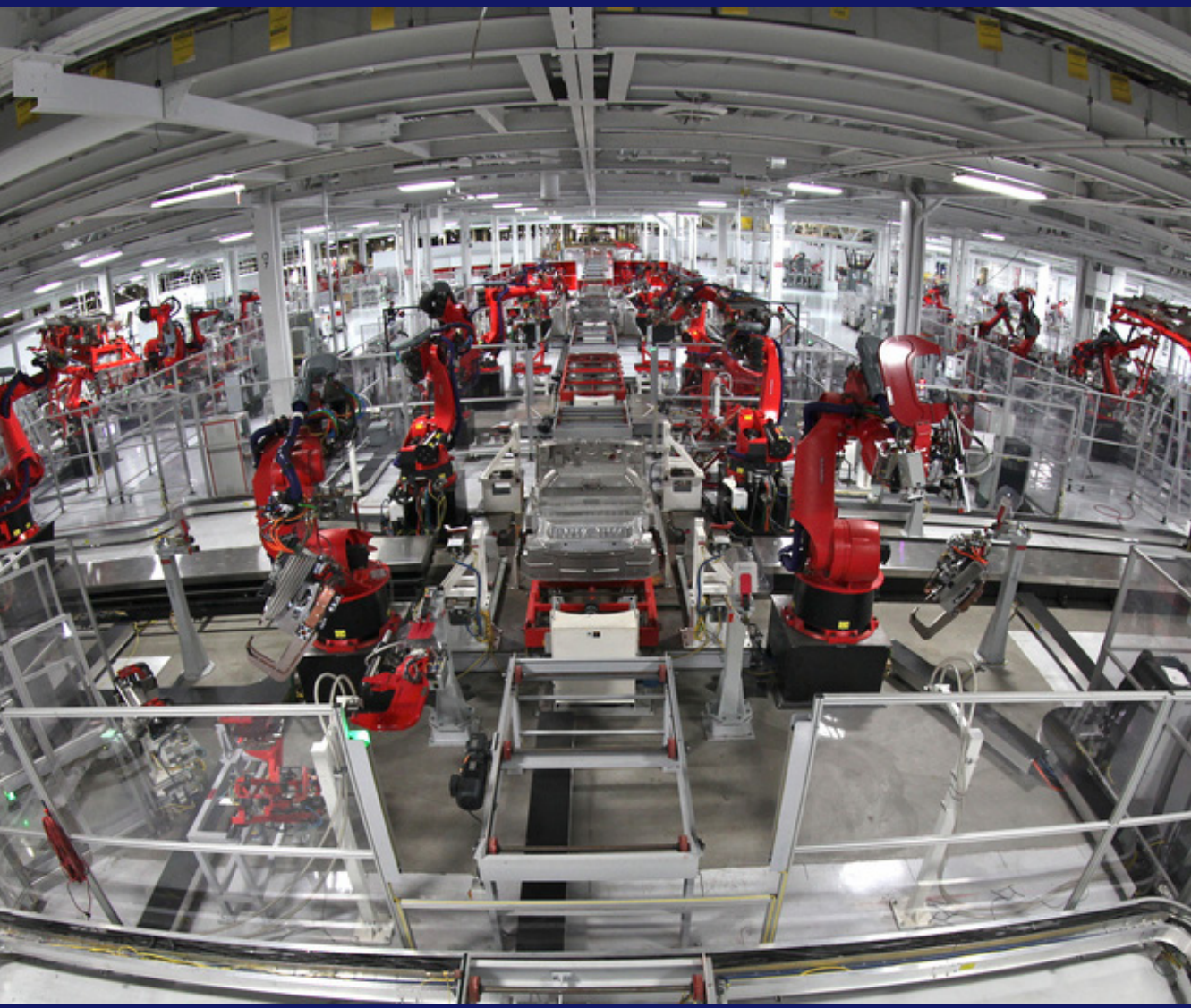


JYRI PÖTRY (TOIM.)

# KOMEET - KONE- JA METALLITEKNIIKAN OSAAMISVERKOSTO

LOPPURAPORTTI



POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU

Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun julkaisuja  
C:67

**KOME – KONE- JA METALLITEKNIIKAN  
OSAAMISVERKOSTO**

Loppuraportti

Jyri Pötry (toim.)

POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU  
2012

Julkaisusarja	C:67
Julkaisusarjan vastaava toimittaja	Anna Liisa Westman
Kansikuva	Steve Jurvetson
Taitto	Kaisa Varis

© Tekijät ja Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.

ISBN 978-952-275-037-2  
ISSN 1797-3856

Joensuu 2012

Julkaisumyynti	Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu julkaisut@pkamk.fi <a href="http://www.tahtijulkaisut.net">http://www.tahtijulkaisut.net</a>
----------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## SISÄLLYS

ALKUSANAT.....	5
KONE- JA METALLITEKNIIKAN OSAAMIS- JA KOULUTUSVERKOSTO.....	6
Jyri Pötry	
KONE-JAMETALLITEOLLISUUDEN NÄKYMIÄ.....	8
Timo Korhonen	
VERKOSTOITUNUT PROJEKTIOPPIMINEN.....	13
Jarno Mertanen, Veijo Kurri, Mikko Partanen, Jyri Pötry, Jukka Tulonen, Kari Mönkkönen	
KEHITTYVÄ AMMATILLINEN KOULUTUS.....	35
Veijo Kurri	
LEAN-OPPEJA SAKSASTA.....	42
Jyri Pötry ja Jarno Mertanen	
LUJUUSLASKENTAPALVELUT YRITYKSILLE.....	55
Lauri Turunen	

## ALKUSANAT

Tämä julkaisu on tuloksena ESR-rahoitetusta hankkeesta nimeltä Kone- ja metallitekniikan osaamis- ja koulutusverkosto. Hanke toteutettiin vuosina 2010-2012 yhteistyössä Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun (PKAMK), Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän (PKKY) sekä kumppaniyritysten Feteco Oy, Kesla Oyj, MTM Connections Oy sekä Pentin Paja Oy kesken. Aktiivisesti hankkeeseen osallistuivat lisäksi Abloy Oy, John Deere Forestry Oy, Medisize Oy MFG Components Oy, Ouneva Oy sekä Waratah OM Oy. Rahoituksesta vastasivat Pohjois-Karjalan Ely-keskus, Josek Oy, PKAMK sekä PKKY. Kiitämme kaikkia hyvähenkisistä ja ammattitaitoisesta yhteistyöstä!

Julkaisun ensimmäisessä artikkelissa esitellään lyhyesti hankkeen tausta. Seuraavissa artikkeleissa hahmotellaan kone- ja metalliteollisuuden tulevaisuutta, käydään kattavasti läpi verkostoituneita oppimisprojekteja, katsotaan maailmaa toisen asteen koulutuksen näkökulmasta, kerrotaan kansainvälisiä terveisiä sekä kuvataan yritysten tuotekehitystoimintoja ja opetusta tukeva venymäliuskamittauslaboratorio.

Tekijät

# KONE- JA METALLITEKNIIKAN OSAAMIS- JA KOULUTUSVERKOSTO

*Jyri Pörry*, projektipäällikkö,  
Komee-hanke, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

Konetekniikka on tekniikan ala, jonka käytännölliseen soveltamiseen monen teollisuudenalan liiketoiminta perustuu. Erityisesti kone-, metalli-, rakennus- ja kuljetusvälineeteollisuus, sähkö-, elektroniikka- ja tietoliikenneteollisuus sekä paperi- ja selluteollisuus tarvitsevat korkeatasoista kone- ja energiateknistä tietoa ja taitoa ja asettavat vaatimuksia konetekniikan huippuosajien koulutukseen. Tämän päivän konetekniikkaan kuuluvat yhtä läheisesti niin liikennevälineet, paperikoneet, robotit kuin työstökoneetkin. Konetekniset vaatimukset ja mekaanisen tarkkuuden kehittyminen sekä kansainvälisessä kilpailussa menestyminen edellyttävät jatkuvaa tutkimus- ja kehitystyötä sekä osaamisen kehittämistä. Konetekniikan aseman nähdään parantuneen varsinkin perinteisten alojen yleisen arvostuksen kasvettua 1990-luvun loppupuolen ns. IT- buumin mentyä ohi. Teollisuuden kiinnostus konetekniikan osaajiin on ollut kasvavaa ja alalta valmistuneet opiskelijat työllistyvät hyvin. Teknologiateollisuuden liiton mukaan teknologiateollisuus tarvitsee vuosittain yli 1300 uutta ammattiosajaa kone- ja metallialalle lähivuosien aikana (tieto vuodelta 2010). Toimialan yleistilannetta hahmotellaan tarkemmin seuraavassa artikkelissa.

Kone- ja metallitekniikan osaamis- ja koulutusverkosto-hankkeen (Komee-hanke) tarkoituksena oli yksinkertaistaen sanottuna alan koulutuksen modernisointi. Kysymys oli lopulta vain kahdesta, kolmesta asiasta: tietotaidon päivittämisestä, pulpettien hylkäämisestä ja ikkunoiden avaamisesta ympäröivään maailmaan. Hankekielellä sanottuna päätavoitteena oli luoda innovatiivinen kone- ja metallitekniikan tutkimus- ja kehitysympäristö, joka palvelee elinkeinoelämää ja oppilaitoksia vahvistamalla osaamisrakenteita ja toimintaympäristöä. Tämä puolestaan tarkoitti, että osatavoitteina oli:

- kehittää yrityksille tarjottavia koulutus- ja laboratoriopalveluja sekä tutkimus- ja tuotekehityspalveluja
- lisätä osaamisen ja teknologian siirtoa verkottamalla tiiviimmin alueellisesti, kansallisesti ja kansainvälisesti
- edistää tutkimustulosten kaupallistamista
- saattaa alan opettajien ja henkilöstön tietotaito ja osaaminen vastaamaan työelämän tulevaisuuden tarpeisiin
- parantaa konetekniikan työpaikkojen sekä koulutuksen imagoa ja houkuttelevuutta
- kehittää ammattikorkeakoulun ja ammattiopiston yhteistyötä johtavien tutkimuslaitosten kanssa.

Hanke toteutettiin Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun sekä Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän ammattiopiston yhteistyönä päättyen kesäkuussa 2012. Toteutukseen osallistui myös suuri joukko teollisuusyrityksiä sekä muita oppi- ja tutkimuslaitoksia, joista mainittakoon ainakin Savonia-ammattikorkeakoulu sekä Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto. Voidaan todeta, että paljon on ehditty tekemään ja oppimaan, mutta tekemistä löytyy yllin kyllin myös tuleville vuosille. Tärkeimpänä tuloksena voidaan pitää yritysten, ammattiopiston sekä ammattikorkeakoulun yhteisiä oppimisprojekteja. Tämä uusi, pohjoiskarjalainen oppimismalli osoittautui toimivaksi ja uraauurtavaksi. Tästä ja paljosta muustakin voit lukea seuraavista yhteisvoimin kirjoitetuista artikkeleista.

# KONE- JA METALLITEOLLISUUDEN NÄKYMIÄ

*Timo Korhonen, Ins. (YAMK),*  
artikkeli perustuu kirjoittajan opinnäytetyöhön

Pohjois-Karjalassa on koko elinkeinoelämän ja erityisesti teollisuuden kannalta vahva, perinteikäs ja vientivetoinen kone- ja metalliteollisuus. Koko vuoden liikevaihto v. 2010 ylitti 780 miljoonaa euroa (v. 2009 se oli 513 miljoonaa euroa) ja viennin kokonaisarvo oli toimialalla lähes 326 miljoonaa euroa (Pohjois-Karjalan ELY-keskus 2011, 6). Vuonna 2011 alan liikevaihto sekä vienti kasvoivat vielä lähes 14 prosenttia vuoden 2010 lukuihin verrattuna. Erityisenä vahvuutena voidaan pitää globaalisti toimivia veturiyrityksiä kuten Abloy Oy, John Deere Forestry Oy, Kesla Oyj, Mantsinen Oy tai Outotec Oyj.

Kone- ja metalliteollisuus on maakunnassa merkittävässä ja tärkeässä asemassa osana pohjoiskarjalaista teknologiateollisuutta sekä myös osana muovi-metalliklusteria. Maakunnan kone- ja metalliteollisuudella on selvä kytkentä maakunnan toiseen vahvaan veturiin metsäteollisuuteen (metsäkoneet ja -laitteet) ja sitä kautta koko metsäklusteriin. Puunkorjuusektorin koneenrakennusosaaminen ja sen ympärille muodostunut osaamisverkosto on tässä merkittävässä asemassa. Kyseisen toimialan tilauskannat olivat vuonna 2011 ennätyskallista korkeat.

Valtaosa maakunnan suurimmista ja merkittävimmistä alan yrityksistä toimii Joensuussa tai sen läheisyydessä. Joensuun seudun hyvinvointi tulee pitkälti menestyvistä vientiyrityksistä (Pohjois-Karjalan ELY-keskus 2011, 4). Näitä yrityksiä ovat mm. edellä mainitut veturiyritykset sekä näiden yritysten yhteistyö- ja alihankintayrityksistä niin Joensuun seudulla kuin maakunnan muissakin seutukunnissa. Toimialakohtaisesti tarkastellen eniten yrityksiä on metallituotteiden valmistuksessa (TOL 25), jossa niitä on n. 120. Koneiden ja laitteiden valmistuksessa (TOL 28), joka on huomattavasti korkeamman jalostusasteen ja suurimman liikevaihdon omaava toimialaluokka, yritysten tai toimipaikkojen lukumäärä on n. 50.

Kone- ja metalliala on maakunnassa merkittävä työllistäjä. Vuoden 2010 lopussa alalla työskenteli n. 4600 henkilöä, joista Joensuun seutukunnassa työskenteli n. 4000 työntekijää. Tilastollisesti toimialoista työllistivät eniten metallien jalostus (TOL 24) ja metallituotteiden valmistus (TOL 25). Näillä toimialoilla maakunnassa työskenteli saman vuoden lopussa n. 2400 työntekijää, joista Joensuun seutukunnassa työskenteli todella merkittävä osa (lähes 90 prosenttia). Näistä huomattava osa työskenteli yhden suuren työnantajan (Abloy) palveluksessa. Vuonna 2011 ala työllisti n. 4700 henkilöä.



## Pohjois-Karjalan teolliset työpaikat



*Kuvio 1. Teolliset työpaikat Pohjois-Karjalassa. (Pohjois-Karjalan maaakuntaliiton teollisuusyritysrekisteri)*

Vuoden 2008 syksy ja siitä alkanut taantuma osoitti selvästi, että Pohjois-Karjalan talous on kytkeytynyt tällä hetkellä hyvin tiiviisti globaaliin talouskehitykseen (kuvio 1). Maakunnan kone- ja metalliala on osittain liian alihankintapainotteinen. Se on osin riippuvainen maakunnan globaalisti toimivien veturiyritysten strategisista päätöksistä sekä mahdollista muutoksista niiden liiketoiminnoissa. Merkittävää on myös se, miten nämä jo aiemmin mainitut veturiyritykset menestyvät tulevaisuudessa globaaleilla markkinoilla. Merkittävää on myös se, että miten ne onnistuvat uusien tuotteiden ja palveluiden innovoinnissa ja millainen kyseisten yritysten tuotteiden ja palveluiden kysyntä tulevaisuudessa on.

Tärkeitä toimenpiteitä alan kilpailukyvyyn turvaamiseksi olisivat kansainvälistyminen, verkostoitumisen lisääminen ja alihankinnan painopisteen vähentäminen sekä pyrkiminen omiin tuotteisiin. Verkostoituminen on eräs merkittävä keino yrityksille alihankintapainotteisen liiketoiminnan kehittämiseen ja laajentamiseen omien tuotteiden, palveluliiketoimintojen ja ratkaisujen toimittamiseen ja tuottamiseen. Verkostoituminen mahdollistaa myös toiminnan kansainvälistymisen. Verkostoitumisen kehitystä vauhdittaa talouden globalisoituminen ja uusien teknologioiden tarjoamat mahdollisuudet. Omien tuotteiden tuottamisen lisäksi yritysten tulisi kehittää ja uudistaa liiketoimintaansa palvelu- ja ratkaisuliiketoimintojen suuntaan (Peltomaa & Lautanen 2010, 16). Tämä tarkoittaa sitä, että yrityksillä pitäisi omien tuotteidensa lisäksi olla varaosa- ja huoltopalveluita, asennuspalveluita, teknistä tukea ja -neuvontaa.

## Tulevaisuuden näkymät

Alan tulevaisuus maakunnassa näyttää melko hyvältä ja positiiviselta. Esimerkiksi Abloyn viimeaikaiset keskittämistoimenpiteet Joensuun tehtaalle ovat hyvä signaali yrityksen tulevaisuutta ajatellen maakunnassa. Lisäksi John Deere Forestry investoi merkittävästi Joensuun yksikköön, jolloin tuotantotilat kasvavat 1500 neliöllä ja valmistuskapasiteetti nousee n. 40 prosenttia (YLE Pohjois-Karjala 2012). Nämä ovat erittäin hyviä ja positiivisia signaaleja ajatellen koko maakunnan kone- ja metallialan tulevaisuutta.

Kone- ja metallialan tulevaisuuden kannalta yhtä merkittävänä ennakoituina muutostekijöinä keskipitkällä aikavälillä voidaan pitää kolmea tekijää: 1) koko kone- ja metallialan nopeaa rakennemuutosta, 2) työvoiman eläköitymisestä aiheutuva pula osaavan ja koulutetun työvoiman saatavuudesta ja riittävydestä ja 3) alan yritystoiminnan jatkajien vaikeasta saatavuudesta tulevaisuudessa. Villiksi kortiksi voi muodostua kone- ja metallialan tuotantotehokkuuden parantaminen (alihankinnassa kiristynyt kilpailu).

Haasteena ja mahdollisuutena on myös pidettävä sitä, kuinka hyvin maakunnan yritykset pystyvät tulevaisuudessa alentamaan kohoavia työvoimakustannuksia sekä kompensoimaan työvoiman eläköitymistä esimerkiksi tehokkaiden ja nykyaikaisten automaattioratkaisujen avulla. Pohjoiskarjalaisilla yrityksillä voi olla yhtenä haasteena tulevaisuudessa logistisesta sijainnista koituvat lisäkustannukset (polttoaineiden kallistuminen). Näitä kustannuksia ei välttämättä saada siirrettyä lopullisiin asiakashiin-toihin, jolloin ne voivat heikentää yritysten kilpailukykyä niin kansainvälisesti kuin kansallisellakin tasolla. Tulevaisuudessa maakunnan kone- ja metalliteollisuus tarvitsee lisää globaaleilla markkinoilla toimivia veturiyrityksiä nykyisten rinnalle, koska maakunta tarvitsee vientituloja.

Bioenergiasta ja muista uusiutuvista energiamuodoista odotetaan tulevaisuudessa paljon. Osin jo nyt ja erityisesti lähitulevaisuudessa bioenergiaosaamiseen, eli sen tuottamiseen, korjauseen ja sen käsittelyyn tarvittavat teknologiat (käytettävät prosessit, koneet ja laitteet) voivat avata uusia mahdollisuuksia maakunnan osaavalle puunkorjusektorin koneenrakennusosaamiselle uusien innovaatioiden tuottamisessa. Myös maakunnassa jo olevan ja syntyvän kaivannaisteollisuuden tulevaisuuden näkymiä pidetään positiivisina. Näillä tullee olemaan myös positiivinen vaikutus maakunnan kone- ja metalliteollisuuteen.

Energian nykyinen melko voimakaskin kallistuminen voi heikentää merkittävästi alan yritysten kilpailukykyä. Erityisesti tämä heikentää runsaasti energiaa kuluttavan teollisuuden kannattavuutta kuten esimerkiksi metallinjalostus ja sen käyttävät tuotantoprosessit. Myös kone- ja metallialan yrityksissä ja niiden tuotantoprosesseissa (isot työstökoneet ja koneistuskeskukset, hitsaaminen, pintakäsittelyt, tuotantotilat) energiaosaaminen korostuu tulevaisuudessa. Bioenergiaosaamiseen (bioenergia ja biopolttoaineet) ja muihin uusiutuviin energiavaihtoehtoihin liittyvällä osaamisella pystytään mahdollisesti kompensoimaan ja pysäyttämään nykyinen öljysidonnainen kehityskulku.

## Ennakoidut osaamistarpeet kone- ja metallialalla Pohjois-Karjalassa

Osaamisen merkitys kasvaa tulevaisuudessa ja tämä asettaa uusia haasteita ja vaatimuksia koulutusorganisaatioille, opiskelijoille sekä alan yrityksille. Tähän on syynä se, että yritysten välinen kilpailu kiristyy globaalisti ja kansallisesti. Kilpailukyvyyn säilyttämiseksi yritysten pitää tehostaa liiketoimintaansa ja kehittää sitä monipuolisesti, mikä edellyttää monipuolista osaamista.

Osaamisen merkitys kasvaa eniten verrattuna nykytasoon keskipitkällä aikavälillä ympäristö- ja energiaosaamisessa (kestävä kehitys) ja niihin liittyvissä osaamistarpeissa. Lähes yhtä merkittäviä osaamisalueita ovat tutkimus-, (tuote)kehitys- ja innovaatio-osaaminen, vienti-, projektityö- ja kansainvälisyysosaaminen sekä tuotanto- ja laatuosaaminen (automaatio ja robotiikka) ja niihin liittyvät osaamistarpeet. Myös koneenrakennus-, suunnittelu- ja dokumentointiosaaminen, teknologia- ja valmistusosaaminen (CAD/CAM/CNC/hitsaus) sekä liiketoimintaosaaminen ja sen kehittäminen (myynti, logistiikka ja palveluliiketoiminta) ovat selvästi merkittäviä osaamisalueita tulevaisuudessa.

Tulevaisuuden kone- ja metallialan insinöörikoulutuksen suunnittelussa tulisi huomioida erityisesti ympäristö- ja energiaosaamiseen liittyvää osaamista ja opetusta nykyistä enemmän. Näiden opintojen sisällön tuottamisessa olisi tärkeää tehdä yhteistyötä alan yritysten, korkeakoulujen, muiden ammattikorkeakoulujen ja yliopistojen kanssa. Lisäksi verkko-oppimisympäristöt mahdollistavat ajasta ja paikasta riippumattoman oppimisen. Ne mahdollistavat myös opintokokonaisuuksien monipuolisen rakentamisen ja parhaan osaamisen sisällyttämisen niihin.

Tulevaisuuden insinöörikoulutuksen pitäisi antaa nykyistä paremmat valmiudet elinikäiseen oppimiseen. Elinikäisen oppimisen yksittäisinä avaintaitoina pidetään tulevaisuusajattelua ja kestävästä kehitystä. Tulevaisuudessa insinööriopetuksen ja opintojen työelämävastaavuuden kehittämisessä ja parantamisessa ovat merkittävässä osassa alan yritysten vastuu siitä, että tarjolla olisi riittävästi ja monipuolisesti harjoittelupaikkoja. Insinööriopiskelijoiden opintoihin keskeisenä osana kuuluvat työharjoittelu ja opinnäytetyö. Erityisesti ammattiaiaineiden opettajille olisi annettava mahdollisuudet ”työharjoittelujaksoihin” siten, että ne eivät rajoitu liikaa yhteen yritykseen. Näin voitaisiin taata mahdollisuus tutustua omaan alaan ja sen vaatimuksiin ja tietotaitojen ”päivittäminen”. Teoriapohjaisen koulutuksen tueksi pitäisi saada yhä enemmän käytännön harjoituksia. Näitä varten koulut ja yritykset voisivat tehdä enemmän yhteistyötä. Opiskelijoille tulisi tarjota mahdollisuuksia osallistua yritysten projekteihin.

Alan osaamistarpeiden ja osaamisalueiden laadullinen ja määrällinen tarkka ennakointi on vaikeaa, ellei jopa mahdotonta. Yritykset eivät itsekään pysty ennustamaan kovin pitkälle oman toimintaympäristönsä muutoksia tai markkinoissa mahdollisesti tapahtuvia muutoksia. Tulevaisuusorientoituneisuus sekä ennakoitukulttuurin vahvistaminen sekä myös yksityissektorin mukaan saaminen tähän työhön on tulevaisuudessa entistä tärkeämmässä osassa.

## Lähteet

- Pohjois-Karjalan ELY-keskus. 2011. Pohjois-Karjalan talouskatsaus 1/2011.  
Joensuu: Pohjois-Karjalan ELY-Keskus.
- Peltomaa, J. & Lautanen, T. 2010. Pohjois-Karjalan teknologiateollisuuden  
kehittämisohjelma 2015. Uusiutuva teknologiateollisuus. Julkaisu 131.  
Joensuu: Pohjois-Karjalan maakuntaliitto.
- YLE Pohjois-Karjala. 2012. John Deere laajentaa Joensuussa. [http://yle.fi/alueet/  
pohjois-karjala/2012/02/john\\_deere\\_laajentaa\\_joensuussa\\_3266816.html](http://yle.fi/alueet/pohjois-karjala/2012/02/john_deere_laajentaa_joensuussa_3266816.html).  
4.6.2012.

# VERKOSTOITUNUT PROJEKTIOPPIMINEN

*Jarno Mertanen*, tuntiopettaja  
Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

*Veijo Kurri*, lehtori  
Pohjois-Karjalan ammattiopisto

*Mikko Partanen*, projektiasiantuntija  
Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

*Jyri Pötry*, projektipäällikkö  
Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

*Jukka Tulonen*, tuntiopettaja  
Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

*Kari Mönkkönen*, yliopettaja  
Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

## CDIO-toimintamalli

CDIO-toimintamallin<sup>1</sup> tarkoituksena on tuottaa opetusta, jossa opiskelijalla on yhteiskunnan odotusten ja tarpeiden mukainen teoretieto ja käytännön osaaminen tasapainossa. Pää tavoitteena on luoda opiskelijalle syvä perusasioiden teknisen teoretiedon osaaminen, kyky kehittää tuotteita, prosesseja ja järjestelmiä, kyky johtaa suunnittelua ja käyttöä sekä ymmärrys tutkimuksen ja tuotekehityksen tärkeydestä yhteiskunnalle.

Teoretieto tulisi oppia alan oppilaitoksessa, koska työelämässä on harvoin aikaa ryhtyä opiskelemaan teoriaa ja asioiden ymmärtäminen voi olla haasteellista, ellei jopa mahdotonta ilman hyvää teoriapohjaa. Teknisten taitojen lisäksi insinöörin on ymmärrettävä yrityksen hallinta, markkinointia, tuottavuutta ym. pystyäkseen kehittämään tuotteita ja prosesseja. Johtamis- ja ihmissuhdetaidot ovat tarpeellisia tiimityöskentelyn lisääntyessä. (Putkiranta & Toivanen 2008, 16.)

Insinööri joutuu usein olemaan mukana useissa, ellei jopa kaikissa teknologian elinkaaren aikana tapahtuvissa prosesseissa. Määrittele - suunnittele - toteuta - ylläpidä on malli, joka kuvaa tuotteen koko elinkaarta. CDIO-toimintamallin mukaan teknologian elinkaari (taulukko 1) alkaa asiakkaan tarpeiden määrittelyllä ja niiden liittämällä mm. liiketoimintasuunnitelmaan ja konseptisuunnitteluun (Conceive). Tämän jälkeen suunnitellaan ja kuvataan, miten tuotteet ja prosessit implementoidaan (Design). Suunnittelun jälkeen tuotteet ja prosessit viedään tuotantoon (Implement) ja lopuksi keskitytään tuotteiden ja prosessien käyttöön niiden elinkaaren loppuun eli kierrätykseen tai uusiokäyttöön asti (Operate). CDIO sisältää teorian ja teknisen käytännön osaamisen lisäksi insinöörikoulutukselle kuuluvina asioina sosiaaliset taidot, liiketoimintaosaamisen, vastuun yhteiskunnallisista ja ympäristöllisistä asioista ym. (Putkiranta & Toivanen 2008, 16-18)

---

1 Conceive – Design – Implement – Operate, määrittele – suunnittele – toteuta – ylläpidä

Taulukko 1. CDIO:n elinkaarimalli: tuote, prosessi, projekti ja järjestelmä. (Putkiranta & Toivanen 2008, 17)

Conceive		Design		Implement		Operate	
Tehtävä	Konsepti-suunnittelu	Esisuunnittelu	Yksityiskohtainen suunnittelu	Tuotteiden luominen	Järjestelmien integrointi ja testaus	Elinkaaren tuki	Jatkokehitys
-Liiketoiminnan strategia -Teknologiastrategia -Asiakastarpeet -Tavoitteet -Kilpailijat -Toiminnan suunnittelu -Liiketoimintasuunnitelma	-Vaatimukset -Toiminnot -Konseptit -Teknologia -Arkkitehtuuri -Toimintaohjelmat -Markkina-asemointi -Ohjeistukset -Toimintasuunnitelmat -Sitoutuminen	-Vaatimusten toimeenpano -Mallien rakentaminen -Järjestelmä-analyysit -Järjestelmien levittäminen -Käyttöliittymien määrittäminen	-Tuotteiden suunnittelu -Vaatimusten tarkastus -Riski- ja muutosanalyysit -Suunnittelun validointi	-Valmistus -Ohjelmiston koodaus -Hankinta -Testaus -Tuotteiden jatkokehitys	-Järjestelmä-integraatiot -Järjestelmätestaus -Jatkokehitys -Sertifiointi -Käyttöönotto -Toimitukset	-Myynti & tilaukset -Tuotanto -Logistiikka -Asiakastuki -Ylläpito & huolto -Kierrätys -Päivitykset	-Järjestelmien jatkokehitys -Tuotepereiden laajennukset -Kierrätys & uudelleenkäsitely

CDIO:n visio sisältää kolme keskeistä lähtökohtaa:

- Koulutuksen tavoitteet perustuvat selkeästi määriteltyihin tavoitteisiin ja oppimistuloksiin, joiden määrittelyssä ja seurannassa sidosryhmät (työelämän edustajat) ovat vahvasti mukana.
- Oppimistulokset perustuvat järjestelmällisiin kokemuseräisiin oppimiskokemuksiin, joista osa pohjautuu työelämässä tehtäviin projekteihin ja työharjoitteluun.
- Opetuksen sisällön ja osaamisen tulee tukea työelämän vaatimuksia ja samalla tukeutua syvempien teknisten perustaitojen oppimiseen. (Putkiranta & Toivanen 2008, 18.)

CDIO-periaatteet on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. CDIO-periaatteet. (Tuohi & Saarenpää 2009, 11)

Ryhmä	Periaatteet
Perusfilosofia	1. CDIO viitekehysenä *
Opetussuunnitelmatyö	2. CDIO opetussuunnitelmien tavoitteet * 3. Integroidut opetussuunnitelmat * 4. Johdanto insinööriopintoihin
Suunnittele, toteuta, ja testaa -kokemukset ja oppimisympäristö	5. Suunnittele-toteuta-testaa -projekti * 6. CDIO oppimisympäristöt
Aktiiviset opetus- ja oppimismenetelmät	7. Integroitu oppiminen * 8. Aktiiviset opetus- ja oppimismenetelmät
Henkilöstön kehittäminen	9. Opettajien CDIO-taitojen kehittäminen * 10. Opettajien opetustaitojen kehittäminen
Arviointi	11. CDIO-taitojen arviointi * 12. CDIO-mallia soveltavan koulutusohjelman arviointi

Seuraavassa kerrotaan verkostoituneista projektiopinnoista, joissa CDIO:n pohjois-karjalaista sovellusta kehitettiin ja testattiin. Huomattavaa on, että kaikkiin vaiheisiin osallistui sekä alueen yrityksiä että opettajia ja opiskelijoita ammattikorkeakoululta sekä ammatti- ja aikuisopistoista.

## CAE-akatemia pioneerityö

Projektioppimista ei jouduttu rakentamaan tyhjästä. PKAMK:n muovitekniikan koulutusohjelmaan vuonna 2006 perustettu CAE-akatemia siihen liittyvine opiskelijaosuuskuntineen oli jo tehnyt pioneerityön. Toiminta lähti liikkeelle muovitekniikan valmistuvia insinöörejä palkanneille yrityksille tehdyn kyselyn seurauksena. Kyselystä ilmeni, että opiskelijoiden tekninen osaaminen oli hyvää mutta muut työelämätaidot jättivät toivomisen varaa. Toinen tekijä oli sekä opiskelijoiden että opettajien toive muutoksesta pois luokkahuoneopetuksesta.

Uutta oppimismallia lähdettiin etsimään keväällä 2005 Jyväskylän Tiimiakatemiasta. Tavoitteena oli motivoida opiskelijoita ja opettajia yhdessä oppimaan. Lisäksi pyrittiin nostamaan valmistuneiden insinöörien osaamistasoa tyypillisissä työtehtävissä ensimmäisessä työpaikassa. Nämä tehtävät pitävät sisällään esimerkiksi suunnittelua, valmistusta, tuotannosta vastaamista, hankintaa ja asiakaskontaktien hoitamista. Osalle opiskelijoista tulevat tutuiksi myös projektipäällikön tehtävät. Opiskelijoiden tulee myös osata yrityksen kaikki perustoiminnot tarjouksen tekemisestä laskutukseen.

Jyväskylän tiimiakatemiaan ja sen opetusmenetelmiin tutustuttiin kahteen kertaan vuonna 2005 sekä muovitekniikan opetus- ja projektihenkilöstön että opiskelijoiden voimin. Erityisen merkillepantavaa tiimiakatemiassa oli, että kulttuuri ja sen mukana tarinat kulkevat opiskelijoilta toisille. Jo toisen vuosikurssin opiskelijat pitivät akatemiaa omanaan ja vaikuttivat siltä kuin he olisivat olleet mukana jo alusta alkaen useita vuosia. Vierailujen jälkeen kokoonnuttiin keskustelemaan CAE-akatemia perustamisesta. Kaikki opiskelijat olivat valmiita ja innostuneita lähtemään mukaan projektiin.

Toiminta käynnistettiin ripeästi muovitekniikan koulutusohjelman kautta. Opiskelijajaosuuskunnan perustaminen seurasi syksyllä 2006. Sittemmin osuuskunta on toteuttanut menestyksellisesti useita vaativia muovituoteprojekteja, joiden yhteydessä opiskelijat ovat ”normaalien” insinööritaitojen lisäksi oppineet, kuinka yritys toimii.

CAE-akatemia toiminnan pohjalta voitiin jatkaa kohti verkostomaisia oppimisprojekteja, joissa valmistaminen tapahtuu ammattiopistolla.

## Ensimmäinen oppimisprojekti - case Feteco Oy

Ensimmäinen oppimisprojekti löytyi Joensuussa toimivalta Feteco Oy:ltä. Tehtäväksi määriteltiin alun perin valukappaleena valmistetun putkentaivutustyökalun suunnittelu uudelleen koneistettavaksi kappaleeksi. Koska työkalut ovat putkikokokohtaisia, mahdollisti projekti hyvin ns. insert-ajattelun eli muuttuvien osien vaihdettavuuden sekä valmistettavuuden ja asennettavuuden huomioimisen suunnittelussa.

Työkalu toimi pilottina mainiosti, sillä se toi hyvin esiin oppilaitosten yhteistyön vaatimat toimenpiteet ja niiden vaiheet, sekä paljasti ne yhdenmukaistamistoimet, joita koulujen yhteistyö vaati. Työ oli oppimisprojektina suurehko, mutta näin projektin aikana toteutettuna se mahdollisti yhteistyön useiden ammattioppilaitosten kanssa ja loi näin puitteet jatkoon onnistumiseksi.

Taivutustyökalu oli hyvin soveltuva suunnittelutyö insinööriopiskelijoille, ja työssä tuli hyvin esille tuotantokoneen ja putkentaivutuksen vaatimukset sekä valmistuksen ja suunnittelun yhteistyön merkitys. Ammattioppilaitosten koulutusta työkalun työkappaleet tukivat hyvin, toimien todellisina tyypillisinä työelämäntöitä vastaavina harjoituksina. Projektin toimeksiantajayritykseltä Feteco Oy:ltä projekti vaati paljon ohjeistusta, mutta lopputuloksesta on hyötyä niin koneen käytön joustavuuden lisääntymisenä, kuin verkostoitumisena oppilaitosten ja muiden osallisten kanssa.

### *Aloitus*

Työ alkoi PKAMK:n suunnittelutyönä, jossa opiskelijat yhteistyössä Feteco Oy:n kanssa määrittivät työn ja suorittivat suunnittelun. Suunnittelussa oli onnistuttu hyvin huomioimaan työkalun toiminnalliset vaatimukset, mutta jatkoon vaatimat valmistettavuus- ja vaihdettavuusajattelu oli jäänyt hiukan unohduksiin. Suunnittelukurssin lopussa työpiirustukset lähtivät valmistukseen puutteellisina ja osin valmistusteknisesti niin hankalina, ettei niitä voinut hyödyntää ammattioppilaitoksen opetuksessa. Projektin pilotin hetkellinen pysähtyminen toi esille yhteistyön vaatimukset ja seikkoja, jotka yrityksen ja oppilaitosten välillä on huomioitava, jotta projektityöt toimivat kaikille osapuolille opintoja tukevinä ja kehittävinä työelämän harjoituksina. Suunnitelmat korjattiin ja tehtiin osin uudelleen hankehenkilöstön voimin.

### *Oppilaitosten toiminnan yhteensovittaminen*

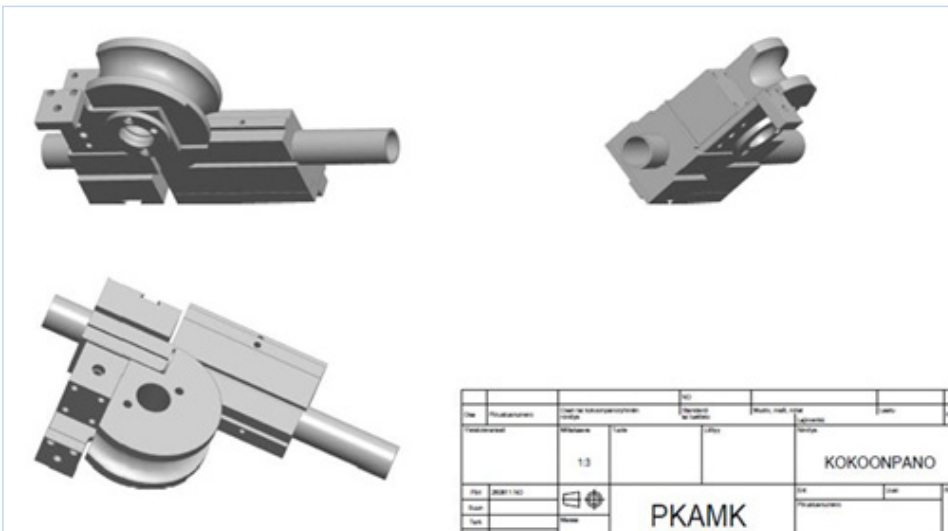
Suunnittelussa ja valmistuksessa oli löydettävä tapa huomioida eri oppilaitosten mahdollisuudet ja vaatimukset sekä toteutuksen ajoitukset. Hankkeessa kerättiin tiedot Pohjois-Karjalan kuntayhtymän konekannasta ja oppilaitosten kurssien sisällöstä sekä niiden tavoitteista. Nämä tiedot muodostivat omat ehtonsa PKAMK:n oppimisprojekteille. Tietojen perusteella voitiin myös määrittää ja kertoa toimeksiantajille, kuinka suunnittelu- ja valmistustyö tulevat ajoittumaan. Pilottiprojektissa saatiin testa-



tuksi PKAMK:n sekä PKKY:n ammatti- ja aikuisopiston yhteistoimintaa ja löydettiin puolin ja toisin uusia yhteistyökumppaneita.

### *Ratkaisun suunnittelu*

Alkuperäinen opiskelijaversio – vaikka oikein mitoitettu ja toimiva olikin - jouduttiin valmistusteknisistä ja taloudellisista syistä suunnittelemaan uudelleen (kuva 1). Tällöin huomattiin, että insinööriopiskelijoille on oleellista saada lisää tietoa valmistustekniikasta ja kiinnittää enemmän huomioita valmistuksen aloituspalaveriin ja yleensä valmistuksen palautteen hankkimiseen ja käyttöön. Lisäksi insinööriopinnoissa on varauduttava jatkosuunnitteluun vielä valmistuksen aikana, jotta esimerkiksi pieni unohdus mitoituksessa tai vastaava muutostarve ei valmistusta pysäytä. Projektityö on siis hyvin työelämän kaltaista jatkuvaa yhteistyötä. Havaitut puutteet olivat pitkälti yhteisten toimintatapojen ja yhteistyöverkon puuttumisesta johtuvia, sekä opintojen ajoituksesta johtuvia. Kokemusten pohjalta määriteltiin yhteistoiminnan tavat sekä oppimisprojektien ohjeistus opetushenkilökunnalle.



*Kuva 1. Ote kokoonpanokuvasta.*

Pilotti toi hienosti esille yhteistyön ja tiedon kulun merkityksen, joka tulee opiskelijoille vastaan työelämässä. Asiakkaan ja suunnittelun on yhdessä määritettävä halutut piirteet työlle. Aivan yhtä tärkeää on valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö, jotta kustannustehokkuus, valmistusystävällisyys ja aikataulut pysyisivät asiakkaan hyväksymissä rajoissa. Pilotissa huomattiin, että projektimainen työskentely on mahdollista toteuttaa kaikkia osapuolia hyödyttävästi. Oikea työelämästä saatu työtehtävä on paras mahdollinen harjoitus opiskelijoille; niin ammattikorkeakoululaisille kuin ammatti- ja aikuiskoulutusopiskelijoillekin. Lisäksi yritysten ja oppilaitosten henkilökunnan yhteistyö ja verkostoituminen pitää oppilaitokset mukana kehityksessä ja verkostoitumisen hyödyt tulevat myös opiskelijoille.

Hetkelliset vaikeudet toteutuksessa toivat ilmi samat puutteet, jotka ilmenevät työelämässäkin. Insinööriopiskelijoilla on haastetta oppia tekemään yhteistyötä ja huomioimaan valmistusta paremmin. Samoin valmistuksen on opiskeltava yhteistyötä suunnittelun kanssa. Molempien osaaminen yhdessä on tae asiakkaalle tarkoituksen mukaisesta tuotteesta. Lisäksi oppilaitoksessa on kiinnitettävä perusaineiden opetukseen uudella tavalla huomiota, kun teoria viedään projekteissa lopulliseksi tuotteeksi asti.

Opettajat tekivät oppimisprojektista seuraavanlaisia havaintoja:

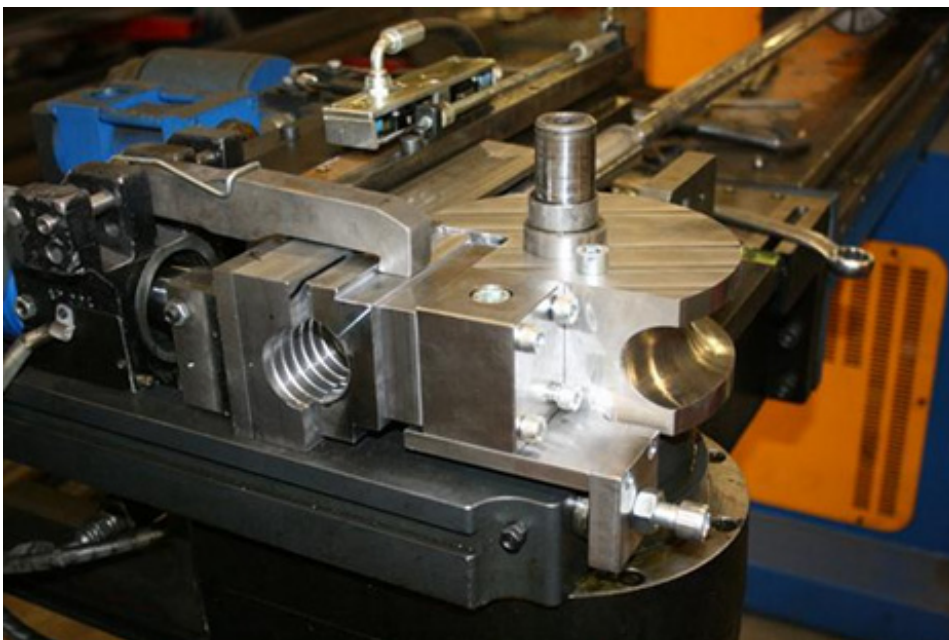
- opiskelijat ovat kiinnostuneita projektitoiminnasta
- yhteistyö opiskelijoiden kesken oli hyvää muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta
- opiskelijat olivat innokkaita, varsinkin alussa
- alussa saman projektin kimpussa oli liian suuri ryhmä, jatkossa tehtävät ja ryhmät saatiin pilkotuksi pienemmiksi
- tehtävien laajuus vaihteli
- opiskelijat eivät halunneet apua vaan tekivät itse
- kaikille oli selvää, että osien valmistus vaatii hyvät piirustukset
- dokumenttien välitys tässä ”modernissa” koulutuksessa tapahtui tikun välityksellä - dokumenttien ja/tai tuotetiedon hallinta puuttui
- tolerointi ja geometriset toleranssit eivät olleet hallussa
- tunnilla opiskelijat käyttivät paljon Inventor- ja Solidwork-suunnitteluohjelmia, vaikka niiden käyttöä ei PKAMK:ssa opeteta
- projektipäällikön (opiskelija) tehtävät olivat epäselvät, projektipäällikkö ei ollut osallistunut projektin ohjauksen kurssille
- yhteistyö oppilaitosten välillä vaatii hiomista aikataulun suhteen
- palautetta ei saatu opintojakson aikana osien valmistettavuudesta
- asiakas oli tyytyväinen yhteistyön alkamiseen, vaikka tulokset olivat vielä epäselvät

Opiskelijoilta saatiin vapaamuotoista palautetta:

- Projektitoimintaa ja yhteyksiä yrityksiin tarvitaan – hyvä päänavaus
- Heti alussa tarvitaan lista mitä tarvitsee tehdä (palauttaa), jotta opintojakso läpäistään
- Geometrisiä toleransseja olisi pitänyt käydä lävitse

## *Tulokset*

Ensimmäisen oppimisprojektipilotin konkreettinen tulos oli putkentaivutustyökalu 42 mm putkikoolle (kuva 2). Koska pilotti oli toteutettu insertteinä, voitiin koneen joustavuutta laajentaa valmistamalla pienin muutoksin työkalut myös 48 mm ja 20 mm putkille. Koska putkikokoja riittää, toimii pilotti hyvänä mallinnusharjoituksena insinööriopiskelijoille jatkossakin. Yhteistyötä suunnittelun ja valmistuksen välillä voi hienosäätää tutulla konseptilla.



*Kuva 2. Valmis prototyyppi koekäytössä. Kuva: Mikko Partanen.*

Ammattioppilaitokset saivat pilotista hyviä harjoitustöitä, jotka täyttävät useita oppimistavoitteita. Pilotissa on ainekset niin sorvaus-, jyrsintä- kuin hiontatekniikoille ja osa osista on valmistettavissa esim. joko sorvaamalla tai koneistamalla. Suunnittelu insertteinä mahdollistaa myös erikoistapauksiin spesiaaliosien valmistuksen.

## **Oppimisprojekti 2 - case Kesla Oyj**

Toinen oppimisprojekti saatiin Kesla Oyj:ltä. Toimeksianto käsitteli puutavaranostimen säänsuojahytin keventämistä. Hytti on nykyisellään kuvan 3 mukainen ja se on valmistettu teräksestä. Tavoitteeksi asetettiin hytin painon kevennys 100 kg:lla, joka tarkoittaa lisää kuljetuskapasiteettia kuorma-autoon. Tämä kapasiteetin lisää-

ys voi tuoda hyvän lisän auton elinkaaren aikana kuljetettavan materiaalin määrään. Käytännössä projektiin sisältyi varsin paljon erilaisten turvallisuusmääräysten tutkimista. Tämän jälkeen opiskelijat selvittivät, minkälaisiin kevennyksiin erilaisin materiaalivalinnoin päästään.

### *Opintojen eteneminen*

Projekti liitettiin PKAMK:n opintojaksoon ”Tuotekehitys II”, jonka laajuus oli neljä opintopistettä. Kurssille osallistui kahdeksan pääsääntöisesti kolmannen vuoden konetekniikan insinööriopiskelijaa. Aluksi käytiin katsomassa Kesla Oyj:n puutavarakuormaimen hyttejä ja niiden loppuasennusta, samalla tutustuttiin projektiopintojen tehtävään. Lisäksi saimme hytistä nykyisen 3D-CAD-tiedoston kokoonpanosta osineen.

Vierailun jälkeen valittiin yksi opiskelija projektipäälliköksi, joka hoiti jatkossa mm. kommunikoinnin yrityksen suuntaan ja koordinoi työtehtävien suorittamista opiskelijaryhmän sisällä. Itse tuotekehittelyn ja suunnittelutyön osalta suunnittelutyö jaettiin ryhmän sisällä pienempiin vastuualueisiin. 3D-mallin käsittely ja siirtäminen ohjelmien välillä oli ensimmäinen ja jo osalle opiskelijoista tuttuakin ongelmakohta, jonka ratkaisemisen jälkeen päästiin tutustumaan tarkemmin nykyiseen rakenteeseen. Pienen tuumauspalaverin jälkeen opiskelijaryhmä jakoi tehtäviä keskenään ja kurssin ajalle laadittiin aikataulu. Osa purki 3D-mallin tietoja auki, tutkien raaka-aineiden paksuuksia, painoja ja osien kokoja ja lukumääriä. Osa opiskelijoista ryhtyi etsimään mm. keveämpiä raaka-aineita ja näille mahdollisia liitosmenetelmiä. Haasteelliseksi koettiin kurssin kesto aika tammikuun alusta maaliskuun loppuun.

3D-mallin tutkimisen perusteella selvisi, että hytin rakenne oli oletettua mutkikkaampi. Toinen seikka, joka tuli esille tarkempia tietoja yritykseltä selvitettyä oli, että sääsuojahytillä on kuitenkin loppujen lopuksi lujuuksellisia vaatimuksia. Näiden perusteella opiskelijaryhmä päätti, ettei hytin lujuuteen vaikuttaviin runkorakenteisiin kannata aikataulun puitteissa puuttua. Painon säästökohteita ryhdyttiin etsimään muualta, vaihtamalla sopivien osien raaka-aineita, osien paksuuksia tai vähentämällä osia. Tämän päätöksen jälkeen etsittiin sopivia ratkaisuja ja päädyttiin korvaamaan tiettyjä teräsrakenteita ja -osia alumiinista valmistettuina, jotka voidaan helposti korvata nykyisestä rakenteesta. Päädyimme jakamaan hytistä osia suunniteltavaksi opiskelijoille: yhdelle ovi, toiselle katto, kolmannelle sivuseinälle jne. Näin jokaiselle jäi jokin hytin osuus jota työstää eteenpäin. Osa osista suunniteltiin toteutettavaksi kokonaan alumiinista ja osaan suunniteltiin peltiosien vaihtamista alumiinisiksi ja kiinnitettäväksi liimaamalla teräsrunkoon kiinni. Joitakin osia pohdittiin korvattavaksi jopa muovillakin. Lasien osalta suunniteltiin siirryttävän pleksin käyttöön, joka



*Kuva 3. Hytti.*

on kevyempää kuin tavallinen lasi. Kuvassa 4 ja taulukossa 3 on muutama esimerkki painonkevennyslaskemista ja -ehdotuksista.



Kuva 4. Etuoven ratkaisu.

Taulukko 3. Hytin painon kevennys kokonaisuudessaan.

Osa	Alkuperäispaino	Uusi paino
Etuovi	24,2 kg	14 kg
Sivuovi	38,4 kg	12 kg
Ulkokuoren osat	37,9 kg	13,2 kg
Katon osat	26 kg	21,5 kg
Pohjan osat	56,3 kg	44 kg
Sivulasi	7,3 kg	3,2 kg
Takalasi	5,4 kg	2,4 kg
<b>Yhteensä</b>	<b>195,5 kg</b>	<b>110,3 kg</b>

Suunnittelutyön lopuksi kerättiin yhteen kaikkien osien painon kevennykset ja tarkasteltiin millaiseen tulokseen päästiin. Saimme kevennettyä hyttiä suunnittelutyöllä noin 85 kg, jota voidaan pitää hyvänä tuloksena. Toki ihan tavoitteeseen eli 100 kg ei päästy. Suunnittelutyön tulokset käytiin esittelemässä yrityksen suunnittelijoille, joiden palautteen perustella opiskelijat löysivät mielenkiintoisia ratkaisuja joita on jatkossa käytännössä tutkittava paremmin. Opintojakson lopuksi koottiin siihen saakka kertyneet suunnittelutiedot ja dokumentit rakennekansioksi, joka luovutettiin toimeksiantajalle.

Opettajan kannalta projekti oli mielenkiintoinen. Opiskelijaryhmän koko kahdeksan henkilöä yhden projektityön parissa lähenteli maksimia. Muutamalla opiskelijalla oli välillä työstä pula. Jatkossa vastaavan projektiopinnon voisi suorittaa pie-

nemmissä ryhmissä ja vaikka kahtena kilpailevana versiona. Projektipäällikön valinta onnistui ja tehtävien jako ja yhteydenpito yritykseen sujui hyvin. Tehtävän alkupe-  
räinen laajuus olisi ollut opintojakson pituuteen nähden liian suuri. Rajattuna tiet-  
tyjen osien ja osa- kokonaisuuksien keventämiseen tehtävä tuntui olevan sopiva tai  
ehkä jopa helpohkokin. Kaiken kaikkiaan Tuotekehitys II -opintojaksolle tällainen  
yrityksestä saatu suunnittelu- ja tuotekehitysharjoitustyö on hyvä, etenkin kun siihen  
saatiin lisänä yrityksen puolelta luento heidän tuotekehitystoiminnastaan.

### *Tulokset*

Lopputuloksena saatiin aikaiseksi suunnitelma miten hyttiä voidaan keventää ja mil-  
lainen painon säätö tästä aiheutuu. Opiskelijat saivat hyvää kokemusta ja tietoa tuo-  
tekehitystyön haasteista ja työtehtävistä. Kaiken kaikkiaan opintojakson toteutus ja  
sujumiseen voi olla opettajan näkökulmasta tyytyväinen.

### *Pohdintaa*

Projektiopintojen osalta jälkikäteen ajateltuna moneen asiaan voi kiinnittää jatkossa  
huomiota. Opiskelijaryhmän koko yhtä projektia kohti voi maksimissaan olla noin  
kahdeksan henkeä, se tuntui vielä toimivan. Oli mielenkiintoista nähdä, kuinka pro-  
jekti eteni. Opintojakson sisältö vastasi pääosin opetussuunnitelmaa, jotain siihen  
tuli lisää ja jotain käytiin kevyemmin läpi.

Harjoitustyö saatiin jaetuksi osiin ja työnjako sekä itse tekeminen sujuivat muka-  
vasti. Havaittiin, että 3D-ohjelmien välinen tietojen siirtely vaatii jatkossa ratkaisuja  
ja selkeämmät ohjeet. 3D-mallin palasteluun ja tutkimiseen meni reilusti aikaa. Osi-  
en mallintaminen sujui tämän jälkeen hyvin. Projektipäällikön on pystyttävä jaka-  
maan ryhmälleen selkeät tehtävät, jotta jokainen tietää mitä tehdä. Todettiin, että  
projektipäällikkyyteen liittyvää ohjeistusta tarvitaan lisää.

Itse projektia voidaan pitää onnistuneena. Perinteiseen kurssiin nähden oppimis-  
projektin vetäminen oli opettajalle työläämpää. Yllätyksiä ja mutkia tuli matkaan ja  
niitä oli ratkottava nopeastikin. Oppilaiden motivoiminen ja saaminen keskustele-  
maan keskenään ja eri ryhmien kesken kaipaa uusia ideoita. Projektipäällikön valit-  
seminen projektille on tärkeä vaihe ja onnistuttava melkein kerralla oikein. Toisaalta  
voidaan pohtia riittääkö opiskelijan kokemus projektin aikataulutukseen ja työtehtä-  
vien jakamiseen ja vastuiden määrittämiseen.

Ryhmänkoon osalta jatkossa kannattaa pysyä varmasti alle neljän tai viiden hen-  
gen ryhmissä projektia kohti, jolloin kaikille on varmasti tekemistä. Lisäksi projek-  
titöitä kannattanee olla työn alla vain yksi kerrallaan ryhmää kohden. Ryhmillä voi  
varmasti olla vaikka eri projektit työn alla yhtä aikaa.

## Oppimisprojekti 3 - case MTM Connections

Automaattioratkaisuja kehittänyt ja valmistanut MTM Connections Oy toimeksianto käsitti uuden konenäkölaitteiston mekaniikkasuunnittelun. Aihe oli mielenkiintoinen ja käytännönläheinen.

### *Opintojen eteneminen*

Projektiopinnot liitettiin mekatroniikka-opintojaksoon. Opintojakson laajuus oli kolme opintopistettä. Kurssille osallistui 18 pääsääntöisesti kolmannen vuoden kone tekniikan insinööriopiskelijaa. Suunnittelutyö jaettiin pienempiin vastuualueisiin ja valittiin projektipäällikkö. Aluksi, muotoilumallia odoteltaessa, kerättiin teoria- ja tietopohjaa tehtävän suorittamiseksi. Lisäksi selvitettiin asennettavien laitteiden perustiedot ja CE-merkintään liittyvät asiat. Alkuvaiheessa laadittiin myös aikataulu. Muotoilumallin saamisen jälkeen opeteltiin tekemään 3D- tiedostojen käännöksiä, joka ei onnistunut ilman vippaskonsteja. Tässä vaiheessa päästiin sitten aloittamaan osakokonaisuuksien tarkempi suunnittelu pienryhmissä.

Yllättäen selvisi, että ohutlevysuunnittelun opintojakso oli aiemmin peruuntunut ja projektin ollessa käynnissä jouduimme opettelemaan ProE:n ohutlevyjen mallinnuksen ja taivuttelun perusteet. Tämän jälkeen törmättiin mallinnusohjelman puristusprofiilien käsittelyyn, joka jouduttiin myös opettelemaan. Ostettavien (OMRON) 3D-mallien lataaminen ja mallinnus opeteltiin myös. Tässä vaiheessa oli jo nähtävissä, että aiottuun aikatauluun ei ehditä saada tehtäväkokonaisuutta suoritettua. Jatkossa havaittiin lisää puutteita 3D-suunnitteluohjelmassa, joista osa ratkesi versiopäivityksellä, osa muiden ohjelmien käyttämisellä. Ongelmien selvittelyn jälkeen osien yksityiskohtien suunnittelu jatkui ja kokoonpanon suunnittelu virittely saatiin alkuun. Kokoonpanon suunnittelu yksityiskohtaisemmin jäi kuitenkin opintojakson aikana kesken. Lopuksi koottiin siihen saakka kertyneet suunnittelutiedot ja dokumentit rakennekansioksi, joka luovutettiin toimeksiantajalle.

Toimeksiantajan puolesta saatiin kurssin aluksi vierailta yrityksessä ja tutustua ongelmakenttään heidän verstaallaan ja nähdä ensimmäinen prototyyppi laitteesta. Toimeksiantajan kanssa pidettiin matkan varrella myös yksi välipalaveri ja opintojakson lopussa loppupalaveri. Lisäksi sovimme, että opiskelijaryhmä pääsee seuraavana syksynä näkemään millainen laitteesta on tullut. Opiskelijoilla ei kuitenkaan ollut mahdollista nähdä lopputulosta, koska toimeksiantaja lopetti toimintansa kesän aikana.

### *Tulokset*

Lopputuloksena saatiin aikaiseksi hieman keskeneräinen kokoonpano ja piirustukset osista. Joitakin hyviä ratkaisuja ja ideoita löytyi. Kokonaisuuden kannalta jäi hieman harmistuneet tuntemukset.

## *Pohdintaa*

Projektiopintojen osalta jälkikäteen ajateltuna moneen asiaan voi kiinnittää jatkossa huomiota. Tällä kertaa mm. aikataulu viivästyi aiotusta, ryhmätyöskentely ei toiminut, ja työnjako ja roolitus ryhmissä ei välttämättä onnistunut. Monesta asiasta voi ottaa oppia. Kuitenkin oli mielenkiintoista nähdä, kuinka projekti eteni tai oli etenevä. Kurssin sisältö ei erityisen syvällisesti mekatroniikkaa käsitellyt. Tehtävä kuitenkin vastasi todellisia työelämäprojekteja ja opiskelijat pääsivät penkomaan tietoja osista, komponenteista ja laitteista.

Harjoitustyö saatiin palasteltua mukavasti osiin, mutta toisaalta työnjako ja itse tekeminen ei täysin onnistunut. PROE:n ohutlevyjen taivuttelun opetteluun meni aikaa ja samoin muotoilumallin odotteluun. Osien mallintaminen sujui tuskastuttavan hitaasti, ainakin harva tunnusti jotain saaneensa valmiiksi tunneilla sitä kysyttäessä ja sen vuoksi siihen käytettiin aikaa. Tosin tämä aika olisi jälkepäin ajatellen voitu käyttää enemmän mekatroniikan aihepiiriin liittyvien asioiden läpikäymiseen.

Selväksi tuli myös, että yleisiä työelämätaitojakin täytyy opettaa. Opiskelijoiden täytyy oppia keskustelemaan keskenään työkavereiden kanssa ja jakamaan tietoa laajemmin. Tumput suorina katselu tai hitaasti tekeminen ei työelämässä tuota pitkäaikaista työsuhdetta yksilölle eikä työryhmällekään! Tästä saatiin nyt oppia kantapään kautta, miten homma ei toimi. Voisi sanoa, että pelattiin joukkuepelissä yksilöurheilua, eikä luonnollisesti kovin hyvin tuloksia.

Vaikutelmaksi jäi, että tämä harjoitus oli kevään 2012 töistä kevein ja helpoin, mutta tulos heikoin!

Myös tämän oppimisprojektin vetäminen oli opettajalle työläämpää kuin perinteisten kurssien. Opittiin sekin, että on etukäteen suunniteltava, milloin ja kuinka opettaja puuttuu ryhmän työskentelyyn, kun homma näyttää menevän pipariksi. Kurssien aikana on käytävä palautekeskustelua opiskelijoiden kanssa, mikä vaatii kylä heiltäkin aktiivisuutta. Myös oppilaiden motivoiminen ja yleinen aktivointi kaipaa uusia ideoita.

## **Oppimisprojekti 4 - case Waratah OM ja Pentin Paja**

Kumppaniyrityksen toimeksianto ja asiakkaan tarve oli helpottaa tai korvata hydraulikkaletkujen suojaspiraalin asentamista (kuva 5). Idea työlle saatiin Pentin Paja Oy:stä. Suojaspiraalin asentaminen käsin on varsin hankalaa ja aikaa vievää. Joensuu alueella useampi teollisuusyritys tekee vastaavaa työtä, pääsääntöisesti käsin. Oppimisprojektin lähtökohdaksi saatiin Ville Nevalaiselta (Pentin Pajan osaomistaja) skitsipiirros laitteesta ja vinkki käydä katsomassa Waratah OM Oy:ssä kehiteltyä prototyyppiä. Oppimisprojekti sijoitettiin PKAMK:ssa kolmannen lukuvuoden keväälle



yhdistämällä opintojaksot Tuotekehitys II, Mekatroniikka ja Koneensuunnittelun erikoiskysymykset. Näiden kurssien yhteinen työmäärä on 10 opintopistettä, joka vastaa kokonaisuudessaan noin 270 työtuntia opiskelijalle.



*Kuva 5. Hydrauliikkaletku spiraloituna koneessa. Kuva: Pentin Paja.*

Projekti käynnistyi tutustumisella Waratah OM Oy:n esimerkkiversioon, joka oli yksinkertainen ja toimiva. Tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa tästä prototyypistä paranneltu versio. Pentin Pajan toimittamissa laitteissa on useampia suojaavia hydrauliikkaletkuja ja kun koneita toimitetaan runsaasti, tulee spiraalin punomista vuodessa enemmän kuin riittävästi. Panostus työvaiheen nopeuttamiseen, automatisointiin tai korvaamiseen on taloudellisesti perusteltua.

### *Opintojen eteneminen*

Opiskelijoista muodostettiin kolme neljän hengen ryhmää, joista jokainen valitsi joukostaan projektipäällikön. Jokainen ryhmä suunnitteli oman ratkaisunsa. Projektipäällikkö vastasi ryhmän sisällä tehtävien jaosta ja aikataulun mukaisesta toiminnasta. Lähitunnit järjestettiin keskiviikkoiltapäiväksi ja torstaipäiväksi. Näin kaikki opintojaksojen tunnit saatiin peräkkäin. Tällä haettiin projektityöskentelyyn tarvittavaa pidempää yhtäjaksoista aikaa, jolloin voidaan käydä läpi teoriaa ja käytännön suunnittelutyöhön liittyviä ongelmia. Pedagogisena periaatteena sovellettiin CDIO-mallia.

Oman oppimisen ja riskien hallinnan vuoksi opettajat ja projektityöntekijät suunnittelivat oman versionsa valmiiksi etukäteen. Jatkossahan projektioinnissa epäonnistumisetkin ovat sallittuja, mutta opintoja kehitettäessä oli välttämätöntä saada projekti läpi aina valmistukseen ja asiakkaalle luovutukseen asti. Ongelmallisimmaksi osoittautui komponenttien valinta, sillä valmistajia ja vaihtoehtoja on erittäin paljon. Oman haasteensa suunnitteluun toi – kuten pitikin – ammattioppilaitosten laitekannan ja opetussuunnitelmien huomiointi.

Opetusta valmisteltiin suorittamalla laskelmia, komponenttivalintoja ja tekemällä komponenttitoimittajista rajauksia, jotteivät opiskelijat hukkuisi maailmalta löytyvään tarjontaan. Käytännössä opiskelijoille tehtiin verkko-oppimisympäristöön

(Moodle) linkit tarvittavien materiaalitointajien sivuille ja valmisteltiin materiaalihankintojen opetuksen periaatteet. Samalla toteutettiin kansio verkkoon opiskelijoiden tutkittavaksi. Kansioista löytyy tietoa erilaisista ko. laitteen rakentamiseen mahdollisesti liittyvistä osista.

Opiskelijat saivat omat versionsa suunnitelluksi riittävän ajoissa, jotta heidän ratkaisunsa voitiin valmistaa. Laitteen esisuunnittelu helpotti kurssin valmistelua opettajien kannalta: ongelmat oli itse kertaalleen ratkaistu. Esisuunnittelu helpotti myös suunnittelun ja valmistuksen eli PKAMK:n ja PKKY:n yhteistyötä.

Kolmesta suunnitellusta laitteesta valittiin välittömästi toteutettavaksi yksi lähinnä valmistettavuuden perusteella. Valintatilaisuuden yhteydessä päästiin kokeilemaan aloituspalaverikäytäntöä ammattioppilaitoksen opettajien kanssa ja valmistettava ratkaisu valittiin yhteistyössä. PKAMK:n opiskelijoilla oli tarkoitus valmistaa itse kolmen viikon aikana ne osat joihin oppilaitoksen koneet antoivat mahdollisuuden ja ”tilata” loput, lähinnä koneistettavat osat ammattioppilaitoksista. Lisäksi opiskelijat tilasivat osto-osat omatoimisesti. Aikataulun kireyden vuoksi valmistuksesta PKAMK:lla kuitenkin luovuttiin ja valmistus jaettiin useaan PKKY:n toimipisteeseen. Lisäksi päätettiin, että ammattiopisto valmistaa toisen laiteversion syksyllä 2012. Siihen ehditään toivottavasti suunnitella parannuksia ja hyödyntää ensimmäisestä laitteesta saatuja kokemuksia.

## *Toteutus*

Spiraalinkäärintäkone motivoi opiskelijaryhmät tekemään suunnittelutyötä myös omalla ajalla. Huolimatta lyhyestä, vain viiden viikon mittaisesta opintojaksosta ja 10 viikkotuntin työajasta kolme neljän hengen ryhmää sai jokainen oman toimivan ratkaisunsa suunnitelluksi.

Toteutus tapahtui CDIO-mallin mukaan. Ensin määriteltiin asiakkaan tarve ja tehtävä: kuinka kone voisi toimia, listattiin tavoitteet ja tehtiin lyhyt toimintasuunnitelma. Seuraavassa vaiheessa suoritettiin esisuunnittelu, mietittiin vaatimuksia, ryhdyttiin hahmottelemaan konetta 3D-ympäristössä ja haettiin vaihtoehtoisia rakenneratkaisuja. Valintojen jälkeen siirryttiin yksityiskohtien suunnitteluun ja sitä kautta tekemään mm. tarkempia malleja (kuva 6). Suunnitelmien valmistuttua pidettiin palaveri, jossa käytiin vaihtoehdot läpi ja valittiin valmistettava kone ja esiteltiin suunnitelmat PKKY:n edustajille. Samalla myös pyydettiin tarjoukset osto-osista, joiden viiden viikon toimitusajat eivät varsinaisesti tukeneet opintojaksojen aikatauluja.

Kone valmistettiin samanaikaisesti kolmessa eri toimipisteessä: ammattiopistolla sekä kahdessa aikuisopiston toimipisteessä useilla eri valmistustekniikoilla. Työt jakautuivat useille opettajille ja opiskelijoille, joiden panos oli ammattitaitoista, joustavaa ja ratkaisevaa koko projektin onnistumisen kannalta. Koneen suunnitellut opiskelijaryhmä innostui valmistuksen ja kokoonpanon seuraamisesta niin, että koneen jatkokehittely jäi kesken. Samalla kahden muun ryhmän motivaatio omien ratkaisujen jatkokehittelyyn putosi kuin lehmän häntä. Toisaalta valmistetun koneen suunnitellut opiskelijaryhmä pääsi toimimaan valmistusprosessissa osan aikaa työn-

ohjaajina. Muun muassa laakeripesät ja rungon rakenteet hioutuivat toimivammiksi ja helpommin valmistettaviksi osittain yhteistyössä PKKY:n ammattilaisten kanssa. Muutoksia tuli ammattioppilaitoksen ja insinööriopiskelijoiden yhteisten pohdintojen myötä myös työmenetelmiin ja tukirakenteisiin. Yhteistyö valmistuksen kanssa toi insinööriopiskelijoille tietoon useita valmistusteknillisiä asioita, jotka he tästedes osaavat ennakoida. Opiskelijat päätyivät käyttämään työhön omaa vapaa-aikaansa ja nimenomaan ajanpuute jäi harmittamaan, kun uusia ideoita alkoi putkاهدella mie-  
liin laitteen mahdollisuuksien valjettua.

Aikataulujen ja lukujärjestysten sovittaminen vaati jonkin verran joustamista ja sovittelua. Viimeistely, luovutus ja käyttöönotto jouduttiin tekemään opintojaksojen päättymisen jälkeen. Laitte saatiin kuitenkin testattua toiminnallisesti ja se on kump-  
paniyriyksellä käytössä.



*Kuva 6. Suunniteltu ja valmistettavaksi valittu spiralointikone.*

## *Palaute*

Opiskelijoilta pyydettiin kurssin lopuksi listaamaan kolme parasta ja kolme huonointa asiaa projektin ajalta. Kaikki olivat tyytyväisiä siihen, että näkivät suunnittelutyön ja projektityöskentelyn oikeita käytäntöjä. Yksi selvästi huonona pidetty asia oli tiukka aikataulu. Alla on listattu yhteenveto opiskelijoiden kommentteista.

Parhaita asioita olivat:

- Mielenkiintoisempaa kuin teoriatunnit
- Sai tietoa miten ja mistä komponentteja voidaan valita
- Todellista insinööriöityöskentelyä ja oikeaa suunnittelutyötä
- Oppia ja kokemusta projektityöstä
- Pääsi tutustumaan osien valmistamiseen
- Oppi paljon uutta myös CAD-ohjelmasta

Huonoja asioita olivat:

- Enemmän aikaa, jotta olisi voitu koota ryhmien ideat yhdeksi koneeksi
- Enemmän aikaa jatkokehitykseen
- Osia ei päästyäkään valmistamaan itse vaikka olisi ollut intoa
- Projektin etenemistä olisi voinut käydä teoriassa tarkemmin läpi
- Ei tunnettu tarpeeksi hyvin valmistuksen mahdollisuuksia
- Valmistamattomien koneiden suunnittelu koettiin turhaksi työksi
- Tavoite alussa osin epäselvä
- Ryhmien motivaatio laski kun valmistettava kone valittiin

Työn aika saatiin lisäksi seuraavanlaista avointa palautetta:

- Voi kun olisi tiennyt, ettei hitsaamalla voi saada näin tarkasti osia paikoitettua kohdalleen.
- Jos olisi ollut enemmän aikaa, alkuperäisestä versiosta olisi voinut parannella useita kohtia.
- Aluksi olisi pitänyt käydä tutustumassa niihin koneisiin ja laitteisiin, joilla työ oli tarkoitus toteuttaa: siten olisimme osanneet suunnitella työtä ja hyödyntää eri koneita paremmin.
- Käytiin järkevää keskustelua suunnittelun ja valmistuksen vaihtoehtoista.
- Valmistuspuolen osaamista pitäisi saada hyödynnettyä jo aiemmassa vaiheessa suunnittelua, jotta paras ratkaisu tulisi toteutetuksi.
- Seuraavalla kerralla saisi aika hienon spiraalikoneen suunniteltua.
- Tällaista (projekteja) pitäisi olla enemmän. Tässä oppii paljon.

Kaiken kaikkiaan palaute yhteistyöstä oli hyvin positiivista kautta linjan. Suunnittelutyö projektissa vei paljon vapaa-aikaa ja kolmen kuukauden aikataulu oli liian tiukka. Suunnittelijat olisivat mielellään olleet valmistuksessa vielä enemmän mukana ja hyödyntäneet valmistuksen palautetta jo aiemmin. Toisaalta tähänhän opiskelijoita oli kannustettu, mutta jatkossa on ilmeisesti kiinnitettävä enemmän huomiota siihen, että opiskelijoiden keskuudestaan valitsemat projektivastaavat muistavat yhteydenpidon valmistukseen. Opiskelijat havaitsivat myös, kuinka hyvä ja tehokas oppimistapa yhteistyö valmistuksen kanssa on.

Ammattioppilaitoksen opiskelijoilta tuli kysyttäessä muun muassa seuraavanlaista avointa palautetta:

- Mekatroniikan opiskelijat pitivät uuden kokonaisuuden rakentamisesta: he saivat projektissa käytännön harjoitusta ja pääsivät tekemään yhteistyötä muun muassa hitsaus- ja koneistusopiskelijoiden kanssa. Projekti oli kokonaisuus, jossa he pääsivät työn edetessä yhdessä suunnittelijoiden kanssa kehittämään parannuksia laitteen toiminnan parantamiseksi.
- Koneistajat saivat hyviä harjoitustöitä ja osa kappaleista tehtiin toiminnallisuuden parantamiseksi pienillä muutoksilla valmistustekniikka huomioon ottaen. Yhteistyö suunnittelijoiden kanssa toi laitteesta esille kokonaisuuden yksittäisten osien sijaan, jolloin opiskelijat kehittivät itsenäisesti lopputulosta paremmaksi.

- Levypuolen osavalmistus tapahtui onnistuneesti kuvien pohjalta ja koonpano tehtiin suunnittelijoiden ja hitsaajan yhteistyönä. Suunnittelijat näkivät hitsaustekniikan mahdollisuudet ja rajat, sekä esimerkiksi tig- ja mig-hitsauksen eroavuudet osasta, käyttötarkoituksesta, yhteenliitettävien materiaalien seinämävahvuudesta tai muodosta riippuen.
- Aikuisopiston opiskelijat pitivät spiraalikonetta mukavana erilaisena työnä ja yhteistyötä suunnittelijoiden kanssa tärkeänä.

Aikuisopistolta tuli palautetta erittäin positiiviseen sävyyn. Heidän mukaansa projekti oli mukava välipala ja samankaltainen työ kuin asiakastyöt yleensäkin.

- Spiraloitinkone palveli hyvin harjoitustöinä eri tekniikoiden opetuksissa.
- Yhteistyötä PKAMK:n opiskelijoiden kanssa pidettiin hyödyllisenä ja opiskelijoiden keskenään tekemää työtä kehittävänä niin oppimisen kuin yhteistyön kannalta.
- Opiskelijoiden työpiirustukset saivat kiitosta: kokoonpanokuvat olivat selkeitä ja kuvissa oli huomioitu hyvin tarvittavat mitat.
- Varsinkin koneistuspuolella toteutusvaiheessa työpiirustuksiin tehdyt muutokset työllistivät hieman opettajia. Silti pidettiin hyvänä asiana, että valmistustekniset seikat tulivat suunnittelijoille tiedoksi ja siten opiksi.
- Muutosten joustava salliminen oli selkeästi toteutusta helpottava seikka ja projektia kuvattiin suunnilleen näin: ”Eipähän tarvitse suunnittelijana työelämässä oppia näitä kantapäänkautta, kun nämä tuli harjoitustyössä ilmi.”
- Jatkoa vastaavasta yhteistyöstä pidettiin mahdollisena ja tervetulleena. Pilotti hyödytti sekä insinööriopiskelijoita että ammattioppilaitoksen opiskelijoita.

PKAMK:n opettajien palautteen mukaan perusteellinen ennakkosuunnittelu auttoi oppimisprojektin toteutusta paljon. Toteutussuunnittelusta jouduttiin poikkeamaan siten, että opiskelijat keskittyivät valmistukseen ja seuraavan koneen valmistuksen valmisteluun, minkä vuoksi jatkokehitys ja automatisointi jäivät kokonaan toteuttamatta ja osalla opiskelijoista motivaatio laski. Lopputuloksena saatiin aikaiseksi suunnitelma koneen valmistamiseksi ja valmistettua yksi suunnitelmien mukainen kone. Opiskelijat saivat hyvää kokemusta ja tietoa tuotekehitystyön haasteista ja työtehtävistä. Opintojakson loppupuolella saatu ajatus suunnitella valmistusasteelle toinenkin ratkaisu oli toimeksiantajien kannalta hyvä, mutta sotki ensimmäisen version kehittämisen pidemmälle. Kaiken kaikkiaan opintojakson toteutus ja sujumiseen voi olla opettajien näkökulmasta tyytyväinen. Lopputuloksen kannalta toteutus onnistui hyvin ja opiskelijatkin olivat tyytyväisiä.

### *Pohdinta*

Pilotti nosti esille joitain huomionarvoisia asioita jatkossa opetuksessa käytettävien projektitöiden kannalta. Seuraavassa yhteenveto:

- Kolme kuukautta on liian lyhyt aika näinkin suurelle toteutukselle (koneessa useita kymmeniä osia).
- Kun projekti aloitetaan, tehtäväaluetta voi rajata esimerkiksi esipäätetyillä komponenttivalinnoilla, jotta suunnittelussa voidaan keskittyä mekanismeihin, käyttövarmuuteen, turvallisuuteen, valmistustekniikkaan jne. Hankinnat kuuluvat kyllä oppimisprojektiin, mutta niiden osuus käytetystä ajasta voi kasvaa tarpeettoman suureksi.
- Valmistuksen laitekanta ja valmistustekniikka tulisi esitellä suunnittelijoille heti alkuvaiheessa.
- Suunnittelun ja valmistuksen yhteinen aloituspalaveri on järjestettävä ajoissa sekä valmistusystävällisen suunnittelun että ammattioppilaitoksen onnistuneen aikataulutuksen varmistamiseksi.

Projekti tuki oppimista mm. seuraavissa asioissa:

- ProEngineer-ohjelmisto ja sen käyttö tulivat tutuksi.
- Opiskelijat oppivat hakemaan ja hyödyntämään valmiskomponentteja sekä huomioimaan niiden vaikutukset muuhun suunnitteluun.
- Useat eri valmistustekniikat ja niiden suunnitteluvaatimukset tulivat tutuiksi.
- Opiskelijat tekivät yhteistyötä asiakkaan, suunnittelun ja valmistuksen kanssa, mikä muistutti työelämän käytäntöjä.
- Projekti sitoi eri kurssien asiat (mm. pneumatiikan, hitsaustekniikan, konepiirustuksen, tuotekehityksen, koneenelimet, materiaalinvalinnan, tuotannonohjauksen, ostoinsinöörin tuotetietouden, työturvallisuuden, standardoinnin, valmistustekniikan ja työnjohtamisen) kokonaisuudeksi käytännön harjoitteina.

Jatkossa laitetta voidaan kehittää helposti edelleen ja siitä on hyvä mahdollisuus saada pienempiä oppimisprojekteja erilaisille tekniikan opintojaksoille.

Kaiken kaikkiaan projektiopinnot tässä muodossa olivat onnistunut kokonaisuus. Kone saatiin suunniteltua ja tehtyä tiukassa aikataulussa (kuva 7). Toteuttamiseen vaikuttivat ennakkosuunnittelu ja projektityöntekijän aktiivisuus sekä onnistunut oppilaitosten välinen yhteistyö. Meneillään olleen kehittämishankkeen ja opetuksen yhteensovittaminen aiheutti jonkin verran pulmia ja kompromisseja. Jatkossa projektiopinnot ovat osa normaalia opetussuunnitelmaa, eikä tällaista yhteensovitusongelmaa ole. Kokonaisuudesta vastaa yksiselitteisesti vastuupettaja. Neljän hengen ryhmäkokoo osoittautui hyväksi ratkaisuksi, koska kaikille riitti töitä ja opiskelijoiden aktiivisuus oli huomattavasti perinteistä luokkaopetusta parempaa. Opiskelijoiden aktivointi onnistui hyvin ja työmotivaatio oli hyvä niin kauan kunnes suoritettiin koneen valinta, tämän varalle on jatkossa keksittävä keinoja. Opiskelijoita pitäisi myös saada aktiivisemmin kysymään neuvoja tietojen, taitojen ja asioiden suhteen opettajilta, muulta henkilöstöltä ja komponenttitoimittajiltakin. Projektipäälliköt (opiskelija) on ohjeistettava tarkemmin varsinkin valmistusyhteistyön osalta.

Aikataulun suhteen on harkittava, kuinka projektiopintoja toteutetaan jatkossa. Toimivampi ratkaisu voisi olla aloittaa syysluukaudella suunnittelutyö ja toteuttaa

suunnitelma keväällä. Vastuukysymyksiin on haettava vastauksia: mitä tahansa konetta millä tahansa ehdoilla ei voida luovuttaa käytettäväksi. Siirryttäessä suunnittelusta valmistukseen, valmistettavan ratkaisun valinnassa on oltava tarkkana. On muistettava kiinnittää huomiota suunnitelmien valmiustasoon. Nyt valittu versio oli jälkeinpäin ajateltuna keskeneräisin ja sitä jouduttiin viimeistelemään reippaasti ennen tuotantoa. Tulevat oppimisprojektit on saatava sekä teknisiltä vaatimuksiltaan että laajuudeltaan sopiviksi. Nyt toteutettu projekti sopi kehittämishankkeen yhteyteen, muttei olisi onnistunut ilman hankkeen tarjoamia kehitysresursseja.

Oppimisprojekti oli onnistunut ja siitä saatiin paljon kokemusta ja tietoa mahdollisesti jatkossa tehtäviä vastaavia projekteja varten. Opittavaa ja parannettavaa löytyy runsaasti, mutta myös hyviä ja toimivia asioita oli projektissa useita.



*Kuva 7. Spiralointikone valmiina käyttöpaikalla. Kuva: Jyri Pötry.*

## **Yhteenveto oppimisprojekteista**

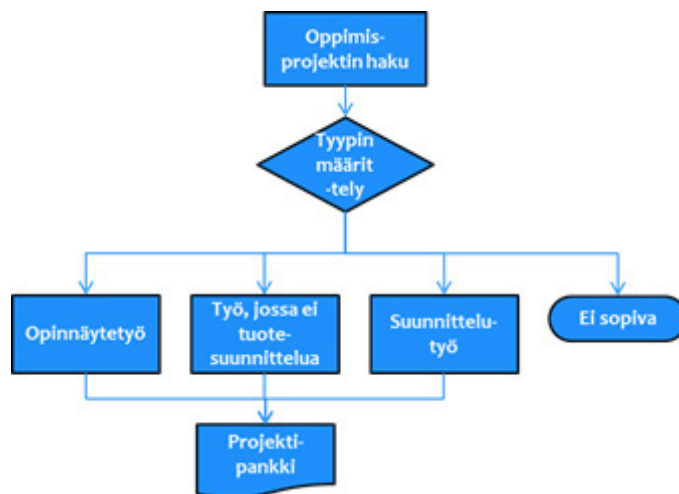
Komee-hankkeessa toteutettiin useita oppimisprojekteja CDIO-periaatteella. Jokainen projekti tuotti sekä tuloksia että oppeja ja kehitystarpeita tulevaisuutta ajatellen.

Samaan aikaan edellä kuvattujen töiden kanssa luotiin myös toistuva ohjattu oppimisprojekti toista vuosikurssia ajatellen. Lisäksi tehtiin hieman pienemmässä mitassa suunnittelutyötä paikallisen jalkapalloseura Jippo ry:n toimeksiannosta. Näyttääkin siltä, että jatkossa oppimisprojekteja tehdään erilaisista lähtökohdista:

- kokonaan esisuunnitellut, toistuvat oppimisprojektit, joissa painotus on tuotekehityksen ja projektitoiminnan opeissa
- jo tehtyjen toimeksiantoprojektien tulosten edelleen kehitys
- uudet toimeksiannot
  - yrityksistä
  - voittoa tuottamattomista yhteisöistä – kansalaisyhteiskunnan palveleminen
  - opiskelijoilta itseltään – kasvattanee motivaatiota

Palaute opiskelijoilta sekä yrityksistä oli positiivista. Myös opettajat olivat tyytyväisiä ja halukkaita jatkamaan toimintaa edelleen. Edellytyksenä on, että projektiopetuksen luonne pystytään kunnolla huomioimaan opetussuunnitelmissa. Toimivan opetuksen kannalta tärkeitä asioita jatkossa ovat sopivan kokoisten ja sisältöisten projektien haku, opetuksen toimiva resursointi sekä opiskelijaprojektipäälliköiden ohje- ja opetusmateriaalien päivittäminen.

Oppimisprojekteja on tarjolla ylitarpeen. Haasteena on soveltuvien itsenäisten töiden löytäminen ja toisaalta kaikkien yhteistyöstä kiinnostuneiden pitäminen tyytyväisenä. Jos yritys tarjoaa toimeksiantoja, joihin ei tartuta, kiinnostus todennäköisesti lakkaa pian. Ratkaisuja tähän ovat toimeksiantojen tekeminen opinnäytetöinä tai harjoitteluina sekä projektikannan avaaminen muille oppilaitoksille. Saadut toimeksiantotarjoukset luokitellaan kuvion 1 mukaisesti.

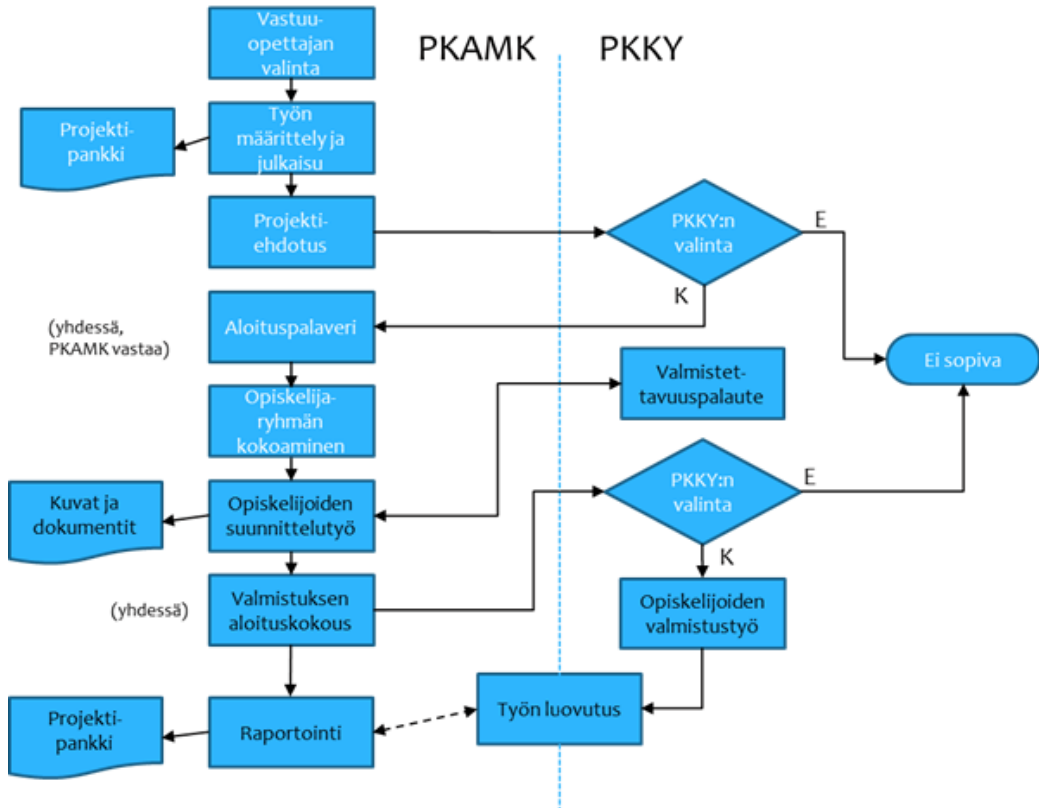


*Kuvio 1. Oppimisprojektien luokittelu.*



Tyypillisesti opetukseen soveltuvia ovat tehtävät, joita toimeksiantaja ei itse ole ehtinyt tekemään ja jotka eivät toimeksiantajalle ole kriittisiä. Myös erilaiset ideat, joita toimeksiantaja ei itse aio hyödyntää ja joista ollaan valmiita luopumaan, soveltuvat hyvin oppilaitoksille. Lisäksi tehtävään luonnollisesti on sisällyttävä asioita, joita on tarkoitus opettaa. Näistä ehdoista voidaan päätellä, että toimeksiantojen määrittelyyn tarvitaan vastuuopettajan panosta.

Oppimisprojektin eteneminen ja työnjako oppilaitosten välillä sekä opiskelijoiden vastuulla olevat vaiheet on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2. Valmistukseen etenevän oppimisprojektin työnjako PKAMK-PKKY (musta kirjain = vastuu opiskelijoilla).

## Lähteet

- Putkiranta, A. & Toivanen, J. 2008. Johdatus projektiopetukseen ja CDIO-ajatteluun insinööriopetuksessa. Espoo: Metropolia.
- Tuohi, R. & Saarenpää, T. 2009. CDIO – Conceive-Design-Implement-Operate. Toolilainen – Tekniikan ammattikorkeakouluopettajien järjestölehti 2:2009, 10–11.

# KEHITTYVÄ AMMATILLINEN KOULUTUS

*Veijo Kurri*, lehtori, kone- ja metallialan tutkintovastaava  
Pohjois-Karjalan ammattiopisto

Toisen asteen ammatillisen koulutuksen on vastattava lähitulevaisuudessa entistä paremmin teollisuuden osaamistarpeita. Opetushallituksen raportissa ennakoidaan, että kone-, metalli- ja energiatekniikan aloilla toisen asteen koulutuksen aloituspaikkojen tarve koko Suomessa on 1600 enemmän kuin tällä hetkellä (Hanhijoki, Katajisto, Kimari & Savioja 2011, 131). Koulutusta ja eri suuntautumismahdollisuuksia on pystyttävä räätälöimään entistä paremmin maan eri työssäkäyntialueiden osaamistarpeita vastaaviksi. Näitä osaamistarpeita kartoitetaan vuosittain eri työryhmissä ja niihin pyritään vastaamaan esimerkiksi aloituspaikkaprosessin kautta myös Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymä PKKY:ssä. Toisen asteen koulutuksessa (120 ov) saadaan hyvät perustiedot vaativista laaja-alaisista kone- ja metallialan työtehtävistä ja -suorituksista, mutta vasta usean vuoden työkokemuksen jälkeen hioutuu oppilaitoksesta saatujen perustietojen pohjalla olevasta metallihenkilöstä alan todellinen ammattilainen.

Kone- ja metalliteollisuus on yhä enemmän suuntautunut yritysten väliseen yhteistyöhön esimerkiksi ns. veturiyritysten ja niiden alihankintaketjujen kautta. Tämä vaikuttaa esimerkiksi asentajan, koneistajan tai hitsaajan tuleviin työtehtäviin. Heidän on kyettävä entistä joustavampana yhteistyöhön niin yrityksen sisäisessä toiminnassa, kuin myös alihankintaketjun yritysten välillä unohtamatta ammatin substanssi-osaamista. Tällaiseen lähitulevaisuuden toimintakulttuuriin Komee-hankkeen luoma projektimainen työskentely eri oppilaitosten ja yrityksistä saadun asiakasprojektien kautta pyrki osaltaan vastaamaan. Hankkeen aikainen suunnittelun toteuttaminen aina valmistetuksi tuotteeksi vaatii opiskelijoilta ja opettajilta yhteistyötä yli oppilaitosrajojen ja lisäksi aktiivista tietojen ja vaatimusten tarkastamista asiakasyrityksen kanssa. Tältä osin hanke onnistui erinomaisesti myös PKKY:n osatoteuttajan näkökulmasta katsoen. Seuraavassa kerrotaan lisää toisen asteen koulutuksen kehittämistä.

## Vetovoimaisuus

Imagon, houkuttelevuuden ja vetovoimaisuuden lisääminen kone- ja metallialalle vaatii monitahoista jatkuvaa yhteistyötä alan elinkeinoelämän kanssa. Hankkeen aikana kehitettiin uusia keinoja, joista esimerkkeinä kummiyritystoimintamalli ja

syksyllä 2012 aloittanut teknologiakerho yläkouluikäisille. Samoin kansainvälisen vaihdon mahdollisuuksien toivotaan lisäävän alan houkuttelevuutta. Lisäksi erilaisten peruskoululaisille järjestettävät tapahtumien ja vierailumahdollisuuksien toivotaan parantavan alan vetovoimaisuutta, mistä hyvä esimerkki on ”toisen asteen yhteys”-tapahtuma.

Kummiyritystoimintamallissa kuudesta kahdeksaan yritystä muodostaa aina yhden tietyn luokan kanssa yritysringin. Kyseisen luokan opiskelijat suorittavat etukäteen sovitun aikataulun mukaisesti työssäoppimisen yritysringin työpaikoissa kolmen vuoden aikana. Kummiyritystoiminnasta sovitaan erillisellä sopimuksella etukäteen ja toiminnasta informoidaan opiskelijoita, huoltajia ja kaikkia mukana toiminnassa olevia osapuolia.

Toisen asteen koulutuksen markkinoinnin ja vetovoiman lisäämiseksi PKKY:ssä järjestetään esimerkiksi vuosittain tutustumistapahtuma koko maakunnan peruskoulun yhdeksäluokkalaisille. Hankkeen aikana järjestettiin vuoden 2011 tapahtuma ”Toisen asteen yhteys” 15–17.11.2011, mukana tapahtumassa olivat esittelemässä yritystään sekä tuotantoaan Abloy Oy (kuva 1), John Deere Forestry Oy, Mantsinen Group, Kesla Oyj, Pentin Paja Oy, Suomen Levyprofiili Oy, Kempin Oy sekä Festo. Kone- ja metallialaan tutustui kolmen päivän aikana yhteensä 959 henkilöä. Komee-hanke mahdollisti osaltaan mm. vetovoimanlisäämiseksi tarkoitettua Feston ”tanssivien robottien” (kuva 2) ja Kempin hitsaussimulaattorin vuokraukset tapahtuman ajaksi.

Vetovoiman lisäyksen tuloksellisuus on näkyvässä vasta seuraavien vuosien yhteysshaun jälkeen.



*Kuva 1. Toisen asteen yhteys, Abloyn osasto AMOJTK:lla 15.–17.11.2011. Kuva: Veijo Kurri.*



*Kuva 2. Feston kokoama automaatiojärjestelmä, ”tanssivat robotit”. Kuva: Veijo Kurri.*

Joka tapauksessa kummiyritystoimintaa sekä markkinointitoimenpiteitä kuten ”toisen asteen yhteys” ja rekrytointipäivä jatketaan myös hankkeen päätymisen jälkeen.



*Kuva 3. Koneasennuksen ammattiosaamisen näyttö. Kuva: Pekka Rytönen.*

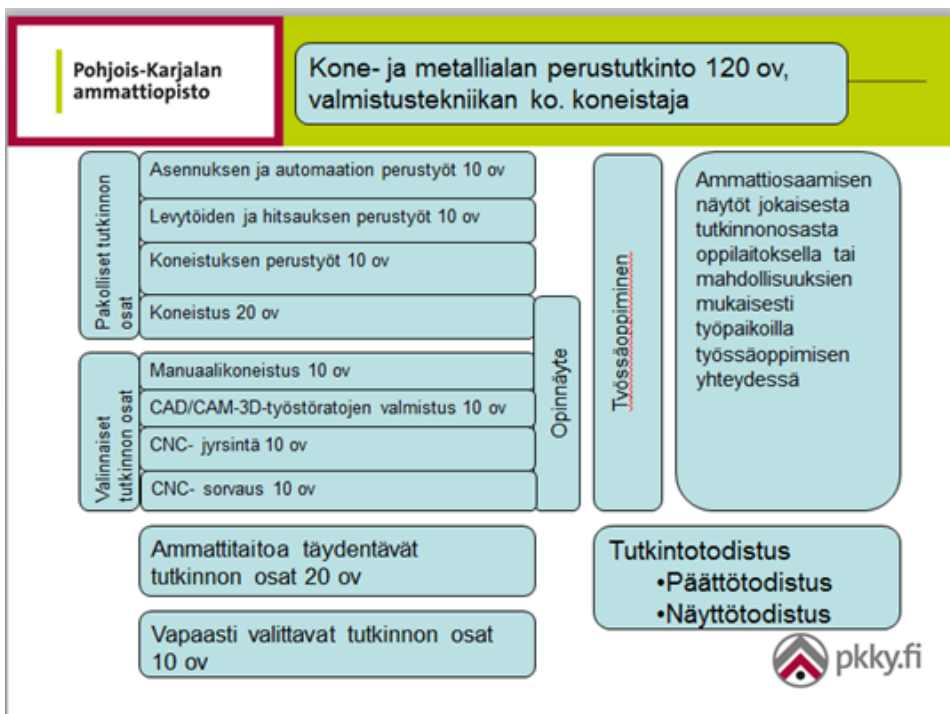
Ammattiosaamisen näyttöjen toteutuksessa ja kehittämisessä keskityttiin työpaikoilla toteutettavien näyttöjen toteutukseen, sekä työpaikkaohjaajien koulutukseen. Hankkeen aikana toteutettiin noin 160 ammattiosaamisen näyttöä tai näytön osaa eri työpaikoilla. Suurin osa ammattiosaamisen näytöistä toteutui kolmannen vuosiluokan koneasennuksen ja levyseppähitsaajien toteuttamina Joensuun seudun työssäkäyntialueella. Työpaikkaohjaajien koulutusta toteutettiin vuosittain järjestettävällä koulutuspäivällä, tarkoituksena käynnistää 2 opintopisteen laajuinen työpaikkaohjaajien koulutusohjelma.

Ensimmäisen kontaktipäivän jälkeen koulutus jatkuu monimuotoisena ja kouluttajina toimivat työssäoppimista ohjaavat opettajat. Työpaikkaohjaajien koulutuksen aloitti vuonna 2011 yhteensä 20 osallistujaa eri tekniikan aloilta olevista yrityksistä. Kuvien 3 ja 4 esimerkit työpaikoilla toteutetuista ammattiosaamisen näytöistä ovat Mantsiselta koneasennuksen ja Outoteciltä levy- ja teräsrakennetyöt näytöistä.



*Kuva 4. Levy- ja teräsrakennetyön ammattiosaamisen näyttö. Kuva: Pekka Rytönen.*

Uusi valtakunnallinen kone- ja metallialan opetussuunnitelma (OPS) saatiin käyttöön 1.8.2010. Tätä opetussuunnitelmaa vastaamaan laadittiin kone- ja metallialan opintoalatiimin kanssa uudet toteutussuunnitelmat (kuvio 1). Verkostomaiset oppimisprojektit huomioitiin toteutussuunnitelmien laadinnassa.



Kuvio 1. Kone- ja metallialan perustutkinto 120 ov, valmistustekniikan ko. koneistaja.

Hankkeen aikaisia toteutettuja koulutuksia opettajille ja työelämän edustajille järjestettiin yhdessä PKAMK:n kanssa. Koulutuksista osa toteutettiin PKKY:n tiloissa ja laitteilla, mistä esimerkkejä ovat Motomanin robottikoulutus, Haas VF-5 työstökeskuksen käyttö- ja ohjelmointikoulutus, H-TEC:n työstöterien koulutus, 5S-koulutus, MasterCam-ohjelmointikoulutus, sekä Mazak Variaxis 500 5-akselisen koneistuskeskuksen käyttö- ja ohjelmointikoulutus (Kitee). Yhtenä esimerkkinä yhteisestä oppimateriaalin tuottamisesta on 5S-koulutuksen materiaalin tuottaminen ja kyseisen koulutuksen järjestäminen elinkeinoelämälle. 5S on Japanissa kehitetty työpaikkojen organisointiin ja työmenetelmien standardointiin keskittyvä menetelmä, jonka tavoitteena on kasvattaa työn tuottavuutta.

Komee-hankkeen tuloksena luotiin koulutusverkosto, johon voi osallistua sekä PKAMK:n että PKKY:n opettajia ja kouluttajia. Esimerkkinä investointien kautta toteutettavat koneiden ja laitteiden maahantuojien käyttö- ja ohjelmointikoulutukset, joihin on mahdollista osallistua eri koulutuksen järjestäjien henkilöstöä. Yhteistyön kehittämisen eräs mahdollisuus on PKKY:n ja PKAMK:n opettajien yhteiset työelämäjaksot, joita myös hankkeen aikana toteutettiin.

Hankkeen aikana toteutui kansainvälistä vaihtoa PKKY:n osalta kv- koulutus- ja opintomatkoilla Saksaan (Festo), Englantiin (WordSkills Competition, kuva 5) ja USA:han (H-TEC, Westec ja HAAS-tehdas matkalla Los Angelesissa). Alueellinen verkostoituminen toteutui yhdessä yrityksistä saatujen ja toteutettujen projektien kautta yhteistyössä PKAMK:n kanssa. Alan opiskelijoille laadittiin selkeät kv-vaihdon ohjeet ”Opiskelijavaihdon vaiheet”.



*Kuva 5. Kai Koskinen suorittamassa levy- ja hitsausalan kilpailutehtävää Lontoon WorldSkills-kilpailuissa 3.-9.10.2011. Kuva: Veijo Kurri.*

Pohjois-Karjalan ammattiopistolle myönnettiin ensimmäisenä Suomessa Haas Technical Education Center sertifikaatti (H-TEC) 21.3.2011 pidetyissä avajaisissa (kuva 6). H-TEC arvostettiin hyvin myös alan ammattilehdistössä, mistä esimerkkinä avajaisten saamat viisi mediaosumaa lehdistössä.

Hankkeen aikana vahvistui kolmikantayhteistyö oppilaitosten sekä yritysten välillä. Tästä esimerkkinä toteutetut yritysprojektit, joista osa tulee jatkumaan luonnollisesti hankkeen jälkeen.



*Kuva 6. H-TEC avajaiset Amojtk:lla 21.3.2011. Oik. P-K:n ammattiopiston rehtori Jyrki Turunen, Joensuun kaupunginjohtaja Kari Karjalainen ja H-TEC European President Bert Maes. Kuva: Veijo Kurri.*

Yhteisiä oppimisprojekteja on kuvatta tarkemmin edellisessä artikkelissa. Ammattiopiston kannalta yleinen haaste asiakastöiden valmistuksessa on ollut työpiirustuksien ja suunnitelmien puute. Hanke mahdollisti myös toisin päin tapahtuvaan työn vastaanoton, eli ohjataan PKKY:n oppilaitoksille tuleva asiakas ensin ammattikorkeakoululle, jonka opiskelijat valmistelevat ja suunnittelevat kyseisen asiakastyön piirustuksineen.

Hyvinä käytänteinä uusista toimintamalleista on esimerkiksi opiskelijoiden harjoitus- ja asiakastöiden parempi suunnittelu ja paremmat työpiirustukset yhdessä ammattikorkeakoulun kanssa toteutettuna. Samoin esimerkiksi maahantuojien konekohtaisten koulutuksien parempi hyödyntäminen yli oppilaitosrajojen kannattaa hyödyntää käytännössä. Myös uuden kummiyritystoiminnan malli on vielä kokeilun arvoinen asia, kunhan alan suhdanteet sen sallivat kaikilta osin. Myös työpaikkaohjaajien koulutusmallin toteuttaminen jatkuvana vuosittaisen prosessina kannattaa jättää elämään. Uutena ja edelleen kehitettävänä ideana nousi hankkeena aikana esille myös kansainvälisen vaihdon toteuttaminen alueen omien yritysten kanssa. Tietyt yritykset tekevät esimerkiksi asennuksia ulkomailla, näiden asennusporukoiden mukana voisi toimia pari vaihdosta motivoitunutta opiskelijaa, tällöin samalla kertaa toteutuisi sekä kansainvälisyys että työssäoppiminen.



## Lähteet

Hanhijoki, I., Katajisto, J., Kimari, M. & Savioja, H. 2011. Koulutus ja työvoiman kysyntä 2025. Ennakointituloksia tulevaisuuden työpaikoista ja koulutustarpeista. Helsinki: Opetushallituksen raportit ja selvitykset 2011:25.

# LEAN-OPPEJA SAKSASTA

*Jyri Pötry*, projektipäällikkö,  
Komee-hanke,  
Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

*Jarno Mertanen*, tuntiopettaja  
Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

Tässä artikkelissa kuvataan Suomen Lean-yhdistyksen sekä Festool Engineering GmbH:n keväällä 2011 järjestämää opintomatkaa. Lean-yhdistys koostuu jäsenistöltään yrityksistä ja henkilöistä, jotka ovat kiinnostuneet Lean-periaatteiden soveltamisesta Suomessa. Yhdistyksen kautta pääsee verkostoitumaan ja keskustelemaan teollisuuden edustajien kanssa alan viimeisimmistä kehityskohteista.

Opintomatkan aikataulu oli tarkasti ja tiukaksi rakennettu. Matkan kesto oli sunnuntaista 3.4 torstaihin 7.4.2011. Osallistujat tulivat suomalaisista teollisuusyrityksistä sekä korkeakouluista. Jokaiselle päivälle oli runsaasti teorialuentoja ja erityisesti työpajatoimintaa. Osallistujajoukko oli motivoitunut, eikä turistimentaliteettia esiintynyt, mistä saatiin myös järjestäjiltä useaan kertaan kiitosta. Yhdistyksen jäsenillä oli voimakas ja tavoitteellinen halu oppia uutta ja kerätä kokemusten kautta uusia ideoita päivien aikana. Eikä sovi unohtaa ryhmäläisten keskinäistä keskustelua ja verkostoitumista.

Koko kiertueen järjestelyineen, luentoineen, työpajoineen ja muine ohjelmineen järjesti Festoolin konsultointiin keskittynyt tytäryhtiö Festool Engineering GmbH. Yrityksen palveluihin kuuluu myös vastaavan paketin toteutus Japanissa.

## Esimerkki ja työpaja 1: työkaluvalmistaja

Festool Engineering oli paitsi matkan ja työpajojen toteuttaja myös ensimmäinen vierailukohde. Festool valmistaa ammattikäyttöön tarkoitettuja puusepän, kirvesmiehen ja maalarin käsityökaluja. Myyntinimikkeitä on kaikkiaan yli 3000 kpl, tuoteperheitä n. 120 ja erilaisia variantteja n. 750. Työkaluja valmistetaan vuodessa noin 6 000 000. Tuotteet valmistetaan imuohjautuvasti varastoon ("make to stock").

Pääsimme tutustumaan ammattilaiskäyttöön tarkoitettujen käsityökalujen valmistukseen n. 330 työntekijän tuotantolaitoksessa pienessä, 1900 asukkaan Neidlingen kylässä noin 50 kilometriä Stuttgartista kaakkoon. Tehdas oli saanut toiminnastaan useita tunnustuksia, mm. Saksan parhaan palkinnon useana vuonna, viimeksi 2008.

Tilaisuus aloitettiin yritysesittelyllä, jossa painotettiin erityisesti Festoolin tuotantojärjestelmän kehittämistä, muutos- sekä kehitysprosesseja ja niiden johtamista. Tehdaskierroksella painotettiin myös muutoksen ja kehityksen johtamista, mutta osallistujien mielenkiinnon ansiosta myös tuotannon virtautusta. Lopuksi kuultiin tehtaanohtajan esitys tavoitteiden asettamisesta ja pidettiin hyvin mielenkiintoinen kehitystyöpaja, johon lähtötiedot käytiin mittaamassa todellisesta tuotannosta.

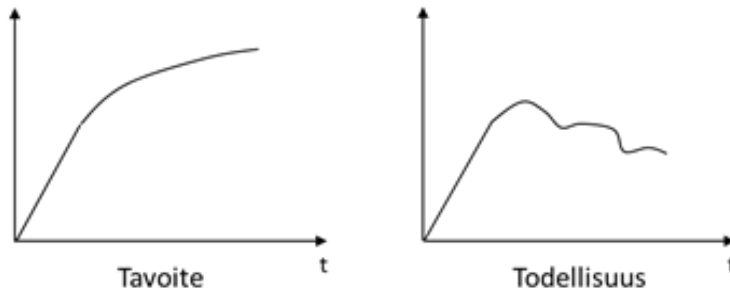
Tuotantojärjestelmän kehittäminen käynnistyi 1990-luvulla melko kriittisessä tilanteessa. Tuotannon läpimenoaika oli pitkä, vaihto-omaisuutta paljon ja toimituskyky heikko. Lisäksi asiakkaiden vaatimukset kasvoivat jatkuvasti. Tässä tilanteessa todettiin avoimesti, että tuotannon säilyttäminen Saksassa edellytti toiminnan ja kannattavuuden ratkaisevaa parantamista. Perinteiset keinot kuten automaatioinvestoinnit ja eräkokojen sekä varastojen kasvattaminen vain heikentäisivät yrityksen asemaa. Selvän tilanteen vuoksi tai ansiosta tavoitteet hyväksyttiin mutinoitta kautta organisaation. Yrityksen perinteisiä vahvuuksia olivat toisaalta hyvä markkina-asema sekä erinomaiset ylimpään hintaluokkaan kuuluvat tuotteet.

Yrityksen tavoitteina ovat joustavuus, tuottavuus, varastojen minimointi, oikea-aikaisuus, laatu ja standardointi. Tavoitteilla haetaan kustannussäästöjä, yhdenkappaleen virtausta, kykyä tehdä kaikkia tuotteita joka päivä, 24 tunnin toimituksia, luotettavia toimituksia (98%), asiakkaan palvelua 48 tunnissa, luokkansa parasta varaston kiertoa, kolmen vuoden laatutakuuta, tarkkaa prosessien seurantaa ja 100 % toimintojen läpinäkyvyyttä.

### *Tuotantojärjestelmän kehittäminen*

Kehitystyö oli lähtenyt käyntiin siten, että Lean-työkaluja otettiin nopeasti ja tehokkaasti käyttöön, millä saavutettiin aluksi varsin hyviä tuloksia. Huomattiin kuitenkin, että kun näitä työkaluja ja menetelmiä käyttöön kaikin voimin puskevalta johdolta alkoivat voimat huveta, kehitys taittui ja alkoi kääntyä alamäeksi (kuvio 1). Todettiin, että Leanin näkyvät osat – virtautus, kanbanit, SMED, 5S, visuaalinen ohjaus, standardointi jne. – ovat kyllä kopioitavissa muualta. Kuitenkin kaikkein tärkein ja samalla näkymätön osa – ongelman ratkaisu, johtaminen sekä kehittämis- ja muutostokulttuuri – pysyy ennallaan. Alkuun kuljettu kehityspolku kuvattiin seuraavanlaisiksi:

1. Asiantuntijoiden johtama työkalujen ja menetelmien käyttöönottoon keskittyvä muutosprosessi
  - Tarvitaan kuria ja valvontaa, jotta sovituisia standarditoimintatavoissa pysytään
2. Valmiit ratkaisut alkavat loppua
  - Samalla valvonta tappaa motivaation
3. Parannuksia tapahtuu niin kauan, kun asiantuntijat ja johto jaksavat puskea
  - Voimat loppuvat ennemmin tai myöhemmin
  - Lisäksi ratkaisujen kopioija on aina askeleen parhaita jäljessä.



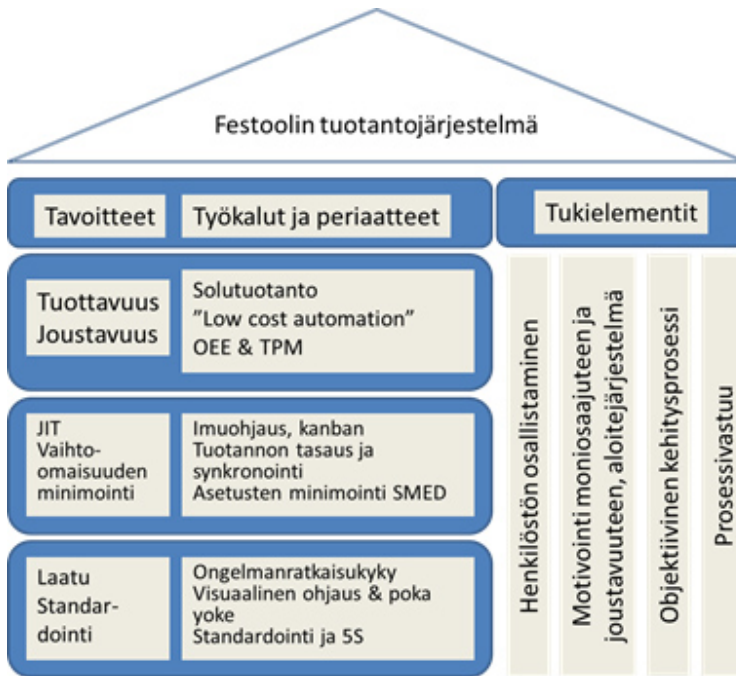
Kuvio 1. Kehitystyökaluihin painottuvan kehityksen kulku.

Umpikuja todettiin, tilanne analysoitiin, minkä jälkeen lähdettiin kestävämmälle polulle seuraavasti:

1. Kehitystavoitteen ja suunnan määrittäminen
  - a. Pitkä aikaväli
  - b. ”Mihin olemme menossa”, ”yrityksen suunnannäyttävä, pohjantähti”
  - c. Tavoite ilmaistava yleistajuisesti
2. Järjestelmällinen, hyvin perusteltu ongelmanratkaisumenettely
  - a. Seuraavan, riittävän lähellä olevan kehitystavoitteen määrittely
  - b. Pienet askeleet, nopeat toteutukset
3. Järjestelmällinen johtamismenettely ongelmanratkaisukyvyyn parantamiseksi
  - a. Työkalut ovat vain jäävuoren huippu
  - b. Johdon täytyy luoda työntekijöille turvallisen nykytilan ja nk. epämukavuusalueen välille riittävän vaaran ei täydellisen turvallisen oppimisvyöhykkeen.

Kehityksen ajatellaan tapahtuvan kahdessa askeleessa. Ensimmäinen on järjestelmämuutos, jonka jälkeen tulee jatkuvalla parantamisella tapahtuva vakauttaminen. Toimintatavan, johtamisjärjestelmän ja tästä vähitellen seuranneen kulttuurimuutoksen sekä kehitysmenetelmien ja yleisten työkalujen summana syntyi Festoolin tuotantojärjestelmä (kuvio 2).

Johtamisen osalta Festool esitteli jäävuoriesimerkin. Jäävuoren näkyvään osaan kuuluvat tekniset Lean-työkalut. Pinnan alla ovat isot asiat: johtaminen, ongelman ratkaisu ja muutuskulttuuri. Usein benchmark-vierailuilla nähdään vain pinnalla olevat asiat. Näitä nähtyjä joita yritetään kovalla työllä kopioida, mikä ei välttämättä ole hyvä asia. Kehitys pysähtyy jos vain kopioidaan Lean-työkaluja eri yrityksistä top-down tyyliin. Ongelmat on syytä ymmärtää ennen kuin teknisiä välineitä otetaan käyttöön. Kehityksen tulisi lähteä prosessinomistajista ja työntekijöistä, jotka ovat prosessissa mukana.



*Kuvio 2. Tuotantojärjestelmä.*

### *Havainnot vierailulta*

Tuotteet valmistetaan imuohjautuvasti ja pääosin varastoon (make to stock). Pieni osa valmistetaan suoraan asiakastilaukselle (make to order). Materiaalitäydennykset tapahtuvat kanban-korttien ohjaamana. Ostokomponenttien täydennykset tulevat kerran tunnissa viiden kilometrin päässä sijaitsevasta kaupintavarastosta tehtaalla sijaitsevaan osavarastoon, nk. supermarket, jossa A-osia on puolen päivän ja C-osia viikon tarpeeksi. Kokoonpano- ja valmistusoluissa komponentit ovat kaksilaatikkojärjestelmässä, jota täydennetään supermarketista (kuvio 3). Materiaalitäydennykset tapahtuvat säännöllisissä, nopeissa sykleissä. Materiaalien jäljitettävyys tapahtuu erätasolla, oletettavasti ERP-järjestelmän kautta. Valmistuseräkoko on yksi.



*Kuvio 3. Materiaalivirta tehtaan sisällä.*

Valmiiden tuotteiden toimitukset tapahtuvat 24 tunnin sisällä. Tuotanto noudattaa tasoitettua viiden päivän tuotantosuunnitelmaa, joka siis perustuu lopputuotevarastosta tehtyihin toimituksiin ja joka näytetään tehtaaseen kahdeksi päiväksi kerrallaan. Tuotanto-ohjelmassa huomioidaan esim. uusien työntekijöiden koulutus ym. kapasiteettirajoitteet.

Materiaalivirta oli jatkuva, vuolas ja näkyvä. Sisäisiä täydennyskierroksia oli useita tunnissa. Tilat olivat varsin täysiä ja tehdaskierroksella sai jatkuvasti väistellä täydennyskärryjä. Trukkeja ei ollut, tuotteethan ovat melko pieniä. Kalliita automaatiolaitteitakaan ei näkynyt. Visuaalisuutta sen sijaan oli joka paikassa. Kanban-korttien avulla tapahtuvien täydennysten lisäksi joka solun luona oli näkyvässä tuotanto-ohjelma sekä materiaalivirtaa ohjaava nk. heijunka-taulu, jonka puolen tunnin aikaikkunoihin (taskuihin) soluvastaava asettelin tuotanto-ohjelmaa vastaavan määrän kanban-kortteja. Itse kokoonpano tapahtui näiden korttien perusteella. Taustalla on tuotannosuunnittelun tekemä viikkosuunnitelma, joista näytettiin kaksi päivää tuotantosolulle. Tämä kahden päivän ohjelma ohjasi solukohtaisen komponenttivaraston, ns. supermarketin toimintaa.

Käytössä oli myös visuaalinen työnohjaustaulu, jossa selkeästi määritetty milloin saa aloittaa / pitää aloittaa. Tästä tehtiin seuraavan päivän päiväohjelma. Kanban kortteja on tehtaalla noin 30 000 kpl. Tehdaskierroksella voi äkkiä havaita todella yksinkertaisia ratkaisuja, joilla on materiaalin virtaus saatu hoidettua helposti ja toimivasti. Hyvin merkittviä kärkejä tuotteille, työkaluille ja kokoonpanopisteitä on joka paikassa. Ratkaisut ovat yksinkertaisia eivätkä juuri edellytä tietojärjestelmien käyttöä. Materiaalivirtauksen kykenee näkemään kun seuraa tuotannon tapahtumia pari minuuttia vierestä katsellen. Tehdaskierros oli vakuuttava.

Kokoonpanosoluissa oli kova vauhti. Tahtiajat olivat kolmen minuutin luokkaa. Materiaalit olivat 20 senttimetrin säteellä kokoonpanijoihin nähden. Työntekijöitä soluissa oli tyyppillisesti kolmesta viiteen. Automaattoratkaisut olivat todellakin näppärän, joustavan ja edullisen näköisiä. Suuria automaatiolinjakokonaisuuksia ei ollut. Tuotteet tehtiin kerralla valmiiksi, keskeneräistä tuotantoa ei ollut. Puskuria ei saanut kerätä. Jos seuraava vaihe oli kesken, edellisessä vaiheessa odotettiin. Uuden työtahdin aloitus oli synkronoitu niin, että kaikki aloittivat samaan aikaan. Näin solun mahdollinen epätasapaino oli näkyvillä helposti. Soluissa painettiin nappia ensimmäisessä työvaiheessa, kun uusi tahti aloitettiin. Tämä käynnisti kellon ja visuaalisen seurannan monitorilla (vihreä = tahdissa, punainen = myöhässä, keltainen = alle tahdin). Kokoonpanosolussa oli monitori, josta voi seurata tietoja kuten valmistusmäärä vs. tavoite, käytetty aika vs. tavoite sekä deltat molempiin. Kokoonpanosoluissa ei ollut työhjeita, vaan vain yksittäisiä tarkastusohjeita ja -kuvia. Työntekijät koulutetaan jokaiseen kokoonpanosoluun erikseen, työntekijät hallitsevat useamman kokoonpanosolun työkierron. Työvuorojen välistä 1 tunnin taukoa käytetään jättämällä kiinni ottamiseen ja jatkuvaan parantamiseen liittyviin muutoksiin. Lisäksi päivittäin pidetään palaverit ja jumppatuokiot jatkuvan parantamisen osalta.

Suuri osa soluista oli yhteen tuoteperheeseen erikoistuneita, mutta kasvavan varianttimäärän ja tilanpuutteen vuoksi usean tuoteperheen solut ovat yleistymässä. Uusia tuotelanseerauksia on vuodessa kolmesta neljään. Variantin vaihtuminen tapahtuu kokoonpanossa yksinkertaisesti siten, että sisään tulevat varioituvat materiaali sekä asiakasdokumentit järjestetään valmistusjärjestyksen mukaiseen jonoon. Tästä

materiaali-, dokumentti- ja pakkausmateriaalisekvenssistä pitävät huolen solu- ja logistiikkavastaavat. (Kokoonpanosettejä käytetään myös jonkin verran.) Lisäksi kuten yllä on kerrottu, työjono näkyy kunkin solun ohjausnäytöllä, jossa näkyy myös jäljellä oleva tahtiaika, edistämä tai jättämä päivän ohjelmasta sekä päivän tavoite ja tuotos. Näyttö ei liity esim. ERP-järjestelmään vaan sen syötteet antaa soluvastaava manuaalisesti. Jokaisen tahdin aloitus ja lopetus kuitataan yhtä nappia painamalla.

Soluista vastaavat tiimien vetäjät, nk. hanchot, toimivat näkyvästi ja ripeästi saapuen välittömästi liikennevalojen (andon) kutsumana ratkaisemaan ongelmia. Näiden vastuuhenkilöiden merkitys kehitystoiminnassa on nähdyn ja kuullun perusteella täysin ratkaiseva. Heidän roolinsa on auttaa ja kehittää kollegojaan, osallistua ongelman ratkaisuun, kerätä kehitysideoita työntekijöiltä, kouluttaa toisia uusiin tehtäviin, osallistua aika-ajoin varsinaiseen työhön sekä olla mukana kehitystiimien toiminnassa. Jokaiselle työntekijällä on osaamisprofiili, jonka laajentamista suositetaan. Hanchoa voi osittain pitää paikalla olevana menetelmäkehittäjänä, työopastajana ja ongelmaratkaisijana. Hän pitää päivittäiset palaverit oman esimiehen ja tiiminsä kanssa. Lisäksi työtehtävänä on työvaiheiden koulutus työntekijöille. Kehitystavoitteet oli purettu tasolle, johon hanchot ja työntekijät pystyivät vaikuttamaan. Kehitystyö oli tavoitteellista ja myös hyvin systemaattista toimintaa.

Tehdaskierroksella nähtiin ainakin yksi kehitystiimi toiminnassa, tavoitteena parantaa materiaalivirtaa edelleen. Tähän nimenomaiseen ryhmään kuului kehitysininööri, logistiikkapäällikkö sekä soluvastaava. Jokaisen osaston jatkuvan parantamisen tavoitteet näytettiin selvästi ilmoitustauluilla. Jatkuva parantamisen osalta kvartaalitaso suunnitelma ja tavoitteet löytyvät jokaisella osastolla. Joka osastolla on 4-5 tavoitetta per kvartaali. Jokaiselle hancholle on yksi tavoite ja kehitysprojekti per kvartaali. Hanchot ja työntekijät tekevät yhdessä muutoksia, jonka jälkeen ne raportoidaan jatkuvan parantamisen ehdotuksina ja aloitteina esimiehille. Parannuksista on luvassa porkkana eli onnistuneista parannuksista kuitataan mahdollinen palkinto. Näin virallinen, mutta hidasta jatkuvan parantamisen prosessi ei hidasta tekemistä ja kehitystä. Jatkuvan parantamisen alue sijaitsee keskellä tuotantotilaa, jossa pidetään pystypalaverit. Palaverissa ei käsitellä mittareita vaan toimenpiteitä. Palaverissa käydään läpi kysymykset: Mitä teen seuraavaksi? Mikä on juurisyy? Milloin tulos on odotettavissa? Mikä tulos oli? Mitä opimme? Kehityskohteet ja toimenpiteet puretaan tasolle, johon työntekijät voivat vaikuttaa. Lisäksi käytetään erillisiä jatkuvan parantamisen tapahtumia, joihin työntekijöillä on vapaaehtoinen osallistumisoikeus.

Osavalmistuksen toimintaan vierailulla keskityttiin vähemmän ja monta yksityiskohtaa jäi epäselväksi. Osavalmistuksessa toimittiin imuohjautuvasti. Eräkoot olivat pieniä, kuitenkin monissa tapauksissa suurempia kuin yksi. Eräissä osavalmistuksen ohjaustaulussa oli merkit, jotka kanban-jonon kasvaessa osoittivat tarpeen valmistaa sillä kertaa suurempi erä. Olisi ollut mielenkiintoista nähdä esimerkiksi kuinka ruiskuvaluausetukset tehdään nopeasti. Se nähtiin ja kuultiin, että sorvaamossa on pannottu asetusajojen kehitykseen mm. kappaleiden kiinnittimiä kehittämällä. Asetuksia tehdään paljon ja asetusajat ovat lyhyitä. Koneistamossa operaattorit käyttävät useaa konetta, esim. 18 konetta, kolme koneistajaa. Koneistuksessa on jouduttu paneutumaan asetuksiin. Osien kiinnitys palettiin oli mietitty fiksusti eli osat lukittiin ja vapautettiin yhdellä vivulla. Kiinnittimissä oli usein vain yksi kappale kiinni kerrallaan. Koneistamon toiminnot ovat itseohjautuvia, eli osia tehdään seuraavan

osaston ja koneistamon välissä olevien kuljetinradoilla oleviin varastolinjoihin. Osat virtasivat koneilta lähelle kattoa rakennettuja ”rännejä” pitkin ja kokoonpanijat vapauttivat osia yksi kerrallaan lähelle omaa vaihetta ja kokoonpanojigiä. Kappaleen pesu oli järjestetty heti koneen viereen, jossa osat pestiin kappale kerrallaan. Pulverimaalausta laitetoimittaja ei ollut saanut toimimaan tehokkaasti, minkä vuoksi Festoolilla oli kehitetty oma virtautettu pintakäsittelyvaihe koneistuksen ja kokoonpanon välille. Kunnossapito oli huolellisesti mietitty ja käytössä. Verstaalla on koneidenhuoltoon liittyvä taulu, josta näkee koneiden kunnossapito tilanteen heti. Koneistamossa on pystytty hyödyntämään myös vanhempia koneita.

Operatiiviset tietojärjestelmät oli saatu siivotuksi pois tuotannosta lähes kokonaan. Materiaalitäydennyksissä kaupintavarastosta käytettiin toiminnanohjausjärjestelmän sähköistä kanban-toimintoa, johon tosin liittyi kertakäyttöisten siirtokorttien tulostus, luku ja hävittäminen. Materiaalien kulutus kuitattiin automaattisesti valmisvaraston täydennyskirjauksen yhteydessä (ns. backflush).

Lopputuotteiden lähetys on imuohjattua toimintaa, tuotteita lähetetään asiakkaille valmisvarastosta 24 tunnin toimitusajalla.

### *Kehittämistyöpaja*

Työpajan teemana oli kehittäminen selvien kehitystavoitteiden avulla. Meille annettu tavoite oli yhden kokoonpanosolun tuottavuuden parantaminen 20 prosentilla. Ryhmät tutkivat kellottamalla kokoonpanolinjojen työvaiheiden työajat ja kokonaistyöajan. Näiden perusteella laadittiin kokoonpanontyöstä nykytila. Taustatiedoksi saimme tietää, montako tuotetta asiakas haluaa vuodessa, millainen työvuorojärjestelmä on käytössä, tuotantolinjan hukatun käyttöajan, standardityöajat, laaduntuottokyvyn ja tuottavuuden, jotka yhdessä tehtyjen mittausten perusteella kertoivat nykytilan. Näiden tietojen perusteella laskimme nopeasti tahtiajan ja piirsimme kaavion, jossa verrataan tahtia ja työvaiheiden kestoaikaa. Lisäksi tarkasteltiin työvaiheen sisällä olevien vaiheikojen vaihtelua. Näillä keinoilla saatiin selville onko mahdollista suorittaa 20% tuottavuuden lisäämisestä. Totesimme, että tämä voi onnistua tasapainottamalla solun työvaiheet uudelleen ja kehittämällä työkalujen, osien ja tarvikkeiden sijoittelua. Huomattavaa on myös se, että jos yksi työntekijä joutuu odottamaan, niin hän ei kyllä tee työtä yhtä nopeasti kuin hitaimman työvaiheen työntekijä eli hänen työhönsä jää vielä ylimääräistä aikaa tuottavuuden parantamiseksi.

### *Yhteenvedo, tärkeimmät opit*

Materiaalivirta oli saatu erittäin tehokkaaksi lyhentämällä asetusaikoja ja virtauttamalla tuotanto imuohjauksen keinoin. Kasvava varianttimäärä sekä tilan käytön tehokkuus ovat ristiriidassa raskaampien automaattioratkaisujen kanssa. Toimivia keinoja ovat yksinkertainen automaatio ja visuaalinen tuotannon hallinta. Vaikuttavin saavutus oli kuitenkin kulttuurimuutos ylhäältä johdetusta yrityksestä oppivaksi ja jatkuvasti kehittyväksi organisaatioksi. Oppimiseen ja valmennusjärjes-



telmän luomiseen ja vakiinnuttamiseen oli käytetty paljon aikaa ja vaivaa. Yrityksen motto oli, että työskentelemme ihmisten emmekä työkalujen kanssa. Tästä olisi Suomessa paljon opittavaa.

## Yritys ja työpaja 2: sähköisen voimansiirron valmistaja

SEW-Eurodrive GmbH on perheomisteinen yritys, joka valmistaa toimilaitteita, joissa on sähkömoottori, vaihteisto ja elektroniikka samassa tuotteessa. Yhtiöllä on 15 tuotantotehdasta, 75 kokoonpanotehdasta ja 130 myyntikonttoria. Yhtiössä työskentelee noin 14 000 työntekijää ja liikevaihto on noin 2 100 M€. Vierailumme kohde oli SEW-Eurodriven pääkonttorin yhteydessä toimiva tehdas sekä toimisto Bruchsalissa (kuva 1). Tässä toimitilassa on tuotekehitystoiminnot, elektroniikan tuotanto, pääkonttori, koulutuskeskus ja 1500 työntekijää. Itse Bruchsalin tehtaassa on 417 työntekijää ja liikevaihto on 211 M€. Tuotteita valmistetaan seuraavasti: noin 40 000 invertteriä, 29 000 000 pintaliitoskomponenttia ja 240 000 piirikorttia kuukaudessa. Tehdas on voittanut vuoden tehtaan palkinnon vuonna 2000 ja saanut kunniamaininnan talousministeriöstä vuonna 2004.



*Kuva 1. Bruchsalin tehdas- ja toimistotilat. Kuva: Tschnell.*

Tuotannon strategia on tavoitella täydellisyyttä ja huipputehokkuutta, maksimoida arvoa lisääviä toimintoja, mukautuvaa ja arvoa lisäävää organisaatiota sekä älykästä ihmisen ja koneiden yhdistämistä. Näillä haetaan suorituskykyä ja tuottavuutta.

Työntekijät ovat SEW:n arvonlisäysjärjestelmässä huomion keskipisteessä. Henkilökapasiteetin joustavuutta on parannettu olennaisesti erilaisin työaikajärjestelyin, joihin on ilmeisesti löytynyt paljon vapaaehtoisia. Kokoonpanossa työskentelee melko paljon pienten lasten vanhempia ja opiskelijoita, joille sopii lyhyemmät tai vaihtelevat työajat. Yritys on moduloinut onnistuneesti tuotteensa ja siten onnistunut massaräätälöinnissä. Rajallisesta joukosta moottori-, vaihteisto- ja ohjauselektronikkatyyppejä voidaan asiakkaan tilausten mukaan koota nopeasti hyvin suuri määrä erilaisia lopputuotteita. Tuote on siis optimoitu tuotevarioinnin sekä kokoonpanon näkökulmasta.

### *Havainnot vierailulta*

Kaksi asiaa kiinnitti huomiota yli muiden. Onnistunut tuotemodulointi oli mahdollistanut todellisen massaräätälöinnin ja tuotannon joustavuus oli huikea. Joustavuudella oli yrityksessä monta eri muotoa. Käytössä on joustava työaikamalli, jossa päivittäinen työaika on liukuva, mutta vuosityöaika kiinteä 800 tuntia. Liukuvan työajan työntekijällä on kuitenkin kiinteä kuukausipalkka. Lisäksi käytössä on opiskelijapooli, vuokratyöläiset ja lainatyöntekijämalli toisista yksiköistä. Työntekijät ovat moniosajia, jolloin on mahdollista siirtyä tehtävästä toiseen tarpeen mukaan. Yrityksellä on myös käytössä ylimääräisiä tuotantosoluja kapasiteetin tasausta varten. Vika- ja virhetilanteissa työntekijät siirtyvät tekemään työtä vapaaseen tuotantosaarekkeeseen. Lisäksi työntekijöiden kanssa käydään aktiivista keskustelua työajoista. Näillä toimenpiteillä on saavutettu kapasiteettijoustoksi 60–150 %! Tuotteet kootaan kahden tunnin vasteajalla tilauksen saapumisesta.

Tuotteen modulaarisuus ja sen tuomat hyödyt on havaittavissa tuotannon puolella. Lopputuote koostuu modulaarisista osista, joista tuote kootaan tilauksia vastaan. Modulaarisia osia valmistetaan imuohjattuun puskuriin. Kokoonpanoystävällinen suunnittelu on oleellinen osa modulaarisuuden rakentamista.

Tehtaan materiaalivirta alkaa tavarantoimituksesta, jossa 40 % materiaalista vastaanotto tarkastetaan ja täytetään laatikoihin. Loput 60 % tulee toimittajilta mustissa laatikoissa ja menee suoraan hyllyyn. Vastaanottotilan on oltava tyhjä päivän päätteeksi. Vastaanottotarkastus toimii samalla myös laatuosastona.

Varastotoiminnot on toteutettu automaatiotekniikalla ison laatikkovaraston avulla. Tuotannon tilaa komponentteja automaattivarastosta. Komponentit täytetään tuotannon imulaatikoihin ja automaatti palauttaa loput hyllyyn. Logistiikan kannalta komponentit ja materiaalit kuljetetaan imun ohjaamana tuotantosaarekkeisiin. Huomattavaa oli myös, että tuotantosaarekkeiden väliset matkat ovat pitkiä ja näkyvillä oli monia saarekkeitä, jotka eivät olleet käytössä.

Piirilevytuotanto (SMD) käsittää 4 koneladontalinjaa, joita hoitaa 10 operaattoria. Tuotannossa ladotaan 25–27 miljoonaa komponenttia kuukaudessa. Ladontaa ohjataan moduulipuskurilla, joka antaa ohjaussignaalin valmistuksen alkuun. Asetukset olivat nopeita ja ne tehtiin pääosin ulkoisina.

Moduulivalmistusta ohjattiin visuaalisesti puskuritasoilla. Kokoonpanoa varten oli järjestetty tuoteperhekohtaiset valmistusarekkeet. Tehtaalla nähtiin myös hienoautomaatiosovellutuksia, esim. moottorien automaattista testauslaitteistoa. Saarekkeiden henkilöresursointi suoritettiin visuaalisella taululla, jossa eri työaikapankeissa työskentelevät ja moniosaajat merkittiin eri väreillä. Päivä oli jaettu muutaman tunnin osiin solua kohden. Töiden suunnittelu tehdään päivä kerrallaan. Aika paljon oli nähtävillä seisomatyötä, tosin ergonomiaan ja työpisteiden säädettävyyteen oli kiinnitetty huomiota. Ihmisen ja koneiden työnjakoa oli mietitty tarkasti. Vikatilanteissa operaattori poistuu solusta tiimivetäjän luo. Mikäli häiriön syy toistuu kolmesti, koko linja pysäytetään, kunnes ongelma on ratkaistu. Prosessien kehittäminen oli tuotannossa kehitystiimien vastuulla.

Loppukokoonpano ja testaus suoritetaan asiakastilauksen generoiman moduulien keräyslistan mukaan. Logistiikka (keräilyjuna) hakee saarekkeiden puskureista tarvittavat osat ja toimittaa ne yhdistetylle, lyhyelle kokoonpano-, testaus- ja pakkauslinjalle. Pakkaushihnan alkupäässä logistiikka yhdistää moduulit lopputuotteeksi. Yhdistämisen jälkeen suoritetaan lyhyt sähköinen testaus jolla varmistetaan että laitekokonaisuus toimii. Tuote kulkee hihnaa pitkin seuraavaan vaiheeseen pakkaamoon.

Pakkaus ja lähetys on keskitetty lähettämöön. Käyttöohjeet tulostetaan tarpeen mukaan. Asiakastilauksen oikeellisuus tarkistetaan ennen laitteiden pakkaamista tilaukselle.

### *Kehittämistyöpaja*

Tällä kertaa työryhmissä kerättiin yleisten huomioiden perusteella vierailun aikana havaitut plussat ja miinukset ja näistä työstettiin kehitysehdotukset sekä vahvuuksien että heikkouksien parantamiseksi. Vahvuuksiksi totesimme mm. joustavan prosessin ja kapasiteetin, yksinkertaisen imuohjauksen, äärimmäisen onnistuneen tuotemoduuloinnin ja tämän tuloksena massaräätälöinnin, elektroniikkatuotannon laadun, visuaalisuuden, tehtaan yhteydessä toimivan koulutuskeskuksen, materiaalitunnistukset RFID:n avulla sekä pysähtymisen korjaamaan prosessin ongelmia.

Parannettavaa arvioitiin olevan työntekijöiden osallistamisessa ja kehitystavoitteiden selkeydessä, testauksiin käytetyssä ajassa, eräissä tuotannon mittareissa sekä materiaalivirran visuaalisuudessa.

### *Yhteenveto*

Vierailu ja työpaja olivat mielenkiintoisia. Päällimmäisenä mieleen jäi tuotteiden modularisointi, joka on mahdollistanut älykkäät ratkaisut tuotannonjärjestelyissä ja asiakkaan palvelemiseksi. Toinen vakuuttavasti hoidettu asia oli kapasiteetin jousto 60 %–150 % kaikkine järjestelyineen. Tämä joustavuus antaa yritykselle hyvän kyvyn palvella asiakasta.

### *Yritys ja työpaja 3: vapaa-ajan optiikan valmistaja*

Kolmantena kohteena oli Carl Zeiss Sport Optics GmbH, Wetzlarissa. Carl Zeiss Sport Optics GmbH on perheomisteinen yritys, joka on erikoistunut optiikkaan. Yritys koostuu kolmesta liiketoiminta-alueesta: lääketiede ja tutkimus, teollisuusratkaisut ja kuluttajaoptiikka. Vierailukohde valmistaa juuri kuluttajaoptiikkaa kuten kiikareita ja kiikaritähitäimiä. Yrityksellä on pitkä historia alkaen vuodesta 1849. Kuluttajaoptiikan yksiköllä kaksi toimipistettä, josta Wetzlarissa työskentelee noin 400 ja Unkarin Mateszalkassa noin 190 henkilöä. Wetzlarissa sijaitsee kuluttajaoptiikan pääkonttori ja taloushallinto, tuotehallinta, tuotekehitys, toimitusketjun hallinta, tuotantoa, myynti ja markkinointi ja laadunvarmistus (kuva 2).

Tuotanto Wetzlarissa käsittää koneistuksia metalliosille ja lasitetytteiselle polyamidille sekä optisten komponenttien eli prismojen ja linsien valmistuksen sekä puhdas-tiloissa tapahtuvan loppukokoonpanon. Tehdas keskittyy vapaa-ajan ja urheilu segmentin optisten tuotteiden valmistamiseen: kiikareihin, kaukoputkiin ja tähitäimiin.



*Kuva 2. Wetzlarin tehdas. Kuva: Michael Hofmann.*

### *Havainnot vierailulta*

Tehtaan tuotantojohtaja piti ryhmälle todella innostavan esityksen toiminnan kehittämisen käytännöistä sekä ihmisten kehittymisestä. Hän kertoi myös kehittämistoiminnan taustoista ja pakottavasta tarpeesta huomattaviin parannuksiin, jotta liiketoiminta ja etenkin tuotanto voi säilyä sekä menestyä.

Tehtaalla on erittäin pitkät perinteet optiikan valmistamisessa. Tehdasrakennus, layout ja osastojen suunnittelu olivat vanhaa perua ja muistutti lähinnä laboratoriosprosessia. Yritys oli tästä huolimatta onnistunut parantamaan merkittävästi tuot-

tavuutta, lyhentämään läpäisyä ja parantamaan laatua. Keskeisenä keinona oli valmentaja-verkoston vetämä jatkuva kehitys ja ongelmaratkaisu kaikilla osastoilla ja jokaisessa toiminnossa. Yrityksessä oli käytössä itse kehitetty PDCA-sykliä noudatettava ongelmaratkaisumenetelmä, jota sovellettiin kaikissa kehityshankkeissa. Suunnitteluvaihetta edelsi nykytilanteen analyysi, jota tehtiin alueelta kerättävän tiedon perusteella. Syklissä oli omana vaiheenaan testaus, joka tehtiin ennen ratkaisun toteutusta. Koko kehitys prosessi datoinen oli esillä osastolla omilla ilmoitustauluillaan.

Kehittäminen nojasi arvoketjuanalyysiin, joiden perusteella oli päätetty kiinnittää erityistä koko tuotannon toimintalogiikkaan sekä jatkuvaan parantamiseen valmentamisen avulla. Tämän lisäksi yritykselle oli määritelty ”pohjantähti” eli kaukainen tavoite- ja ideaalitila koko toimitusprosessille, jolle ei tarvitse olla ratkaisuja eikä aikatauluja. Tavoite ohjaa tekemään jatkuvaa parantamista kokoajan. Jokainen toiminto tekee itselleen realistisen välitavoitteen joka vie ihannetilaa kohti. Ihannetilaksi oli määritelty 100 % tilauksiin perustuva tuotanto, ei yhtään virheellistä prosessia ja tuotetta, 100 % arvon tuottaminen ja päivittäinen prosessikehitys. Sen sijaan välitavoitteiden on oltava toteutettavissa päivien tai korkeintaan muutaman kuukauden aikana. Vain yksi tavoite kerrallaan voi olla työn alla. Tavoitteen realistisuus varmistetaan valmentajan kanssa keskustellen. Valmentaja ei anna valmiita vastauksia, vaan valmentaa kysymyksillä ja varmistaa että asia etenee ja että noudatetaan PDCA-sykliä hyppimättä vaiheiden yli. Esimerkiksi asiassa ei saa edetä ennen kuin nykytila on riittävän hyvin selvitetty. Valmentaminen ei ole kenenkään kokopäivätyö. Valmentaja on joko samalta tai astetta ylemmältä organisaation tasolta. Valmentaja myös pitää huolta, ettei palata vanhaan. Apuna on välillä ja tarvittaessa myös kokeneempi mentori. Kehityskohteen ongelmanratkaisua ja etenemistä seurataan päivittäin. Tyypillinen valmennustuokion kesto on 10–15 minuuttia per kohde. Vierailun aikana valmennustilanteita päästiin katsomaan useampia. Toiminta näytti vakiintuneelta. Tavoitteet olivat näkyvillä isoissa tauluissa tehtaan lattialla työntekoalueella näkyvällä paikalla. Tauluihin oli kirjattu pitkän tähtäimen tavoitetila, työalueen nimi, alueen vastuuhenkilö, nykytila kuvattuna sanoin, numeroin, mittarein ja visuaalisesti. Samassa taulussa oli myös kirjattuna tavoitetila kuvattuna sanoin, numeroin, mittarein ja visuaalisesti ja tekeillä oleva seuraava konkreettinen toimenpide. Lisäksi näkyvillä oli seuraavan valmennuksen kellonaika sekä yksinkertainen lista pidettyjen valmennuksien ajankohdista. Lisäksi tarvittaessa oli jatkopapereilla mittareita ja muuta taustatietoa.

Johtajat antavat ja varaavat aikaa kehitystyölle ja käyvät taulujen luona keskustelemassa etenemisestä vähintään kerran viikossa. Huomattavaa oli myös se, että oppimisen ajatellaan tapahtuvan virheiden kautta. Virheiden teko kehitystyössäkin pitää sallia. Pienillä kehitysaskelilla varmistetaan, että otetaan vain pieniä riskejä. Yrityksessä on selkeä ja avoin viestintä tehokkuuden parantamistarpeesta ja kustannustehokkuustarpeesta. Johto tukee sitä, että kehitys ja muutokset syntyvät ihmisten kautta. Tavoitteena on ohjata ihmiset tekemään asiat oikealla tavalla, jota kautta mittarit paranevat pysyvästi. Kuitenkin kehitystyöllä on selkeä suunta ja johtajuus. Vierailun aikana heräsi kysymys, voidaanko kehityksen edistyminen nähdä helposti vai jääkö sen näkeminen piiloon pienten muutosten taakse. Yrityksen päämittareita mm. päivittäinen tuottavuus, output (kpl), viikoittainen konehäiriöiden määrä, kuukausittainen tuottavuus, laatu ja sairauspoissaolot.

## *Kehittämistyöpaja*

Carl Zeiss -vierailun perusteella kehittämistyöpaja oli samanlainen kuin edellisellä vierailulla. Ryhmissä kerättiin yleisten huomioiden perusteella vierailun aikana havaitut plussat ja miinukset ja näistä työstettiin kehitysehdotukset, joissa oli kolme parasta vahvuutta joita voi kehittää edelleen ja kolme suurinta heikkoutta joita pitäisi kehittää.

Työryhmämme arvion mukaan yrityksellä on todella selkeä visio ja sitoutuminen siihen ja selkeä lopputavoite sekä kustannustavoitteet. Jatkuvan parantamisen prosessi oli vaikuttava, kuten kehitystyön johtaminen, mentorointi ja valmentaminen. Työntekijät olivat sitoutuneita kehitystyöhön, jota seurataan päivittäin ja viikoittain. Virheiden teko on sallittua ja sitä kautta opitaan. Kehitystyölle ei ole tiukkaa aikataulua. Yhden kappaleen virtausta on sovellettu ongelmanratkaisussa, joka on visuaalinen ja läpinäkyvä prosessi. Silti kaikkein suurin ja kenties merkittävin tekijä on johtajuus. Ongelmapuolelle kirjasimme vanhasta rakennuksesta johtuvan hankalan layoutin ja tästä syystä huonosti näkyvin materiaalivirran. Eräitä kehitystyökaluja voisi käyttää tehokkaammin ja kehitystyön tuloksia voisi juhlistaa ja palkita näkyvästi. Kehitettäväksi ehdotimme kaikkien operaattoreiden osallistamista kehitystyöhön nykyisen 20–30 aktiivin sijasta. Toisena ehdotuksena oli aikataulujen käyttöönotto kehitystyössä. Myös valmentajien jaksaminen ja kyvykkyys voi olla kynnyskysymys jatkossa.

## *Yhteenveto*

Tämän vierailun ydin oli jatkuva parantaminen ja systemaattisesti rakennettu sekä ylläpidetty oppimisen ja kehittämisen kulttuuri. Vierailut täydensivät hienosti toisiinsa. Jokaisella yrityksellä oli historiasta ja toimialasta johtuvat omat painotuksensa. Ensimmäisestä tapauksesta mieleen jäi huippuunsa viritetty materiaalivirta sekä kustannustehokkuus, toisesta asiakaslähtöinen joustavuus ja kolmannesta jatkuva parantaminen.

# LUJUUSLASKENTAPALVELUT YRITYKSILLE

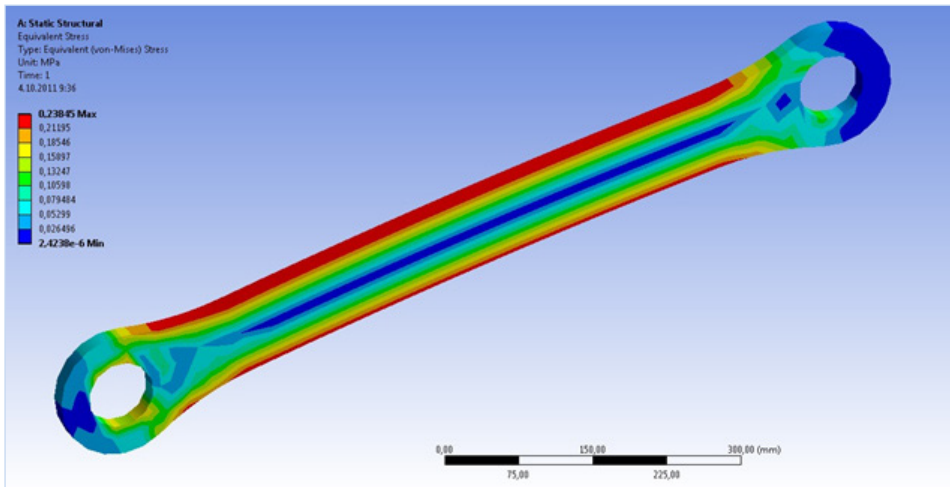
*Lauri Turunen*, asiantuntija

Komee-hanke, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

Vuoden 2011 kesällä PKAMK:ssa ryhdyttiin kehittämään lujuuslaskentapalvelua, joka palvelisi pk-yrityksiä heidän kohtaamissaan haasteissa tuotekehityksen saralla. Vaarana on, että tuotekehitys jää polkemaan paikoillaan vanhahtavien välineiden tai työtapojen vuoksi. Kiristynyt kilpailu ja alihankkijoiden entistä suurempi tuotekehitysvastuu vaatii kuitenkin, että työtapoja ja -menetelmiä on tehostettava ja uusittava. Usein uudenaikaisten laitteiden ja ohjelmistojen sekä tarvittavan uuden osaamisen hankinnan hinta on kuitenkin korkeahko. Lujuuslaskentapalvelun tarkoituksena on helpottaa tuotekehityksen kehittämistä yrityksissä. Kynnys uusien menetelmien ja välineiden käyttöön madaltuu, kun niitä voidaan ensin soveltaa yhdessä ammattikorkeakoulun kanssa ja tarvittavat osaamis- ja välinehankinnat voidaan tehdä liukuvasti sitä mukaan, kun yrityksen osaaminen kehittyy.

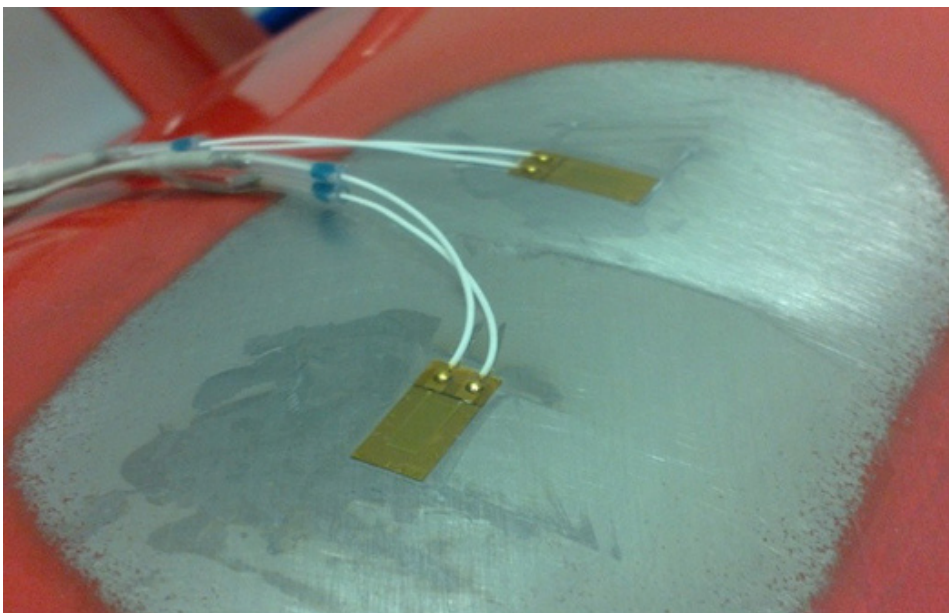
Lujuuslaskentapalvelun tarkoituksena on antaa pk-yrityksille tietoa uusista sekä vähän vanhemmistakin teknologioista joilla voidaan mitata ja simuloida rakenteiden jännityksiä erilaisissa kuormitustapauksissa. Näin yrityksillä on mahdollisuus päästä näkemään ilman kalliiden laitteiden hankintaa mihin nykyaikaisilla menetelmillä pystytään ja kuinka se voisi heitä auttaa. Osalle yrityksistä tämä voi antaa alkusysäyksen omien laitteiden ja ohjelmien hankintaan ja osa voi katsoa tarpeelliseksi käyttää palvelua ainoastaan satunnaisesti ostopalveluna Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoululta.

Liiketalouden ja tekniikan keskukselta löytyy jo valmiiksi CAD-ohjelmisto (Pro-Engineer/Creo) jolla pystytään 3D-mallinnuksen lisäksi tekemään myös FEM-laskentaa (Finite Element Method). Sen avulla voidaan rakenteelle määrittää tuennat sekä vaikuttavat voimat, joiden perusteella saadaan jännityskuvaaja (kuva 1). Näitä kuvaajia voidaan sitten verrata materiaalin ominaisuuksiin ja määrittää esim. rakenteen varmuuskerroin. Tällä pystytään siis simuloimaan rasituksia jo ennen kuin koko tuotetta on oikeasti olemassakaan, eli aivan tuotekehityksen alkuvaiheessa.



*Kuva 1. Jännityskuvaaja liitososalle.*

Toinen lujuuslaskentapalvelun pääpainoista keskittyy olemassa olevan tuotteen tai prototyyppin jännitysten mittaukseen venymäliuskojen avulla. Venymäliuskamittauksessa rakenteeseen liimataan pieni venymäliuska johon syötetään pieni jännite. Tämä jännite muuttuu kun rakennetta rasitetaan ja tämän jännitemuutoksen avulla voidaan laskea mekaaninen suure, tässä tapauksessa jännitys tuotteen pinnassa (kuva 2). Tiedonkeruulaite ja siihen sopiva jälkianalysointiohjelmisto sekä venymäliuskat ostettiin HBM Finlandilta josta saatiin myös asiaan kuuluvaa käyttökoulutusta.

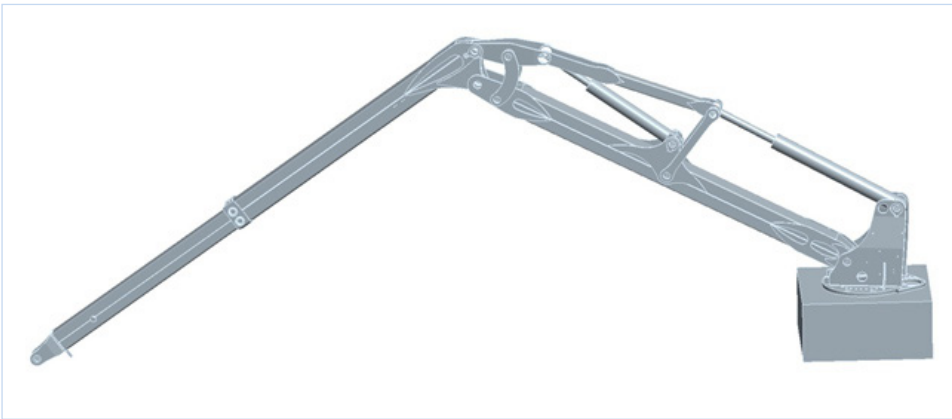


*Kuva 2. Kaksi venymäliuskaa painesäiliöön liimattuna. Kuva: Lauri Turunen.*



Venymäliuskamittauksia on harjoiteltu esimerkiksi tekemällä laboratorioympäristö konetekniikan opiskelijoille. Harjoituksissa opiskelijat voivat ensin laskea käsin jonkin tietyn kappaleen jännitykset, sen jälkeen simuloida se tietokoneella ja lopuksi verrata tuloksia venymäliuskamittauksesta saatuihin tuloksiin. Mukana lujuuslaskentapalvelua pilotoimassa on ollut myös kaksi paikallista yritystä, Kesla Oyj ja Pentin Paja Oy. Yritysten kanssa on tehty erilaisia simulaatioita jo olemassa olevista tuotteista, sekä sen jälkeen mitattu venymäliuskoilla todelliset arvot ja verrattu niitä keskenään (kuva 3). Tulokset ovat olleet pääsääntöisesti hyviä ja selvästikin tällaiseen palveluun on ollut kiinnostusta.

Tulevaisuudessa lujuuslaskentapalvelua on tarkoitus edistää tuomalla siihen lisäelementtejä ja näin kasvattaa kiinnostuneiden yritysten määrää. Tulevassa palvelussa voisi olla lisänä esimerkiksi kiihtyvyyksien mittausta, tuotteen liikeratojen mallinnusta, venymäliuskadatan tuomista FEM-laskennan tueksi ja erilaisten suureiden, kuten paine ja momentti, mittaamista.



*Kuva 3. Harvesterin puomi, johon tehty alustavaa liikeratojen simulointia.*



# POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULUN C-SARJASSA ILMESTYNEITÄ JULKAISUJA

- C:61 Kortteli 48 - luova osaamisyhteisö 2011-2012. Loppuraportti. Niina Hattunen, Jouni Erola, Sirpa Hyttinen. 2012.
- C:60 KuTu - Kulttuurista tulevaisuutta. Loppuraportti. Niina Hattunen. 2012.
- C:59 Luova Pohjois-Karjala II. Loppuraportti. Niina Hattunen. 2012.
- C:58 Enterprise portals in e-learning. Jari Järvelä, Juha Kareinen, Jyri Pötry, Stanley Fobugwe. 2012.
- C:57 Klaavi-hanke. Musiikin perusteiden opetuksen verkostopohjainen kehittäminen. Raija Pesonen-Leinonen (toim.) 2012.
- C:56 Käytäntölähtöisen innovaatio toiminnan edistäminen Pielisen Karjalassa. Minna Sarkkinen. 2011.
- C:55 Outdoors Finland -strategian mukainen matkailuaktiviteettien kehittäminen ja imagomarkkinointi Pohjois-Karjalassa. Raija Ruusunen & Tero Taatinen (toim.) 2011.
- C:54 Kurkistus kulisseihiin : Näkökulmia Pohjois-Karjalan elokuvamaailman rakentumiseen. Petri Raivo (toim.) 2011.
- C:53 Kalliojärven vesistöalueen järvi- ja järvialtain vedenlaatu ja fosforikuormitus vuonna 2010 sekä fosforimallitarkastelu kunnostussuunnittelun lähtökohdaksi. Tarmo Tossavainen. 2011.
- C:52 Kolin Purnulamman limnologinen tila vuonna 2010 kunnostussuunnittelun lähtökohdaksi: tutkimusraportti. Tarmo Tossavainen. 2011.
- C:51 Juuret Wärtsilän raudassa. Insinööri koulutusta 50 vuotta. 2011.
- C:50 Esiselvitys harjoittelu- ja työtilahotellin toteuttamisesta Joensuun seudulla. Toim. Teemu Turunen, Tuomas Turunen ja Niina Hattunen. 2011.
- C:49 Ageing in working life. Laitinen, Pertti et al. 2012.
- C:48 Luovat alat Pohjois-Karjalassa. Toim. Henna Liiri, Niina Hattunen ja Maria Kahreman. 2011.
- C:47 Mobiiliteknologia tuutoroinnin tukena. 2011.

Julkaisumyynti  
Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu  
Tikkariinne 9, 80200 Joensuu  
julkaisut@pkamk.fi  
<http://www.tahtijulkaisut.net>



Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007–2013



POHJOIS-KARJALAN  
AMMATTIKORKEAKOULU



pkky.fi

Konetekniikka on ala, jonka käytännölliseen soveltamiseen monen teollisuudenalan liiketoiminta perustuu. Konetekniset vaatimukset ja mekaanisen tarkkuuden kehittyminen sekä kansainvälisessä kilpailussa menestyminen edellyttävät jatkuvaa tutkimus- ja kehitystyötä sekä osaamisen kehittämistä. Teollisuuden kiinnostus konetekniikan osaajiin on ollut kasvavaa ja alalta valmistuneet opiskelijat työllistyvät hyvin. Kone- ja metallitekniikan osaamis- ja koulutusverkosto-hankkeen (Komee-hanke) tarkoituksena oli hiukan yksinkertaistaen sanottuna alan koulutuksen modernisointi. Kysymys oli lopulta vain kahdesta, kolmesta asiasta: tietotaidon päivittämisestä, pulpettien hylkäämisestä ja ikkunoiden avaamisesta ympäröivään maailmaan. Hanke toteutettiin Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun sekä Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän ammattiopiston yhteistyönä. Toteutukseen osallistui myös suuri joukko teollisuusyrityksiä sekä muita oppi- ja tutkimuslaitoksia. Tärkeimpänä tuloksena voidaan pitää yritysten, ammattiopiston sekä ammattikorkeakoulun yhteisiä oppimisprojekteja. Tämä uusi, pohjoiskarjalainen oppimismalli osoittautui toimivaksi ja urauurtavaksi. Tässä julkaisussa esitellään hankkeen tärkeimpiä oppeja monen eri kirjoittajan näkökulmasta.

Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun julkaisuja

C:67

ISBN 978-952-275-037-2

ISSN 1797-3856