelinhaastatteluissa heidän näkökantojaan teollisuudessa kohdatuista haasteista, ongelmista ja kehityskohdista. Samalla kysyttiin heidän pitämistä koulutuksista, heidän tietämistään koulutuksista sekä heidän tärkeinä pitämistä koulutuksellisista näkökohdista.

Teollisuuden teknologiakartoitus toteutettiin yrityskohtaisella kyselyllä siten, että yrityksiin lähetettiin kysely, jota seurasi yhteydenotto puhelimitse. Koska liitosten ja valmistusmenetelmien toteuttaminen on osa yritysten liiketoimintaa ja kilpailukykyä, on vastaukset käsitelty anonyymisti siten, että raportissa käsiteltyjen asioiden valossa yritysten nimiä ei yhdistetä yksittäisiin vastauksiin. Myös tekniset yksityiskohdat on yleistetty siten, että niistä ei aiheudu yrityksille haittaa. Raportissa ei katsottu olevan tarpeen yrityskohtaiseen yksilöintiin. Tavoite tukee hankesuunnitelmaa tarvittavilta osin siten, että yritysalaosuudet eivät muodostaneet estettä kyselyyn osallistumiselle.

#### 3.1.1 Liimatoimittajien näkökulma

Harri Jänkävään mukaan suurimmat ongelmat liimaliitosten käytössä liittyvät liimausprosesseissa kokonaisuuden hallintaan. Esimerkiksi tuotteita valmistettaessa osia tai osakokoonpanoja saattaa tulla monesta paikasta ja liimattavien pintojen esivalmistelut jäävät vajavaisiksi. Osat voivat näyttää liimaustyön toteuttajilta puhtailta ja valmiilta liimattaviksi, mutta todellisuudessa ne eivät ole. Laaduntarkkailutestien tekeminen on hyvin harvinaista vaikka siten saataisiin liimaliitosten laatua nostettua. Hitsaustekniikkaan verraten liimausteknologioiden käytön taso on Suomessa paljon kehittymättömämpää.

Yleisesti ottaen olosuhdetestausta ja ihmisten turvallisuuteen liittyvien tuotteiden testausta tehdään yrityksissä paljon. Testaustavat ja -standardit ovat pitkälti alakohtaisia. Liimatoimittajat auttavat asiakasta testaamisessa ja oikean liiman löytämisessä, mutta lopulliset päätökset asiakkaat tekevät itse. Liimojen yleiset tekniset ominaisuudet taataan tietysti liimavalmistajan toimesta, jotka on testattu normaalisti yleisin testistandardein.

Yrityksissä olisi innokkuutta koulutuksiin, mutta koulutus pitäisi olla ”kansantajuisesti” toteutettua. Yliopistotasoinen teoreettinen koulutus teollisuudessa voi olla liian ”yliampuvaa” ainakin tuotannon henkilöstölle. Koulutuksella ja käytännön tekemisellä yrityksissä olisi oltava yhteys. Henkelillä nähtiin hyväksi saada AMK-tasolle jonkinlaista koulutusta, jossa annettaisiin peruskoulutusta liimaustekniikasta, sekä teoriassa että käytännössä. Aluksi voisi aloittaa lyhyellä peruskurssilla, jota myöhemmin laajennettaisiin. Jos aloituskursseilla osallistujat huomaavat siitä saatavan edun, pitemmän kurssin myyminen lyhyen kurssin aikana voisi olla mahdollista.

Henkel pitää Suomessa lyhyitä koulutuksia yrityksissä ja pitävät teknologiapäiviä eri teemoin. Myös Jyväskylän AMK:ssa Henkel on pitänyt päivän koulutuksia. AEL:n yrityksille kohdennetuilla kursseilla, kuten esimerkiksi Kunnossapito-kursseilla, on annettu lyhyitä ja yksinkertaisia koulutuskokonaisuuksia jo pitkään. Järjestelmällistä ja jatkuvaa liimaustekniikan koulutusta ei ole Suomessa tarjolla varsinkaan teollisuuden tarpeisiin.

Merkittävimmät asiakokonaisuudet, joissa koulutusta tarvittaisiin, liittyvät koko liimausprosessin kokonaisuuteen.

- a) liiman fysiologia: joustava vs. kova liima ja sen käyttäytyminen rakenteissa
- b) adheesio ymmärtäminen (puhdistus, esikäsitteilyt)
- c) Liimojen prosessiin soveltuvuuden ymmärtäminen on erittäin tärkeää. Vaikka muuten olisi laboratoriotasolla hyvä liima, mutta jos sen soveltuminen prosessiin on huono esimerkiksi eksotermisen reaktion vuoksi paksuilla liimakerroksilla, niin silloin liima ei ole sopiva.
- d) Liimojen käyttöturvallisuuden ymmärtäminen siten, kun se totuudellisesti on. Liimaliitoksien käyttämistä tuotteissa voidaan pelätä senkin vuoksi, että niiden turvallisuutta pelätään liikaa. Toisaalta käyttöturvallisuus täytyy ottaa huomioon oikealla tavalla aiheuttamatta työturvallisuusriskejä. Käyttöturvallisuuden merkitys kasvaa koko ajan.

Suunniteltavassa koulutuksessa asiat on koulutettava ymmärrettävällä tasolla. Luontaisia kohderyhmiä ovat suunnittelijat, käyttäjät ja yleisen tason päättävät henkilöt. Suunnittelijat kaipaavat tietoa liimaliitosten suunnittelusta, eri liimoista ja liimausprosesseista yleensä. Käyttäjätason ihmiset eivät kaipa tietoa niin paljon liimaliitosten suunnittelusta kuin esimerkiksi esikäsittelyjen merkityksistä, liimausprosesseista ja niissä käytettävistä koneista (puhdistus, annostelu) ja käyttöturvallisuudesta. Yleisen tason päättäjät taas tarvitsevat tietoa liimausteknologian hyödyistä tuotannossa, investointikustannusperusteista, kustannuksista jne. Koulutuksessa on hyvä olla teoriaa ja käytäntöä, koska liimaliitoksien suunnittelu ja toteutus vaatii taitoa samalla tavoin kuin esimerkiksi hitsausliitokset. [8]

Jukka Jaakolan ja Tero Mäkisen mukaan teollisuuden liimojen loppukäyttäjät Suomessa ovat monialaisia. Liimojen käytössä suuret volyymit ovat puu- ja rakennusteollisuudessa ja siellä liimatuotteiden käytöllä on myös pitkät perinteet johtuen Suomen puuvaltaisesta teollisuushistoriasta. Liimapuun valmistus on laadukasta ja hyvin valvottua Suomessa, ja ala käy hyvänä mallina muille aloille liimaliitoksiin liittyvästä kokonaisvaltaisesta toiminnasta.

Suomessa liimojen käyttöön liittyvä koulutus on ollut pääasiassa liimantoinnittajien käsissä, ja se nivoutuu asiakkaan kanssa käytävään yhteistyöhön. Yritysten liimaustietotaito on kehittynyt yritysten oman tutkimustoiminnan sekä yhteistyössä liimantoinnittajien kanssa. Suomesta on käyty EWF:n kursseilla Saksassa muutamana menneenä vuotena, mutta osallistuminen ei ole ollut laajaa. Opetuslaitoksissa on liimaliitoksiin liittyvää tutkimusta, mutta varsinaista liimausalan koulutustarjontaa ei ole ainakaan järjestelmällisesti tarjolla.

Yrityshenkilöstön koulutukseen osallistumiseen vaikuttaa koulutuksen sisältö, kurssin pituus, aihealajuus sekä hinta. Nykyisin Saksan EWF:n koulutuksiin osallistumista rajoittaa lähinnä koulutuksen hinta ja pituus. Sinällään EWF-koulutus on nähty varsin laadukkaana. Sovellettavana ideana nousi etäkoulutus ja verkon kautta tapahtuva opetus (esim. webcastit). Tällöin kustannukset laskisivat ja osallistumiskynnsyksen laskisi.

Liimaustekniikat ja -teknologiat ovat moninaisia riippuen yritysten valmistamista tuotteista. Yritysten kannalta kiinnostavaa olisi suoraan kunkin yrityksen tarpeeseen suuntautuva koulutus, mutta moninaisuudesta johtuen koulutuskentästä tulisi tällöin laaja ja hankala toteuttaa. Yksi tärkeimmistä asioista koulutuksessa liittyy kokonaisuuden hallintaan ja liimauksen metodiikkaan. Tällä tarkoitetaan sitä, miten saadaan varmistettua tuotteen ja liimaliitoksen suunnittelussa tarpeellisten ominaisuuksien toteutuminen lopputuotteessa. Tähän liittyy kokonaisvaltainen näkökulma kaikkien vaiheiden huomioonottamisesta liimausprosesseissa, kuten suunnittelu, laskenta, aplikaatiokohtainen testaus olosuhteissa, valmistus, laadunvalvonta ja jäljitettävyyys. Adheesion

ymmärtäminen on osoittautunut monesti kynnyskysymykseksi. Monesti ei myöskään ole tarpeeksi ymmärrystä siihen, miten saadaan optimoitua liiman tartunta perusaineeseen liimausprosessissa. Myös liimojen testaustietämyksessä on Suomessa paljon parannettavaa. Testaustietämyksellä tarkoitetaan tässä tapauksessa tietoa siitä, miten liimoja voidaan testata tiettyyn käyttötarkoitukseen. [9, 10]

Harry Egebergin mukaan teollisuudessa haasteet ovat kirjavia, eikä siellä ei ole selviä yhden aihekokonaisuuden ongelmatapauksia. Suurin osa ongelmista liittyy pintojen puhtauteen, puhdistuksiin, kuivuuteen ja esikäsitteilyihin. Tämä korostuu varsinkin raskaammassa teollisuudessa. Rakenneliimauksessa puhdistusten ja esikäsitteilyjen lisäksi korostuu näiden tehokas käyttö tuotannossa ja kustannustehokkuus. Liiallinen esikäsitteily ei ole tarkoituksenmukaista, jos se ei ole taloudellisesti järkevää toteuttaa. Toinen tärkeä haaste on liitostekninen liimasaumojen suunnittelu. Liimaliitokseen on saatava tuotua kuormitukset oikealla tavalla, jotta saadaan kestävä ja hyvät liimaliitokset. On suosittava leikkaavia ja suorita vetokuormia repivien ja vääntävien kuormitusten sijaan. Tämä korostuu asiakkailta etenkin niissä tapauksissa, kun halutaan muuttaa mekaaniseen liittämiseen suunnitellut liitokset liimaliitoksiksi. Liiman valintaan ja olosuhdekestävyyteen liittyvät kysymykset ovat myös tärkeitä ja niitä pohditaan yritysten edustajien kanssa. Koulutuksen tarve painottuu edellä lueteltuihin haasteisiin ja ongelmiin, joita on kohdattu teollisuudessa. Samat ongelmat kohdataan teippien puolella, jossa 3M on vahva toimija. Teippejä käyttävillä asiakkailta liimaustekninen tietämys on usein heikompaa kuin rakenneliimojen käyttäjillä.

3M on pitänyt epäsäännöllisesti muutaman tunnin pituisia seminaareja teknillisissä oppilaitoksissa liimausteknologiaista ja teipeistä. Lyhyestä kestästä johtuen seminaarit ovat yleisluonteisia eivätkä kovin syvällisiä. Seminaareissa puhutaan myös liimauksen eduista muihin liittämistekniikkoihin verrattuna eikä niissä keskitytä tuotekohtaiseen koulutukseen. Yritysiakkaille pidetään myös seminaareja ja tuote-esittelyjä. Aihepiirit keskittyvät näissä suunnittelun liimausteknisiin kysymyksiin sekä mekaniikkasuunnitteluun liimaliitosten osalta. 3M:llä on mahdollisuus tehdä standarditestejä ja olosuhdealtistettuja testauksia asiakkaalle, kun liimausteknisiä ratkaisuja kehitetään asiakkaan kanssa. Liimausteknisten ratkaisujen pääpaino 3M:llä on rakenneliimoissa ja kaksipuolisissa teipeissä.

AEL on aikaisemmin järjestänyt muovien liimauskursseja, mutta nykyisin tällainen toiminta on hiipunut. Yleisesti ottaen tarvetta liimaustekniselle koulutukselle on merkittävästikin, mutta nykyisin viimeisen vuoden tai kahden sisään taloudellinen tilanne on yleisesti hankaloittanut yrityksissä osallistumista liimausseminaareihin. Syynä tähän ovat todennäköisesti henkilöstön kirstyneet aikataulut ja yritysten kustannussäästöt. Mikäli oppilaitoksissa olisi koulutusta liimaliitostekniikasta, aikanaan työelämään sijoittuvilla suunnitte-

lijoilla olisi parempi käsitys käyttää liimaliitoksia perinteisen konservatiivisen suunnittelun sijaan. Tietämyksen kasvaessa liimaus ei olisi enää viimeinen keino, vaan se olisi varteenotettava vaihtoehto muiden liitostekniikoiden joukossa.

Materiaalit ja pinnoitustekniikat ovat kehittyneet, mutta itse liimausteknologioiden perusteet eivät ole muuttuneet viime vuosina paljoakaan. Rakenneliimoissa akryylipohjaiset 2K-liimat ovat yleistyneet. Auto- ja lentokoneteollisuus ajaa kehittämään liimavalmistajia tuotteitaan, mutta Suomessa ei ole tätä teollisuudenalaa vaikuttamassa. [11]

### 3.1.2 Teollisuuden näkökulma

Yritysten teknologiakartoitus ja koulutustarvekartoitus toteutettiin kontaktoimalla Suomen teollisuusyrityksiä kyselykaavakkeella sekä puhelinhaastatteluilla. Aluksi otettiin yhteyttä yrityksiin puhelimitse ja sovittiin kaavakkeen lähettämisestä, jos yritys oli halukas siihen vastaamaan. Täytetyn kyselykaavakkeen saavuttua yrityksiin soitettiin uudestaan, jolloin vastaukset käytiin yhdessä läpi väärinymmärrysten välttämiseksi ja selvennysten saamiseksi. Joidenkin yritysten edustajien kanssa kysely tehtiin neuvotteluyhteydessä. Vastaukset käsitellään tässä raportissa anonymisti. Metall- ja elektroniikkateollisuuden kartoituksessa yhteyttä otettiin yhteensä noin pariin kymmeneen yritykseen, ja vastauksia saatiin 12 yrityksestä. Osa vastaamatta jättäneistä yrityksistä eivät vastanneet lisätiedusteluista huolimatta ja osassa yrityksistä ei ennako-odotuksista huolimatta käytetty liimaliitoksia joko ollenkaan tai liimaliitoksien käyttö oli hyvin marginaalista.

Jokaisen kysymyksen vastauksista tehtiin yhteenvedot, minkä jälkeen ne koottiin yhteen. Näin saatiin parhaiten kokonaistilannetta kuvaava yhteenvedo nykyisestä tilanteesta sekä koulutuksen tarpeesta. Alle on koottu kaikkien vastauksien yhteenvedot:

#### TEKNOLOGIAT

- Yritysten tuotekirjo on hyvin erilainen ja käytetyt materiaaliparit vaihtelevat hyvin paljon.
- Liimaus on ko. kohteissa valmistusteknisesti paras ja kustannustehokain liitostapa. Liimaliitokset ovat visuaalisesti näkymättömiä liitoksia sekä niillä on hyvät lämpö- ja lujuustekniset ominaisuudet sekä väsymis- ja tiivistysominaisuudet.
- Yleisimmin käytetyt liimatyypit ovat PUR- ja epoksi-pohjaiset liimat; 1K ja 2K. Käytetään myös paljon muun tyyppisiä liimoja, kuten MS-polymeerit, pikaliimat (syanoakrylaatit), silikoniliimat, ... Liimoille voidaan tehdä karkea jako lujiin ja elastisiin liimoihin.

## NYKYTILANNE

- Liimaliitosten kanssa tekemisissä yrityskohtaisesti keskimäärin muutama tuotekehitys-, suunnittelija- tai insinööritason toimija ja 10-30 liimaajatason työntekijää. Vaihtelee paljon yrityksittäin.
- Liimaajatason työntekijöiltä vaaditaan yleisesti ammattikoulutus, työohjeiden noudattamista ja huolellisuutta. Yleensä heille on järjestetty yrityksen sisäinen koulutus tehtävään. Kiskoliikennepuolella liimaajatasolla on käytössä EAB –pätevöitymiskoulutusta.
- Käytetty liimaliitosteknologia on kehitetty oman kehitystyön tuloksena yhteistyössä liimatoimittajien kanssa.
- Haasteina voidaan mainita
  - o prosessitekniset haasteet ja liimausprosessiin vaikuttavien tekijöiden hallinta
  - o liimatyyppin ja sopivien primereiden valinta, esikäsittelyt
  - o materiaalien liimattavuus
  - o olosuhdekestävyys
  - o sopivat testausmenetelmät.
- Jokaisessa yrityksessä on vähintään visuaalinen tarkastus käytössä liittyen liimaliitosten laadunvalvontaan. Tuotekehitysvaiheessa liimaliitoksia yleensä testataan laajastikin, mutta tuotannon aikainen laadunvalvontaan liittyvä testaus vähäisempää. Vastanneista yrityksistä melkein puolessa on käytössä liimaliitosten laadunvalvonnan testausta tuotannon aikana.
- Olosuhdetestausta tehdään yleisesti, mutta se on käytössä pääasiassa tuotekehitysvaiheessa ja sen tekevät silloin asiakkaan kanssa yhteistyössä joko liimantoimittajat tai ulkopuolinen laitos. Joissain yrityksissä, missä olosuhdetestaus kuuluu laadunvalvontaan, tehdään itse.
- Liimaliitosrakenteille ei ole yleensä ulkopuolisia suoria vaatimuksia, mutta alakohtaiset standardit koskevat yleisesti myös liimaliitoksia rakenteiden osina. Joillakin rakenteilla alakohtaisessa standardissa on esitetty esim. testausvaatimuksia liimaliitoksille. Kiskoliikennepuolella liimaliitoksia ja -prosessia koskee DIN 6701-2.

## KOULUTUKSEN TARVE

- Liimaliitoskoulutus on pääasiassa ollut liimatoimittajien antaman koulutuksen varassa. Kiskoliikennepuolella on käyty laajastikin pätevöitymiskoulutusta ja laatu järjestelmät on mukautettu DIN 6701-2 mukaisiksi.
- Pätevöitymiskoulutusta tarvitaan tällä hetkellä pelkästään kiskoliikenteessä, jossa sitä on käytykin. Lyhyille kertauskursseille olisi kysyntää. Tarve juontuu yritysten DIN 6701-2 sertifioinneista, joissa vaaditaan jonkinlaista kertauskoulutusta liimaustöiden valvontavastuullisille työnjohtajille. Englanninkielistä kertauskoulutusta ei ole tarjolla ja tällä hetkellä kertauskoulutus hoidetaan liimatoimittajienkin avustuksella. Kertauskoulutuksen ei tarvitse olla mittavaa.

- Tarvittavan koulutuksen aiheita:
  - o yleistä liimauksen teoriaa ja koulutusta liimaustekniikkaan liittyen; ei osata eritellä
  - o liimaukseen vaikuttavat tekijät yleensä
  - o adheesio- ja adhesiivien perusteet
  - o liimanvalinta
  - o testausmenetelmät
  - o työturvallisuus
  - o pätevyystason koulutuksen (EAS) kertauskursseja.
- Yhdeksän yritystä kahdestatoista eli  $\frac{3}{4}$  on kiinnostunut ainakin jossain määrin liimausteknologian koulutuksesta.
- Yritysten mielenkiinto kohdistuu 1...3 päivän pituisiin koulutuksiin kerrallaan. Usein ei ole mahdollista osallistua pitempiin koulutuksiin yhtämittaisesti. Suurin osa yrityksistä on vastannut tarvitsevansa nimenomaan suunnittelijatasoista koulutusta, mutta myös työntekijätasolle on esitetty tarpeita.
- Yrityksillä on tarvetta koulutuksen ohella myös tutkimukselliseen toimintaan sekä testaukseen. Näihin tarpeisiin on mahdollista vastata pääasiassa tutkimusprojekteilla, mutta palvelutoimintakin on mahdollista.

Liimaliitosten käyttö Suomessa on hyvin monipuolista metalli- ja elektronikkateollisuudessa. Kysely painottui pääasiassa liimaliitosten kartoituksiin ja näin ollen vastauksissa ei käsitellä tarkemmin konepajateollisuudessa erittäin yleisesti käytettyjä kierrelukitteita ja koneosien tiivisteliimoja. Näiden osalta kysely olisi voinut olla vaikeampaa, koska niiden käyttö teollisuudessa on enemmän hajallaan eikä niin keskittynyttä. Niiden käyttö teollisuudessa on myös yksioikoisempaa kuin liimaliitoksissa käytettyjen liimojen osalta.

Kyselyn yrityksillä oli erilaisia lähestymis- ja käyttötapoja liimaukseen liittyen. Sarjatuotannossa esikäsittelyjen osuus on haluttu minimoida tai jättää kokonaan pois taloudellisista ja tuotannonnopeussyistä. Näin ollen eräs merkittävä tuotekehityksen lähtökohta on ollut etsiä ja kehittää esikäsittelyä välttäviä ratkaisuja kuin että oltaisi lähdetty kehittämään mahdollisimman taloudellisia esikäsittelymenetelmiä. Toisessa tapauksessa esikäsittelymenetelmät oli viety pitkälle ja integroitu alihankintaan saaden näin tuotantotehokas ja pitkälle automatisoitu tuotanto. Monessa tapauksessa mahdolliset esikäsittelyt ja liimaus suoritettiin osana samaa liimausprosessia. Kaikissa tapauksissa yritysten toimintaympäristö ja resurssit ovat muokanneet toimintatavat, jotka ovat osoittautuneet toimiviksi. Kuljetusvälineiteollisuudessa liimaliitosmateriaalit olivat luonnollisesti alumiinit, muovit, lasit, lujitemuovikomposiitteja vaneria yms. Näillä materiaaleilla liimauksen onnistumiseen tarvitaan usein primereita yms. esikäsittelyjä ja näiden käyttö herätti kiinnostusta myös koulutuksen osalta.

Kootusti voidaan todeta, että suurimmalla osalla aktiivisesti liimaustekniikkaa käyttävistä yrityksistä on jonkin asteista tarvetta liimaliitosteknologiakoulutukselle. Tarve kohdentuu pääasiassa ei-pätevöittäviin lyhyisiin 1-3 päivän kestäviin yleiseen liimausteknologiaan liittyvään teoria- ja käytännön liimaliitosteknologiakoulutukseen. Varmaa osallistumisastetta tällaisen kyselyn pohjalta ei tietenkään voi saada, koska lopullinen kiinnostus määräytyy kurssin tarkemman sisällön perusteella ja kurssin ajankohdan sopimisesta itse kunkin aikatauluihin. Aikataululliset näkökohdat voidaan huomioida entistä paremmin ennakoivalla ja hyvällä markkinoinnilla. Suomen 3M Harry Egeberg on havainnut omissa seminaareissa osallistumisasteen vähentyneen. Näin ollen nykyisessä taloudellisessa tilanteessa koulutuksiin osallistuminen yrityksissä voi olla tiukemmassa kuin paremmassa taloudellisessa tilanteessa. Yrityksissä on tehty työvoiman vähennyksiä sekä työn rytmi on kiristynyt, joten osallistumista harkitaan tarkemmin. Toisaalta yrityksillä ei ole myöskään varaa laiminlyödä tuotekehitystään taloudellisesti huonompina aikoina. Oppilaitoksen näkökulmasta kokonaisvaltaisen liimausteknologian koulutuksen on kaikki valmiudet herättää kiinnostusta, koska sitä ei tällä hetkellä ole Suomessa oppilaitosten ja muiden organisaatioiden koulutustarjonnassa teollisuudessa käytettäviin hybridiliitoksiin suunnattuna. Oppilaitosteknologiakoulutuksena kokonaisvaltainen koulutus luo pohjaa tulevaisuudelle tarjoamalla tiedon kautta valmiuksia käyttämään liimaliitoksia kasvavassa määrin.

Yleisellä tasolla huomioitavaa sekä liimatoimittajien että teollisuuden antamissa vastauksissa oli se, että molempien käsitys koulutuksen tarpeesta ja siinä käsiteltävistä aihealueista olivat pääpiirteittäin yhdenmukaisia. Liimatoimittajat näkivät koulutukselle ehkä vielä enemmän tarvetta kuin yrityksissä on koettu tarpeelliseksi. Toisaalta tämä on luonnollista, koska liimatoimittajat näkevät liimaliitostekniikan mahdollisuudet ja myös tarpeet sen toteuttamiseksi, mutta yrityksissä on keskityttävä kokonaisuuteen. Yleistettynä koulutuskurssissa pitäisi käsitellä yleistä teoriaa adheesiosta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Tähän voi sisältyä yleinen teoria osuus adheesiosta, pintojen puhdistuksesta ja pintakäsittelyistä, tietoa liimojen yleisistä ominaisuuksista ja liiman valintaan liittyvistä tekijöistä. Katsaus liimaliitosten yleisimpiin testausmenetelmiin ja työturvallisuuteen ovat myös toiveissa mukana. Käytännön harjoitus testauksesta koekappalevalmistuksineen antaisi kurssiin käytännön harjoitusta teorian lisäksi. Mahdollisuuksista riippuen ryhmässä voisi pohtia jotain oikeaa sovelluskohdetta ja ratkaisua siihen. Koulutuskieleksi toivottiin ylivoimaisesti eniten ja luonnollisesti suomea, mutta englanti ja ruotsikin nousivat esille.



Pätevöittävän koulutuksen tarve ei ole ainakaan laajaa, mutta jotkut yritysten edustajat ovat kiinnostuneet myös pätevöittävästä koulutuksesta tai niiden kertauskursseista. Pätevöittävän koulutuksen tarve kytkeytyy voimakkaasti kiskoliikennepuolen tai alan osatoimittajien yrityksiin. Kartoituksen perusteella pätevöittävän koulutuksen järjestämiselle järkevin vaihtoehto on ns. in-house -kurssit, joille tarvitaan vähintään 10 osanottajaa. Olisi hyvin mahdollista, että in-house-kurssi voitaisiin järjestää osanottajien lukumäärän puolesta, koska tietyt yritykset harkitsevat henkilöstönsä pätevöittävää kouluttamista. Tarkempi tarve pätevöittävän koulutuksen pitämiseen varmistuisi vasta sitovalla kyselyllä, jonka perusteella in-house-kurssi aiotaan järjestää, mikäli sinne ilmoittautuu tarvittava määrä osallistujia. Tässä kyselyssä tuli selvästi ilmi, että yrityksillä on hankaluuksia irrottaa työntekijöitä pitkiin ja kalliisiin koulutuksiin ilman todellista tarvetta, joten tarve pätevöittävän koulutuksen käymiseen yrityksissä tulee käytännössä aina yrityksen ulkopuolelta. In-house-kursseista seuraava vaihe eli pätevöittävien kurssien järjestäminen kumppanuus-sopimuksen kautta tarvitsee jatkuvuutta eli vuosittain osanottajia pitäisi olla vähintään 10-20, joten sen mahdollisuuden toteuttaminen jää tulevaisuudessa nähtäväksi.

Seuraavassa on vielä kerrottu kahden eri yrityksen EAS-pätevöitymiskoulutuksen käyneiden henkilöiden kokemuksia kursseista:

#### **Yritys A; EAS:**

- Todella hyvä koulutus. Oppi todella paljon. 80% kurssista läpäisi testit. Suullinen tentti oli haastavin. Kolme kirjallista ja viimeinen tentti suullinen. Kurssilla joutui opiskelemaan intensiivisesti.
- Yritys on saanut koulutuksista hyödyllistä tietoa sekä tietoa soveltaen saatu kehitettyä hyvälaatuisia tuotteita.
- Tärkeimpänä asiana liimausliitosten kemian ymmärtäminen, jota myötä ymmärrys esikäsittelyn tärkeydestä, liimatyyppin ja määrän valinnasta sekä työympäristöstä.

#### **Yritys B; EAS:**

Tehokkain, laadukkain ja paras koulutus, mitä olen koskaan käynyt. Yleinen liimaustuntemus auttaa EAS -kurssilla. Kurssi oli täysin hintansa arvoinen vaikkakin kallis. Opetus ja kurssikirjallisuus oli selkeää. Opiskelupäivät venyivät pitkiksi. Kirjalliset tentit joka viikon päätteeksi. Jos opiskelee niihin, viikoittaiset kirjalliset kokeet sujuvat hyvin. Suullisessa tentissä kuulustellaan koko koalueesta. Pitää selvittää tietty taso, jotta pääsee läpi. Pohjakoulutuksena kemian maisteri ja siinä EAS oli ihan ok. EAE-taso menisi varmaan myös, joskin olisi työläs, varsinkin suullinen tentti. Opetus oli selkeää, joten normaalilla kielitaidolla menee.

### 3.1.3 Standardisointi liimausteknologian alalla

Yleisesti ottaen liimaliitoksien laskennassa ei ole olemassa taulukkotapauksia, kuten hitsausliitoksissa. Liimaliitoksissa liitosten kestävyys todennetaan yleisesti ottaen testaamalla, tarvittaessa myös olosuhteissa [5]. Liimaustekniikan alalla lopputuotteiden liimaliitokset suunnitellaan pitkälti alakohtaisten standardien pohjalta. Näin ollen ei ole olemassa kaikille aloille yleispäteviä liimaliitoksien suunnittelustandardeja tai ohjeita. Tämä on ymmärrettävää, koska liimaliitoksille kohdistuu mitä erilaisempia vaatimuksia kohteesta riippuen. Sen sijaan liimaliitosten testaamiselle on olemassa yleisiä ISO, ASTM, DIN, BS -standardeja. Näitä testistandardeja käytetään yleisesti eri aloilla esimerkiksi liimojen karakterisointiin ja laadunvarmistukseen. Liimoihin liittyvää yleistä standardisointia (esim. testit) on runsaasti saatavilla. Listassa ei ole lueteltu nopeutettuja olosuhdealtistusstandardeja, jotka osaltaan liittyvät oleellisesti liimaliitoksien testaamiseen. Lähteessä [12] on puolestaan tehty vertailua liimaliitoksiin liittyvien yleisimpien ISO- ja ASTM-testistandardien välillä. Yleiset standardit voivat toimia osana tai osamallina yritysten omaa standardisointia, mutta yleisten standardien laatijoissa on yleensä mukana alan teollisuuden toimijoita. Näin ollen joku tietty standardi saattaa olla syntynyt tuloksena tietyn alan toimijan tai toimijoiden pitkäaikaisesta kokemuksesta tai toimintamallista. Alakohtaiset ohjeet ja standardit määrittävät mm. vaadittavat olosuhdealtistukset ja testit liimaliitoksille rakenteissa. Alakohtaiset standardit voivat käyttää myös yleisiä koekappalepohjaisia testistandardeja testien suorittamisessa tai testejä voidaan tehdä todellisilla rakenteilla ja komponenteilla. Liimavalmistajilla on myös omia sisäisiä standardeja, joita he käyttävät omassa toiminnassaan.

Alakohtaisesta standardisoinnista käy esimerkkinä autoala, jossa iso toimija standardisoinnissa on VDA (German Automobile Industry Association). VDA julkaisee standardeja joihin viitataan alalla yleisesti. Sen lisäksi alalla saatetaan viitata yksittäisen yrityksen standardeihin, kuten esimerkiksi VW PV 1200 -altistustesti tai Volvo STD 185-0001 Adhesion of elastic adhesives -standardi, joka on samankaltainen DIN 54457 Structural adhesives - Testing of adhesively bonded joints - Grub peel test -standardin kanssa. DIN 54457-standardi ja vastaavat autonvalmistajien, VDA:n ja liimanvalmistajan standardit ovat muotoutuneet samankaltaisiksi samalla alalla tapahtuvan toiminnan vuoksi. On myös olemassa paljon vakiintuneita käytäntöjä, joita käytetään yleisesti. Esimerkiksi autonvalmistuksen OEM-puolella VDA:n windscreen standardialtistuksenn jälkeinen liiman lap-shear-lujuus täytyy olla vähintään 2MPa, jotta liimaa voidaan ajatella käytettäväksi tuulilasiin liimana. Myös vakuutusyhtiöt saattavat Suomessa myös vaatia joissain tapauksissa, että tuulilasin korjaukseen käytetyt menetelmät sekä liimat ovat TUV:n hyväksymiä (FMVSS 212/208 -standardien mukaisesti), mutta viranomaisvaatimuksia ei tälle sinällään ole. [9]

Kansainvälisesti kiskoliikenteen ja autoalan lisäksi suoraan liimaliitoksia koskevia standardeja tai ohjeita on yleisesti kansainvälisessä käytössä myös rakennuspuolella EOTA:n ETAG-ohjeet rakenteellisille lasirakenteille (ns. structural glazing). Viranomaisten vaatimukset liimaliitoksille voivat tulla suoraan vaadittujen standardien tai direktiivien puolelta tai ne voivat tulla epäsuorasti turvallisuusvaatimusten ja yleisten vaatimusten/ohjeiden puolelta. Esimerkkinä suorista alaan liittyvästä liimaliitoksia koskevasta standardisoinnista ovat mm. liimapuualan harmonisoidut tuotestandardit (EN 14080 ja EN 1194) ja metalliohultevypintaiset sandwich-rakenteet-tuotestandardi (EN 14509). IFAM Erik Meiß mukaan [5] myös kiskoliikennettä koskevaa DIN 6701 -standardia ollaan harmonisoimassa EN-standardiksi, jolloin se olisi harmonisoitu standardi myös Suomessa ja näin ollen virallinen kiskokaluston liimaliitosten laatujärjestelmästandardi. IFAM on tässä prosessissa mukana. DVS 3310 -ohjetta ”Quality management of adhesive bonds” on aloitettu standardisoimaan DIN-standardiksi. Ko. ohje käsittelee liimauksia ”luokkaliimauksina” vähän samaan tapaan kuin hitsauksessa luokkahitsejä.

Rakennusteknisellä puolella rakennusten lasien liimaukseen (structural glazing = SG) on julkaistu EOTA:n (European Organization for Technical Assessment) toimesta kattavat ohjeet eli ETAG:t (European Technical Approval Guidelines). Guidelinet ovat julkisia ja ne ovat saatavilla EOTA:n internetsivuilta. Erilaisille liimatuille lasijulkisivujärjestelmille on kolme ohjetta. Ohjeissa annetaan ohjeita julkisivujärjestelmien hyväksynnöille, mutta ETAG:t ottavat myös kantaa julkisivujärjestelmissä oleviin liima- ja tiivistysmassoihin ja määrittelevät mm. altistustestejä niille. [13]

- ETAG 002-1: Liimatut lasijulkisivujärjestelmät, Osa 1 –
- ETAG 002-2: Liimatut lasijulkisivujärjestelmät, Osa 2, Pinnoitetusta alumiinista tehdyt järjestelmät
- ETAG 002-3: Liimatut lasijulkisivujärjestelmät, Osa 3 Lämpökatko-profileja sisältävät järjestelmät

Huomattavasti yleisempää on, että tietyn alan tuotteissa käytetyille liimaliitoksille ei ole suoraan sovellettavissa standardeja tai viranomaisvaatimuksia. Näissä tapauksissa tuotteen on tietenkin täytettävä sille asetetut alakohtaiset standardit ja vaatimukset ja nämä koskevat luonnollisesti myös epäsuorasti liimaliitoksia. Viranomaisvaatimusten ja standardien lisäksi eri aloilla liimoilta voidaan vaatia hyväksyntöjä. Hyväksyntöjä myöntävät eri luokituslaitokset (GL, Fraunhofer, DNV, ...). Hyväksyntätyypit voivat koskea esimerkiksi tuulivoimala-, elintarvike- tai kaasualaa. Ne voivat koskea myös paloturvallisuutta, hygieniaa, lääkinnällisiä laitteita, yms.

Yhteenvetona standardisoinnista voidaan sanoa, että viranomaisilla on harvoin suoria vaatimuksia nimenomaan liimaliitoksiin. Yleiset säännökset ja direktiivit määrittelevät luonnollisina vaatimuksina mm. henkilö- ja ympäristöturvallisuuden ja rakenteellisia vaatimuksia. Alakohtaiset standardit, säännökset ja direktiivit voivat ottaa kantaa rakenteen lujuusteknisiin ja pitkäaikaiskestoisiin ominaisuuksiin, mutta ne eivät välttämättä ota suoraan kantaa liimaliitoksiin, jollei liimaliitokset ole olennaisia osia rakenteessa. Tietysti alakohtaiset vaatimukset koskevat liimaliitoksia siinä, missä muitakin rakenteen tai koneen osia. Äskettäin käyttöön otettu pakollinen CE-merkintä edellyttää valmistajan noudattavan ja toteuttavan toiminnassaan tuotetta koskevia EU:n vaatimuksia ja siten myös harmonisoituja standardeja. Yleisesti ottaen EU-tasolla liimaliitoksia koskeva standardisointi ei ole yleistä.

Liimojen käytön työturvallisuuteen on viranomaispuolelta enemmän säännöksiä.

## 3.2 Puu- ja rakennusteollisuus

Puuteollisuus jalostaa puusta eri käyttötarkoituksiin sopivia tuotteita. Jalostamalla voidaan puun hyviä ominaisuuksia hyödyntää entistä tehokkaammin ja puun heikkojen puolien vaikutusta pienentää sekä lisätä monipuolisesti sen käyttömahdollisuuksia. Vähän jalostettuja tuotteita sanotaan yleensä aihioiksi. Kehittynyt puutuoteollisuus perustuu suurelta osin liimaukseen. Liimaustekniikan avulla puusta saadaan esim. levyjä, pitkiä suuria kuormia kantavia palkkeja tai muita vaadittavia suoria tai kaarevia tuoteosia tai tuotteita. Puun lujuus ja laatu paranevat, kun jalostuksessa heikot ja vikakohdat, kuten oksankohdat tai vinosyisyys poistetaan, ja esim. sormijatkoksella liitetään uudelleen yhteen. Lujuutta heikentävät kohdat voidaan myös ”hajasioittaa” kuten vanerin, lastu- ja kuitulevyn osalta tapahtuu. Samalla tuote muuttuu ominaisuuksiltaan homogeenisemmaksi. Kulutus- ja sään-kestävyyttä parannetaan pinnoittamalla puulevyt tai pintakäsittelmällä puutuote. Puulevyaihioiden yleisimpiä valmistusvaiheita ovat paloittelu ja reunalistoituminen, mutta nykyisin niihin tehdään entistä enemmän erilaisia pinnoituksia ja työstöjä. [14]

Rakennuspuusepäntuotteita ovat ne rakennuksen sisäosat, jotka ovat kiinnitetty rakennuksen runkoon. Näitä ovat ikkunat, ovet, kiintokalusteet, portaat, listat sekä lattiarakenteet, kuten parketit. [15]

Nykyään erilaiset valmiit elementtirakenteet ovat yleistyneet ja niiden käyttö lisääntyy rakennusteollisuudessa. Teollisuushallit ja varastohallit, tuotantotalat, pihatot, vesilaitokset, pesulat ja urheiluhallit ovat tyyppillisiä kohteita, joissa valmiita rakennuselementtejä käytetään.

Sahatavaran ja siitä valmistettujen runko- ja verhoilurakenteisiin käytettävien jatkojalosteiden laatuluokitus ja lujuuslajittelu tehdään rakennustietokortin RT 21-10978 ohjeiden mukaisesti. [16]

### 3.2.1 Puu- ja rakennusteollisuudessa käytettävät liimat

Puun liimauksessa käytetään pääasiassa synteettisiä liimoja. Tavallisesti käytettyjä liimoja ovat dispersioliimat, kuten polyvinyylisetaatti- (PVAc) ja emulsiopoly-meeri-isosyanaattiliimat (EPI), kontakti- ja sulateliimat sekä urea-, fenoli-, resor-sinoli-, polyuretaani- ja epoksiliimat. [17]

**Fysikaalisesti kovettuvissa liimoissa** kovettuminen tapahtuu liuottimen haihtuessa saumasta. Fysikaalisesti kovettuvia liimoja on mm. PVAc-, kontakti- ja sulateliimat. **Kemiallisesti kovettuvissa liimoissa** kovettuminen perustuu kemialliseen reaktioon. Kemiallisesti kovettuviin liimoihin lisätään kovete, jolloin kovettumisreaktio alkaa. Kemiallisesti kovettuvia liimoja on mm. urea-, fenoli-, resorsinoli-, polyuretaani- ja epoksiliimat.

**PVAc-liimat** ovat puusepänanalan yleisliimoja, joita käytetään kokoonpanossa, viilutuksessa, reunalistoituksessa ja laminoinnissa. Liimasauma on kova, luja ja väritön, mutta se ei kestä korkeita lämpötiloja ja pehmenee kostuessaan. Sauman lujuus on riittävä lyhytaikaista kuormitusta vaativiin kohteisiin.

Euronormi EN 204 ”Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications” määrittelee liimoille neljä rasitusluokkaa [18]:

- D4 Sisäkäytössä usein tapahtuvaa pitkäaikaista altistumista juoksevalle tai tiivistyneelle vedelle ja/tai rankkaa altistumista korkealle ilmankosteudelle. Ulkokäytössä altistuu säälle, mutta suojattu asianmukaisesti pintakäsittelyllä.
- D3 Sisäkäytössä usein tapahtuvaa lyhytaikaista altistumista juoksevalle tai tiivistyneelle vedelle ja/tai rankkaa altistumista korkealle ilmankosteudelle. Ulkokäytössä ei altistu säälle.
- D2 Sisäkäytössä satunnaista lyhytaikaista altistumista juoksevalle tai tiivistyneelle vedelle ja/tai satunnaiselle korkealle ilmankosteudelle, jos kosteuspiitoisuus puun ei ylitä 18%
- D1 Sisäkäytössä puun kosteus ei ylitä 15%

**EPI** (emulsiopolymeeri-isosyanaatti) -dispersioliimoilla saavutetaan erittäin hyvä vedenkesto puuta liimattaessa. Liimaukset sietävät myös hyvin lämpöä ja tavallisimpia liuottimia. EPI-liimoja käytetään pienikokoisten liimapalkkien (ns. Japanin palkit), ikkuna-aihioiden ja ulko-ovien valmistuksessa, liimalevyjen sekä massiivipuun liimauksessa. Liimat ovat helposti modifioitavissa tarpeen mukaan. [19]

**Kontaktiliimojen** sideaineena on tavallisesti neopreeni, joka on liuotettu orgaaniseen liuottimeen tai emulgoitu veteen. Liima levitetään yleensä molemmille liimattaville pinnoille, kappaleet asetetaan vastakkain ja sauma puristetaan voimakkaasti yhteen. Kontaktiliimaa käytetään muovilaminaatin tai metallin liimaamiseen.

**Sulateliimat** ovat huoneenlämpötilassa kiinteitä aineita, joiden vaikutus perustuu liima-aineen sulamiseen noin 170-190 °C:n lämpötilassa. Sulateliimat koostuvat lujutta antavasta polymeeristä, tartuntaominaisuuksia parantavasta hartsista ja vahasta, jolla säädetään kostutusominaisuuksia ja viskositeettia. Sulateliima toimitetaan paloina, tankona, pelletteinä, lankana tai kalvona. Se sulatetaan säiliössä, josta liimalevitys tapahtuu suuttimien tai telan avulla. Kuuma liima levitetään liimattavalle pinnalle, jossa se jäähtyessään kovettuu. Koska liimasauma voi lämmönvaikutuksesta pehmetä uudelleen, ei sulateliima sovellu käytettäväksi kantavissa rakenteissa. Tämä liimatyyppin yleisin käyttökohde puuteollisuudessa on reunalistoitus ja erilaisten muovipinnoitteiden kiinnitys. [20]

**Kertamuoviliimat** valmistetaan öljystä tai maakaasusta saatavista hartseista. Yleisimmät kertamuoviliimat syntyvät formaldehydin reaktiolla liimaraaka-aineen (fenolin, resorsinolin, urean, melamiinin tai näiden yhdistelmien) kanssa. Puuteollisuuden tärkeimmät liimat ovat fenoli-, urea-, melamiiniurea-, fenoliresorsinoli-liimat.

Fenoliformaldehydiliimaa (PF) käytetään laajasti puutuoteollisuudessa, koska ne tarttuvat hyvin puuhun ja soveltuvat sekä sisä- että ulkokäyttöön. Suurin käyttökohde on vaneriteollisuus. Ureaformaldehydiliimat (UF) ovat eniten käytettyjä puuliimoja halvan hintansa ja palamattomuuden takia. Käyttökohteita ovat mm. parketinvalmistus, viilutus sekä ovien ja liimalevyjen valmistus. Urealiimat soveltuvat vain kuiviin sisätiloihin. Melamiiniurealiimat (MUF) ja fenoliresorsinoli-liimat (PRF) kestävät huomattavasti paremmin kosteusolosuhteita ja ovat muokattavissa käyttökohteiden mukaisesti. Liimat on hyväksytty kantavien puurakenteiden, kuten sormikatkosten, liimapalkkien ja kattotuolien liimauksiin. PRF-liimoja käytetään myös ulko-ovien ja ikkunakehikkojen valmistuksessa, jolloin liimasauma altistuu ilman kosteuden ja lämpötilan vaihteluille. [21]

Vaativissa puurakenteissa käytetään **polyuretaaniliimoja** (PUR), jotka kestävät erittäin hyvin kosteutta ja täyttävät mm. 1-komponenttisina EN 15425 -vaatimukset. PU-liimoja valmistetaan sekä yksi- että kaksikomponenttisena. Polyuretaaniliimoja käytetään mm. sormijatkosten, liimapuun, lamellihirsien, erilaisten pinnoitteiden ja puulattioiden liimauksessa. [25]

**Epoksiliimoja** käytetään vähemmän puuliimoina, sillä ne ovat kalliimpia kuin useimmat muut puuliimat. Niiden etuna on kuitenkin se, että ne liimavat hyvin myös epätasaisia pintoja ja soveltuvat hyvin monenlaisen pinnoite-materiaalin liimaamiseen. Epoksiliimat ovat tavallisesti kaksikomponenttisia.

Mitoituksessa käytetty puurakenteiden eurooppalainen suunnittelustandardi EN 1995 (Eurokoodi 5) koskee rakennusten sekä maa- ja vesirakennuskoh-teiden suunnittelua käytettäessä sahatavaraa, höylättyä tai pyöreää puutava-  
raa, liimapuuta tai puisia rakenteisiin tarkoitettuja tuotteita, kuten LVL:ää tai puulevyjä, jotka on valmistettu liimaamalla tai mekaanisin liittimin. Rakenteellisilla liimoilla tehdyillä liitoksilla tulee olla sellainen lujuus ja säilyvyys, että sauma säilyy ehjänä valitussa käyttöluokassa koko suunnitellun käyttöiän ajan. Käyttöluokkia on kolme, joista ensimmäiseen kuuluu puurakenne, joka on lämmitetyissä sisätiloissa tai vastaavissa kosteusoloissa. Käyttöluokkaan 2 kuuluu ulkoilmassa kuivana oleva puurakenne. Rakenteen tulee olla katetussa ja tuuletetussa tilassa sekä alta ja sivuilta hyvin kastumiselta suojattu. Käyttöluokkaan 3 kuuluu ulkona säälle alttiina, kosteassa tilassa tai veden välittömän vaikutuksen alaisena oleva puurakenne. Liimoja, jotka täyttävät standardin EN 301 tyyppin I vaatimukset, voidaan käyttää kaikissa käyttöluokissa. Tällaisia ovat esimerkiksi resorsinoli- ja resorsinolifenoliliimat. Liimoja, jotka täyttävät standardin EN 301 tyyppin II vaatimukset, voidaan käyttää vain käyttöluokissa 1 tai 2 eikä silloinkaan pitkään yli 50 °C lämpötilalle altistettuna.

### 3.2.2 Puulevytuotanto

**Vaneri** koostuu levyn muodostaman tason suuntaisista viiluista. Suomi on EU:n suurin vanerinvalmistaja. Suomessa valmistetaan vaneria runsaat miljoona kuutiometriä vuodessa, mikä on noin 2 % maailman tuotannosta. Pääosa vanerista, yli 90 %, menee vientiin. Kotimaisen vanerin pääraaka-aineita ovat koivu ja kuusi, mutta myös mäntyä käytetään. Vanerit jaetaan puuraaka-  
aineen perusteella koivu- seka- ja havupuuvanereiksi. Havupuuvaneria tuotetaan Suomessa hieman enemmän kuin koivuvaneria. [22, 23]

Sorvatut viilut liimataan syysuunnaltaan ristiin toisiinsa siten, että kokonaisviilumäärä on yleensä pariton. Ristiin liimaus estää kosteusvaihteluiden aiheuttamia mittojen muutoksia eli puun kosteuselämistä levyn tason suunnassa. Liimauksessa vaneri saa lopullisen lujuutensa ja käyttökelpoisuutensa. Jotta liimalevitys prosessissa onnistuu, täytyy viilujen olla tasaista ja tasapaksuista sekä kosteudeltaan liimaukselle sopivaa. Prosessi on pitkälle automatisoitu, mutta ladonnassa ja liimapuristimen toiminnan tarkkailussa vaaditaan työntekijöiltä korkeaa ammattitaitoa ja huolellisuutta. [23]

Liimauksen kosteuden- ja säänkestävyyden perusteella vanerit jaetaan ulkokäyttöön (exterior) ja sisäkäyttöön (interior) soveltuviin vanereihin. Ulkokäyttöön soveltuvat vanerit valmistetaan aina säänkestävällä liimoilla liimattuina. Säänkeston määrittelevän standardin EN-314-2:n luokka 3 vaatimukset täyttää fenoli- ja resorsinoliliimat sekä niiden seokset.

Vanerituotteiden käyttöön vaikuttaa siis niiden liimaustapa. Suurin osa suomalaisista ristiinliimatuista vanerituotteista on valmistettu käyttäen fenoliformaldehydiliimaa. Tämä liimausmenetelmä mahdollistaa tuotteiden käytämisen märissäkin ulko-olosuhteissa (käyttöluokka 3). Levyjen pitää tällöin olla kuitenkin huolellisesti pinnoitetut ja reunasuojatut. Vain pieni osa vanerituotannosta tehdään ureaformaldehydiliimoja käyttäen. [22]

Väritöntä resorsinoliliimaa käytetään kohteissa, joissa liimasauman ei haluta yhtään erottuvan. Tällainen vaneri on kalliimpaa, mutta ei kestä hankalia kosteusolosuhteita.

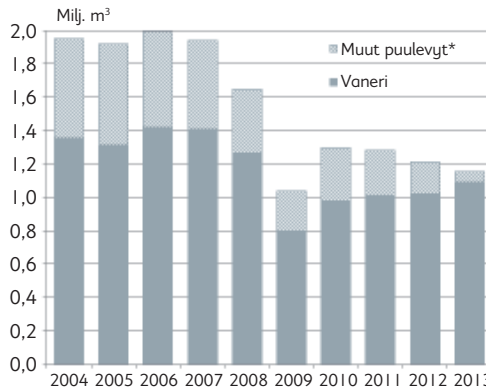
Vaneriteollisuudessa liimoja käytetään myös viilujen saumauksessa, jatkamisessa ja paikkaamisessa. Saumauksen tarkoituksena on valmistaa viilun kokoa suurempia arkkeja. Saumauksessa käytetään yleensä urealiimaa, joka kovetetaan lämmitettävillä vastuksilla automaattisella linjalla. Keskiwiilut saumataan yleensä sulatelangalla. Viilujen jatkamisessa pidemmiksi mitoiksi käytetään yleisimmin fenoli- ja resorsinoliliimoja. Viilun paikkauksessa käytetään liimaa tai liimapaperia niin, että paikat pysyvät kiinni seuraavien työvaiheiden aikana.

Lujuusominaisuuksien ja puumaisen ulkonäön vuoksi vanerin käyttöalue on laaja ja erilaiset pinnoitteet lisäävät sen käyttökelpoisuutta. Suurin osa vanerituotteista käytetään erilaiseen rakentamiseen. Vanerin käyttökohteita ovat mm. betonimuotit, sisustus ja kuljetusvälineiteollisuus. [22,23]

**Filmivaneri** eli muottivaneri on eräs tunnetuimpia ja käytetyimpiä pinnoitettuja vanereita. Peruslevynä käytetään koivu-, seka- ja havuvanereita, jotka pinnoitetaan tavallisesti molemmin puolin sileällä ja kestäväällä fenolifilmillä, jonka väri normaalisti on tummanruskea. Ko. vaneria käytetään betonimuotteissa, kuljetusvälineissä ja sisäverhouslevynä maatalousrakennuksissa [25].



## Puulevyjen tuotanto Suomessa



Vanerin tuotanto 2013		
	1000 m³	Muutos*
Havuvaneri (ml. LVL)	750	6 %
Koivupintainen	330	8 %
<b>Yhteensä</b>	<b>1 090</b>	<b>6 %</b>

LVL-levy eli viilupuuh, Kertopuu  
\* Edell. vuoteen verrattuna

6.2.2014

LÄHDE: Metsäteollisuus ry. Tuotannot ovat arvioita Suomen kokonaistuotannosta.



KUVA 2. Puulevyjen tuotanto Suomessa [26]

Maalausohjainnoitettu vaneri on maalattaviin julkisivulevytyksiin, ajoneuvojen korirakenteisiin, liikennemerkkeihin, mainostauluihin yms. käyttöön tarkoitettu levy. Peruslevynä käytetään koivu- ja sekavanereita, jotka pinnoitetaan molemmin puolin fenolipohjaisella maalausohjainpaperilla.

**Lastulevy** koostuu yhteen liimatuista pienistä lastuista. Levyn pintaosat ovat hienolastua ja keskiosa karkeampaa lastua. Lastulevyllä ei ole syynsuuntaa vaan se on tasa-aineista ja lujuus on eri suunnissa sama. Lastulevyä voidaan työstää ja liimata kuten normaalia puuta. Lastulevy liimataan usein ureaformaldehydihartsilla, joten se ei kestä kosteutta ja soveltuu vain kuviin sisätiloihin. Suomessa valmistetaan myös normaalia lastulevyä paremmin kosteutta kestävä lastulevyä, joka liimataan ureamelamiiniformaldehydihartsilla. Ne soveltuvat käytettäväksi ulkona kuivissa tiloissa ja kosteiden tilojen kalusteissa. [15]

**Liimapuulevy** on tuote, joissa useita kapeita puulistoja on liimattu yhteen puulevyksi. Raaka-aineena käytetään etupäässä mäntyä, koivua ja kuusta sekä jonkin verran ns. jalopuita, kuten tammea, mahonkia tai pyökkiä. Liimana käytetään dispersioliimaa, luokka D3, jolloin se kestä kosteutta, mutta ei jatkuvaa altistusta vedelle. Sen vuoksi levyä ei voida käyttää ulkoalusteissa eikä suojaamattomien ulkotilojen rakenteissa. Liimalevyä voidaan työstää kuten massiivipuuta, sitä voidaan mm. sahata, jyrsiä, tapittaa ja höylätä. Liimapuulevy on tärkeä puusepänteollisuuden perusmateriaali, jota käytetään mitä erilaisimpiin tarkoituksiin. [27]

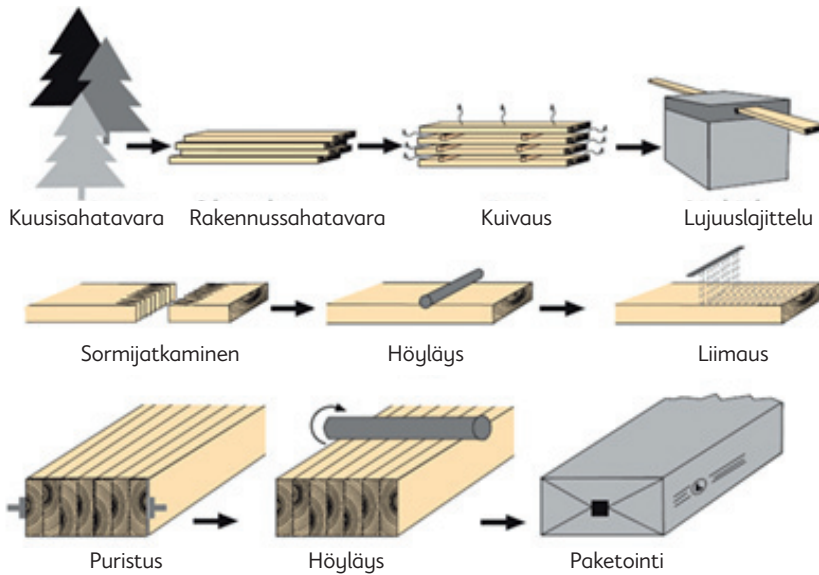
### 3.2.3 Puutavaran jatkojalosteet

**Liimahirsi** eli lamellihirsi on liimaamalla valmistettu tuote, joka ei juurikaan halkeile eikä kieroudu. Siitä valmistetun seinän painuminen on erittäin vähäistä. Lamellihirsi valmistetaan höyläämällä sahatavarasta lamellit käyttäen raaka-aineena kuusta tai mäntyä ja liimaamalla ne yhteen niin, että sydänpuu jää ulospäin. Liimana käytetään melamiiniureaformaldehydiliimaa (MUF), polyuretaaniliimaa tai EPI-dispersioliimaa. Lamellihirresta valmistetaan myös korkealaatuinen ulkoverhouksessa tai sisustuksessa käytetty hirsipaneeli. [28]



KUVA 3. Lamellihirsi, jossa sydänpuu asetettu ulospäin (kuva M.Venäläinen)

**Liimapuu** on laudoista tai lankuista yhteen liimattua rakenne-elementtiä, jossa syyn suunta on elementin pituussuunnassa. Se valmistetaan säänkestävällä melamiiniliimalla tai kaksikomponenttisellä resorsinoli-fenoliliimalla (PRF). Myös yksikomponenttinen polyuretaaniliima sisältyy Pohjoismaiden liimapuutoimikunnan hyväksyntäluetteloon. Liimapuun käyttökohteita ovat teollisuus- ja urheiluhallit, suurmyymälät, näyttelyhallit ja koulut, mutta myös pientalot ja maatalousrakennukset. Liimapuun tulee olla standardin EN 14080 mukaista ja valmistettu standardin SFS-EN 386 mukaan. Näin valmistetulle liimapuulle voidaan käyttää standardin SFS-EN 1194 mukaisia GL-lujuusluokkia. [27, 29]



KUVA 4. Liimapuun valmistusprosessi [27]

Pohjoismainen liimapuu valmistetaan yleensä lujuusluokkaan L40. Eurocode 5 esinormin (ENV 1995) kansallisen sovellusohjeen mukaan lujuusluokan L40 katsotaan Suomessa vastaavan lujuusluokkaa GL32. Suomessa voidaan valmistaa ja CE-merkitä myös GL30-liimapuuta, joka on lujuusominaisuuksiltaan hyvin lähellä aikaisemmin käytettyä L40 lujuusluokan liimapuuta.

**Kertopuu (viilupuu) eli LVL** (Laminated Veneer Lumber) valmistetaan liimaamalla yhteen n. 3 mm paksuja sorvattuja ja kuivattuja havupuuviiluja. Liimana käytetään säänkestävää, kuumakovettuvaa fenoliliimaa. Viilujen syynsuunta on yleensä pitkittäinen. Massiivipuuhun verrattuna kertopuu on lähes elämätöntä ja tasalaatuista. Kertopuu on tarkoitettu kantaviin rakenteisiin (standardi SFS-EN 14374 ja EN 14279), se on lujuusarvoiltaan vahvempaa kuin sahatavara ja liimapuu. Kertopuulle on ominaista, että siitä voidaan valmistaa pitkiä palkkeja tai suurikokoisia puulevyliattoja. Se on paksumpaa kuin havuvaneri ja varsinkin palkkien lujuus on erittäin hyvä. Kertopuurakenteesta valmistetaan levyjä, palkkeja ja tolppia. Käyttökohteita ovat rakennuksen ylä-, väli- ja alapohjien kannattajat, ulko- ja sisäseinien runkotolpat sekä jäykistävät katto-, seinä tai lattialevyt. [14, 30]

**Monikerroslevy** (engl. cross laminated timber), CLT on massiivipuulevy, joka valmistetaan liimaamalla lautoja/rimoja useaan kerrokseen ristikkäin. Tavallisesti kerroksia on kolme tai viisi. Tuote on hyvin paloa kestävä, erittäin luja ja jäykkä sekä ominaisuuksiinsa nähden kevyt levymäinen elementti. Monikerroslevyn tyypillisimpiä käyttökohteita ovat rakennuksen kantavan

rungon osat, kuten seinät sekä väli- ja yläpohjat. Levyä käytetään myös julkisivuverhouksissa ja sisäverhouksissa. Ikkuna- ja oviaukkojen yms. varausten tekeminen levyyn on helppoa ja mittatarkkaa. CLT elementtien käyttö on hyvin suosittua Keski-Euroopassa, missä käyttäjät ovat tottuneet massiivisiin rakenteisiin. CLT-levyjä ei toistaiseksi valmisteta Suomessa, lähin tehdas on Itävallassa. [31]

**TAULUKKO 2. Liimojen käyttö puu- ja rakennusteollisuudessa [14]**

Liimaus- tehtävä	Liimatyypit							
	Urea- liima	Fenoli- liima	Resor- sinoli- liima	Poly- uretaani- liima	PVAc- liima	PVAc- liima+ kovete	Sulate- liima	Kontakti- liima
Saumaliimaus	X	X	X		X	X		
Kokoonpano	X				X	X		
Viilutus	X	X	X		X	X		X
Muotopuristus	X	X	X		X	X		
Reunalistoitus	X	X	X		X	X	X	X
Laminointi	X	X	X		X	X		X
Puutavaran jatkaminen	X	X	X		X	X		
Palkit ja kantavat rakenteet			X					
Lastu- ja puukuitulevyt	X	X	X		X	X		
Vanerin liimaus	X	X						
Metallin liimaus puuhun	X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>	X		X		X

<sup>(1)</sup> vaatii pohjustuksen

### 3.2.4 Rakennuspuusepän tuotteet

Ikkunoiden puuaihoiden valmistus tapahtuu nykyään pääasiassa liimaamalla. Puun eläminen saadaan minimoitua, rakenne ei halkeile ja rakenteen näkyviin osiin voidaan sijoittaa mahdollisimman virheetön puupinta. Liimattu rakenne parantaa myös mittatarkkuutta. Prosessissa käytetään sormijatkettuja lamelleja, jatkamisessa käytetään dispersioliimaa. Lasien liimaamisessa käytetään silikonipohjaista liimamassaa. [32]

Ovien toiminnalliset vaatimukset koostuvat kestävyydestä, kosteudenkestävyydestä, ääneneristävyydestä, palonkestosta ja lämmöneristävyydestä. Puu on kevyt materiaali, joten sellaisenaan sen ääneneristys ei ole erityisen hyvä. Paksu, tiivispintainen ja sileä puurakenne ei myöskään vaimenna ääntä erityisen hyvin, joten puu ei ole yksinään hyvä absorptiomateriaali. Puurakenteisen ovien riittävä ääneneristävyys saavutetaan rakenteellisin keinoin käyttämällä monikerrosrakenteita ja ääntä absorboivia materiaaleja. [33]



KUVA 5. Ikkuna- ja oviaihion poikkileikkaukset (kuva M.Venäläinen)

Ulko-oven ja ikkunaoven toiminnallisia ominaisuuksia esitetään standardissa SFS-EN 14351-1:2006+A1 Ikkunat ja ovet. Osa 1: Ikkunat ja sisäänkäyntiovet, joilla ei ole palonkestävyys- ja/tai savuntiiveysominaisuuksia. Se on myös CE-merkinnän perustana oleva harmonisoitu tuotestandardi. Teollisuus-, liike- ja toimistorakennusten sekä autotallien ovia ja portteja koskee vastaava standardi SFS-EN 13241-1.

Osastoiva ovi eli palo-ovi on asetetun paloluokan vaatimukset täyttävä ovi. Palo-ovia valmistetaan metallista ja puusta, metalli-, puu- ja muovirunkoisina. Palonkestävyys testataan käyttäen standardeja EN 1363-1 ja EN 1634-1. Palo-ovien jäykkyyso- ja palonkestävyysominaisuuksiin voidaan vaikuttaa oikealla liimavalinnalla. Vesilasipohjaiset liimat antavat palonkestoaikaa ja polyuretaaniliimat antavat itsekantavan jäykän rakenteen, eikä teräksisiä tukirunkoja tarvita. [34]

**Portaissa** puun pinta joutuu kovalle rasitukselle. Porrasaskelmissa liimapuuta käytetään sekä pintamateriaalina, että rakenteellisena elementtinä. Portaiden käsijohteet valmistetaan usein massiivipuusta. Isot käsijohteet liimataan kuitenkin tavallisesti kahdesta tai kolmesta puurimasta yhteen. Näin estetään puun halkeilu ja ehkäistään käsijohteen vääntyily.

Portaiden askelmien valmistuksessa käytetty liimapuulevy tulee yhä useammin Keski-Euroopasta. Syynä tähän on hintakilpailu, mutta myös portaissa paljon käytetyn lehtipuumateriaalin parempi saatavuus siellä. Jonkin verran käytetään kotimaista mänty- tai kuusiliimapuulevyä. Portaiden valmistajan valmistavat liimapuuta myös itse käyttäen kosteudenkestävää (D3) yksikom-

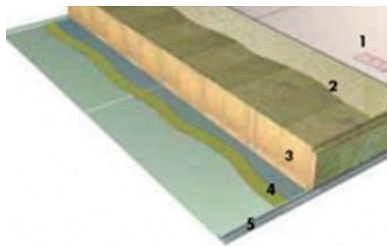
ponenttista PVAc-liima. Muuta liimausta portaissa ei juuri ole, jonkin verran puutappien liimausta, mutta se on hyvin vähäistä ja siihen käy sama liima kuin liimapuulevyjen valmistukseenkin. [35]

### 3.2.5 Rakennuselementit

Yleisimmät ja tunnetuimmat rakennuselementit, joissa on käytetty liimausta, ovat sandwich-rakenteita, joissa metallilevyjen välissä on eristemateriaali. Tavallisimmin käytetyt ydinmateriaalit ovat villa, polyuretaani ja EPS (styrox).

Suomessa Paroc Oy ja Ruukki Oy valmistavat sandwich-elementtejä, joiden ydin on kivivillaa ja pinnat ohutta peltilevyä. Villaydin ja siihen liimatut teräs-ohutlevypinnat muodostavat yhdessä lujan komposiittirakenteen, joka täyttää ulkoseinille, väliseinille ja sisäkatoille asetetut lujuusvaatimukset. Ulkoseiniin asennettavien tuotteiden täytyy säilyttää lujuutensa, eristyskykynsä ja vedenkestävyytensä koko rakennuksen odotetun elinajan. Elementtien ominaisuuksia voidaan säädellä kivivillan lujuusominaisuuksien, palonkeston ja lämmön-eristysvaatimusten mukaan. Elementtien tekniset ominaisuudet perustuvat AST (Advanced Structural Technology) -standardiin. Sandwichelementtien tärkeimpiä käyttökohteita ovat liike-, teollisuus- ja toimistorakennusten sekä julkisten rakennusten julkisivut, väliseinät ja sisäkatot. [36]

Paroc Oy:n elementtituotanto on pitkälle automatisoitu, ja laatujärjestelmä varmistaa prosessin toimivuuden ja lopputuotteen laadun. Kaikki tuotannossa valmistetut elementit ovat asiakastilausten mukaisia, standardielementtejä ei heillä ole. Pellin ja kivivillan liimaamiseen käytetään kaksikomponenttista polyuretaaniliimaa, joka kovetetaan lämmön avulla puristimessa. Laadunvalvonnan liimausprosessin testaukset perustuvat tuotestandardiin EN 14509. Elementtien tekniset ominaisuudet on myös testattu ja hyväksytty EPAQ-määräysten mukaisesti (European Quality Assurance Association for Panels and Profiles).



#### PAROC® -elementin osat

- 1 Sinkkipinnoitetut teräs-ohutlevyt
- 2 Luja ja kestävä erikoisliima
- 3 PAROC structural -vuorivillalamelleista valmistettu palamaton ydin
- 4 Monikerros-pohjamaalaus, joka varmistaa liiman ja teräs-ohutlevyn välisen liima-sidoksen pysyvyyden
- 5 Paloturvallinen ja tiivis ponttirakenne

KUVA 6. Sandwichelementit rakenne [37]

CLT (Cross Laminated Timber) on massiivipuinen ristikkäin liimatuista puu-lamellikerroksista koostuva monikerrosrakennuslevy, jonka valmistuksessa käytetään liimaa. CLT-elementissä voi olla eri paksuisia kerroksia ja sen kokonaispaksuus voi olla jopa 40 cm. Elementin leveys on yleensä noin 3 m ja sen pituus voi olla jopa 16 m. Ammattiopisto Lappiassa Kemissa on juuri päätymässä kolmevuotinen Euroopan rakennerahaston rahoittama CLT-hanke. Siinä on rakennettu oppimisympäristö, joka koostuu täysin uudesta CLT-hallista ja elementtien valmistuslinjasta. Hankkeen projektipäällikkö Matti Yliniemi uskoo, että CLT-levyjen käyttö yleistyy erilaisissa rakentamisen käytökohteissa ympäri maailmaa. Oppimisympäristö antaa oivallisen mahdollisuuden opiskella CLT-levyjen valmistusta lähes teollisissa olosuhteissa. [38]

### 3.2.6 Puu- ja rakennusalan liimojen teollisesta käytöstä

Teknologiakartoitus suoritettiin kevään 2014 aikana haastatteleamalla alan yrityksiä ja alan asiantuntijoita yhteisellä kyselylomakkeella.

Yritykset valittiin mahdollisimman monipuolisesti kuvamaan alan teollisuutta ja siellä käytettäviä liimausmenetelmiä. Haastateltujen yritysten koko vaihteli, joten heillä liimaliitosten kanssa tekevien henkilöiden lukumääräkin vaihteli suuresti. Isoimmista yrityksistä liimauksen kanssa tekemisissä oli n. 70 henkilöä, kun taas pienimmissä yrityksissä vain muutama asiaan perehtynyt henkilö. Heidän osaamis pohja oli myös erilainen yrityksestä riippuen. Muutamassa yrityksessä vaadittiin ammattiopistotasoinen koulutus, mutta yleisesti kaikki liimauksen ja liimaliitosten kanssa tekemisissä olevat työntekijät koulutetaan räätälöidyllä koulutuksella tehtäviin. Tärkeänä pidettiin sitä, että työntekijän tulee tuntee materiaalien ja käytettävien liimojen ominaisuuksia ja mitkä tekijät vaikuttavat liimauksen onnistumiseen. Myös laitetekniikkaa pitää hallita, tehdä tarvittavia mittauksia ja laadunvalvontaa sekä osata lukea työohjeita.

Puu- ja rakennusalalla käytetään liimaliitosmenetelmiä liittämismenetelmänä, koska se on alalla paras mahdollinen liittämistapa, eikä yleensä vaihtoehtoisia tapoja ole käytettävissä. Se on perinteinen, hyvä ja kustannustehokas tapa, eivätkä asiakkaat vaadi muuta. Liimaliitoksen avulla estetään puun elämistä, liitos saadaan visuaalisesti tyydyttävään muotoon ja se täyttää asetetut kosteus- ja lujuusvaatimukset.

Eniten käytetään perinteisiä D3- tai D4-luokan dispersioliimoja, mutta vaativissa kohteissa kaksikomponenttisena. Levyteollisuudessa käytetään perinteisiä hartsiliimoja, mutta liimapalkeissa ja lujuutta vaativissa kohteissa yksi- ja kaksikomponenttisten polyuretaanihartsien käyttö on lisääntynyt. Nykyisiin liimaliitosratkaisuihin on päädytty lujuusvaatimusten ja kokemuksen kautta kertyneen tiedon kautta. Liima ja materiaalit toimittajat auttavat kehitystyössä, usein käytettävä liima on modifioitu asiakkaan tarpeisiin.

Yritysten haasteet liittyen liimausteknologiaan olivat tyypillisiä. On aina ongelmallista löytää uusille materiaaleille sopiva liima, joka ei ole liian kallis käyttää. Haastattelussa mainittiin muun muassa, että polyuretaanien käyttöä rajoittaa niiden liimauslaitteiden kalleus. Olosuhteiden, kuten lämpötilan ja kosteuden, vaihtelun hallintaa pidetään vaikeana ja prosessin säätö kuuluu osittain myös liimaajille. Laadunvalvonta on erittäin tärkeä osa toimivaa tuotantoprosessia, siinä tulleet ongelmat varsinkin uutta linjaa tai laitosta käyttöönotettaessa ovat olleet vaikeita. Prosessinopeus, kapasiteetin riittämättömyys ja testaamiseen liittyvät asiat mainittiin haasteellisiksi.

Laadunvalvontaa suoritetaan jokaisessa haastatellussa yrityksessä. Valvonta voi olla visuaalista seuranta, säännöllisiä mittauksia sekä ulkopuolisten toimijoiden, kuten Inspectan, tekemiä tarkastuksia. Laadunvalvonnassa seurataan liimauksen onnistumista, liiman applikointia, kappaleessa näkyvää rakoisuutta, liimamäärää sekä lujuus- ja olosuhdetestauksien avulla vaadittavien arvojen toteutumista. Myös täyden mittakaavan tuotetestejä suoritetaan. Joissain yrityksissä tehdään jatkuvaa olosuhdealtistustestausta, joissain taas tarvittaessa. Mallikappaleita pidetään varastossa ja niitä avataan säännöllisesti ja näin seurataan liimauksen vanhenemista. Puu- ja rakennusallalla on tuotanto tarkoin säädelty ja eri tavoin ohjeistettu standardisoinnin ja laatuohjeiden avulla. Monella alalla CE-merkintä ja siihen liittyvät toiminnot ovat jo tulleet vaatimuksena tai siihen liittyvä standardisointi on lähivuosina tulossa.

### 3.2.7 Rakennustuotteiden CE-merkintä

CE-merkintä (ransk. Conformité Européene) tuotteessa osoittaa, että valmistaja vakuuttaa tuotteen täyttävän sitä koskevien EU:n direktiivien vaatimukset ja että tuotteelle on tehty vaadittavat tarkastukset. CE-merkintäjärjestelmän tavoitteena on luoda rakennustuotteille tehokkaasti toimivat Euroopan sisämarkkinat. Uusi rakennustuoteasetus tuli voimaan 1.7.2013. Se mukaan CE-merkintä tuli pakolliseksi kaikille niille rakennustuotteille, jotka kuuluvat harmonisoidun tuotestandardin sovellusalueeseen. Harmonisoitu tuotestandardi on asiakirja, jossa kuvataan mm. tuotteen tekniset vaatimukset, laadunvalvonnan toimenpiteet sekä CE-merkinnässä ilmoitettavat tiedot. CE-merkinnältä välttyivät tässä vaiheessa vain sormijatkettu sahatavara, puuelementit sekä ristiinliimattu puulevy CLT. CE-merkityn tuotteen voi myös saattaa markkinoille kaikkialla Euroopassa ilman erillisiä viranomaislupia.

Tuotteet, joille ei ole harmonisoitua standardia, eivät kuulu pakollisen CE-merkinnän piiriin. Puuelementtejä koskevaa harmonisoitua tuotestandardia prEN 14732 ollaan vasta työstämässä, joten puurakenteisia seinä-, lattia- ja kattoelementtejä ei vielä rakennustuoteasetuksen voimaantullessa voida CE-merkitä. Tämä standardi määrittelee vähimmäisvaatimukset tehdasvalmistetuille rakenteellisille (kantaville) elementeillä, joissa kantavana tavarana on



sahatavara, liimatut 2- tai 3-lamelliset palkit, liimapuu tai kertopuu (LVL). Elementin pintakerrokset kiinnitetään elementin kantavaan rakenteeseen sopivalla liimauksella tai mekaanisilla kiinnittimillä.

Liimapuu ja kertopuurakenteille on voimassa olevat harmonisoidut tuotestandardit, mutta uudistettu standardi PrEN 14080:2013 on vasta tulossa voimaan. Uudistetun tuotestandardin astuessa voimaan liimapuuta voidaan CE-merkitä GL-30-luokkaan myös vientiin (nyt CE-merkitä vain kotimaan markkinoille).

### TAULUKKO 3. Puutuotteita koskevat harmonisoidut tuotestandardit [39]

STANDARDI	TUOTE
EN 13986:2004	Puulevyt
EN 14250:2010	Naulalevyrakenteet
EN 14374:2004	Rakenteellinen kertopuu
EN 14342:2005 + A1:2008	Puulattiat
EN 14080:2005	Liimapuu
EN 14081-1:2005 + A1:2011	Lujuuslajiteltu puutavara
EN 14915:2006 + AC:2007	Puupaneelit ja -verhoukset
EN 14545:2008	Puurakenteiden liittimet
EN 14592:2008	Vaarnakiinnittimet
EN 14229:2010	Puiset sähköpylväät
prEN 14732	Puiset seinä-, lattia- ja kattoelementit
prEN 15497	Sormijatkettu rakennesahatavara
prEN 16351	CLT – Cross laminated timber

(*kursiivilla* merkitty valmisteilla olevat, joiden CE-merkintä tulee EU:ssa pakolliseksi arviolta 2015-2017)

CE-merkintää ei vaadita, jos rakennustuotetta ei saateta markkinoille. Tällaisia tuotteita ovat mm. ne rakennustuotteet, jotka valmistetaan työmaalla ja valmistaja vastaa kiinnittämisestä ja ne sahataan rakennuspaikalla. Omista puista sahatut rakennustarvikkeet, jotka käytetään omaan rakentamiseen, eivät myöskään tarvitse CE-merkintää.

CE-merkintä edellyttää, että valmistaja suorittaa jatkuvaa tuotannon laadunvalvontaa ja se on dokumentoitu kirjalliseksi selvitykseksi (FPC-manuaali). Manuaalissa laadunvalvonnan vastuut tulee olla selkeästi määritetty. Valmistavalle yritykselle myönnetään tarkastuksen jälkeen sertifikaattipäätös, minkä jälkeen yritys laatii suoritusosoituksen ja alkaa CE-merkitä tuotteensa. Suomessa VTT ja Centria toimivat testilaboratorioina tuotteille, jotka täytyy puolueettomasti testata ennen sertifikaattipäätöksen myöntämistä.

Teräspalo-ovien siirtyminen CE-merkinnän piiriin on VTT:n lausunnon mukaan mahdollinen aikaisintaan vuonna 2015, riippuen kuitenkin palo-ovien harmonisoidun tuotestandardin valmistumisajankohdasta. CE-merkittävissä ikkunoissa ja ovissa tulee määrittää U-arvo (lämmönläpäisykerroin), mutta suositeltavaa on myös määrittää sateenpitävyys, ääneneristävyys ja ilmanpitävyys.

CE-merkinnän käyttöä Suomessa valvoo Turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKES. Ilman CE-merkintää ei rakennustuote voi määräajan jälkeen olla markkinoilla, ei Suomessa eikä Euroopassa.

### 3.2.8 Puu- ja rakennustuoteteollisuuden koulutustarve

Tässä tutkimuksessa kartoitettiin yritysvierailujen ja asiantuntijahaastattelujen avulla eri teollisuusalojen liimojen käyttöä tuotannossaan ja siihen liittyvää liimausalan koulutustarvetta. Tehdyn selvityksen perusteella puu- ja rakennusalalla ei vaadita henkilöille, jotka ovat liimaliitosmenetelmien kanssa tekemisissä, mitään tiettyä koulutusta. Toiveena nykyään uusille työntekijöille on puualan, prosessiteknikan tai metallialan perustutkinto, mutta se ei ole vaatimus. Yrityksen työntekijät koulutetaan työn ohessa liimausprosessiin, joko sisäisellä perehdyttämällä tai järjestämällä liimauskoulutusta, jota yleisimmin antavat liimatoimittajat.

Levyteollisuudessa koulutusmuotona käytetään paljon oppisopimuskoulutusta, jossa on mukana ulkopuolinen koulutuksen järjestäjä. Oppisopimuskoulutus toteutetaan levyteollisuudessa joko kaksi tai kolmevuotisena, vähintään yksi uusi kurssi alkaa vuosittain. Koskinen Oy on aloitti oppisopimuskoulutuksen, jossa koulutus toteutetaan nuorisotakuun piirissä ja yhteistyössä AEL:n kanssa. Nuorisotakuu koskee alle 30-vuotiaita henkilöitä, joilla ei ole vielä mitään ammatillista koulutusta. Kolme vuotta kestävä koulutuksen avulla työntekijä voi työn ohessa suorittaa prosessiteollisuuden perustutkinnon saha- tai levyteollisuuden puolelta. [40, 23]

Kysyttäessä tarvetta sertifioituun pätevyitysmenkoulutukseen tuli ensimmäisenä ongelmaksi selvittää, mitä kysymys tarkoitti. Suurin osa haastateltavista vastasi, ettei tarvetta ole. Tämän perusteella puu- ja rakennusalalla sertifioitu koulutus ei vielä ole ollut tarpeellinen. Puutavaran kanssa tekemisissä olevat tuntevat sahatavaran lujuuslajittelukurssit, INSTA-142 T ja RT. Sen sijaan yritykset kokivat, että heillä olisi selvästi tarvetta syvällisempään liimausalan koulutukseen, jossa koulutus olisi neutraalia (ei liimatoimittajan näkökulmaa). Tarvetta on ennen kaikkea kehityspuolen henkilöille, tuotantoprosessiin ja sen tukemiseen liittyen. Koulutus ei saisi keskittyä liikaa tuotteisiin ja

tuotteen ominaisuuksiin eikä puhtaan materiaalin liimaukseen vaan siinä tulisi keskittyä eri materiaalien yhdistämiseen ja siinä tuleviin haasteisiin esikäsitelyssä ja olosuhteissa. Työntekijäpuolelle toivottiin perustietoa, jonka avulla he osaavat arvioida työvaiheiden aikoja, suunnittelijoille testauskoulutusta ja kaikille tulisi antaa liimaukseen liittyvää työturvallisuuskoulutusta. Koulutuksen pitäisi tapahtua useampana lyhyenä jaksoneen niin, että tietoa ehtii soveltaa välillä ja sisäistää käytännön töissä esimerkiksi tehtävien avulla. Jakson pituus oli vastauksissa tyypillisesti 1-3 pv ja ehdotettiin, että koulutus voisi tapahtua muun asiaan liittyvän koulutuksen yhteydessä, ei erikseen liimauksekoulutusta. Koulutuksen suunnittelussa tulee räätälöidyt tarpeet ottaa huomioon, koska toisille soveltuu liimatoimittajan antamat tietoiskut ja uusien menetelmien kouluttaminen, mutta toiset haluavat myös tehdä liimaukseen liittyvää työtä työmaalla.

## 4. Vierailu - IFAM Fraunhofer instituutti

Vierailuajankohta: 11.3.2014

Läsnä: Erik Meiß, IFAM  
Andreas Groß, IFAM  
Tero Mäkinen, Kiilto  
Tero Karttunen, Mamk  
Minna Venäläinen, Esedu

Matkan tarkoituksena oli tutustua IFAM Fraunhofer instituuttiin ja Adhesive Bonding Technology and Surfaces -osastoon. Lisäksi selviteltiin päteväntävän liimausalan koulutuksien järjestämismahdollisuuksia sekä yhteistyömahdollisuuksien kartoittamista.



KUVA 7. IFAM Fraunhofer-instituutti, Bremen (Kuva T. Karttunen)

## 4.1 Yleistä

Saksassa on kaikkiaan 60 eri alan instituuttia. Kolme suurinta instituuttia ovat DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), MPG (Max-Planck Gesellschaft) ja IFAM (Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials). IFAM:lla on kolme eri toimipistettä, joissa on yhteensä 500 työntekijää. Pääpaikka on Bremenissä, jossa instituutti on sijainnut yliopiston lähetyvillä vuodesta 1968 alkaen. Muut toimipisteet ovat Dresden, Stade, ja Oldenburg. Heillä on kaksi erillistä osastoa: Shaping and Functional Materials sekä Adhesive Bonding Technology and Surfaces. IFAM tekee tutkimusta pinnoista, pinnoituksesta ja liimauksesta sekä lujitemuoveista (FRP). Pintojen ja pintakäsittelyjen tutkimuksessa he ovat tehneet työtä mm. pintakäsittelyjen, plasmakäsittelyjen, maalien ja lakkojen materiaalitutkimuksien, pinnassa tapahtuvat molekyyli- ja atomitason reaktioiden jne. aloilla. Liimoissa kehitetään liimojen reseptejä asiakkaiden projekteissa esim. prosessin näkökulmasta, liiman levityksestä, reaktioliimojen seossuhteista jne. Laskennallisella puolella tehdään FEM-mallinnusta liima- ja hybridiliitoksista. Liimaliitoksia tarkastellaan erilaisilla rakennetta hajottamattomia menetelmillä (NDT), mutta myös liimattujen rakenteiden törmäyskäyttäytymistä tutkitaan. Rajapintatutkimus on tärkeässä osassa ja siinä tapahtuvat adheesiomekanismit sekä liimaliitosten ikääntyminen. Liimaliitosten ikääntymisen tutkiminen on tärkeä osa-alue. Osaamista on lisäksi myös kevytrakennesuunnittelusta liimauksen avulla sekä heillä on kehitetty ohjelmia ja järjestelmiä kappaleiden rakenteen kunnan seurantaan (Structural health monitoring, SHM).

IFAM:lla kantavana periaatteena on keskittyä laadukkaaseen tekemiseen niin prosesseissa, tuotteissa, normeissa kuin henkilöstön koulutuksessakin. Heille on myös tärkeää, että ihmiset ymmärtävät asiat syvällisellä tasolla, asioista käydään avointa keskustelua ja jaetaan mielipiteitä. IFAM:n testilaboratoriot on akkreditoitu ISO 17025 -standardin mukaisesti, ja testilaboratoriot ovat erittäin hyvin varustettuja. Laitekanta on hyvin monipuolinen, runsas ja nykyaikainen. Resurssien ja panostuksen tasosta kertoo esimerkiksi se, että laboratoriovierailulla pelkästään olosuhdekaappeja nähtiin kahdessa huoneessa riveittäin yhteensä kymmeniä kappaleita. Opetustilat olivat erittäin asialliset ja laadukkaat. Opetustoimintaan liittyvät liimaustyölaboratoriot sisälsivät luonnollisesti kaikki tarvittavat laitteet aineenkoetuskoneineen ja työskentelytilat. IFAM on koulutuksen järjestäjänä riippumaton materiaalityöntekijä, mikä on heille hyvin tärkeää. He luonnollisesti tekevät paljon yhteistyötä liimavalmistajien ja raaka-ainetoimittajien kanssa eri projekteissa. Koulutuksia he pitävät pääasiassa Euroopassa, mutta myös ympäri maailmaa (in-house-kurssit: Israel, Venäjä, Etelä-Amerikka jne). Koulutuksissa on päämääränä toimia niin, että koulutuksen laatu pysyy joka maassa samanlaisena.

Erik Meiß ollut IFAM:lla töissä noin seitsemän vuotta ja hänen esimiehensä, Andreas Groß, noin 20 vuotta. Groß on luonut EWF:n mukaisen liimausalan koulutuksen sisältöineen (EWF on hitsaustekniikkaan, liittämiseen ja leikkaamiseen keskittynyt Euroopan laajuinen järjestö). Liimaliitosten alalla henkilöstön koulutusta järjestetään kolmella tasolla: EAB (European Adhesive Bonder), EAS (European Adhesive Specialist) ja EAE (European Adhesive Engineer). Erik Meiß on myös auditoija kiskokalustopuolella DIN 6701 mukaisesti. Auditorit vierailevat alan yrityksissä säännöllisesti ja arvioivat laadun ja työmenetelmät esim. riippuen siitä, kuinka suuri riski on, että liimaliitos voi hajota tai aiheuttaa työturvallisuusriskiä. Hänen työajasta 10 % on auditointia ja loput koulutusten järjestelyä ja suunnittelua.

## 4.2 IFAM:n liimausteknisen koulutuksen tarjonta ja yhteistyömahdollisuudet

IFAM Fraunhofer instituutti kouluttaa hyvin laajamittaisesti työvoimaa liimausteknologiaa käyttävien yritysten tarpeisiin. Instituutti antaa pätevöittävä EWF 515, 516 ja 517 ohjeiden mukaisia EAB/S/E-koulutuksia Bremnessä, Saksassa. IFAM:lla järjestetään noin 10 EAB kurssia, kaksi EAS kurssia ja yksi EAE kurssi vuodessa. Viimeisen kolmen vuoden aikana (2011-2013) yhteistyökumppanit Saksassa järjestäneet koulutuksia keskimäärin yhden EAS- ja kolme EAB-kurssia vuodessa. Osallistujia per kurssi 11-15. Kiinassa kurseja ollut hiukan enemmän ja siellä osallistujamäärä per kurssi on ollut huomattavasti suurempi, EAB-kurseja 4-7 vuodessa, joissa osallistujia on ollut 75 -137. EAS-kurseja siellä ollut noin kaksi vuodessa, ja niissä osallistujamäärä on ollut pienempi. IFAM tarjoaa hieman vastaavanlaista koulutuskokonaisuutta kuin liimauspuolella myös lujitemuoviteollisuuteen ja ovat aloittaneet niiden järjestämisen vuonna 2007. Koulutuksista lyhin on viikon kestävä, lujitemuovityöntekijä-kurssi (FRP Fabricator), jossa keskitytään lujitemuovituotteiden valmistamiseen, niissä käytettäviin materiaaleihin ja eri valmistusprosesseihin. Vastaava viikon pituinen kurssi järjestetään myös lujitemuovituotteiden korjaamiseen (FRP Remanufacturer). Lujitemuovispesialistin kurssi on kestoltaan 160 tuntia, siinä keskitytään lujitemuovi-tuotteisiin ja niiden valmistusprosesseihin.

Ennen varsinaista EAB/S/E-kurssia osallistujat käyvät itsenäisesti ns. pre-coursen. Pre-course-materiaali on saatavilla internetistä kurssille ilmoittautumisen jälkeen. Varsinainen kurssimateriaali jaetaan kurssilla sekä printattuna että sähköisenä. EAE-koulutuksessa koko materiaali jaetaan osallistujille sähköisesti. Koulutusmateriaaliin sisältyvät myös koekysymykset, joista koulutuksen järjestäjä voi valita kussakin kurssissa käytettävät loppukoekysymykset. Opetuksessa IFAM suosii perinteisiä menetelmiä, kuten liitutaalua. Tämä on tarkoituksellista, jotta oppiminen alkaa muistiinpanojen kirjoittamisesta.

Sähköisille opetusvälineille ja tietokoneille ei anneta tarkoituksella itse opetus-tapahtumassa suurta osaa. Kaikki kurssimateriaalit omistaa IFAM eikä koulutusmateriaalia ole myytävänä.

IFAM:lta on myös mahdollista ostaa ns. in-house-kursseja. In-house-koulutuksien hyvä puoli on se, että IFAM pitää sitä hyvin valmiina kokonaisuutena asiakkaan tiloissa ja asiakkaan vastuulle jää vain perusvalmiuksien (tilat ja muita perusasioita) järjestäminen. Vaatimuksena on tarpeeksi opetus- ja operointitilaa (miehellään kaksi erillistä huonetta) sekä mahdollisuudet tehdä liimaliitoksia siististi ja turvallisesti. IFAM ei vaadi akkreditoituja laboratorio-tiloja koulutusta järjestävältä laitokselta, jos he itse tulevat pitämään kurseja. IFAM:n kouluttaja tuo mukanaan kaikki opetusmateriaalit, testikoekappaleet, liimat, tarvikkeet jne. Jopa kurssilla tehtyjen koekappaleiden testaamiseen tarvittava vetokone on mahdollista tuoda mukana. Toisaalta mitä enemmän asiakas pystyy järjestämään tarvikkeita, sitä enemmän asiakas saa alennusta IFAM:lle maksettavasta maksusta. In-house-kurssit ovat EAB- ja EAS-tasoisia, mutta EAE-tason koulutus täytyy käydä aina Saksassa. IFAM voi pitää niitä saksaksi tai englanniksi, ja asiakas voi tarvittaessa järjestää tulkkauksen myös paikalliselle kielelle. Jos kurseja järjestetään jonkin yrityksen tiloissa, opetusta voidaan halutessa modifioida kyseisen yrityksen tarpeisiin sopivaksi. In-house-kursseilla osallistujamäärän on oltava 10-18 henkilöä, jotta sitä kannattaa järjestää ja että se sujuu hyvin. Osallistujilta peritään aina vakiohintaa riippumatta siitä, missä kurssi pidetään tai kuka sen järjestää. Osallistujamaksusta menee tietty osa ANB:lle (EAB:ssä 200-250e) ja loppuosa jaetaan sopimuksen mukaisesti prosenttiosuuksin IFAM:n ja kurssin järjestäjän kesken. IFAM voi pitää kurssin myös vakiohinnalla ja loppuosan saa kurssin järjestäjä.

Ennen jokaista uutta in-house -kurssia IFAM ilmoittaa DVS:lle aikeensa ja DVS osoittaa kohdemaan ANB:n, jos sellainen status on kohdemaan ao. organisaatiolle myönnetty. IFAM pyytää ANB:ltä luvan koulutuksen pitämiseen ja sen saatuaan voi edetä koulutuksen toteutukseen. Tässä tapauksessa ANB tavallaan ”vuokraa” IFAM:lta kurssin, ja IFAM toimii ATB:nä. Jos kohdemaalla ei ole ANB-statusta, IFAM on vapaa pitämään kurseja ja kurssitodistuksen myöntää DVS. Jos kohdemaassa on ANB, sillä on oikeus kieltää IFAM:ia pitämästä kurseja siinä maassa. Suomella ei ole ANB-statusta, joten sen suhteen ei ole säännösteitä in-house-kursseille eikä kumppanuudelle.

IFAM:lla on kumppanuusohjelma ulkopuolisille yhteistyöorganisaatioille. Kumppanuusohjelmaan kuuluu vuosittainen kumppanuustapaaminen IFAM:lla ja myös vuosittainen IFAM:n yhteyshenkilön vierailu yhteistyökumppanin luona. Yhteistyökumppaneita (partnereita) heillä on tällä hetkellä Saksassa kolme (Hamburg SLV Nord, Landshut ja Ulm) ja yksi Kiinassa (Shanghai Yifa Bonding Technology Co.). Hollannissa IFAM:lla oli myös kumppani, mutta nykyisin sopimus on purkaantunut hollantilaisen ANB:n puuttuessa koulutusyhteistyöhön. Muu yhteistyö on kuitenkin edel-

leen käynnissä heidän kanssaan. Suomesta ei kukaan ole ollut heihin yhteydessä liiماusalan koulutusten järjestämisestä, mutta muutama suomalainen osallistuja ollut heidän koulutuksessaan kiskokaluustoalan yrityksestä. Yleensä kumppanuus aloitetaan EAB-kurssin pitämällä kumppanin luona. Kumppanuudesta kirjoitetaan yhteistyösopimus, jossa on ns. exclusive partner -ehto. Se tarkoittaa, että IFAM ei tee yhteistyötä kyseisessä maassa muiden kanssa ja yhteistyökumppani sitoutuu vastavuoroisesti samaan eli ei tee yhteistyötä muiden liimateknologiakoulutusorganisaatioiden kanssa. IFAM vaatii kumppaneiltaan ehdotonta riippumattomuutta liimatoimittajista tms. Tämä on IFAM:lle erittäin tärkeä kohta, koska se itse haluaa pysyä riippumattomana.

Esimerkkinä kumppanuudesta ja kehittämisestä käy Puolan tapaus. Puolassa Instytut Spalwanictwa (IS) on ANB hitsauksen pätevyitymiskoulutuksessa ja aikoo hankkia ANB statuksen myös liimakoulutuksessa. Tällä hetkellä IFAM toimii ATB:nä Puolassa ja siten he myöntävät DVS:n alaiset tutkinnot (ANB Saksassa). Kun IS saa ANB-statuksen, IFAM tulee toimimaan edelleen ATB:nä, mutta tutkinnot myöntää IS (ANB Puolassa). Tällöin tutkinnot maksusta tilitetään IS:lle tietty prosenttiosuus. Puolassa on suunnitteilla luoda oma ATB, jolloin IFAM antaa edelleen teknistä ja opetuksellista tukea yhteistyönsä pohjalta ja IFAM veloittaa tästä tietyn prosenttiosuuden kurssimaksuista. Tämän Puola-yhteistyökuvion pohjalta on mahdollista olla yhteistyössä myös muissa maissa.

IFAM:n kumppanuus on myös kehittyvä prosessi, jonka aikana IFAM toisaalta tarjoaa tietoa ja valmiuksia laadukkaaseen toimintaan, mutta myös edellyttää kumppaniltaan laadukkuutta. IFAM:lle on tärkeää, että kaikilla partnereilla on tiedollisesti ja taidollisesti sama taso. IFAM:n täytyy olla vakuuttunut partnerin ”laadusta” ennen kuin he ”antavat leimansa” partnerin pitämälle koulutukselle. Kumppanuusohjelmassa edellytetään EAB-, EAS- tai EAE -kurssin käymistä IFAM:lla ennen koulutuksen alkamista kumppanilla. Kouluttajan on täytynyt suorittaa hyväksytysti astetta ylempi kurssi, kuin mitä itse aikoo järjestää. Lisäksi kumppanin on oltava läsnä IFAM:lla ainakin osan aikaa sillä kurssilla, jota aikoo käydä pitämään. Tämän tarkoituksena on oppia opetustapoja ja painotusaiheita ko. kurssista. Lisäksi kumppanin täytyy pitää joitain oppitunteja valvotusti ennen koko kurssin pitämistä omassa maassaan. Eli kumppanuusohjelmaan ei kannata ryhtyä ilman periaatteellista päätöstä pitkäaikaisesta sitoutumisesta kumppanuuteen ja siihen liittyvistä panostuksista. Kumppanuuden tavoitteena on se, että kumppani tulee pitämään maassaan pätevoittävää EAB- ja/tai EAS-koulutusta sekä yhteistyö liiماusteknologian alalla. Koulutustoiminta tapahtuu kuitenkin teknisesti IFAM:n alaisuudessa ja myönnetyt sertifikaatit tulevat IFAM:n toimesta. Kumppani on ikään kuin IFAM paikallinen yhteistyö- ja kouluttajataho. IFAM:lla on ohjeet työnjaosta IFAM:n ja kumppanien kesken, mikä on esitetty alla:



## Työnjako kansainvälisten partnereiden ja IFAM:n kesken:

### **IFAM:**

- kurssille osallistujien hyväksyntä
- kurssimateriaali (teoria, käytännön harjoitukset, kurssidokumentointi)
- sertifikaatit
- laatujärjestelmään liittyvä dokumentointi
- kurssien sertifiointi (ulkopuolinen auditointi, yhteistyöpartnerien auditointi).

### **Partneri:**

- kurssille osallistujien hankinta ja hyväksyntä
- rekisteröinti ja sen ylläpito
- kurssimateriaalin kääntäminen (teoria, käytännön harjoitukset)
- kurssien pitäminen (teoria, käytännön harjoitukset ja kokeet)
- kirjallisten kokeiden luonti ja pitäminen
- tutkintolautakunnan kutsuminen
- laskutus (osallistujat, tarkastaja)
- laatujärjestelmän mukainen kurssidokumentointi
- laatujärjestelmän mukainen kurssidokumentoinnin lähettäminen IFAM:lle.

Kumppanuusohjelmassa kumppanin pitäessä koulutuksia kumppanilta vaaditaan opetukselle fasiliteetit, liimaliitosteknologian tietämystä jne. Tarvittavat valmiudet käydään läpi IFAM:n kanssa ja IFAM:lla on ohjeet yhteistyökumppaneille, mutta ne eivät ole yhtä tiukat kuin ATB-statuksen hakijalle EWF:n ohjeissa asetetut vaatimukset. Kumppanuusvaatimuksissa ei edellytetä akkreditoituja laboratorioita, mutta laitteet, tilat, testauslaitteet yms. fasiliteetit pitää kuitenkin olla asianmukaisia ja kunnossa. Testauslaitteet olisi hyvä olla kalibroinnin piirissä, jotta niillä voidaan tehdä kurssilla tarvittavat kokeet ilman Saksaan lähettämistä. Kokeiden suorittaminen kalibroidulla laitteella on kuitenkin IFAM:lla vaatimus. Kumppanilla täytyy olla myös mm. kunnollinen ”liiماuslaboratorio” asianmukaisine ja työturvallisine laitteistoineen.

### 4.3 Pätevöittävän koulutuksen järjestäminen Suomessa

Suomeen on mahdollista luoda akkreditoitu koulutus, mutta sitä edellyttävät toimenpiteet vaativat huomattavia panostuksia ja resursseja. Suomessa SHY olisi luonnollinen ANB, mutta keskusteluja siitä ei ole käyty. ATB-status olisi mahdollista hankkia esimerkiksi Mikkelin Ammattikorkeakoululle, mutta se vaatisi resursseja ajallisesti, työvoimallisesti että rahallisesti.

Yhteenvertona mahdolliset vaihtoehdot sertifioidun koulutuksen järjestämiseksi Suomessa ovat:

- a) EAB ja EAS in-house-kursseina yhteistyössä IFAM:n kanssa.
- b) EAB- ja EAS-kurssit partnerina IFAM:n alaisuudessa. Tässä tapauksessa on täytettävä kumppanuusehdot sekä tietämys- ja taidollisuusvaatimukset. Vaatii selvää resurssipanostusta ja sitoutumista päämäärään. Vaatii aikaa ja näyttöjä ennen kuin voi toimia kouluttajana. Kuitenkin ”kohtuullinen” prosessi eikä tarvitse hakea ATB-statusta.
- c) Sertifioidun koulutuksen järjestäminen ATB-statuksella. Tämä on raskain prosessi ATB status hakuineen. ANB:nä voi toimia DVS tai Suomelle täytyy hakea ANB-status. Kokonaisuudessaan raskain vaihtoehto toteuttaa. Luontevin tapa tällekin vaihtoehdolle olisi yhteistyö IFAM:n kanssa.

Edellä luetellut vaihtoehdot voidaan nähdä erillisinä vaihtoehtoina, mutta käytännössä a-, b- ja c-kohtat ovat askeleita suppeammasta laajempaan ja syvällisempään tasoon pätevöittävän koulutuksen järjestämiseksi Suomessa. Helpoin, nopein ja halvin reitti olisi aloittaa pätevöittävän koulutuksen tarjonta Suomessa IFAM:n in-house-kursseina. Tämä on riskittömin vaihtoehto eikä vaadi ylivoimaisia panostuksia alussa. Samalla yhteistyö IFAM:n kanssa saisi luonnollisen alun laajennettaessa toimintaa mahdollisesti myöhemmin. Yhteistyö auttaa myös verkostoitumaan kansainvälisesti sekä koulutus- että tutkimusyhteistyön rintamalla. Jos kysyntää on riittävästi, seuraavaksi voitaisiin edetä kumppanuusohjelmaan ja sen jälkeen mahdollisesti itsenäiseen pätevöittävään koulutukseen Suomessa ATB- ja ANB-statuksineen. Joka tapauksessa in-house-kurssien aikana selviäisi lopullisen ja järkevän tason pitäminen Suomessa. Siihen vaikuttavat pätevöittävän koulutuksen kysyntä, pitävän organisaation (Mamk, Esedu) panostus ja sitoutumisaste sekä valmius ottaa taloudellisiakin riskejä. Panostukset ja taloudelliset riskit liittyvät lähinnä kohtiin b ja c, koska lopullinen tarve ja laajuus pätevöittävälle koulutukselle Suomen kokoiselle maalle on rajallinen.

IFAM:n in-house-kurssien järjestäminen on mahdollista joko Mamkin tai Esedun toimesta tai sitten yhteistyössä yhdessä Mamkin ja Esedun kanssa. In-house-kurssit voidaan järjestää Esedun tai Mamkin tiloissa, mutta Mamkin materiaalilaboratorion tutkimus- ja testilaitteistot puoltavat in-house-kurssien järjestämistä Mamkissa. Ainakin EAS-kurssit olisi luonnollista järjestää Mamkissa sen suuntautuessa suunnittelijoille ja työnjohtajille, mutta myös materiaalitekniikan testilaitteiden vuoksi. EAB-kurssien järjestäminen voisi olla mahdollista sekä Mamkissa että Esedussa. Joka tapauksessa in-house-kurssien järjestäminenkin vaatii tiettyä panostusta järjestävältä osapuolelta. Yhteistyö Mamkin ja Esedun välillä saattaisi laajentaa asiakasrajapintaa ja siten potentiaalisten kurssseille osallistujien määrää. Yhteistyöstä molemmat järjestäjätahot saisivat myös kokemusta alan opetustoimintaan liittyen sekä tietoa ja taitoa ei-pätevöittävien kurssien pitämiseen sekä kurssirakenteen että aihealueen puolesta. Opittua kurssirakennetta voisi myös hyödyntää muillakin aihealueilla, jos tietoa ja kokemusta on olemassa ko. asiasta tarpeeksi. Mahdollisia aihealueita voisi olla Mamkissa esimerkiksi komposiittityöt ja Esedulla esimerkiksi pintakäsittelyt. Pätevöittävän koulutuksen lisäksi on mahdollista järjestää lyhyempiä liimausalan seminaareja yhteistyössä IFAM:n kanssa. IFAM:lta voisi tulla kouluttaja pitämään kurssia ja voidaan sopia, onko osallistujamäärä rajoitettu vain avoin. Kurssin hinta ja kustannusten jakaantuminen ovat neuvoteltavissa.

## 5. Olemassa olevan koulutuksen kartoitus

Olemassa olevan koulutusta toteutettiin kyselyinä oppilaitoksiin ja kurssien ao. henkilöille. Esedu toteutti kartoituksen AMK-tasolla ja Mamk yliopistolla sekä muissa organisaatioissa. Kartoitusta tehtiin myös netin kautta. Kartoitus vahvisti jo olemassa olevaa käsitystä, että Suomessa ei ole tarjolla mittavaa liimausteknologian ja -tekniikan koulutusta liittyen metalli-, muovi- ja lujitemuovimateriaalien liimaukseen. Puutekniseen liimaukseen on olemassa koulutusta, mutta puutekniikan opetuksen supistuessa senkin tarjonta on vähentynyt.

### 5.1 Annettava koulutus ammattikorkeakouluissa

Liimaukseen liittyvää koulutusta tarjoaa Suomessa Lahden AMK yhdellä 3 op:n kurssilla ja Metropolia AMK myös yhdellä 3 op:n kurssilla. Huomioitava on, että olemassa oleva tarjonta keskittyy ainoastaan puutuotteiden liimaukseen. Muiden materiaalien liimausta ei käsitellä.

Kyselyn kohteeksi valittiin 18 ammattikorkeakoulua, joissa olisi mahdollisesti voinut olla liimausteknistä koulutusta. Kyselyissä saatiin vastaus 8 oppilaitoksesta, joista kuudessa ei ole ollenkaan liimausteknistä koulutusta. Lahden AMK:ssa annetaan koulutusta liittyen puun liimaamiseen ja Metropolia AMK:ssa annetaan koulutusta liimauskemian kurssilla (3 op.). Lisäksi Kymen AMK:ssa järjestetään täydennyskoulutuksena vanerinvalmistukseen liittyvää liimausteknistä koulutusta.

Ammattikorkeakouluista kyselyn kohteina olivat:

- Arcada - Nylands svenska yrkeshögskola
- Centria ammattikorkeakoulu
- Hämeen ammattikorkeakoulu
- Jyväskylän ammattikorkeakoulu
- Kajaanin ammattikorkeakoulu
- Karelia-ammattikorkeakoulu
- Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu
- Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

- Lahden ammattikorkeakoulu
- Laurea-ammattikorkeakoulu
- Metropolia Ammattikorkeakoulu
- Mikkelin ammattikorkeakoulu
- Oulun seudun ammattikorkeakoulu
- Rovaniemen ammattikorkeakoulu
- Saimaan ammattikorkeakoulu
- Satakunnan ammattikorkeakoulu
- Savonia-ammattikorkeakoulu
- Seinäjoen ammattikorkeakoulu
- Tampereen ammattikorkeakoulu
- Turun ammattikorkeakoulu
- Vaasan ammattikorkeakoulu
- Yrkeshögskolan Novia

## 5.2 Annettava koulutus yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa

Yliopistotasolla on olemassa syvällistä tutkimustoimintaa liimaustekniikan alalla Aalto-yliopistossa sovelletun mekaniikan laitoksella ja Tampereen teknillisessä yliopistossa materiaaliopin laitoksella. Myös puuteknisillä laitoksilla on laajaa tutkimustoimintaa. Tutkimustoiminnasta huolimatta yliopistojen opetuspuolella ei kuitenkaan ole tarjolla syvällisempiä liimaustekniikan opintoja, paitsi puuteknisissä opinnoissa. Puutekniikassa liimaukseen liittyvää opetusta on Aalto-yliopistossa sekä Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa. Oulun yliopiston kemian laitoksella on polymeeri- ja liimausalaan liittyvää tutkimus- ja opetustoimintaa, mutta se lähestyy alaa kemialliselta puolelta.

Aalto-yliopistossa on pidetty viime vuosiin asti ”Puun liimaus” -opintojaksoa, mutta 2013 Aalto-yliopistossa oli opintojaksouudistus. Tällöin korvaaviksi kurseiksi oli nimetty: Natural Fibre Material Science (7 op.) Wood Products: Manufacturing Processes (6 op.). Aalto yliopistossa soveltavan mekaniikan -laitoksella kevytrakennetekniikan osastolla kevytrakennetekniikka –kurssissa sivutaan liimaustekniikkaa, mutta varsinaista opetusta ei aiheesta ole. [41, 42]

Tampereen teknillisessä yliopiston opetustarjonnassa on ”Metallien liittämismenetelmät” -kurssi. Kurssilla käydään läpi metallien liittämistä myös liimamalla. Kurssin liimaliitoksiin liittyvä osio pitää sisällään 6 h teorialuentoja ja 2 käytännönharjoitusta laboratoriossa (yht. 4 h mekaanista testausta), joista opiskelijat pitävät oppimispäiväkirjaa. Liimaliitostekniikkaa käsitellään pin-

nallisesti jonkin verran myös eri opintojaksoilla. Opetettavat asiat liittyvät muun muassa metallien liittämismenetelmiin, hybridipuolen tekniikoihin (esim. metalli-polymeeri) sekä lisäksi komposiittitekniikassa sivutaan adheesio-ominaisuuksia. Tutkimusta asian parissa tehdään paljon, vaikkei laajamittaista koulutusta tällä hetkellä järjestetäkään. TTY:ssa opetetaan myös komposiitti- ja erilaisia pinnoitustekniikoita. Aiemmin TTY on tehnyt yhteistyötä Hämeen ammattikorkeakoulun kanssa, ja HAMK:ssa on järjestetty levytekniikkaan liittyviä opintojaksoja. Tällä hetkellä näitä opintojaksoja ei kuitenkaan järjestetä.

Oulun Yliopistossa luennoidaan ”Liimakemia” -kurssia (3 op.). Kurssia luennoin professori Osmo Hormi, orgaaninen materiaalikemia. Kurssi jakautuu kahteen osaan, joista ensimmäisessä keskitytään teoreettisesti liimaliitoksen lujuuteen, siihen vaikuttaviin tekijöihin ja testimenetelmiin. Toisessa osassa keskitytään liimapolymeereihin kemiallisesta näkökulmasta. Toisessa osassa on myös käytännön kemian harjoituksia, kuten esimerkiksi dispersion valmistusta. [43, 44]

Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla on ”Metsäteollisuus 2” -kurssi (5 op.), jossa käsitellään kurssin osana puuteollisuuden liimausteknisiä aiheita sekä teoriassa että laboratoriotyöskentelynä. Puun liimauksen opetus oli aikaisemmin omana kurssina, mutta tällä hetkellä se on osana laajempaa kurssia.

Tutkimuslaitoksilla tai muilla organisaatioilla ei ole varsinaista liimaustekniikkaan liittyvää opetusta. VTT:llä on olemassa laajaa liimapuun ja puutuotteiden tutkimus- ja palveluliiketoimintaa. VTT:llä on myös asiantuntija- ja testauspalveluina liimattuja rakenteita (rakenneliimaus) koskevaa palvelutoimintaa. Koulutusta aiheesta ei kuitenkaan ole tarjolla. Ammattienedistämislaitossäätiö AEL on vuonna 2013 järjestänyt päivän kestävä autonkorien korjaukseen liittyvää liimaliituskoulutusta autokorimekaanikoille. Koulutus on keskittynyt eri automerkkeihin, sillä eri autonvalmistajilla on omat tekniikkansa. Koulutus on järjestetty nimikkeen ”Niittaus- ja liimausmenetelmät” alla, ja se on sisältänyt teoriaa ja merkkikohtaisia käytännön harjoituksia. Tuulilasien liimauskoulutusta AEL tarjoaa jatkuvasti. AEL:n Kunnossapito 1 -kursilla käsitellään myös liimojen ja lukitteiden käyttöä. Molemmat AEL:n kurssit ovat täydennyskoulutuksia tietyn kohderyhmän teollisuuden ammattilaisille, joissa käsitellään liimaustekniikkaa lyhyesti. Syvälliseen liimausteknologoiden käyttöön tai liimaliitosten suunnitteluun kursseissa ei mennä. [45] Inspecta tekee koulutusyhteistyötä AEL:n kanssa ja omaa koulutusta asiaan liittyen ei ole.

### 5.3 Ulkomailla ja verkossa olevaa koulutus- tarjontaa

Kansainvälisesti järjestetään paljon liimausalan seminaareja ja konferensseja. Myös auditoimatonta koulutusta on tarjolla sekä verkkokursseja. Tarjonta on niin laajaa, että sitä ei ole tarkoituksenmukaista esitellä tässä raportissa. Alla on esitetty muutama esimerkki näihin liittyen, mutta toimijoita ja järjestöjä on lukuisia.

IFAM Fraunhoferin ja TC Klebenin lisäksi SKZ tarjoaa komposiitti- ja liimausalan koulutusta. SKZ on muovialan kehitys-, testaus- ja koulutustoimintoihin keskittynyt keskus, joka järjestää myös liimaustekniikkaan liittyviä koulutuksia. SKZ järjestää seuraavia liimausalaan liittyviä kursseja:

- a) Adhesive bonder according to DVS 2291: kahden päivän kurssi muoviputkien valmistuksesta ja muovien liimaamisesta
- b) European Adhesive Bonder (EAB)
- c) Innovative adhesive bonding technologies: kahden päivän yleisluonteinen kurssi liimausteknologioista sekä katsaus nykypäivän tilanteeseen
- d) Plastics laminators and adhesive bonders according to DVS 2290: kymmenen päivän kurssi lujitemuovialaan ja nykypäivän tilanteeseen
- e) Adhesive bonding of CFRP: kolmen päivän kurssi hiilikuitulujitemuovin liimaukseen liittyen.

TWI Training & Examination Services Iso-Britaniasta on maailmanlaajuinen koulutusorganisaatio. Se järjestää monipuolista koulutusta hitsaukseen, materiaaleihin ja liittämiseen liittyen. TWI:n kurssitarjonnassa on myös liimaukseen liittyvä teoreettinen, käytännön läheinen ja näiden yhdistelmäkurssi.

ASC (The Adhesive and Sealant Council, USA) tarjoaa lyhytkurssimateriaaleja ja webinar-kursseja itseopiskeluun. The Adhesion Society -järjestö pitää kaksipäiväisiä lyhytkursseja kerran vuodessa vuositapaamisten yhteydessä. Siellä puhujina ovat maailman liimausalan huippututkijoita.

## 6. Vierailut liimausteknologiaa käyttävissä yrityksissä

Yrittävierailujen tarkoituksena oli saada käsitys liimausteknologioiden soveltamisesta tuotteisiin käytännössä. Tärkeänä osana vierailuja oli saada käsitys liimaliitoksien laadunhallinnasta valmistusprosessin aikana. Vierailuja toteutettiin Paroc Panel System Oy:lle Paraisille sekä Valmet Automotive Uusikaupunkiin.



KUVA 8. Paroc Panel System Oy, Paraisilla ja Valmet Automotivella Uudessakaupungissa. (Kuva T. Karttunen)

### 6.1 Paroc Panel System Oy Ab

Paroc Panel System valmistaa erilaisia levy-kivivilla-rakenteisia rakennuselementtejä ja on valmistanut niitä vuodesta 1986 lähtien. Elementtejä käytetään hallien ja kiinteistöjen ulko- ja väliseinärakenteissa sekä alasasketuissa kattorakenteissa. Seinäelementit ovat sandwich-rakenteita, jotka koostuvat teräspeltipinnoista, joiden sisällä on tilanteesta riippuen eripaksuinen kivillaydin. Elementit ovat materiaaleista johtuen paloturvallisia. Paloturvallisuuteen vaikuttaa myös teräspellin ja villan liimattu rakenne, jolloin palon sattuessa palon puoleinen pelti lämmitessään laajenee nopeasti. Niin kauan kuin elementti toimii sandwich-rakenteena, se taipuu voimakkaasti palotilaa kohti. Palon puoleisen pinnan liima palaa muutaman minuutin jälkeen pois ja jäl-



jelle jäänyt villa-pelti ei enää toimi sandwich- vaan verhorakenteena. Näin elementin taipumat palautuvat ja palonkesto kasvaa huomattavasti. Uutena tuotteena markkinoille on äskettäin lanseerattu korjausrakentamiseen tarkoitettu vaneri-villa-rakenteinen rakennuselementti.

Paroc Panel System:in internetsivuilla yritys kertoo tuotteestaan mm. seuraavasti: ”Sandwichelementin pitkäaikaiskestävyys tarkoittaa sen pitkäaikaista kykyä olla kuormitusta vastaanottavana rakennuskomponenttina. Ulkoseiniin asennettavien tuotteiden täytyy säilyttää lujuutensa, eristyskykynsä ja vedenkestävyytensä koko rakennuksen odotetun elinajan. Teollisuusrakennuksille 25 vuoden elinikä on usein riittävä. Muissa rakennuksissa se voi olla 50 vuotta tai jopa enemmän. PAROC-elementin pintalevyjen sisäpinnan pohjamaali- ja pinnoitekerrokset estävät korroosiota elementin sisällä ja varmistavat liiman ja teräsohutellevyn välisen sidoksen. Ulkokäyttöön tarkoitettujen elementtien ulkopinnan vakiopinnoite on PVDF. Sen ansiosta elementtipinnan väri ja kiilto säilyvät mahdollisimman pitkään. PAROC-elementeissä käytetty liima täyttää tiukat pitkäaikaiskestävyyttä koskevat vaatimukset kaikissa ympäristöoloissa koko rakennuksen elinajan. PAROC structural -kivivilla käsittelään vettä hylkiväksi, ei-hygroskooppiseksi ja ei-kapillaariseksi, joten vesi ei pääse imeytymään villaan. Kosteus ei myöskään vaikuta ytimen ja liimasidoksen pysyvyyteen.” [37]

Elementtien tyypillinen toimitusaika tilauksesta on joitakin viikkoja. Elementit tehdään vain tilauksesta määrämittäisinä, jolloin jokaisella elementillä on oma piirustusten mukainen paikkansa. Vakiomittaisia ”standardielementtejä” ei valmisteta eli niitä ei tehdä varastoon. Peltinä voidaan käyttää erilaisia laatuja (esim. pinnoitettu tai ruostumaton). Pinnoitetussa pellissä on sinkitys ja muita pinnoitteita. Pellin pintaan on myös mahdollista tilata ”printattuja” mainoksia, kuvia tai koristeita. Nämä dekoratiiviset pinnat voidaan tarvittaessa vaihtaa jälkikäteen. Kivivillat Paroc tekee itse saman tehtaan alueella ja niitä voidaan käyttää eri käyttötarkoituksiin optimoituina. Villat sahataan määrämittaan lamelleiksi.

Paroc on kehittänyt liimausprosessinsa itse yhteistyössä toimittajien kanssa. Pellit toimitetaan tehtaalte keloina, joissa on monta eri pinnoitetta sinkityksestä alkaen. Elementtien tekniset ominaisuudet on myös testattu ja hyväksytty EPAQ-määräysten mukaisesti (European Quality Assurance Association for Panels and Profiles). Näin varmistutaan koko ajan liimaliitoksen valmistusolosuhteiden vaikutuksista liimaliitoksen toimivuuteen ja samalla tuotannon laatuun. Dokumentoimalla tuotantolinjatestien tulokset ja valmistuksenaikaiset parametrit saadaan luotua historialoki ja siitä saadaan selville valmistuksen olosuhteet ja liimaliitoksiin vaikuttavat parametrit mahdollisen vikatilanteen sattuessa. Valmiille elementeille tehdään valmistuksen jälkeinen laadunvarmistustarkastus. Siinä elementtien dimensiot, pintapeltien paikoitukset sekä visuaalinen ilme tarkastetaan.

## 6.2 Valmet Automotive

Valmet Automotive valmistaa tällä hetkellä Daimlerille Mercedes-Benz A-sarjan henkilöautoja. MB:n A-sarjan kokoonpano alkoi esisarjojen valmistuksena huhtikuussa 2013 ja varsinaisina tuotantosarjojen valmistus aloitettiin elokuussa 2013. Uudenkaupungin autotehdas on ainoa Daimlerin sopimusvalmistaja maailmassa. Tehdas keskittyy lähinnä autojen kokoonpanoon ja melkein kaikki osat ja komponentit tulevat Saksasta. Liimaliitosten merkitys nykyaikaisessa autojen valmistuksessa on kasvanut. Liimaliitoksilla yhdessä pistehitsien kanssa saadaan liitoksista lujia ja jäykkiä sekä korkealle automaattisoitavia liitöntäprosesseja. Autoteollisuudessa liimaliitokset pistehitsien kanssa mahdollistavat myös ohutlevyjen liittämisen toisiinsa väsytykskestävästi. Hitsien tehtävä on tietysti lujittaa liitoksia, mutta myös pitää kori kasassa ennen kuin se menee uuniin, jossa liimat kovetetaan.

Valmet Automotive:lla käytetään eri liimoja autokorien kokoonpanossa ja sen lisäksi lasit liimataan eri liimoilla. Osa autoteollisuudessa käytetyistä liimoista on kehitetty sietämään myös suojaöljyjä. Suojaöljyty pinta tarjoaa tavallaan myös vakioidun liitospinnan, kun suojaöljyä on levitetty sallitun määrän rajoissa. Näin on mahdollista kuljettaa osia pitkiäkin matkoja ilman laatuvariaatioita. Paikallisessa osavalmistuksessa saattaa syntyä myös enemmän riskejä, jos liimauspintojen laatu vaihtelee. Puhdistukset ja esikäsittelyt toisivat myös lisää kustannuksia sekä tekisivät korikokoonpanoon ja liitoksien laaduntarkkailuun lisää vaiheita ja vaikeusastetta. Koreissa käytetyillä liimoilla on myös pitkä avoaika, mutta aplikoituja liimoja ei kuitenkaan pidetä turhan pitkää aikaa avoinna.

Tehtaan työntekijät koulutetaan kokoonpanolinjan tehtäviin sisäisellä koulutuksella sekä heille annetaan turvallisuuskoulutusta. Kokoonpanosoluissa on omat työohjeet ja suojaohjeet sekä niissä kuvat eri työvaiheista. Kaikki käytetyt liimat ovat sellaisia, että niiden käyttö ei vaadi hengityssuojaimia, mutta muita tarvittavia suojaimia, kuten suojakäsineitä, yms. tulee käyttää. Automatisoidussa liiman aplikoinnissa robotit levittävät liiman halutuille liitospinnoille ja liimapalkojen paikoitusta seurataan mm. konenäön avulla. Vikatilanteen sattuessa robotti tarjoaa levitettyjä liimapalkoja tarkistettavaksi. Robotti tarjoaa myös tietyin väliajoin aplikoituja kappaleita tarkistukseen laadunvalvonnallisista syistä. Korien kokoonpanolinjalla korkeasta automaatioasteesta johtuen liimausprosesseja voidaan monitoroida ja kontrolloida liimasauma- ja kokoonpanosolukohtaisesti. Tuotantolinjoilla jokaisen linjan päässä on laadunvarmistuspiste sekä korjaamopiste. Laadunvarmistuspisteessä tarkistetaan korien dimensioita, asemointeja sekä liimasaumoja. Virheen tullessa asianmukaiset korjaustoimenpiteet tehdään korjaamopisteessä ennen korian siirtymistä eteenpäin. Korien laadunvalvonnassa tuotantolinjan lukuisten laadunvalvontapisteiden ja tarkastuksien lisäksi määräajoin puretaan linjalta

valmistunut kori. Tällöin kaikki liitokset revitään ja tutkitaan laatupoikkeamien varalta. Samoin tehdään korien osakokoonpanoille.

Lasiin liimaus koriin tapahtuu puoliautomaattisesti. Työntekijä aplikoi aktivaattorin ja primerin lasiin, minkä jälkeen robotti hoitaa liiman aplikoinnin ja lasin asentamisen. Tuulilasin liimaus on hyvin valvottu ja hallittu liimaustapahtuma. Liimaukseen vaikuttavat parametrit (esim. lämmitetyn liiman lämpötila, määrä, yms.) tallentuu sähköisiin järjestelmiin ja lasit on koodattu viivakoodilla. Lasinliimauksen vaatimukset tulevat Daimlerilta ja liimanvalmistajalta. Lasinliimaustoiminnasta on tehty PFMEA-analyysi (Process Failure Mode Effects Analysis) sekä Control Plan (laadunvarmistussuunnitelma), joissa on suoritettu riskiarviointi korjaustoimenpiteineen sekä määrittely mm. mittaukset ja testit dokumentointineen. Kaikki tuulilasin liimaukseen liittyvät parametrit ovat siis jäljitettävissä autokohtaisesti jälkikäteen. Tuulilasi on kolariturvallisuusosa, joten sille on olemassa lakivaateita. Näin ollen sen asennus on dokumentoitava. Samankaltainen tuotantoprosessiin liittyvä laadunvarmistusjärjestelmä on käytössä yleisemminkin, missä autojen osat koodattuja ja valmistuksen aikaiset tapahtumat ja korjaukset on kirjattu komponentti ja autokohtaisesti tuotannonseurantajärjestelmiin.

Lasiin liimauksessa tuotannon aikana valvotaan liimauksia laboratoriotestein, mutta myös rikkovien testien. Tämän lisäksi seurataan robottien liimanlevitystä määrääjain ns. referenssilasitesteillä. Laboratoriotestit ovat nykyisin vakiintuneet vakiolaadunvarmistustesteiksi, jotka on määritetty Daimlerin sekä liimatoimittajan puolelta. Määrääjain tehdään mm. bead adhesion -testi, jossa tutkitaan liiman tartuntaa sekä lasi- että korimateriaaleille pintakäsittelyineen. Liimapalat altistetaan standardin mukaisesti tietyllä viikkoja kestävällä olosuhdesykliä, minkä jälkeen tutkitaan liiman tartunta ko. materiaaleihin. Laboratoriossa tutkitaan myös pintamaalien mekaanista ja sääkestävyyttä. Rikkovissa testeissä liimattu lasi irrotetaan autosta ja tutkitaan liiman leviämistä sekä mahdollisia liiman tartunnan epäkohtia. Rikkovista testeistä raportoidaan ja laatuvarmisteluja seurataan aktiivisesti.

Tuotantolinjalta valmistuneet autot käyvät valmistuttuaan läpi moniportaisen ja mittavan laadunvarmistustarkastuksen. Tuotantolinjan kolmen laadunvarmistuspisteen lisäksi kaikille autoille tehdään visuaalinen tarkastus, jossa tarkistetaan osien sovituksia. Sen jälkeen autot ajetaan vesitestin läpi sekä, jossa todetaan auton tiiveys, jonka jälkeen autoille tehdään lopulliset rengassäädöt sekä koeajetaan rullilla. Maalipinnan tarkistuksen jälkeen jokainen auto koeajetaan lyhyellä testiradalla, minkä jälkeen tehdään vielä luovutustarkastus. Edellä luetellut kohdat suoritetaan kaikille autoille, mutta osalle autoista tehdään syvällisempiä tarkistuksia. Niitä voidaan ajaa pitemmällä testiradalla, testata korkeapainevestestissä ja suorittaa ns. katsastustarkastus.

### 6.3 Yhteenveto yritysvierailuista

Yritysvierailujen tarkoitus oli tutustua sellaisiin tuotantoihin, joissa on hyvä liimauksen laadunvalvonta. Kummassakin yrityksessä liimauksen laadunvalvonta oli pitkälle vietyä ja vuosien mittaan kehitettyä toimintaa. Molemmissa tapauksissa liimantoimittajalla on ollut merkittävä osa sekä liiman valinnoissa että laadunvalvonnan kehittämisessä. Kuitenkaan ilman yrityksen omaa panostusta laadunvalvontaan laadukasta toimintaa ei luonnollisesti synny. Uudenkaupungin autotehtaalla tekninen tuki nojaa tietysti pitkälle Daimleriin, mutta liimausprosessien kehitystyö ja laadunvalvonta on yhtäläillä kehitetty yhteistyössä siellä liimantoimittajien kanssa.

Pääpiirteittäin laadunvalvontaprosessi voidaan jakaa tuotannonaikaiseen liimausprosessin ja siihen vaikuttavien parametrien monitorointiin, tuotantolinjalla tapahtuviin laadunvarmistustesteihin ja tarkistuksiin, laboratorioissa tehtäviin laadunvarmistustesteihin sekä täyden mittakaavan tuotteiden rikkoiviin testeihin. Lisäksi liimantoimittaja tekee omat testinsä liimalle ja toimittaa siitä dokumentoinnin asiakkaalle. Kaikista vaiheista tapahtuu dokumentointi, jonka kautta yksittäiset tuotteet ovat jälkikäteen jäljitettävissä. Molemmissa yritystapauksissa olosuhdetestaus on käytössä aktiivisesti ja ne sisältyvät laboratorioissa tehtyihin testeihin laatujärjestelmän mukaisesti.

# 7. Koulutuksen suunnittelu

## 7.1 Edellytyksiä ja huomioitavia seikkoja koulutuksen järjestämiselle

Koulutusta pitävällä henkilöstöllä täytyy luonnollisesti olla riittävä pohjakoulutus sekä tietämystä liimausteknologiaan liittyvistä asioista. Pätevyitymiskoulutuksesta on kerrottu enemmän jo aiemmin, mutta lyhyenä yhteenvetona pätevoittävästä koulutuksesta voidaan mainita in-house-kurssit, partneri-pohjainen pätevyitymiskoulutus ja täysin itsenäinen akretitoitu koulutus. Edellä luetellut pätevyitymiskoulutuksen vaihtoehdot ovat ”helppousjärjestyksessä” eli in-house-kurssien järjestäminen IFAM:n kanssa on ehdottomasti helpoin ja vähiten resursseja vievä vaihtoehto. Akretitoidun koulutuksen järjestäminen itsenäisesti sitoo taas eniten resursseja ja aikaa, eikä se ole realistinen vaihtoehto ilman merkittävää tietotaidon hankkimista ja panostusta asiaan. Luonnollisin tapa olisikin edetä yhteistyössä IFAM:n kanssa alkaen in-house-kurseista edeten siitä eteenpäin kumppanuusohjelmaan, jos tarve vaatii. Kumppanuusohjelmassa vaaditaan, että partneri on käynyt astetta ylempään koulutuksen, kuin mitä aikoo pitää omassa maassaan. Mahdollisen kumppanuusohjelman edetessä kirjallisuushankinnat voivat tulla ajankohtaisiksi. Pidettäessä mahdollisia pätevyitymiskoulutuksia IFAM:n ATB:n alla tai varsinkin omalla ATB-statuksella tarvitaan liimaustekninen käsikirjasto kirjallisuuden, tietokantojen, standardien, ohjeiden ja koekappaleiden puolesta. Näin ollen myös liimaustekniseen käsikirjastoon tarvitsee tehdä kirjallisuushankintoja.

Yleensäkin järjestettäessä liimausalan koulutusta oppilaitoksessa opintokursseina tai ulospäin suuntautuvana kurssina, koulutuksen fasiliteettien on oltava kunnossa. Luokkatilaa ja opetusvälineistöä oppilaitoksista on itsestäänselvyystenä teoriaopetusta varten, mutta käytännön opetus vaatii liimaus- ja testauslaboratoriot tai tilat niille. Oppilaitoskurssia järjestettäessä opintomateriaali täytyy jakaa joko kurssin yhteydessä ja/tai pitää olla riittävästi oppikirjallisuutena käypää liimaustekniikkaa käsitteleviä kirjoja. Tieteelliset tietokannat sisältävät laajasti julkaistuja tutkimuksia alaan liittyen ja Mamkissa on käytössä erittäin kattava ScienceDirect -tietokanta, joka sisältää useita alan tieteellisiä julkaisuja. Muita mahdollisia tietokantoja ovat esimerkiksi SpringerLink ja Taylor&Francis Online. Myös ei-pätevoittävän liimausalan koulutuksen järjestäminen oppilaitoksen ulkopuolisille toimijoille olisi hyvä aloittaa siten, että koulutuksen pitäjä(t) käyvät pätevoittävän koulutuksen ensin itse esimer-

kiksi IFAM:lla ja aloittavat sen jälkeen itsenäisesti pitämään alan koulutusta lyhytkursseina ja seminaareina Suomessa. Koulutuksen pitäjillä olisi hyvä olla EAE- tai EAS-tason koulutus, niin se antaisi vankan tiedollisen ja taidollisen pohjan lisäksi myös enemmän uskottavuutta. Mamkissa koulutuksen aloittamisen perustana on ollut liimaustekniikkaan liittyvä tutkimustoiminta, jonka jatkaminen myös ylläpitää tietotaidollisia edellytyksiä. Syksyllä 2014 Mamkin TKI -henkilöstöstä on tarkoitus myös osallistua IFAM Fraunhofer -instituutin European Adhesive Engineer (EAE) -päätevytymiskoulutukseen. Tutkimustoiminta ja pätevytyminen antavat hyvän pohjan laadukkaaseen koulutuksen kehittämiseen Etelä-Savossa.

Mamkissa on ollut pitkään materiaalitekniikan koulutusohjelma ja tehty noin viisi vuotta tutkimusta liimaliitoksissa. Liimaliitostutkimusta ennen aina tähän päivään saakka on ollut komposiitti- ja muun materiaalialan tutkimusta sekä palveluliiketoimintaa. Näin ollen Mamkin materiaalitekniikan laboratoriossa on hyvä materiaalitekniikan tutkimuksen laitekanta valmiina ja liimaustekniikan tutkimustoiminnan myötä laitekanta on täydentynyt niin, että liimauslaboratorio on mahdollista rakentaa pitkälti jo olemassa olevilla laitteistolla, mutta lisäparannuksia ja laitehankintoja silti tarvitaan. Parhailaan Mamkissa on meneillään komposiittilaboratorion uudelleenjärjestely, jossa on mahdollista järjestellä tila myös liimauslaboratoriotoiminnalle. Liimauslaboratorio on suunniteltu mm. liimausteknistä opetusta silmälläpitäen. Laajennettaessa tutkimustoiminnan rinnalle opetustoimintaa, joitain laitteistoja ja tarvikkeita tarvitaan useita kappaleita. Liimauslaboratorion kaaviokuvassa on esitetty kahdeksanpaikkainen työasemasaarroke, joka mahdollistaa usean opiskelijan yhtäaikaista osallistumista laboratorioharjoituksiin. Luonnollisesti tarvikkeita, kuten liimausjigejä yms., tarvitaan vastaava määrä.

Liimauslaboratorion laitteistoihin ja tarvikkeisiin mm. kuuluu:

- Pöytäasemia, joissa on kohdepoistot, sähköt ja paineilmaliihtäntä. Lisäksi säilytystilaa perustarvikkeita ja perustyökaluja varten.
- hiekkapuhalluskaappi esikäsitteilyä varten, paineilmaliihtäntä
- vetokaappi liimojen käsittelyä sekä liuotinpuhdistuksia varten
- ohjelmoitava uuni kovetuksia varten
- säädettävä kylmäkaappi viileässä säilytettäviä liimoja varten
- vakuuuni liimojen ja hartsien vakuumointia (ilmanpoistoa) varten
- olosuhdekaappi altistuksia varten
- vesipiste vedenottoa ja huuhteluja varten
- työkalu- ja tarvikkeita vaarattomille tarvikkeille
- jätteenhoito vaarattomalle sekajätteelle sekä ympäristölle vaaralliselle jätteelle (kovettumattomat liimat ja puhdistusvälineet)
- ilmanpoistolliset kemikaalikaapit liimoille, hartseille, kovettajille, liuottimille, yms.
- henkilösuojusvälineet: työtakit, hengityssuojaimet, suojakäsineet,...
- liimausten apuvälineet ja liimausjigit.

Liimauslaboratorion lisäksi liimausteknisessä koulutuksessa tarvitaan testauslaitteistoa. Vähimmäisvaatimuksena on aineenkoetuskone, jolla voidaan tehdä vetotestejä esim. lap-shear-koekappaleille. Pätevyitysmiskoulutuksessa aineenkoetuskoneen antureiden pitää olla kalibroituja. Mamkin materiaali-tekniikan laboratorioissa on useita vetokoneita, joita on mahdollista käyttää liimaliitoskoekappaleiden testeissä. Lisäksi liiman materiaaliominaisuuksien tutkimiseen on käytettävissä DMA ja DSC. Olosuhdealtistukseen on käytettävissä olosuhdekaappi sekä lämpökaappeja ja korroosiotestaukseen/altistukseen puolestaan suolasumukaappi. Murtopintojen jälkianalysointiin on käytettävissä optinen mikroskooppi ja SEM.

Kemikaalien säilytykselle on olemassa TUKES:n ohjeet, joissa määritellään mm. erillään säilytettävät kemikaalit. Kemikaalilainsäädännössä ei sinällään ole tarkkoja ohjeita kemikaalien varastoimisesta tutkimus- ja laadunvalvontalaboratorioissa, mutta alla on lueteltu Tukes:n ohjeesta pääkohtia liittyen kemikaalien varastointiin laboratorioissa [46]:

- palavia nesteitä ja kaasuja ei saa varastoida samassa tilassa syövyttävien ja hapettavien kemikaalien kanssa
- erittäin myrkylliset ja myrkylliset kemikaalit pitää varastoida erikseen, tarvittaessa lukitussa tilassa
- kaasupullot suositellaan sijoitettavaksi rakennuksen ulkopuolella olevaan kaasukeskukseen, josta kaasu johdetaan putkistolla laboratorioon
- vaaralliseksi luokiteltujen kaasujen lisäksi on työturvallisuudessa huomioitava myös tukahduttavat kaasut kuten typpi ja hiilidioksidi
- suurempi määrä palavaa nestettä on varastoitava paloteknisesti osastoidussa kaapissa
- keskenään voimakkaasti reagoivat kemikaalit pitää varastoida eri kaapeissa
- kemikaaliastioiden rikkoutumisen varalta kaapissa tulisi olla valumallas
- kaappien ovissa on oltava kemikaalien vaaraominaisuuksia kuvaavat merkinnät
- mikäli laboratorioissa varastoidaan aerosoleja ja kaasupulloja, pitää laboratorion ovesa olla sitä koskeva merkintä onnettomuustilanteiden varalta
- varastoitavista ja säilytettävistä kemikaaleista on oltava voimassa olevat käyttöturvallisuustiedotteet saatavilla
- astioissa pitää olla merkinnät, joista ilmenee sisältö ja sen vaarallisuus
- laboratorion kemikaaliluettelo ja määrät on hyvä olla nähtävillä sekä mainittuna pelastussuunnitelmassa ja kohdekortissa
- sellaiset kemikaaliastiat, joita ei käytetä jatkuvasti laboratorioissa, on varastoitava kaapissa
- varastosta on poistettava säännöllisesti kemikaaliastiat, joita ei enää käytetä laboratorioissa.

- kemikaalien varastoinnista laboratorioissa tulee tehdä vaaran arviointi käyttäen apuna esim. reaktiomatriisia
- palavien nesteiden ja kaasujen osalta on huomioitava Atex-vaatimukset
- nestekaasun käyttölaitetta ei pidetä räjähdysvaarallisena tilana.

## 7.2 Koulutusosioiden yhdistäminen

Liimausteknologian koulutusta voidaan pitää monessa eri tarkoituksessa eri kohderyhmille. Kohderyhmiä on pääasiassa kaksi tai kolme riippuen katsontakannasta. Ensimmäisen ryhmän muodostavat päätoimiset materiaalitekniikan opiskelijat. Toisen ryhmän muodostavat teollisuuden ammattilaiset ja kolmannessa ryhmässä ovat muut, kuten esimerkiksi avoimen AMK:n opiskelijat sekä muut asiasta kiinnostuneet. Kuvassa 9 on kaaviokuva, jossa on esitetty liimakoulutuksen eri vaihtoehdot kohderyhmineen.

<b>Pätevyitysmiskoulutus</b>	<b>Maksullinen koulutus</b>	<b>Opintosuunnitelman kurssit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- In-house pätevyitysmiskoulutus (EAS / EAB)</li> <li>- Partneri -pohjainen pätevyitysmiskoulutus</li> <li>- Itsenäisesti akreditoitu koulutus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avoin AMK intensiivikurssit</li> <li>- Teollisuudelle suunnatut kurssit               <ul style="list-style-type: none"> <li>o vakimuotoiset peruskurssit</li> <li>o räätälöidyt erikoiskurssit</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liimausteknologian koulutus omana moduulina OP:ssa</li> <li>- Liimaustekniikan kurssi yksittäisenä kurssina</li> <li>- Liimaustekniikkaa osana suurempaa kurssia</li> </ul>

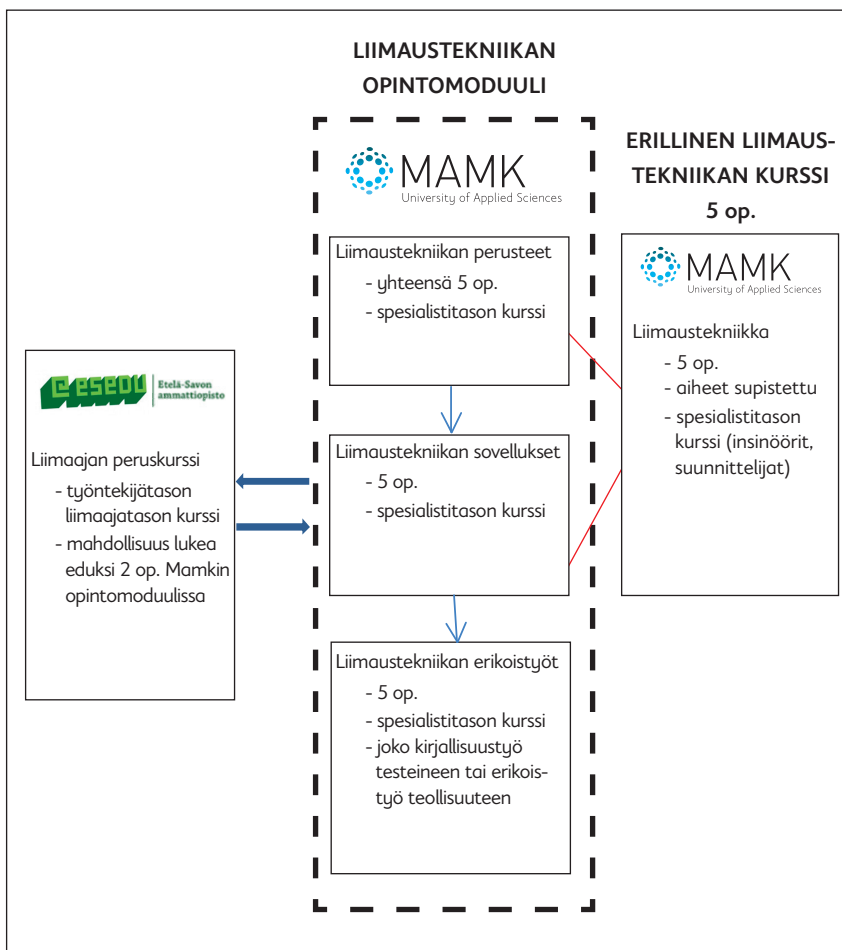
KUVA 9. Kaavio liimausteknisen koulutuksen vaihtoehdoista

Pätevyitysmiskoulutusta ja sen järjestämistä Suomessa on käsitelty luvuissa 2 ja 4.3.

Päätoimisten opiskelijoiden opintosuunnitelmaan voidaan sisällyttää liimausteknologian opintoja joko osana jotain suurempaa kurssia, yhtenä liimaustekniikan kurssina tai kokonaisuutena liimaustekniikan opintomoduulina. Liimaustekniikan opetus opintosuunnitelman kurssina on suunniteltu aloitettavan erillisenä liimaustekniikan kurssina, laajuudeltaan 5op. Kurssissa on tarkoitus käsitellä yleistä teoriaa sekä tehdä käytännön harjoitustöitä. Kurssi on tasoltaan spesialistitasoa eli suunnattu suunnittelija- ja insinööritasolle.



Liimaustekniikan opintosuunnitelman opetuskurssia voidaan myöhemmin tarvittaessa laajentaa omaksi liimaustekniikan moduuliksi. Laajempi liimaustekniikan opintomoduuli muodostuu kolmesta erillisestä liimaustekniikan kurssista alkaen perusteista jatkuen aina erikoistyö-kurssiin. Opiskelijoille suunnattavassa koulutuksessa pääpainotus on liimaustekniikan yleisessä teoriassa, mutta myös käytännön harjoituksia on pidettävä käytännön tuntuman saamiseksi. Yleisessä teoriaosassa keskitytään liimausteknisten perusteiden oppimiseen ja suunnittelijan tarvitsemiin taitoihin. Opiskelijakursseilla olisi hyvä olla mukana myös käytännön työelämään liittyviä tehtäviä, joihin on mahdollista keskittyä erikoistyöt-kurssissa. Opintomoduulissa on mahdollista muodostaa yhteistyötä myös Esedun kanssa liimaajataason toimintaan liittyen. Alla on esitetty kaaviona Esedun liimaaja-tason kurssi, Mamkin liimaustekniikan opintomoduuli ja erillinen liimaustekniikan kurssi sekä näiden mahdolliset linkitykset.



KUVA 10. Mamkin opintosuunnitelmaan suunniteltu liimaustekniikan opintomoduuli sekä yksittäinen kurssi ja ketjutus Esedun liimaajataason kurssin kanssa.

Päätoimisten opiskelijoiden lisäksi toinen pääryhmä ovat työelämässään liimaustekniikan ja –teknologioiden kanssa töitä tekevät ammattilaiset. Tämä ryhmä muodostuu monen tasoista ammattilaisista, jotka saattavat tarvita ns. johdannon liimaustekniikkaan tai syvempää ja spesifimpää tietämystä jostain liimaustekniikan osa-alueesta tai liimaryhmästä. Tälle ryhmälle ominaista on monimuotoisuus, ja siten opetushenkilöstöltä vaaditaan huomattavasti laajalaisempaa ja monialaisempaa tietämystä. Henkilöstöllä tulisi olla valmiuksia tarjota jonkinasteisia suuntaviivoja tai ainakin valmiuksia ohjata eteenpäin tämän ryhmän esittämässä haasteissa. Nämä ammattilaiset koostuvat pääasiassa suunnittelijoista, yleisestä päällikkötasosta ja käyttäjistä.

Teollisuuden ja liimatoimittajien kontaktoinnin yhteydessä teknologiakartoituksessa nousi useasti esille adheesion perusteiden ymmärtämisen tärkeys, liiman valinta sekä liimausprosessiin vaikuttavat tekijät. Riippuen ryhmästä koulutuksen sisältö voi painottua eri tavalla. Esimerkiksi käyttäjille kannattaa opettaa hyvin kansantajuisesti liimoista, esikäsittelyistä ja käyttöturvallisuudesta. Suunnittelijoiden kanssa taas kannattaa keskittyä esimerkiksi liimanvalintaan, liimaryhmien ja liimojen ominaisuuksiin sekä liimaliitosten suunnitteluun. Yleisille päätöksentekijöille painotus keskittyisi enemmän esimerkiksi liimojen prosessoitavuuteen ja prosessinhallintaan liittyviin tekijöihin, kustannustekijöihin, tuotantoteknisiin asioihin. Näin ollen teollisuuteen kohdistuva koulutus voi olla riippuvainen tarkemmasta kohderyhmästä ja siten yksi vakiouotoinen kurssi ei välttämättä palvele kaikkia kohderyhmiä parhaalla mahdollisella tavalla. Toisaalta kaikkien kohderyhmien palveleminen avoimen AMK:n opiskelijoista ja AMK:n päätoimisista opiskelijoista kokoneempiin suunnittelijoihin erillisillä kursseilla asettaa ehkä liian suuria haasteita kurssitarjonnan koossapitämiselle. Näin ollen opetusta on parasta painottaa eri tavalla kohderyhmästä riippuen vaikka perusopetusmateriaali on sama.

## **7.3 Toisen asteen koulutusmahdollisuudet**

### **7.3.1 Osaamistarpeiden ennakointi**

Ennakointitoiminnan ja ennakoititiedon avulla voidaan parantaa päätösten tietopohjaa. Yhteiskunnalliset, sosiaaliset, teknologiset ja muut muutokset asettavat sekä tarpeita että haasteita ennakoinnille ja sen avulla saatavalle tiedolle ja sen hyödyntämiselle. Osaamistarpeiden ennakointi (laadullinen ennakointi) tuottaa tietoja tulevaisuuden osaamistarpeista, osaamisen painopisteiden muutoksista, kokonaan uusista osaamisalueista ja työelämän tarvitsemista uudenlaisista osaamiskombinaatioista.

Osaamis- ja koulutustarpeiden ennakkoinnin tulee olla jatkuva ja säännöllinen prosessi. Vain tällä tavoin ennakointi voi tuottaa todellista lisäarvoa päätöksentekijöille ja kansalaisille. Koulutusjärjestelmän tulee luoda edellytyksiä elinkeinoelämän innovaatiotoiminnalle sekä palveluiden ja tuotteiden jatkuvalla kehittämiselle. Ennakointia tarvitaan potentiaalisten ongelmien ennustamiseen ja riittävän ajoissa tapahtuvaan toimintaan, jotta strategioita ja teknologisia ratkaisuja voidaan uudistaa. Ei ole kuitenkaan yhtä vastausta siihen millä tavoin ja millä menetelmillä tulisi ennakoida.

Esimerkiksi toimialojen ammattirakenteita ei voida ennakoida laadukkaasti pitkällä aikavälillä hyödyntämättä laadullisen ennakkoinnin menetelmien tuloksia. Määrälliset menetelmät, kuten työvoimamenetelmä, tuottavat sen sijaan ennakoititietoa työelämän rakenteellisista muutoksista ja niiden volyymeista. Lähestymisnäkökulmien pääerona voidaan pitää sitä, että laadulliset menetelmät perustuvat ihmisten käyttäytymisestä lähteviin muutoksiin, kun sen sijaan määrälliset menetelmät turvautuvat usein aikaisemmin tapahtuviin empiirisesti todennettuihin syy-seurausuhteisiin.

Valtioneuvosto on vuosille 2007–2012 vahvistetussa koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelmassaan muodostanut seuraavat ammatillisen tutkintojärjestelmän kehittämistä koskevat linjaukset (Opetusministeriö 2007b):

- Ammatillisesti suuntautuneen peruskoulutuksen tulee perusammattitaidon lisäksi tarjota opiskelijalle niin laaja osaaminen, että se mahdollistaa työskentelyn vaihtelevissa työtehtävissä, on siirrettävissä työpaikasta toiseen, ja tarjoaa pohjan opiskelulle myöhemmällä iällä. Vastaavasti aikuiskoulutuksen tulee joustavasti tarjota opiskelumahdollisuuksia työelämässä olevien osaamistason nostoon sekä muutostilanteisiin toimenkuvan muuttuessa ja mahdollisuuksia alan ja ammatin vaihtoon.

### **7.3.2 Aiempi yhteistyö Esedu / Mamk**

Uraohjaus-hankkeen tekniikan pilotti toteutettiin Etelä-Savon ammattiopiston (Esedu) kone- ja metalli-, puu-, rakennus- sekä pintakäsittelyalan ja Mikkelin ammattikorkeakoulun (Mamk) materiaalitekniikan insinööriopetuksen yhteistyönä. Pilotissa oli tavoitteena kehittää ohjauksellinen ja opetuksellinen toimintamalli, jolla tuetaan ja edistetään opiskelijoiden urapolulla etenemistä ja syvennetään ammattiosaamista tekniikan alalla. Tavoite noudatteli hyvin Opetus- ja kulttuuriministeriön vuosille 2011–2016 laadittua kehittämissuunnitelmaa, jossa pyritään vahvistamaan ammatillisten perustutkintojen tuottamaa työelämälähtöistä osaamista sekä laaja-alaisia ammatillisia valmiuksia (OKM 2011).

Uraohjaus-hankkeen pyrkimys ammatillisten opintojen joustavuuden lisäämiseen ja päällekkäisten opintojen karsimiseen oli myös johdonmukainen linjaus valtakunnallisesta koulutuksen kehittämissuunnitelmasta. Tekniikan pilotin toiminnan suunnittelun lähtökohtana oli oppilaitosten yhteisten osaamisalueiden tunnistaminen. Opetuksen sisältöjen tarkastelulla voitiin selvittää, mitä osaamista ammatillisen perustutkinnon suorittaneella opiskelijalla jo on ja mitä siitä voidaan ammattikorkeakoulun aikaisemmin hankitun osaamisen tunnustamismenettelyllä (AHOT) tunnustaa.

### 7.3.3 Opetuksen sisältö

Ammatillisen perustutkinnon rakenne antaa opiskelijalle mahdollisuuden syventää tai laajentaa omaa ammatillista osaamistaan valinnaisuuden avulla. Opintojen joustavuuden lisääminen ja tutkintojen suorittamistapojen monipuolistaminen onkin keskeisimpiä kehittämiskohteita Esedussa. Tulevaisuudessa Esedun opiskelijoilla tulee olemaan entistä enemmän mahdollista itse vaikuttaa oman opintopolun rakentumiseen.

Opintojen joustavuutta hyödyntäen Esedun opiskelija voi jo ammatillisten opintojen aikana suorittaa ammattikorkeakoulun opintoja. Ammattikorkeakoulussa käytössä olevan, aiemmin hankitun osaamisen tunnustamisen kautta opiskelija voi osoittaa osaamistaan ja lyhentää opiskeluaikaansa myöhemmin jatko-opinnoissaan. Opiskeluajan lyhentyminen puolestaan tuottaa työelämään nopeammin osaavaa ja ammattitaitoista työvoimaa.

Opintojen joustavuuden lisääminen ja tutkintojen suorittamistapojen monipuolistaminen ovat keskeisimpiä kehittämiskohteita Etelä-Savon ammattiopistossa. Henkilökohtaistamisella pyritään huomioimaan opiskelijan lähtötilanne, aikaisempi osaamiskertymä, suoritusten ajoitusmahdollisuus ja oman osaamisen suuntaaminen. Oppilaitoksen runsaasta valinnaisuuksien tarjonnasta voi Esedun opiskelija rakentaa itselle sopivan osaamissisällön tutkintoonsa. Opiskelija voi laajentaa ja syventää oman ammattialan taitoja, lisätä tutkinnon osia toisista perus- ja ammattitutkinnoista tai suorittaa kaksoistutkinnon (esim. ammatillinen perustutkinto + ylioppilastutkinto).

Esedussa opintojen valinnaisuus rakentuu tutkintojen kaikille valinnaisten, vapaasti valittavien (10 ov) ja attovalinnaisten (4 ov) tutkinnon osien tarjonnasta. Niistä laaditaan valintaopas ja valintatarjotin hallinto-ohjelmaan, Wilma-liittymän avulla opiskelija voi valita tarjottimelta seuraavan lukuvuoden valinnaiset opinnot ja opintopolut:

- moniosaajan polku; muiden alojen opintoja ko. alan perusryhmässä tai eri alojen opiskelijoista muodostetussa omassa erillisessä ryhmässä

- yrittäjyyden polku; opintoja sekä yhteisessä yrittäjyysryhmässä että omalla ammattialalla
- taitajuuden polku; yhteisesti järjestettyä valmennusta ammattitaitokilpailuihin sekä yksilöllistä ohjausta omaan erityisosaamiseen
- **oman ammattialan polku; mahdollisuus oman ammattialan osaamisen laajentamiseen tai syventämiseen, voi olla myös tutkinnon kaikille valinnaisia tutkinnon osia**
- työssäoppimisen polku; mahdollisuus oman ammattialan osaamisen laajentamiseen tai syventämiseen työssäoppien

Edellä kuvattu oman ammattialan polku antaa mahdollisuuden syventää osaamista yksityiskohtaisemmalla opetuksella ja juuri tätä mahdollisuutta käyttäen Esedun paikallisesti tarjottaviin opintojaksoihin tullaan lisäämään teknisen liimaajan opintokokonaisuus, jonka suuruus on 10 ov. Opintokokonaisuudesta on laadittu alustavasti ammattiosaamisen näyttöjen arviointi- ja toteuttamissuunnitelma sekä tutkinnon arvioinnin perusteet, jotka myöhemmin hyväksytetään ammattiosaamisen näyttöjen toimielimellä, jos suunniteltu opetuskurssi Mamkin kanssa toteutuu. Opintokokonaisuus pohjautuu luvussa 7.5.2 kuvattuun rakenteeseen, jossa osa sisällöstä toteutuu Esedun koulutuksessa.

### 7.3.4 Laajuuden ja aikataulun määrittäminen

Esedulla vapaasti valittavan jakson kesto on 10 ov. Nyt suunnitellun liimauskurssin kesto on 5 op/osa. Tunteina kesto on 70h. Vapaasti valittavat ammatilliset opinnot sijoittuvat kolmannen vuoden kolmeen ensimmäiseen jaksoon. Opintojaksoon voidaan sisällyttää lisäksi työssäoppimista, verkko-opintoja tai muuta täydentävää koulutusta.

### 7.3.5 Toteutuksen suunnittelu

Suunniteltu liimauskurssi voitaisiin toteuttaa niin, että Esedussa järjestettävä koulutus käsittäisi kaksi opetuspäivää. Tunteina tämä tekee 16 h. Pintakäsittelytekniikan opettajien Minna Venäläisen ja Markku Partasen mielestä Esedun osuudessa tulisi korostaa oppilaitoksen monipuolista ja ajanmukaista oppimisympäristöä työpajatyypillisesti. Tämä opetusmuoto on toisella asteella varsin paljon käytetty menetelmä. Työpaja on luovan vuorovaikutustoiminnan perusmenetelmä, jonka keskeisenä ajatuksena on oivaltamalla oppiminen. Työpaja toteutetaan pienryhmätyöskentelynä. Tarkoitus on antaa opiskelijoiden rakentaa ja soveltaa tietämystään joko työpajassa tarjolla olevaan materiaaliin tai aikaisempiin resursseihin ja aktiviteetteihin kurssilla.

Suunnitellusta kurssin sisällöistä Esedun järjestettäväksi sopisi esim:

1. Liimaustekniikan perusteet

- liimauksen tavoitteet 2h
- Liimauksen sovelluskohteet kone- ja laiteollisuudessa 4h
- Liimausterminologia 2h
- Liimojen koostumukset ja niiden sisältämien kemikaalien terveyshaitat 6h

2: Liimaustekniikan sovellukset

- liimattavien pintojen esikäsittelymenetelmät 6h
- liimojen levitystekniikat 6h
- liimauksen laadunvalvonta 8h

### 7.3.6 Esedun asettamat ammattitaidon osoittamistavat

Tutkinnon osan suorittaja osoittaa ammattitaitonsa suorittamalla erilaisten materiaalien teollista liimausta. Työ tehdään kokonaan työmaaolosuhteissa tai mahdollisimman aidossa työympäristössä oppilaitoksessa. Siltä osin kuin tutkinnon osassa vaadittavaa ammattitaitoa ei voida ammattiosaamisen näytössä tai tutkintotilaisuudessa osoittaa, sitä täydennetään muulla osaamisen arvioinnilla ja tutkintotilaisuudessa haastattelujen, tehtävien ja muiden luotettavien menetelmien avulla. Taulukossa 4 on esitetty teknisen liimaajan osaamiskokonaisuudet.

## TAULUKKO 4. Teknisen liimaajan osaamiskokonaisuudet

OSAAMISKOKONAISUUS	TEKNINEN LIIMAAJA
Laajuus	10 ov
Tavoite	Opiskelija osaa <ul style="list-style-type: none"> <li>· määrittellä liimausprosessin eri vaiheet</li> <li>· ymmärtää esikäsittelyn tärkeyden</li> <li>· tunnistaa eri liimatyyppit</li> <li>· tunnistaa liimaustekniikkaan liittyvät käsitteet</li> <li>· määrittellä liimauksen edut ja haitat</li> <li>· ymmärtää laadunvalvonnan tärkeyden liimausprosessissa</li> <li>· ymmärtää olosuhteiden vaikutuksen liimaukseen</li> <li>· tunnistaa yleisimmät liimaliitosten testausmenetelmät</li> </ul>
<b>Toteutustapa, oppimisympäristöt ja oppimismenetelmät</b>	Lähiopetus toteutetaan Mamk:lla sekä Esedu:lla. Kokonaisuuteen kuuluu teoriaopintoja, työsaliharjoittelua sekä työssäoppimista.
<b>Opiskelumateriaalit</b>	Oman alan kirjallisuus, monistheet ja verkkomateriaalia

Esedun mahdollisuudet osallistua Mamkin järjestämän opintokokonaisuuden B osioon (Taulukko 8) voivat olla:

### B2 Liimattavien pintojen esikäsittelymenetelmät

- Mekaanisia ja kemiallisia esikäsittelymenetelmiä

### B3 Liimojen levitystekniikat

- Eri levitystekniikoiden testaus- ja opetusmahdollisuus

### B4 Liimojen kovetus

- Nykyisin Esedulla ei ole valmiutta uunien ja laitteiden osalta

### B5 Liimojen laadunvalvonta

- Teoriaosuus on mahdollista ja mm. viskositeettien mittaukseen ole-massa olevat laitteet

### B4 Liimauksessa tarvittavat laitteet ja tarvikkeet

- Nykyisin Esedulla ei ole valmiutta tarvittavien laitteiden osalta

B-osion sisällöt ovat tarkemmin esitelty ammattikorkeakoulun kurssikuvauksessa.

### 7.3.7 Esedun tarjoama täydennyskoulutuspaketti

Ammattitaidon ja osaamisen päivittäminen kannattaa aina. Etelä-Savon ammattiopisto tulee myöhemmin tarjoamaan liimaliitosten parissa työskenteleville täydennyskoulutusta. Järjestämme asiakkaillemme kursseja, joilla asian-  
tuntemus on huippuluokkaa ja hyöty konkreettinen. Koulutuspakettiin on koottu tietoa mm. työmenetelmistä, materiaaleista, erilaisista liimoista sekä niiden oikeasta käytöstä Koulutukseen sisältyy sekä teoriaa että käytännön harjoituksia.

## 7.4 Korkea-asteen koulutus

Korkea-asteen koulutusta on suunniteltu tarjottavan aluksi Mamkin avoimes-  
sa AMK:ssa. Avoimen AMK:n kurssi muodostuu neljästä intensiivipäivästä ja harjoituksista. Niissä on mahdollista käyttää myös ulkopuolisia vierailevia luennoitsijoita tarpeen mukaan. Myöhemmin liimaustekniikan opetusta on tarkoitus sisällyttää prosessi- ja materiaalitekniikan insinöörin opintosuuntaan. Päätoimisten opiskelijoiden opintosuunnitelmaan voidaan sisällyttää liimausteknologian opintoja joko osana jotain suurempaa kurssia, yhtenä liimaustekniikan kurssina tai kokonaisena liimaustekniikan opintomoduulina. Liimaustekniikan opetus opintosuunnitelman kurssina on ajateltu aloitettavan erillisenä liimaustekniikan kurssina, laajuudeltaan 5op. Kurssissa on tarkoitus käsitellä yleistä teoriaa sekä tehdä käytännön harjoitustöitä. Kurssi on tasoltaan spesialistitasoa eli suunnattu suunnittelija- ja insinööritasolle. Mamkissa järjestettävä liimaliitostekniikan koulutus keskittyy pääasiassa metallien, muovien ja lujitemuovien liimaukseen. Linjan valintaan vaikuttaa liimaliitosten tutkimuksen painottuminen ko. materiaaleille sekä myös Mamkin materiaalitekniikan toiminnan painottuminen niille.

Mahdollisuuksien ja kysynnän mukaan liimaustekniikan opintokurssia voitaisiin laajentaa edelleen kahdeksi teoriapitoiseksi kurssiksi (liimaustekniikan perusteet ja liimaustekniikan sovellukset) sekä liimaustekniikan erikoistyöt-kursseiksi, muodostaen yhteensä 15 opintopisteen kokonaisuuden. Teoria-kursseissa keskitytään liimausteknisten perusteiden sekä suunnittelutaitojen oppimiseen. Erikoistyöt-kurssissa sovelletaan opittuja asioita ja taitoja käytäntöön teollisuuden käytännön tilanteissa ja kirjallisilla töillä. Laajempi opintokokonaisuus antaa mahdollisuuksia monipuolisempaan opiskeluun mm. teollisuusvierailuilla sekä käytäntöön liittyvillä harjoituksilla.



Teollisuuden ja liimatoimittajien kontaktoinnin yhteydessä koulutustarvekartoituksessa nousi useasti esille adheesion perusteiden ymmärtämisen tärkeys, liiman valinta sekä liimausprosessiin vaikuttavat tekijät. Teollisuuden insinööreille ja suunnittelijoille voidaan tarjota avoimen AMK:n kautta tai erillisenä teollisuuden yrityksille suunnattavana kurssina spesialistitason teoriakoulutusta. Teollisuudelle tarjottavaan kurssiin on mahdollista myös yhdistää verkossa itseopiskeltava esikurssi, varsinainen kurssi sekä harjoitustyö omassa yrityksessä.

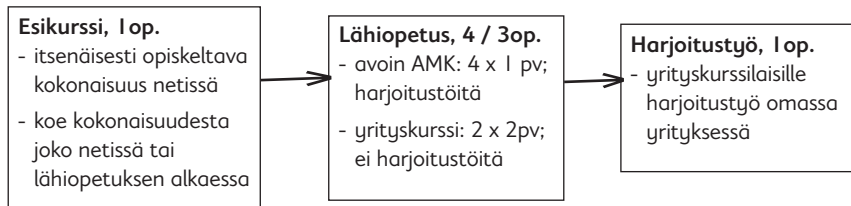
#### **7.4.1 Tarjonta avoimessa ammattikorkeakoulussa sekä yrityksille**

Mikkelin ammattikorkeakoulussa on projektin tuloksena mahdollista tarjota koulutusta avoimen ammattikorkeakoulun puolella lähitulevaisuudessa. Tämä voi toteutua aikaisintaan syksyllä 2014. Tämä on katsottu hyväksi aloitusreitiksi aloittaa yleistasoisen koulutuksen tarjonta. Avoimen ammattikorkeakoulun opinnot on suunnattu kaikille kiinnostuneille opiskelijoille, ei ainoastaan koulun omille oppilaille. Tämä on myös mahdollisuus Esedun opiskelijoille osallistua liimaustekniikan opetukseen täytenä kurssina Mamkissa. Näin ollen avoimen AMK:n ”Liimaliitosten perusteet” -opetuskurssin sisältö voi olla sisällöllisesti kevyempi kuin varsinainen prosessi- ja materiaalitekniikan insinöörin opintosuuntaan sisältyvä vaihtoehtoisten ammattiopintojen opintokurssi. Avoimen AMK:n kurssi muodostuu nelipäiväisestä opetuskokonaisuudesta. Yrityskyselyissä erääksi tulokseksi saatiin, että yrityksille suunnatun ei-pätevöittävä koulutuksen kestoksi toivotaan 1-3 päivää kerrallaan. Avoimen AMK:n ja yrityksille tarkoitettujen kurssien lähiopetuksen pituudet käyvät sinällään hyvin yhteen, jos yrityksille suunnattu koulutus järjestetään kahtena kaksipäiväisenä opetuspaketina matkustelun ja oheiskulujen minimoimiseksi ja ajan käytön tehostamiseksi. Näin ollen on järkevää rakentaa molemmille ryhmille suunnatut kurssit siten, että samaa rakennetta ja materiaalia voidaan hyödyntää molemmissa kurseissa. Erona avoimen AMK:n ja yrityskurssien välillä on kuitenkin kohderyhmän huomioonottaminen opetuksen sisällön painotuksessa sekä tiettyjen aihekokonaisuuksien syvällisyydessä. Avoimen kurssissa opetus painottuu teoriaan ja liimaliitosten perusteisiin, kun yrityskurseissa opetus painottuu yleisen teorian lisäksi enemmän suunnittelijalta vaadittaviin taitoihin.

Sekä avoimen että yrityskurssien aihekokonaisuuksien sisällöt ovat luonnollisesti pitkälti samoja kuin opintojaksokurseissa. Käsiteltäviä aihekokonaisuuksia onkin tiivistettävä olennaisiksi ja joitain asioita on jätettävä käsittelemättä, jotta opetus saadaan mahtumaan nelipäiväiseksi. Esimerkiksi tarkempi syventyminen liiman sisäiseen rakenteeseen ja liimojen luokitteluun ovat sellaisia aiheita, jotka eivät ole välttämättömiä teollisille toimijoille. Myös pitkistä laboratorioharjoituksista on luovuttava, joskin jonkinlainen käytännön

harjoitustyöosuus on hyvä pitää mukana sekä käytännön osuutena että vaihtelevuutena teorian vastapainoksi.

Avoimen AMK:n kurssissa ja yrityskurssissa on ennen varsinaista lähiopetuksen aloitusta mahdollista aloittaa verkossa suoritettavalla esikurssilla, joka on yhden op:n laajuinen. Esikurssimateriaali olisi käytettävissä verkon kautta ja siitä järjestettäisiin koe joko netissä tai varsinaisen kurssin alkaessa. Esikurssin jälkeen opetus jatkuu varsinaisella lähiopetuksella, joka käsittää yhteensä neljä päivää. Lähiopetus on yhteensä kolmen op:n laajuinen kokonaisuus. Avoimen kurssissa lähiopetuspäivien välissä on harjoitustehtäviä, mutta yrityskurssissa tämä ei ole käytännöllistä, koska lähiopetuspäivät ovat kaksi kerta kahden päivän pituisia. Sen sijaan yrityskurssiin kuuluu lopuksi omassa yrityksessä tehtävä laajempi harjoitustyö. Avoimen harjoitustehtävät ja yrityskurssin laajempi harjoitustyö molemmat ovat yhden op:n laajuiset. Yrityskurssin rakenne on sellainen, että osallistuja voi päättää opintopisteiden suorittamisesta vai osallistuuko pelkästään opetukseen ilman opintosuoritemerkintöjä. Yrityskurssien tarjonta on mahdollista aloittaa aikaisintaan syksyllä 2015-kevällä 2016. Kuvassa 11 on kuvattu avoimen AMK- ja yrityskurssien rakenteet.



KUVA 11. Avoimen AMK-kurssin ja yritysasiakkaille suunnatun kurssin rakenne.

Avoimen AMK:n ja yrityskurssien varsinaisen lähiopetuksen opetuspäivien teemat ovat:

- A yleisteoriaa
- B liimaliitosten suunnittelu
- C testaus ja olosuhde
- D liimaliitosten prosessointi ja sovelluksista

Taulukossa 5 on esitetty Mamkin avoimen ammattikoreakoulun puolelle suunnatun kurssin tarkempi sisällön kuvaus ohjeellisine tuntijakoineen (Taulukko 5).

**TAULUKKO 5. Liimaliitokset, 4 x 1pv. (avoin AMK) tai 2 x 2pv. (yrityskurssi), lähiopetus 28h**

Osa	Sisältö	kesto (h)
<b>A1</b>	Yleistä liimoista ja liimausteknologiasta	1
<b>A2</b>	Adheesio perusteet. <ul style="list-style-type: none"> <li>- adheesio teoriasta</li> <li>- pintaenergia ja pinnan kastuminen</li> <li>- liimaliitoksen murtumatyypit: adheesio ja koheesio</li> </ul>	3
<b>A3</b>	Liimattavat materiaalit <ul style="list-style-type: none"> <li>- pintaenergian vaikutus; alhaisen ja korkean pintaenergian pinnat</li> <li>- materiaaliominaisuuksien (moduli, lujuus, lämpölaajeneminen, huokoisuus, korrosio, veden imeytyminen) vaikutus liiman valintaan</li> </ul> Pintojen esikäsitteilymenetelmistä <ul style="list-style-type: none"> <li>- puhdistukset</li> <li>- mekaaniset (abasiiviset) esikäsitteilyt</li> <li>- primerit</li> <li>- kemialliset esikäsitteilyt</li> <li>- fyysikaalis-kemialliset esikäsitteilyt: plasma, liekki, korona</li> </ul>	3
<b>B1</b>	Liimatyyppit ja niiden soveltuvuudesta eri materiaaleille. Liiman valintaan liittyvistä tekijöistä. <ul style="list-style-type: none"> <li>- jäykät ja elastiset liimat, sitkeät ja hauraat liimat</li> <li>- epoksit, uretaanit, fenolit, akryylit, anaerobiset liimat, cyanoakrylaatit, silikonit, polysulfidit, elastomeeri -liimat,...</li> <li>- materiaaliominaisuuksien (moduli, lujuus, lämpölaajeneminen, huokoisuus, korrosio, veden imeytyminen) vaikutus liiman valintaan</li> </ul>	3
<b>B2</b>	Liimaliitosten suunnittelu ja liitosten mitoituksessa huomattavat tekijät <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lujuusopin perusteita - liimaliitoksiin nähden</li> <li>- Liimaliitosten etuja ja haasteita muihin liitostekniikoihin nähden <ul style="list-style-type: none"> <li>o Liitoksissa vaikuttavista kuormituksista ja jännitystiloista (veto (tension), leikkaus (shear), halkaisu- ja repimislujuus (cleavage, peel))</li> </ul> </li> <li>- Liitostyyppit</li> <li>- Liimaliitokseen vaikuttavista tekijöistä:</li> </ul>	4
<b>C1</b>	Liimaliitosten testaus; harjoitus bead adhesion test ja/tai lap-shear <ul style="list-style-type: none"> <li>- Testaamisen tarkoitus</li> <li>- Yleisimmät liimaliitoskoekappaleen testimetodit <ul style="list-style-type: none"> <li>o standarditestimenetelmät – suunnittelun tueksi</li> <li>o Tartuntatesti – bead peel</li> <li>o murtumismekaaniset testimenetelmät</li> <li>o väsymiskestävyyden analyysimenetelmät</li> </ul> </li> <li>- bulkkimateriaalin (liiman) ominaisuudet</li> <li>- substraatin ominaisuudet</li> </ul>	4
<b>C2</b>	Olosuhde- ja pitkäaikaiskestävyys <ul style="list-style-type: none"> <li>- lämpötilan ja kosteuden vaikutukset liimaliitoksiin ja liimoihin</li> <li>- liimaliitosten väsymiskestävyys olosuhteessa</li> </ul>	3
<b>D1</b>	Liimojen prosessointi	3
<b>D2</b>	Liimojen työturvallisuus ja terveyshaitat <ul style="list-style-type: none"> <li>- Työturvallisuusohjeet ja merkinnät/symbolit</li> <li>- Käyttöturvallisuustiedote - Material Safety Data Sheet (MSDS)</li> <li>- Suojainten käyttö</li> </ul>	2
<b>D3</b>	Keskustelua teollisuuden liimaliitostekniikan haasteista sovelluksista <ul style="list-style-type: none"> <li>- keskustelua osallistujien kohtaamista haasteista ja yhteistä pohdintaa</li> </ul>	2

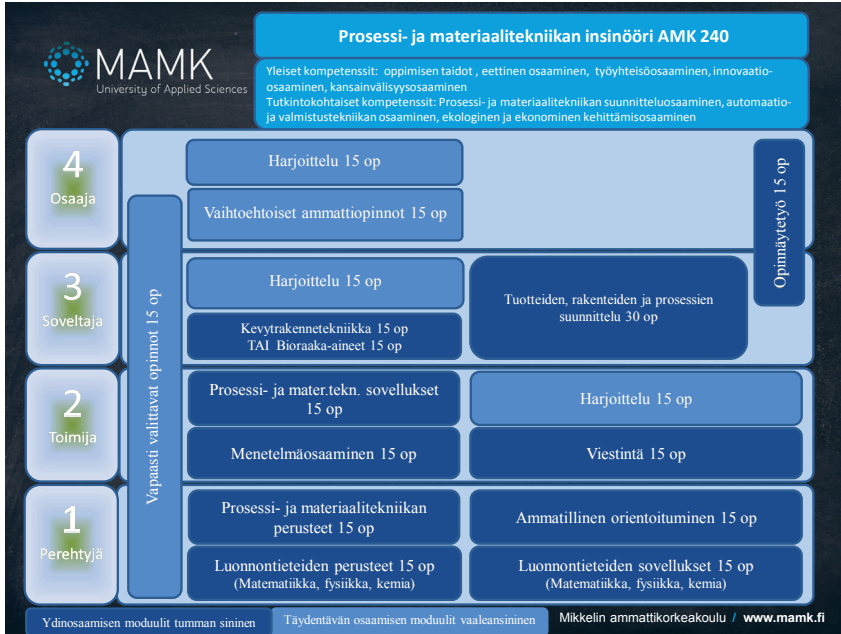
#### 7.4.2 Suunnitelma liimaustekniikan koulutuksesta ammattikorkeakoulun opetuskurssina

Mikkelin ammattikorkeakoulussa on uudistettu opetussuunnitelmia noin kolmen vuoden välein ja uudistettu opetussuunnitelma otetaan käyttöön prosessi- ja materiaalitekniikan koulutusta lukuunottamatta syksyllä 2015. Prosessi- ja materiaalitekniikan koulutuksessa uusi opetussuunnitelma otettiin käyttöön poikkeuksellisesti jo syksyllä 2014 johtuen siitä, että Mammkissa ei ole aiemmin ollut prosessitekniikan koulutusta ja syksyllä 2014 aloitettavan koulutuksen yhteydessä myös materiaalitekniikan koulutus aloitetaan uudella opetussuunnitelmalla, koska nämä koulutukset sisältävät osittain yhteisiä opintoja.

Mikkelin AMK:ssa aloitetaan siis uuteen moduulipohjaiseen opetussuunnitelmaan perustuva prosessi- ja materiaalitekniikan insinöörikoulutus syksyllä 2014. Koulutuksessa on yhdistetty sekä materiaalitekniikan että prosessitekniikan amk-tasoinen insinöörikoulutus osittain yhteen siten, että kaksi ensimmäistä vuotta opiskelijat opiskelevat kumpaan koulutukseen yhteisiä pakollisia opintoja ja tämän jälkeen koulutus eroaa niin, että materiaalitekniikan opiskelijat jatkavat syventävien ammattiopintojen opiskelua Mikkelissä ja prosessitekniikan opiskelijat Savonlinnan Kuitulaboratorion tiloissa. Prosessi- ja materiaalitekniikan koulutus koostuu erilaisista pakollisista ja valinnaisista moduuleista, joita yhdistelemällä opiskelija suorittaa joko materiaalitekniikan tai prosessitekniikan amk-insinööritutkinnon. Kuvassa 12 on esitetty prosessi- ja materiaalitekniikan koulutuksen moduulirakenne koostuen ydinosaamisen ja täydentävän osaamisen moduuleista. Opintojen aikainen harjoittelu ja opinnäytetyö sisältyvät myös moduuleihin. Uusi moduulirakenteinen opetussuunnitelma eroaa aiemmasta opintokokonaisuuksiin perustuvasta opetussuunnitelmasta merkittävästi siinä, että koulutus sisältää nyt työharjoittelua 45 opintopisteen laajuudessa, kun aiemmin harjoittelun osuus oli 30 opintopistettä. Kukin moduuli sisältää pääsääntöisesti kolme viiden opintopisteen laajuista opintojaksoa. Täydentävän osaamisen moduulissa ”Vaihtoehdot ammattiopinnot” on valinnaisena Liitostekniikka-moduuli, joka koostuu Mekaaniset liitokset-, Hitsiliitokset- ja Liimaliitokset-opintojaksoista. Tämä moduuli sisältyy materiaalitekniikan insinöörikoulutukseen ja liimauskoulutuksen annetaan Liimaliitokset-opintojaksossa.

Liimaliitokset-kurssin tarkoituksena on antaa teoreettinen johdatus liimausteknologiaan, opettaa liimausteknisiä aihekokonaisuuksia suunnittelutyöhön sekä tutustuttaa opiskelijat liimaustöihin liimausteknisiin harjoituksiin koekappaleiden valmistuksen kautta. Liimaliitokset-kurssi muodostuu teoriaosasta, mutta se sisältää myös käytännön harjoittelua ja liimaustöiden opettelua. Taulukossa 6 on esitetty opintokurssikuvaus ja sen jälkeen on kuvattu kurssin lähiopetuksen sisältöä laajemmin. Tarkemmassa kuvauksessa on jaoteltu tuntijakoa eri aiheiden kesken, jossa on esitelty teoriaopetuksen sisältöä 48

h kokonaisuutena ja sen jälkeen harjoittelupakettien sisältöä. Harjoittelupakettien kokonaistuntimäärän on tarkoitus muodostua 28 h kokonaisuudeksi. Näin ollen käytännön harjoittelu sisältää ainakin kohdan B, mutta myös mahdollisesti joko kohdan A tai C tai molemmat. Tarkemman käsityksen harjoituspakettien todellisesta kestoista saadaan tarkemmalla suunnittelulla ja ensimmäisen kurssin kokemusten perusteella. Lopullinen kurssiarvosana muodostuu yhdessä tenttiarvosanasta sekä harjoitustöistä.



KUVA 12 .Prosessi- ja materiaaliteknikan insinööritutkinnon moduulirakenne Mamkissa

## TAULUKKO 6. Opintojaksokuvaus ”Liimaliitokset”-kursista

<b>Laajuus</b>	5 op
<b>Opinto</b>	Liimaliitokset
<b>Osaamistavoitteet</b>	Liimaliitoksen perusteiden ja liimojen perusominaisuuksien ymmärtäminen, vauriomekanismit. Perusliimatyyppit ja niiden käyttö. Osaan ottaa huomioon liimaliitoksien lujuuteen / kestävyysyteen vaikuttavia tekijöitä. Ymmärrän suunnittelun, testauksen ja muiden tärkeiden tekijöiden merkityksen liimaliitosten teollisessa käytössä.
<b>Sisältö</b>	Mikä on liimaliitos ja miten se toimii? Mitkä tekijät vaikuttavat liimaliitoksen lujuuteen sekä kestävyysyteen ja miten ne otetaan huomioon? Milloin kannattaa käyttää liimaliitoksia? Mitkä ovat keskeiset huomioitavat seikat liimaliitosten suunnittelussa ja käytössä?
<b>Arviointi</b>	a. osaat käyttää johdonmukaisesti ammattikäsitteitä b. etsiä tietoa alan keskeisistä tiedonlähteistä c. osaa hahmottaa tehtäväkokonaisuuksia d. soveltaa oman alan malleja, menetelmiä, ohjelmistoja ja tekniikointa sekä perustella niiden käyttöä
<b>Edeltävä osaaminen</b>	Lujuusoppi Polymeerikemia Materiaalitekniikan sovellukset
<b>Opintojaksoa täydentävät opinnot</b>	

Uuden opetus suunnitelman hyväksymisen jälkeen syntyi ajatus laajentaa liimauskoulutusta viiden opintopisteen laajuudesta opintojaksosta 15 opintopisteen laajuiseksi liimaustekniikan moduuliksi, jonka materiaalitekniikan opiskelijat voivat sisällyttää vaihtoehtoisin ammattiopintoihin. Lisäksi ajatuksena oli, että tähän kokonaisuuteen voidaan sisällyttää Esedussa annettava tekninen liimaaja -koulutus niin, että Esedusta valmistuva ja Mamkissa opintojaan jatkava voi hyväksilukea II-asteella suorittamansa opinnot osasuorituksena liimaustekniikan moduulia hyväksytysti suoritettuna tasokokeen avulla. Näin edistetään myös ajatuksia elinikäisestä oppimisesta ja aiempien opintojen tunnistamisesta ja tunnustamisesta.

Mikkelin ammattikorkeakoululla ja Esedulla on ollut koulutuksellista yhteistyötä jo aiemmin vuosina 2012-2014 toteutetun Uraohjaus - joustavasti toiselta asteelta ammattikorkeakouluun -hankkeeseen kuuluvan Mikkelin tekniikan pilotin yhteydessä. Uraohjaus-hankkeen tavoitteena oli sujuvoittaa opiskelijan siirtymistä toisen asteen koulutuksesta ammattikorkeakoulutukseen. Mikkelin tekniikan pilotti toteutettiin Esedun kone- ja metallitekniikan ja Mamkin materiaalitekniikan koulutusten välillä ja kehitystyö keskittyi opiskelijoiden ristiinopiskelun edistämiseen. Toimintamallin kehittäminen aloitettiin Numerical Control/Computer Aided Manufacturing (NC/CAM)

-opintojaksolla (5 op), joka toteutettiin niin, että Esedun kone- ja metallialan opiskelijat osallistuivat amk-opiskelijoiden rinnalla opintojakson opetukseen ja opinnoissa hyödynnettiin molempien oppilaitosten työstökoneita ja opettajien osaamista. Esedun opiskelijat ilmoittautuivat opintojaksolle avoimen ammattikorkeakoulun kautta ja saivat näin Mamkin opiskelijoiden käyttäjätunnuksot ja oikeudet opiskelussa tarvittaviin järjestelmiin. Toiminta laajeni syksystä 2013 alkaen koskemaan myös viiden opintopisteen laajuista materiaali- ja kone- ja metallialan perusteita ja kahden opintopisteen laajuista materiaali- ja kone- ja metallialan laboratoriotyöt -opintojaksoa.

Uraohjaus-hankkeen tuloksena saatiin ristiinopiskelun toimintamalli, oppilaitosten laitteistoja kehitettiin yhteensopiviksi koulujen väliseen toimintaan, tiedottamista tehostettiin ja vastuukysymyksiä selvennettiin ja toiminnalle määritettiin yhteyshenkilöt. Projektissa suunniteltiin myös Esedun opiskelijoille suunnattu 30 opintopisteen laajuinen materiaali- ja kone- ja metallialan ”Mamk – vaihtoehto” vapaavalintaisiin opintoihin. Tämän kautta Esedun opiskelijoille tarjoutuu tilaisuus tutustua amk –opintoihin ja kerätä opintopisteitä, jotka he voivat hyväksilukea jatkaessaan opiskelua ammattikorkeakoulussa. Mamk-paketti sisältää seuraavat opintojaksot:

- Matemaattisluonnontieteelliset perusteet, 5 op
- Ammatillinen kasvu, 2 op
- Insinöörimatematiikka, 5 op
- Insinöörin perusfysiikka ja -kemia, 5 op
- Tietotekniikka, 2 op
- Tekninen piirustus, 5 op
- CAD, 6 op (sisältää erikoistyön, 1 op)

Uraohjaus-hanke paransi ja selkeytti yhteistyötä oppilaitosten välillä ja loi toimintamallin, jota voidaan hyödyntää myös liimaustekniikan koulutuksen kehittämisessä Mamkissa ja Esedussa. Esedun opiskelijat voidaan integroida Mamkin opintojaksoille avoimen ammattikorkeakoulun kautta, jolloin heillä on Mamkin opiskelijoiden oikeudet ja opetuksessa voidaan hyödyntää mm. Moodle-oppimisympäristöä. Myös Esedun opiskelijoiden suoritukset voidaan kirjata järjestelmään ja suoritukset voidaan myöhemmin hyväksilukea, jos opiskelija jatkaa opintojaan ammattikorkeakoulussa.

Liimaustekniikan opetuksen laajentaminen antaa myös insinöörinkoulutuksessa huomattavan lisäresurssin lähiopetukseen ja mahdollisuuden sisällyttää opetukseen myös lisää käytännön harjoittelua. Laajempi 15 opintopisteen liimauskoulutus koostuu kolmesta viiden opintopisteen opintojaksosta: Liimaustekniikan perusteet, Liimaustekniikan sovellukset ja Liimaustekniikan erikoistyö.

## TAULUKKO 7. Liimaustekniikan perusteet –kurssin sisältö

Osa	Sisältö	Lähi-opetus (h)	Toteutus
A1	Liimauksen tavoitteet	2	Luennot
A2	Liimauksen sovelluskohteet kone- ja laitteollisuudessa	4	Luennot, yritysvierailut
A3	Liimausterminologia	2	Luennot
A4	Pintaenergia ja pinnan kostutus	4	Luennot, laboratorioharjoitukset
A5	Adheesio ja koheesio, liimaliitoksen murtumatyyppit	16	Luennot, laboratorioharjoitukset
A6	Liimatyypit ja niiden soveltuvuus eri materiaaleille. Liiman valinta.	20	Luennot, vierailut yrityksiin ja liimatoimittajiin
A7	Liimojen koostumukset ja niiden sisältämien kemikaalien terveyshaitat	6	Luennot
A8	Liimaliitostyyppit	4	Luennot
A9	Työturvallisuustiedotteet	2	Luennot
A10	Hybridiliitokset	4	Luennot, laboratorioharjoitukset
A11	Kokeet	6	

## TAULUKKO 8. Liimaustekniikan sovellukset –kurssin sisältö

Osa	Sisältö	Lähi-opetus (h)	Toteutus
B1	Liimaliitosten suunnittelu ja liitosten mitoitus	14	Luennot, oppimistehtävät
B2	Liimattavien pintojen esikäsittelymenetelmät	6	Luennot, laboratorioharjoitukset
B3	Liimojen levitystekniikat	6	Luennot, laboratorioharjoitukset
B4	Liimojen kovetus	4	Luennot, laboratorioharjoitukset
B5	Liimauksen laadunvalvonta	8	Luennot, laboratorioharjoitukset
B6	Liimauksessa tarvittavat laitteet ja tarvikkeet	6	Luennot, laboratorioharjoitukset
B7	Liimaliitosten testaus	8	Luennot, laboratorioharjoitukset
B8	Ympäristöolosuhteiden vaikutus liimaliitoksen ominaisuuksiin	12	Luennot, laboratorioharjoitukset
B9	Kokeet	6	

### C. Liimaustekniikan erikoistyö, 5 op, sisältää seuraavat osiot ja sisällöt:

Liimaustekniikan erikoistyö on liimaukseen liittyvä itsenäisesti tehtävä tai materiaalitekniikan tutkimusryhmän ohjauksessa ja jäsenenä tehtävä tutkimus- tai tuotekehitystehtävä, jonka tuloksista laaditaan opinnäytetyön raportoinnin ohjeistuksen mukainen kirjallinen raportti sisältäen kirjallisuustutkimusosion sekä mahdollisen kokeellisen osuuden. Erikoistyö voidaan tehdä myös koulun ulkopuolella yrityksen tai yhteisön toimeksiannosta ja tämän



työtiloissa, kunhan asiasta on etukäteen sovittu opetus- tai tutkimushenkilökunnan kanssa ja työlle on määrätty koulun puolelta ohjaaja. Erikoistyötä hyväksyttäessä tulee huomioida, että se työmäärältään vastaa opiskelijatyönä 135 h. Liimaustekniikan erikoistyössä sovelletaan liimaustekniikan perusteet – ja liimaustekniikan sovellukset -opintojaksoissa hankittua tietoa ja taitoa liimaukseen liittyvän tutkimus- tai tuotekehitysongelman ratkaisemiseksi. Työ ja sen tulokset arvioidaan opinnäytetyön arviointiohjeita soveltaen.

Liimaustekniikan 15 opintopisteen moduuli kokonaisuudessaan arvioidaan niin, että opiskelija laatii moduuliin kuuluvien opintojaksojen oppimisesta itsearviointiraportin ja käy sen läpi kyseisen moduulin vastuuopettajan kanssa.

### **7.4.3 Koulutusvientä**

#### **7.4.3.1 ESEDU ja koulutusvientä**

Suomen korkealaatuinen koulutusjärjestelmä luo myönteistä kuvaa ympäri maailmaa. Suomalainen koulutusosaaminen on monella mittarilla maailman huipulla, ja toimii yhtenä Suomen ”maabrandinä”. Siksi suomalaisesta huipuluokan koulutusosaamisesta ja hyvästä maineesta halutaan ottaa kaikki irti viemällä sitä tuotteena ulkomaille ja ulkomaalaisille. Tästä koulutusosaamisen viennistä käytetään ytimekkäästi sanaa koulutusvientä, englanninkielistä ”education export” -termiä mukaillen. Tällä tavalla on tarkoitus yhteistyön voimin kehittää omaa sekä muiden maiden koulutusjärjestelmiä ja tuoda samalla talouskasvua, työmahdollisuuksia ja osaamisvaihtoa Suomeen. Koulutusvientä on kasvanut markkinoilla voimakkaasti viime vuosikymmenen aikana ja kasvaa edelleen. Nyt tavoitteena on tehdä koulutusviennistä myös kannattavaa liiketoimintaa.

Laajassa merkityksessä koulutusvientä tarkoittaa kaikkea koulutukseen liittyvää vientiä. Tässä yhteydessä sana vientä viittaa siihen, että liiketoiminnan asiakkaat ovat ulkomailla tai ulkomaalaisia. Koulutus voi tapahtua viennin perinteisen merkityksen mukaan fyysisesti ulkomailla, mutta koulutusviennittä on yhtä lailla sellainen tilanne, jossa koulutus järjestetään Suomessa, kunhan maksaja tai asiakas on ulkomaalainen.

Esedu oli mukana Koulutusvientä kasvuun! -hankkeessa, jossa tehdään koulutusviennin tiedotus- ja markkinointityötä sekä tuotteistetaan ja pilotoidaan Etelä-Savon ammattiopiston koulutuspalveluja kansainvälisille markkinoille. Hankkeessa toimitaan mukana olevien koulutusorganisaatioiden ja alueen yritysten kanssa verkostona. Etelä-Savon ammattiopistolla pääkohdemaa on Venäjä.

Hankkeen projektipäällikön Jorma Pohtolan mukaan eteläsavolaiselle koulutusosaamiselle on kysyntää erityisesti Baltian maiden alueelta ja Venäjältä. Naapurimaita kiinnostaa suomalaisten asiantuntemus yritys-, rakennus- ja terveydenhuoltoalalla. Esedu onkin sekä hankkeen puitteissa että omana toimintanaan lähtenyt vahvasti rakentamaan yhteistyöverkostoa Venäjälle. Alussa toiminta on ollut yhteistyöoppilaitosten löytämistä.

Koulutuspäällikkö Pekka Orava Etelä-Savon ammattiopistosta on tehnyt paljon yhteistyötä venäläisten oppilaitosten sekä yritysten kanssa. Oravan mukaan koulutusviennissä on paljon mahdollisuuksia vahvaksi vientituotteeksi. Kuitenkin pitää muistaa, että yhteistyön ja verkostojen luominen vie aikaa sekä resursseja. Tärkeimmiksi asioiksi Orava mainitsee hinnoittelun osaamisen, yhteistyöverkostojen luomisen sekä asiakkaiden tarpeiden kartoittamisen. Suunnitellun liimauskoulutuksen mahdollisuuksia vientituotteeksi pidetään Esedussa hyvinä. Parhailtaan käynnissä oleva yhteistyön ja verkostojen rakentaminen tukee hyvin myös liimauskoulutuksen mahdollista vientiä.

#### **7.4.3.2 Mamk ja koulutusvientti**

Mikkelin ammattikorkeakoulu on selvittellyt mahdollisuutta järjestää liimaustekniikan koulutusvienttiä Venäjälle. Tässä tarkoituksessa on oltu yhteydessä Voronezin valtiolliseen metsäakatemiaan ja Pietarin valtiolliseen polytekniseen yliopistoon ja pyritty selvittämään heidän kiinnostustaan ja tarvetta tämän tyyppiseen koulutukseen. Yhtenä koulutusviennin mahdollisuutena olisi heidän osallistuminen Mikkelissä mahdollisesti pidettävään in-house-tyyppiseen liimauskoulutukseen. In-house-tyyppisellä koulutuksella tarkoitetaan EWF:n sertifioitua pätevyitysmiskoulutusta. Tämä koulutustyyppi soveltuu hyvin koulutusvienttiin. Selvittelytyö on kuitenkin vielä kesken, eikä raportin valmistumiseen mennessä ei ole saatu tarkempia vastauksia venäläisiltä yhteistyökumppaneilta.

## **7.5 Markkinoinnin ja kohderyhmien suunnittelusta**

Koulutusta on tarkoitus tarjota opiskelijoille useaa eri reittiä. Tämänhetkisten suunnitelmien mukaan suurin osa tarjottavista koulutuksista ja opintojaksoista tulee olemaan tyypiltään ei-pätevöittäviä. Yhtenä mahdollisuutena on myös pätevöittävä englanninkielisen koulutuksen järjestäminen siten, että kouluttaja tulee Suomeen akkreditoidusta koulutuslaitoksesta Saksasta mukanaan koulutuksessa tarvittavat aineistot ja välineet. On myös mahdollista, että jatkossa Mikkelin ammattikorkeakoulun materiaalitekniikan laitoksella on mahdollisuus järjestää pätevöittävää oman henkilökunnan osaamiseen perustuvaa koulutusta, jos sille on tarpeeksi kysyntää.

Koulutuksen markkinointiin vaikuttaa oleellisesti se kanava, jonka kautta koulutusta tarjotaan opiskelijoille, sekä tarjottavan koulutuksen tyyppi. Mikkelin ammattikorkeakoulun tutkintoon johtavaa koulutusta tarjottavat opinnot ovat sisällöltään enemmän yleisiä, kun taas yrityksille tarjottava koulutuksessa voidaan painottaa mm. suunnittelijalle tärkeitä asiakokonaisuuksia ja tarvittaessa räätälöidä tarkemmin nimenomaan yrityksen tarkoituksiin ja tarpeisiin sopivaksi.

Liimaliitoksiin liittyvä opintojakso tulee jatkossa olemaan osa Mikkelin ammattikorkeakoulun tutkintoon johtavaa materiaalitekniikan koulutusta. Koulutus ei ole pätevöittävää, eli se ei anna opintojakson suorittaneelle opiskelijalle sertifioitua pätevyyttä liimaliitosten tekemiseen. Opintojakson markkinoiminen tapahtuu osana koulutuksen yleistä markkinointia. Tarpeen mukaan liimaliitosopintojaksoa voidaan nostaa esille markkinoinnissa esimerkiksi haettaessa erityistä näkyvyyttä ja pyrittäessä erottumaan muiden ammattikorkeakoulujen tarjoamasta materiaalitekniikan koulutuksesta. Toinen reitti tarjota liimaliitoskoulutusta on laittaa opintojakso saataville avoimen ammattikorkeakoulun kautta. Tämäkään koulutus ei ole pätevöittävää. Avoimen AMK:n koulutusta markkinoidaan osana Mikkelin avoimen ammattikorkeakoulun koulutustarjontaa. Markkinointi ei siis keskittyisi nimenomaan liimaliitoskoulutusta tarjoavaan opintojaksoon, vaan sitä markkinoitaisiin samalla tavoin kuin muutakin koulutustarjontaa verkon, printtimedian ja messujen kautta. Mikäli koulutusta haluttaisiin nostaa erityisesti esiin muusta koulutustarjonnasta, olisi se koulutusta tarjoavan laitoksen, eli ET-aitoksen, tehtävä. Tällöin mahdollisuutena on tehdä markkinointia varten esimerkiksi erillinen mainosflyer, jota voidaan jakaa messuilla, oppilaitosvierailuilla, ja muissa vastaavissa yhteyksissä.

Teollisuuden suunnattujen kurssien markkinoinnissa ehkä parhaimpia kanavia on hyvin hoidetut henkilökohtaiset ammattikontaktit, joiden kautta voidaan kutsua osanottajia kurseille. Kurssin ollessa asiakkaan tarpeita vastaava sen maine leviää liimaliitoksien kanssa tekemisissä olevan ammattiryhmän keskuudessa. Kokemuksen pohjalta voidaan todeta, että hyvin tehty yhteistyö asiakkaiden kanssa on yksi parhaista markkinointikeinoista. Lisäksi markkinoinnissa on hyvä tehdä yhteistyötä liimanvalmistajien ja -toimittajien kanssa. Liimatoimittajien yhteydet teollisuuden ovat luonnollisesti kiinteät ja he voivat mahdollisesti mainita kurseista omissa yhteyksissään, mikäli näin hyväksii kokevat. Tämä vaatii tietysti molemminpuolista luottamusta. Liimatoimittajien etuna on myös saada tasokasta liimaustekniikan koulutusta Suomeen, koska sitä kautta liimojen kysyntä voi kasvaa pitkällä aikavälillä. Fokusoitua omien kontaktien ulkopuolista asiakaskuntaa on mahdollista tavoittaa ammattilehdissä, kuten esimerkiksi Ohutlevy, Metallitekniikka ja MuoviPlast, julkaistavien ilmoitusten kautta.

## 8. Tulokset ja yhteenveto

Selvityksen mukaan pätevoittävän koulutuksen järjestäminen Suomessa on mahdollista ja siihen osalla yrityksistä myös mielenkiintoa. Tällä hetkellä raideliikennepuolella pätevoittävä koulutus alkaa olemaan vaatimus johtuen alalla vaikuttavasta DIN 6701-2 laatujärjestelmästandardista. Alan suurimmat kansainväliset toimijat soveltavat standardia toiminnassaan ja siten se asettaa paineita alan alihankkijoille myös Suomessa. Tulevaisuudessa raideliikennealalla pätevoittävän koulutuksen tarve ei ainakaan vähene, koska DIN-standardia ollaan laajentamassa EN-standardiksi lähivuosina. Suomessa pätevoittävän koulutuksen tarve ja kysyntä koskee tällä hetkellä pääasiassa raideliikennealaa ja pätevoitymiskoulutusta onkin käyty alan yrityksistä IFAM Fraunhofer – instituutissa. Muilla teollisuuden aloilla pätevoitymiselle ei ole ollut suurta kysyntää. Näin ollen rajallisesta kysynnästä johtuen pätevoitymiskoulutus olisi järkevintä aloittaa ns. in-house-kurssimuotoisena, koska tällöin taloudelliset riskit olisivat pienet sekä samalla muodostuisi kuva pätevoitymisen jatkuvasta koulutustarpeesta. Myöhemmin toimintaa on mahdollista laajentaa tarpeen vaatiessa itsenäisempään toimintaan, jos resurssit sallivat. Pätevoitymiskoulutusta on mahdollista kehittää ostettavasta in-house-kursseista kumppanuusohjelmaan, jossa koulutus pidetään pääasiassa kumppanin toimesta, mutta IFAM:n toimiessa virallisesti ATB:nä ja DVS ANB:nä. Kumppanuusohjelmassa IFAM valvoo ja haluaa olla luonnollisesti vakuuttunut kumppanin tiedollisista ja taidollisista valmiuksista. Myös kumppanin on sitouduttava ohjelmaan, mikä vaatii sekä taloudellisia että resurssipanostuksia. Tilanne, jossa Suomessa toimittaisiin täysin itsenäisesti, eli sekä ATB että ANB status olisi Suomessa, on tällä hetkellä epätodennäköinen. Laaja ja intensiivinen toiminta pätevoitymiskoulutuksessa vaatii jatkuvuutta, jotta se olisi kannattavaa.

Teollisuuden teknologia- ja koulutustarvekartoituksen perusteella liimaliitosten käyttö Suomessa on hyvin moninaista. Yritysten välillä on myös suuria eroja liimausprosessien laadunvalvonnassa. Monissa yrityksissä tuotekehitysvaiheessa kehitetään ja testataan liimaliitoksia, mutta tuotannon aikana ei välttämättä ole merkittävää laadunvalvontaa. Osassa yrityksissä tuotannon aikainen laadunvalvonta testeineen kuuluu päivittäiseen toimintaan. Hybridiliimaliitosten käyttö on Suomessa hyvin monimuotoista ja näin ollen myös käytettävät materiaalit ja menetelmät vaihtelevat. Tämä asettaa haasteita

koulutuksen järjestämiselle, mutta kyselyjen mukaan suurin koulutustarve olisi liimausteknologian perustietämyksessä liittyen adheesioon, liimausteknologioiden käyttöön, esikäsittelyihin, olosuhdekestävyyteen ja testaukseen. Pätevä koulutus ja kertauskurssit herättivät joissain yrityksissä kiinnostusta, mutta suurin osa määritteli koulutuksen tarpeensa lyhyiksi perusasioita käsitteleviksi kurseiksi. Tällä hetkellä liimaustekninen kehitystyö tapahtuu yhteistyössä liimatoimittajien kanssa, ja koulutus on osa asiakkaan kanssa käytävää yhteistyötä. Vastanneista yrityksistä hybridiliitosten puolella  $\frac{3}{4}$  oli kiinnostunut ainakin jossain määrin liimausteknisestä koulutuksesta, jos sitä olisi olemassa. Yritykset kuitenkin kokivat, että heillä olisi selvästi tarvetta syvällisempään liimausalan koulutukseen.

Hankkeessa suunniteltiin oppilaitoksissa toteutettavaa koulutusta alkaen yksittäisestä liimaustekniikan kurssista laajempaan moduuliin. Laajemmassa liimaustekniikan opintomodulissa voidaan myös lukea osittain hyväksi Esedulla mahdollisesti järjestettävää liimaajan kurssia. Avoimen AMK:n ja teollisuuteen suunnattavissa kurseissa voidaan käyttää hyväksi samaa kurssirakennetta ja materiaalia, mutta toteutustapa ja opetuksen painotus on valittava kohderyhmän mukaisesti. Yrityksistä tulleet osallistujat ovat ammattilaisia ja heidän opetuksessaan on keskityttävä enemmän liimaustekniikan teorian oleellisiin kohtiin sekä suunnittelijan työssä tarvittaviin asiakokonaisuuksiin. Avoimessa AMK:ssa kohderyhmä on todennäköisesti kokemattomampaa ja siten opetuksessa on hyvä painottaa enemmän liimausteknologian teoretietoa käytännön suunnitteluvalmiuksien sijaan. Opintosuunnitelmassa on tarkoitus aloittaa ensisijaisesti erillisellä 5 op. liimaustekniikan kurssilla, joka kuuluu liitostekniikat-opintomoduliin. Myöhemmin liimaustekniikan opetusta on mahdollista laajentaa omaksi 15 opintopisteen liimaustekniikan opintomoduliksi, jossa on enemmän aikaa ja mahdollisuuksia paneutua liimaaja-tasosta aina teollisuudessa tehtäviin erikoistoihin. Liimaaja-tason opintoja on myös mahdollista lukea hyväksi, jos on esimerkiksi suorittanut liimaaja-tason kurssin Esedussa.

Selvityksen mukaan Suomessa ei ole tarjolla teollisuuden suunnattua tai teollisten liimaliitoksien suunnitteluun suuntautuvaa laajamittaista opetusta hybridiliimaliitostekniikan puolella. Puutekniikan puolella on tarjolla koulutusta AMK- ja yliopistotasolla, joskin opetusohjelmia on kansallisella tasolla vähennetty viime vuosina. Hankkeen selvityksen pohjalta liimaustekniikan opetusta on mahdollista kehittää Etelä-Savossa siten, että se tarjoaa alan kärkitason koulutusta kansallisesti. Liimaliitostekninen koulutus on järkevää suunnata liitoksiin, joka rajataan tässä tapauksessa käsittämään esimerkiksi metalleja, muoveja, lujitemuoveja, lasia, jne. Mamkissa on tehty useita vuosia komposiittialan ja liimausteknologian tutkimustyötä teollisuuden suunnatuissa projekteissa. Tutkimustoiminnasta saadun osaamisen kartuttua ja tulevan EAE-pätevyitysmiskoulutuksesta saadun tietotaidon pohjalta on mahdollista saada kehitettyä kansallisesti laadukasta liimaustekniikan opetusta suunnattuna useille kohderyhmille sekä jatkaa syvällisemmin teollista tutkimustoimintaa.

## LÄHTEET

1. Quintino et al.: European harmonised system for training and qualification of adhesive bonding personnel. Applied Adhesion Science 2013 1:2.
2. Puhelu 15.2.2013 SHY, Esa Tikka.
3. Quintino L, Ferraz R, Fernandes I (2008) International education qualification and certification systems in welding. Welding World. 52:1
4. Puhelu 27.2.2014 Trafi, erityisasiantuntija Ville Veikko Savolainen.
5. Vierailu IFAM Fraunhofer instituutti 11.3.2014, keskustelu Erik Meiß kanssa.
6. IFAM Fraunhofer-instituutin internetsivut
7. DIN 6701-2 Use of adhesive bonding in the manufacture of rail vehicles and parts of rail vehicles, Part 2: Qualification of user-companies, quality assurance
8. Keskustelut Henkel Norden Oy, Harri Jänkäväära
9. Keskustelut Sika Finland Oy, Jukka Jaakola
10. Keskustelut Kiilto Oy, Tero Mäkinen
11. Keskustelut Suomen 3M Oy, Harry Egeberg
12. ASC ASTM/ISO Adhesive Test Standard Comparison Study (ASTM D-14 focus). ASTM - ISO Standards Comparative Guide. The Adhesive and Sealant Council, Inc. 2006
13. EOTA:n internetsivut: <http://www.eota.eu/en-GB/content/etags-used-as-ead/26/>
14. Puuproffa –internet sivut, palvelun ylläpitäjä Pro Puu ry. [http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com\\_content&task=view&id=82&Itemid=106](http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com_content&task=view&id=82&Itemid=106)
15. Auvinen, Isomäki, Koponen, Saimovaara, Tiainen, Tolvanen. 2002. Puutuoteteollisuus 3. Puusepänteollisuus. Opetushallitus.
16. RT-21-10978. Puutavara. Sahattu, höylätty ja jatkojalosteet.
17. Isomäki, Koponen, Nummela, Suomi-Lindberg. 2008. Puutuoteteollisuus 2. Raaka-aineet ja Aihiot. Opetushallitus.

18. SFS-EN 204:en Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications.
19. Tero Mäkinen, Kiilto Oy. Haastattelu 4.3.2014
20. Teppo Vienamo, Sanna Nykänen. 2014. Liimaus. <http://www.muovi-muotoilu.fi/content>
21. Jouni Rainio, Momentive Specialty Chemicals. Haastattelu 14.1.2014
22. Koponen. 2008. Puutuoteteollisuus 4. Puulevytuotanto. Opetushallitus.
23. UPM Kymmene, Pelloksen tehtaas. Haastattelu 28.4.2014
24. Vanerikäsikirja. 2006. Metsäteollisuus ry.
25. Puutuotteet. <http://www.woodproducts.fi/fi/content/puulevyt-1>
26. Metsäteollisuuden tietopalvelu. Metsäteollisuus ry. <http://www2.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu2/Tilastokuviot/levyteollisuus/Forms/AllItems.aspx>
27. Liimapuukäsikirja. [http://www.liimapuuteollisuus.fi/liimapuu/?\\_\\_EVIA\\_WYSIWYG\\_FILE=28189&name=file](http://www.liimapuuteollisuus.fi/liimapuu/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=28189&name=file).
28. Pölkky Oy, Kuusamo. Haastattelu 14.4.2014
29. Suomen Liimapuuyhdistys ry. <http://www.liimapuu.fi/>
30. SIT 26-610037 ohjetiedosto: Puulevyt. (2006). Rakennustieto.
31. <http://www.clt.info>
32. Virepuu Oy, Kangasniemi. Vierailu 13.5.2014
33. Jeld-Wen Internet-sivut. [http://www.jeld-wen.fi/ammattilaiset/tekni-set\\_tiedot/aani\\_ja\\_paloluokitukset\\_ammattilaiset/](http://www.jeld-wen.fi/ammattilaiset/tekni-set_tiedot/aani_ja_paloluokitukset_ammattilaiset/)
34. Saajos Oy, Haastattelu 14.4.2014
35. Hovinikkarit, Kangasniemi. Vierailu 13.5.2014
36. Paroc Oy, Parainen. Vierailu 23.4.2014
37. Paroc Panel System Oy Ab internet-sivut
38. Ammattiopisto Lappia, Kemi. Internet-sivut osoitteessa: <http://www.lappia.fi/news/CLT-osaamiskeskus-avataan-Kemissa-/452kvltx/8efd62a9-e585-4b19-a489-d0b65c3355f0>



39. Puurakenteisten elementtien CE-merkinnän tilanne. <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/tiedotteet/puuelementteja-saamyda-ja-kayttaa-ilman-ce-merkintaa-172013-jalkeenkin/puuelementtience-merkinta29052013.pdf>
40. Tiedote 28.1.2014. [www.koskisen.fi](http://www.koskisen.fi) ja haastattelu koulutuspäällikkö Juha Mouhijärvi 11.2.2014
41. Aalto –yliopiston internet-sivut
42. Puhelu Aalto –yliopisto, Timo Brander, puhelu 19.5.2014
43. Oulun yliopiston internet-sivut
44. Oulun yliopisto, professori Osmo Hormi, puhelu 17.4.2014
45. AEL:n internet-sivut. [www.ael.fi](http://www.ael.fi)
46. Palmén M., Penttinen H., Partanen J., Kononen H., Kanerva R., Vahter A. Vaarallisten ke-mikaalien varastointi. Turvallisuus ja kemikaalivirasto TUKES, 2013. [http://www.tukes.fi/Tiedostot/kemikaalit\\_kaasu/Vaarallisten\\_kemikaalien\\_varastointi.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/kemikaalit_kaasu/Vaarallisten_kemikaalien_varastointi.pdf)
47. Henkel Norden Oy:n internet-sivut
48. Esedu pedagoginen ohjelma
49. Foredata Oy selvitys ammatillisten osaamistarpeiden ennakoitimmalleista
50. Reetta Hirsimäki, Sari Paasonen Ammatillisen peruskoulutuksen ja ammattikorkeakoulun tekniikan alan opetuksen mahdollisuuksia ja haasteita
51. Pekka Orava keskustelu 22.5.2014
52. TAMK koulutusviennin selvityshanke
53. [pienyrittajakeskus.aalto.fi](http://pienyrittajakeskus.aalto.fi) / eu-projektit
54. OPH arvioinnin opas

