

SeAMK

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

B155

**Pasi Junell, Juha Hirvonen, Ari Sivula,
Heikki Rasku & Silja Saarikoski (toim.)**

**SeAMK Tekniikan tutkimus,
kehittäminen ja opetus
rakentamassa alueellista
innovaatioekosysteemiä**



Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja
B. Raportteja ja selvityksiä 155

Pasi Junell, Juha Hirvonen,
Ari Sivula, Heikki Rasku &
Silja Saarikoski (toim.)

**SeAMK Tekniikan tutkimus,
kehittäminen ja opetus
rakentamassa alueellista
innovaatioekosysteemiä**

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Seinäjoki 2020

Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja
Publications of Seinäjoki University of Applied Sciences

A

Tutkimuksia
Research reports

B

Raportteja ja selvityksiä
Reports

C

Oppimateriaaleja
Teaching materials

SeAMK julkaisut:

Seinäjoen ammattikorkeakoulun kirjasto
Kalevankatu 35,
60100 Seinäjoki
p. 040 830 0410
kirjasto@seamk.fi

ISBN 978-952-7317-25-9 (verkkojulkaisu)
ISSN 1797-5573 (verkkojulkaisu)

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SISÄLLYS

Pasi Junell, Juha Hirvonen, Ari Sivula, Heikki Rasku & Silja Saarikoski

**SeAMK Tekniikan tutkimus, kehittäminen ja
opetus rakentamassa alueellista innovaatiostysteemiä 9**

OSA I: TEOLLISUUDEN DIGITALISAATIO

Heikki Rasku

SeAMK Digital factory - nyt ja tulevaisuudessa.....19

Ari Sivula

Digitaaliset innovaatiokeskittymät Suomessa ja Euroopassa31

Juha Hirvonen

**SeAMK Tekniikka eteläpohjalaisten yritysten
digikypsyyttä ja kehittämisprioriteetteja kartoittamassa41**

Annika Koskela

**Digital maturity assessment helps small
and medium-sized companies on their digital road61**

Mika Valkama

Helping SME's in finding digital competences.....76

Toni Luomanmäki & Tomi Palomäki

Yhteistyörobotiikkaa Etelä-Pohjanmaalle83

OSA II: ROBOTIIKKA JA TUOTANNON MITTAAMINEN

Samuel Suvanto

Topologian optimointi osana komponenttien suunnittelua 109

Petteri Mäkelä

**Indoor positioning based on ultra-wideband
RF signal in industrial applications 121**

Toni Luomanmäki & Juha-Matti Arola

**Jatkuvan oppimisen koulutusta
toteuttamassa Etelä-Pohjanmaalla -
Case: Robotiikkakoulutus teollisille pk-yrityksille..... 135**

Juha-Matti Arola & Aleksi Frimodig

**Tuotannon mittaamisen ja tiedon visualisoinnin
nykytila teollisissa pk-yrityksissä Etelä-Pohjanmaalla..... 148**

OSA III: DIGITALISAATIO MUUTTAA OPETUSTA JA VIRTUALISOI MAAILMAA

Pasi Junell, Anmari Viljamaa, Cimmo Nurmi & Marko Mikkola

TKI-integroitu oppimiskonsepti digitalisaation, tekoälyn ja kasvuyrittäjyyden osaamisen edistämiseksi169

Jarno Arkko, Pasi Junell & Hannu Ylinen

Automotive engineering curriculum development: discovering European automotive engineering competences.....187

Hannu Ylinen, Jarno Arkko & Pasi Junell

Virtuaalisten oppimisympäristöjen hyödyntäminen insinöörikoulutuksessa - Case: Liikkuvien työkoneiden opetus201

Janne Kapela, Aleksi Frimodig, Tapio Hellman & Asko Ellman

Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen koneiden ja laitteiden esittelyssä messuilla.....218

Toni Luomanmäki

10-vuotiaat digitaaliset kaksoset.....239

SEAMK TEKNIIKAN TUTKIMUS, KEHITTÄMINEN JA OPETUS RAKENTAMASSA ALUEELLISTA INNOVAATIOEKOSYSTEEMIÄ

Pasi Junell, TkT, yliopettaja
SeAMK Tekniikka

Juha Hirvonen, TkT, yliopettaja
SeAMK Tekniikka

Ari Sivula, KTT, tutkimus- ja kehittämispäällikkö
SeAMK Tekniikka

Heikki Rasku, DI, yksikön johtaja
SeAMK Tekniikka

Silja Saarikoski, YTM, AmO, informaatikko
SeAMK Kirjasto

1 JOHDANTOA

Edessäsi on SeAMKin Tekniikan yksikön kokoomateos, jonka teemaksi valittiin innovaatioekosysteemit opetuksessa sekä tutkimus, kehitys ja innovaatio (TKI) -toiminnassa. Teoksen artikkelien tavoitteena on kertoa muun muassa siitä, millaisia vaikutuksia uusilla digitaalisilla menetelmillä on tekniikan yksikön toimintaympäristössä. Teema on tavallaan haasteellinen, sillä innovaatioekosysteemin muodostuminen edellyttää elinehtoista riippuvuussuhdetta verkoston jäsenten keskinäisessä innovaatio-toiminnassa. Aikaisemmin on arvioitu, ettei eteläpohjalaisesta innovaatioverkostosta ole varsinaisesti muodostunut ekosysteemiä

(Sorama 2019). Siten teoksen nimeksi muodostui SeAMK Tekniikan tutkimus, kehittäminen ja opetus rakentamassa alueellista innovaatioekosysteemiä. Ekosysteemin näkökulmasta voidaan toki ajatella, että SeAMK muodostaa ympärilleen ekosysteemin, sillä ilman SeAMKista valmistuvia opiskelijoita Etelä-Pohjanmaan yrityskehitys näyttäisi kovin toisenlaiselta.

Osaltaan teoksen tematiikka jatkaa sitä tarinaa, joka oli esillä jo Tekniikan yksikön edellisessä kokoomateoksessa, eli digitalisaation aiheuttamaa muutosta toimintaympäristössä. Erityisesti teollisuudessa, mutta myös liikenteessä, on käynnissä verrattain merkittävä toimintatapojen muuttuminen. Usein kehitystä kuvataan superlatiivein, puhutaan murroksesta tai neljännestä teollisesta vallankumouksesta. Toisaalta kehitystä voidaan miettiä vallankumouksen sijaan esimerkiksi aaltoliikkeen tavoin. Näin tekee muun muassa Wilenius Tulevaisuuskirjassaan (Wilenius 2015). Ajatus Kondratjevin aalloista, joiden käynnistäjänä on jokin teknologinen innovaatio, vaikuttaa kuvaavan nykyistä todellisuuden kehitystä jossain mielessä paremmin kuin ajatus vallankumouksesta. Tällä tulokulmalla viimeaikainen digitalisaatiokehitys voidaan nähdä viidennen eli digitalisaation käynnistäneen syklin viime henkäyksenä, joka samalla lyö alkutahdit kuudennelle syklille. Kuudennessa syklissä korostuu älykäs teknologia, joka mahdollistaa mm. aiempaa paremman yhteistyön, avoimuuden ja jakamistalouden resurssitehokkuuksineen.

Huomionarvoista on, että ajatukset vallankumouksesta tai Kondratjevin sykleistä kuvaavat pääasiassa joka tapauksessa liiketaloudellista tai yhteiskunnallista kehitystä. Teknologian kehittyminen on yleensä asteittaista ratkaisujen tai muotojen periytymistä, eli suppeassa mielessä evolutiivista. Tilannetta kuvaa hyvin ja yleistajuisesti W. Brian Arthur kirjassaan teknologian luonteesta (Arthur 2009). Kehitysprosessissa on yleensä havaittavissa aikaisempien teknologioiden ja ratkaisujen kombinaatioita, ja tämän evolutiivisen prosessin ymmärtäminen on avain teknolo-

gisen innovaatioprosessin ymmärtämiseen. Ottamatta erityisesti kantaa yleisesti teknologian evoluutioluonteeseen, digitalisaation kehityskaari vaikuttaa hyvin evolutiiviselta. Kehityskaari on pitkä ja aikaisempia teknologisia ratkaisuja kombinoiva, ja kehittymisen jatkuu edelleen.

Nähtiinpä tulevaisuuden kuva sitten vallankumouksen tai aalto liikkeen tapaisena, kehittyminen ei tapahdu itsestään vaan vaatii kehittäjiä. Teknologian näkökulmasta insinöörit ovat olleet ja tulevat tulevaisuudessakin olemaan avainasemassa. Ilman riittävää insinööriosaaamista kehitystä ei tapahdu niillä aloilla, joiden kehitys on teknologiasta riippuvaista. Siten ammattikorkeakoulun tehtävä on selkeä. Nyt ja tulevaisuudessa ammattikorkeakoulun pääasiallisena tavoitteena on tuottaa osaavia ammattilaisia elinkeinoelämän palvelukseen. Tämän tehtävän toteuttaminen edellyttää sitä, että SeAMK osallistuu tulevaisuuden tekemiseen laajalla rintamalla. Tähän tehtävään luonnollisesti kuuluu tutkinto-opetus, mutta yhtä lailla myös tutkimus ja kehittäminen. Ammattikorkeakoulun tulee omalta osaltaan olla mukana rakentamassa Etelä-Pohjanmaalle innovaatioekosysteemiä, joka edesauttaa alueellista yritysjoukkoa vastaamaan tulevaisuuden asettamiin haasteisiin.

2 KIRJAN RAKENTEESTA

Tämä kirja on 20 kirjoittajan voimin tehtyjen artikkelien kokoelma. Artikkelien pääasiallisena taustana on kyseistä aihetta käsittelevä TKI-hanke. Mutta joukkoon mahtuu myös sellaisia artikkeleita, jotka koostavat useampien hankkeiden tuloksia, sekä artikkeleita, joiden aihepiiri ei vielä ole konkretisoitunut hankkeeksi. Kirja jakautuu kolmeen osaan, joissa jokaisessa on viisi artikkelia. Ensimmäisessä osassa keskitytään teollisuuden digitalisaatioon. Osan aloittaa Heikki Raskun artikkeli kansainvälisestäkin tunnustetusta SeAMK Digital Factory -konseptista. Toisessa ar-

tikkelissa Ari Sivula kuvailee eurooppalaisia digitaalisia innovaatiokeskittymiä (DIH, Digital Innovation Hub), jollainen toimii myös Etelä-Pohjanmaalla. Kolmannessa artikkelissa Juha Hirvonen tarkastelee eteläpohjalaisten yritysten digitaalisia valmiuksia ja kehittämisen prioriteetteja. Osan kaksi viimeistä artikkelia keskittyy pienten ja keskisuurten teollisten yritysten digitalisaatioon. Neljännessä artikkelissa Annika Koskela tarkastelee pk-sektorin yritysten digitaalista kypsyttä ja sen arviointia, ja viidennessä artikkelissa Mika Valkama pohtii, miten pk-yritykset löytävät tarvitsemansa digitaalisen osaamisen ja kompetenssin.

Teoksen toinen osa keskittyy robotiikkaan ja tuotannon mittaamiseen. Osan aloittaa Toni Luomanmäen ja Tomi Palomäen artikkeli yhteistyörobotiikasta ja sen tilanteesta Etelä-Pohjanmaalla. Toisessa artikkelissa Samuel Suvanto käsittelee komponenttien suunnittelun näkökulmasta topologian optimointia ja generatiivista suunnittelua. Kolmas artikkeli keskittyy Petteri Mäkelän kirjoittamana sisätilan mobiilien robottien navigointiteknologioihin. Neljännessä artikkelissa Toni Luomanmäki ja Juha-Matti Arola tarkastelevat jatkuvan oppimisen ja yritysten henkilöstön kouluttamisen tematiikkaa robotiikan viitekehyksessä. Osan päättää Juha-Matti Arolan ja Aleksu Frimodigin artikkeli tuotannon mittaamisesta ja tiedon visualisoinnista pk-yrityksissä Etelä-Pohjanmaalla.

Kolmas ja viimeinen osa käsittelee toimintaympäristön digitalisoitumisen vaikutuksia opetuksen näkökulmasta sekä virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä niin opetuksessa kuin laajemminkin. Osan aloittaa Pasi Junellin, Anmari Viljamaan, Cimmo Nurmen ja Marko Mikkolan artikkeli uudesta TKI-integroidusta oppimiskonseptista. Toisessa artikkelissa Jarno Arkko, Pasi Junell ja Hannu Ylinen jäsentelevät auto- ja työkonetekniikan uusia kompetenssivaatimuksia ja siitä seuraavaa opetussuunnitelman päivitystarvetta digitalisoituvan liikenneteknologian muuttaessa toimintaympäristöä. Kolmannessa artikkelissa Hannu Ylinen,

Jarno Arkko ja Pasi Junell syventyvät virtuaalitodellisuuden käyttöön liikkuvien työkoneiden teknologian opetuksessa. Neljännessä artikkelissa Janne Kapela, Aleksi Frimodig, Tapio Hellman ja Asko Ellman luovat katsauksen siihen, millaisia hyötyjä on saatavissa virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä koneiden ja laitteiden esittelyssä. Osan ja samalla koko teoksen päättää Toni Luomanmäen artikkeli koneiden ja laitteiden virtuaalisista kaksosista.

3 LUKIJALLE

Kirjan artikkeleiden kirjoittamisessa lukijakohderyhmäksi on ajateltu teknisesti orientoitunut lukija, joten artikkeleiden lukeminen saattaa vaatia hieman teknistä tietämystä. Artikkeleissa on kuitenkin pyritty välttämään liiallista teknistä yksityiskohtatietoa ja keskeisimpiä käsitteitä on pyritty avaamaan. Tämä teos keskittyy Tekniikan yksikön painoalaan älykkäät teknologiat. Artikkelit painottuvat kuvaamaan sitä, miten teollisuuden ja liikenteen digitalisaatio näkyy yksikön toiminnassa. Teos ei siten ole kattava esitys siitä, mitä Tekniikan yksikössä digitalisaationkaan puitteissa tehdään. Tärkeystään huolimatta teoksen ulkopuolelle ja toisiin teoksiin julkaistavaksi on jätetty muun muassa rakennustekniikan sekä yleisesti tekniikan opetuksen digitalisaatio, sikäli kun opetettava substanssi ei ole suoraan liittynyt teollisuuden tai liikenteen digitalisoitumiseen.

Teoksen toimituskunta kannustaa lukijaa aktiivisuuteen. Etelä-Pohjanmaalle voidaan synnyttää innovaatioekosysteemi vain siten, että aktiivisia toimijoita on useita. SeAMKin Tekniikan yksikkö pyrkii omalla toiminnallaan olemaan innovaatioekosysteemin aktiivinen osa, mutta yksin tämä ei riitä. Mukaan kaivataan kehitysintoisia yrityksiä ja yksilöitä. Pohtimisen arvoista on se, millä tavalla lukija voisi itse osallistua tulevaisuudessa artikkelissa esitettyihin toimiin tai tutkimuksiin. Toimituskunta kannustaa

lukijaa rohkeasti olemaan yhteydessä teoksen toimittajiin tai artikkelien kirjoittajiin, mikäli on pienikin viittaus siitä, että esillä olevasta aiheesta on hyötyä lukijan omissa kehitystoimissa. Myös mahdollisissa uusissa teeman mukaisissa ajatuksissa kannattaa ottaa yhteyttä.

Tämän kokoomateoksen muodostuminen on edellyttänyt mit-tavaa yhteistyötä. Artikkeleiden taustalla oleviin tutkimuksiin ja toimiin on osallistunut, artikkeleiden kirjoittajien ohella, mitta-va joukko SeAMKin ja yhteistyötahojen henkilöstöä. Merkittävä rooli on myös ollut SeAMKin toimintaa rahoittaneilla tahoilla sekä luonnollisesti SeAMKin opiskelijoilla. Kokoomateoksen toimituskunta haluaa esittää kaikille edellä mainituille tahoille lämpimän kiitoksen.

LÄHTEET

Arthur, W. B. 2009. The nature of technology: What it is and how it evolves. New York: Free Press.

Sorama, K. 2019. Ammattikorkeakoulu osana alueellisia innovaatioe-kosysteemejä. Teoksessa: M. Mikkola (toim.) Tutkimusfoorumi 2019: Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun uuden yhteisen toimintamallin satoa. [Verkkajulkaisu]. Pori: Satakun-nan ammattikorkeakoulu. Sarja B, Raportit 23/2019. [Viitattu 1.6.2020]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202002074828>

Wilenius, M. 2015. Tulevaisuuskirja. Helsinki: Otava



**OSA I:
TEOLLISUUDEN
DIGITALISAATIO**

SEAMK DIGITAL FACTORY - NYT JA TULEVAISUUDESSA

Heikki Rasku, DI, yksikön johtaja
SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTOA

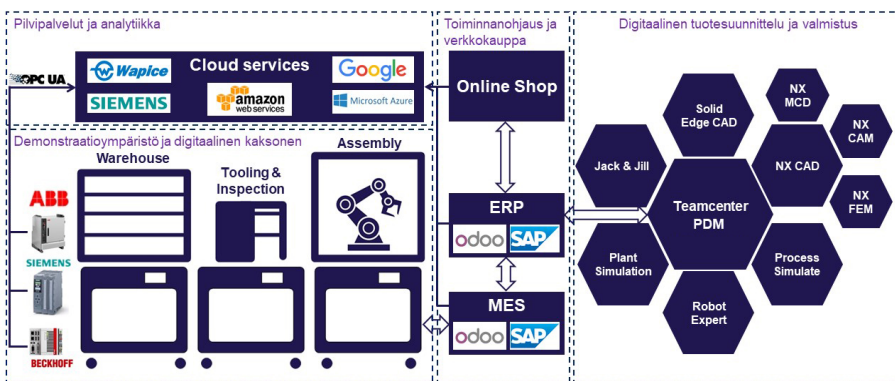
Seinäjoen ammattikorkeakoulun (SeAMK) kansallisesti tunnustettu ja palkittu Digital Factory -konsepti on ollut tekniikan yksikön tutkimuksellinen keihäänkärki viimeiset vuodet. Vahvuusalamme ”Teollinen internet ja digitaalinen valmistus” puitteissa tehtävä tutkimus- ja opetustyö on konkretisoitunut teollisen internetin laboratorion muodossa, ja opetussuunnitelmia on päivitetty muun muassa Digital Factory Akatemian osalta. Alan kehitys on kuitenkin päätähuimaavaa, ja digitalisaatio laajenee perinteisistä teollisuusympäristöistä voimakkaasti myös muille toimialoille. Niinpä myös Digital Factory -konseptin on uudistuttava ja laajennuttava kattamaan entistä laajempi teollisuusalojen kirjo ja teknologiaportfolio.

Tässä artikkelissa kuvataan Digital Factory -konseptin kehityshistoria lyhyesti, mutta ennen kaikkea hahmotellaan niitä suuntaviivoja, johon tämä vahvuusala on matkalla. Yhteistyön laajenemisen myötä artikkelissa kuvataan linkitykset muihin toimi- ja vahvuusaloihin, nykyisiin ja viimeaikaisiin hankkeisiin sekä hahmotellaan tulevia vaikutuksia opetukseen ja tutkimukseen niin SeAMKin tasolla kuin myös yhteistyöverkostojen osalta.

2 MIKÄ ON SEAMK DIGITAL FACTORY

SeAMK Digital Factory on oppimis- ja tutkimusympäristö, joka on monivuotisen ja määrätietoisin kehitystyön tulos. SeAMK Digital Factory on rakentunut usean peräkkäisen tutkimus- ja kehityshankkeen tuloksena, kuten edellisessä kokoomateoksessa osuvasti kuvailtiin (Katajisto & Reinilä 2018, 39 - 46). Ympäristön voidaan todeta tukevan ammattikorkeakoulun opetusta niin yksittäisiin opintojaksoihin sisällytetyn toiminnan kuin Digital Factory Akatemian muodossa. Tämän lisäksi ympäristöä voidaan soveltaa yritysten kanssa tehtävässä yhteistyössä ja yritysten digitalisaatiovalmiuksien parantamisessa sekä suorissa maksullisissa palveluissa etenkin simulaatioiden ja mallinnusten osalta.

Tänä päivänä SeAMK Digital Factoryn voidaan todeta mallintavan modernin teollisuusyrityksen oleelliset tuotteen syntymiseen liittyvät osa-alueet, ja teollisen internetin laboratorion myötä tarjoavan etenkin pitkälle automatisoitua kokoonpanotehdasta vastaavan demonstraatioympäristön. Oppimisympäristön kokonaisuutta voidaan hahmottaa kuvion 1 mukaisissa kokonaisuuksissa.



Kuvio 1. SeAMK Digital Factory -ympäristön kuvaus.

“Digitaalinen tuotesuunnittelu ja valmistus” -osio mahdollistaa täysin digitaalisen suunnittelutyön ja tuotehallinnan (PDM) modernein työkaluin. Osioon on integroitu myös tuotteen ja tuotannon simulointiin ja mallinnukseen tarvittavat työkalut aina tehtaan työntekijöiden ergonomia-analyyseista lähtien. Todellisen tuotekehitysrakenteen mukaisesti PDM-järjestelmä toimii kokonaisuuden ytimenä ja linkkinä muuhun tehdastoimintaan.

“Toiminnanohjaus ja verkkokauppa” -osio sisältää mahdollisuudet opiskella ja demonstroida modernin verkkokaupan toiminnallisuutta ja sen integraatiota muun liiketoiminnan ohjaukseen. Toiminnanohjausjärjestelmä (ERP) integroi ympäristön osioita yhteen kuten oikeassakin liiketoiminnassa ja osaltaan ohjaa tuotannon toimintaa tuotannonohjausjärjestelmän (MES) kautta. MES-järjestelmä puolestaan rakentaa operatiivisen ohjauksen itse teollisen internetin laboratorion muodostamaan tehdasympäristöön.

“Demonstraatioympäristö ja digitaalinen kaksonen” -osio sisältää sekä SeAMKin teollisen internetin laboratorion (kuviot 2) että siitä toteutetun digitaalisen kaksohen. Laboratorion valmistuslinjassa voidaan lisäksi opettaa ja demonstroida automaattivaraston, kokoonpano- ja työstörobotiikan, konenäkösovellusten ja koestuksen työvaiheita sekä luonnollisesti kaikkea tuotantoautomaation ohjaamiseen tarvittavaa laitteistoa ja järjestelmiä.



Kuvio 2. Teollisen internetin laboratorio.

”Pilvipalvelut ja analytiikka” -osio hyödyntää teollisen internetin ominaisuuksia niin laite- kuin järjestelmädatankin osalta. Keräämällä tietoa sekä tuotannon että liiketoiminnan vaiheista voidaan optimoida liiketoiminnan ja valmistuksen prosesseja, demonstroida ennakoivan huollon toimintaa ja tutkia sekä perehtyä itse pilvipalveluihin ja teollisen internetin teknologioihin.

Edellä kuvatun kokonaisuuden hyötyjä tarkastellaan tarkemmin kappaleessa 4, mutta jo tässä vaiheessa on syytä todeta oppimisympäristön kokonaisvaltaisuuden merkittävä hyöty etenkin insinöörikoulutuksessa. Sirpaletiedon sijaan ympäristö luo vahvan ja teolliseen todellisuuteen pohjautuvan kontekstin opetettaville osakokonaisuuksille. Tällainen kokonaiskuvan muodostuminen on erityisen arvokasta yritysmaailmaan siirryttäessä, jolloin eri toimintojen vuorovaikutukset ja niiden ymmärtäminen ovat tärkeässä roolissa.

3 SEAMK DIGITAL FACTORYN KEHITYSSUUNTA

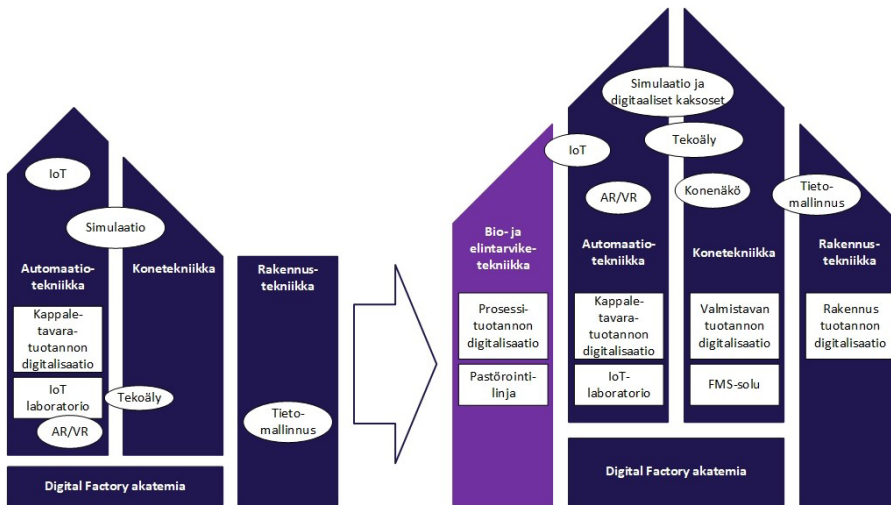
SeAMK Digital Factory -ympäristön vakiinnuttua osaksi ammatti-korkeakoulun opetusta ja tutkimusta on tärkeää jatkaa toiminnan kehittämistä ja laajentamista vastaamaan nopeasti kehittyvän teollisuuden digitalisaation tarpeita ja erilaisia toimialoja. Kehityksen osalta voidaan tunnistaa kolme eri suuntaa:

1. Toimialalaajennukset
2. Monialaisuuden kehitys
3. Teknologia-alueet.

3.1 Toimialalaajennukset

Kuten aikaisemmin artikkelissa todettiin, SeAMK Digital Factory -ympäristö on lähes täydellinen mallinnus tuotekehitystä ja kokonpanotuotantoa sisältävästä kappaletavaraliiketoiminnasta. Lisäksi ”demonstraatioympäristö ja digitaalinen kaksonen” -osiota lukuun ottamatta ympäristö on melko geneerinen ja soveltuu sinänsä monenlaisen muunkin liiketoiminnan ja tuotannon simuloimiseen.

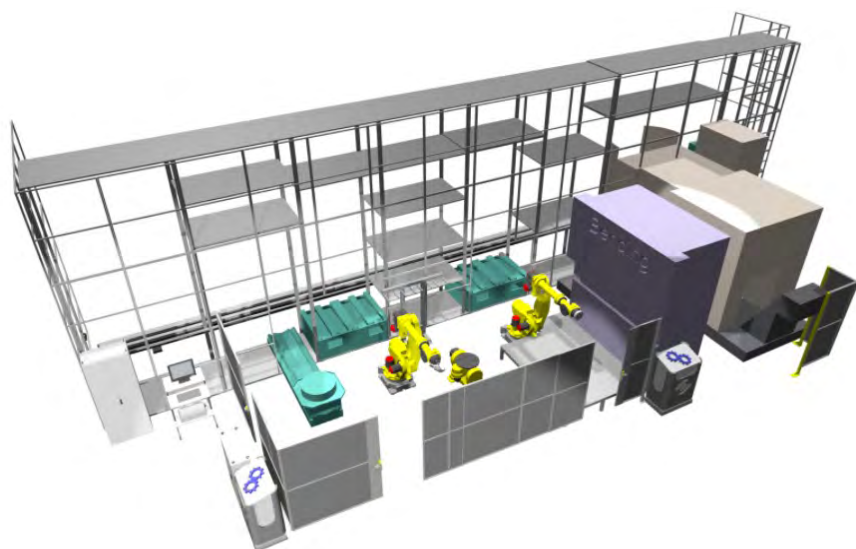
Itse valmistuksen osalta SeAMK on laajentamassa toimialapohjaa kappaletavara-automaatiosta myös kahteen muuhun toimialaan: valmistavaan alihankintateollisuuteen ja prosessiteollisuuteen. Lisäksi suunnitelmissa on tuoda mukaan myös rakennustuotannon toimialaympäristöjä. Nämä laajennussuunnat on kuvattu kuviossa 3, jossa kehitys on ryhmitelty SeAMKin tutkinto-ohjelmien mukaisesti.



Kuvio 3. SeAMK Digital Factory -konseptin toimiala- ja teknologia alueiden laajentuminen.

Valmistavan tuotannon digitalisaatio nivoutuu vahvasti SeAMKin konetekniikan tutkinto-ohjelman opetukseen ja tutkimukseen. Laajentuminen toteutetaan osana Enterprise Digital Twin Platform (EDIT) -hanketta, jossa teollisen internetin laboratorion rinnalle synnytetään uusi, levytyöstöteollisuuteen nojaava demonstraatioympäristö (Enterprise Digital Twin Platform 2020). Tämä ympäristö rakentuu Seinäjoen ammattikorkeakoulun konetekniikan laboratorion FMS-solun ympärille ja koostuu muun muassa automaattivarastosta, teollisuusroboteista ja metalliteollisuuden työasemista. Tämän kokonaisuuden digitaalinen kaksonen on kuvattuna kuviossa 4.

Tämä laajennus on erittäin merkittävä kahdestakin syystä. Ensimmäkin Etelä-Pohjanmaan alueella on merkittävä määrä matalan jalostusarvon alihankkivaa teollisuutta, jonka heikon digitalisaatioasteen edistämiseksi EDIT-hankkeen myötä saadaan arvokasta osaamista (Etelä-Pohjanmaan liitto 2018). Toiseksi konetekniikan laboratioympäristö on realistisesti aitoa tehdasympäristöä mallintava kokonaisuus, jossa myös ihmisten osallisuus tuotannon digitalisaatioon voidaan huomioida selvästi paremmin.

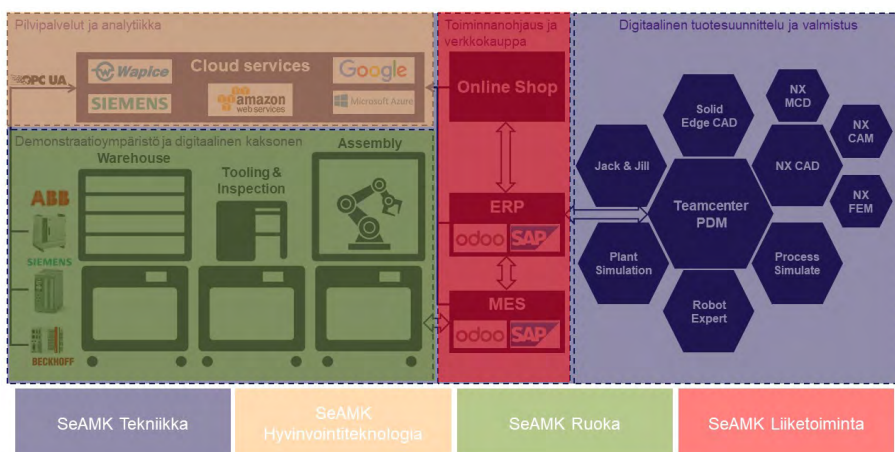


Kuvio 4. EDIT-hankkeessa synnyttävä valmistavan teollisuuden demonstraatioympäristö.

Toimialalajennukset etenevät kuvion 3 mukaisesti myös prosessiteollisuuden puolelle. SeAMK Ruoka -yksikössä ollaan ottamassa käyttöön pastörintilinja, joka anturoinnin ja datan keruun myötä voidaan muodostaa omaksi demonstraatioympäristökseen, kuten teollisen internetin ja konetekniikan laboratoriot edellä kuvatun mukaisesti.

3.2 Monialaisuuden kehitys

Toimialojen lisäksi SeAMK Digital Factorylla on aidot mahdollisuudet niin korkeakoulujen väliseen kuin korkeakoulun sisäiseen monialaisuuteen. Tässä kappaleessa kuvataan sidokset talon sisäisessä rakenteessa ja toiminnassa, joiden myötä Digital Factory -ympäristö voidaan kuvata aidosti koko Seinäjoen ammattikorkeakoulun toimintaan liittyväksi, kuten kuvio 5 esittää.



Kuvio 5. SeAMKin yksiköiden sidokset Digital Factory -ympäristöön.

Tekniikan yksikön toiminnan lisäksi oppimis- ja kehitysympäristössä on vahvat sidokset ammattikorkeakoulun muihin opetus- ja tutkimusyksiköihin. Sosiaali- ja terveysalan yksikössä tehtävä hyvinvointiteknologian tutkimus soveltaa hyvin samoja teknologioita, etenkin teollisen internetin ja pilvipalveluiden osalta. Edellisessä luvussa kuvattu pastörintilinja toimii osana Ruoka-yksikön bio- ja elintarvikeinsinöörinkoulutusta, joten prosessiteollisuuden teknologialla toteutettu demonstraatioympäristö tukee oivallisesti myös alueen vahvan elintarviketeollisuuden digitalisaatiota. Digitaalisen liiketoiminnan ja toiminnanohjauksen osaaminen on vahvaa Liiketoiminnan ja kulttuurin yksikössä, ja siksi kaupallinen näkökulma saa suurempaa konkretiaa muuten helposti teknologiavetoisessa ympäristössä. Tämä yhteistyö konkretisoituu hyvin SeAMK tekniikan ja liiketoiminnan yhdessä Satakunnan ammattikorkeakoulun (SAMK) kanssa toteuttamassa hankkeessa “More startups and Growth through Digitalisation and Artificial Intelligence”. Yhtenä tämän hankkeen suunnitelman mukaisena tavoitteena on kehittää laboratorioiden hyödyntämistä liiketoiminnan kasvun ja lisäarvon synnyttämisessä. (More startups and Growth through Digitalisation and Artificial Intelligence 2020.)

3.3 Teknologia-alueet

Yksi merkittävimmistä eduista etenkin tuotannon digitalisaatiossa ei ole niinkään digitalisaatio itse tai datan keruu, vaan se miten kertynyttä informaatiota hyödynnetään ja miten se nivoutuu muuta lisäarvoa tuottavaksi toiminnaksi (Collin & Saarelainen 2016). Tällä hetkellä SeAMK Digital Factoryn ydinteknologiat nojaavat vahvasti kuvion 3 mukaisesti teolliseen internetiin ja toimintojen simulointeihin ja mallinnuksiin.

Rakennustekniikan ja -tuotannon puolella digitaalisen suunnittelun vastine on tietomallinnus (Building Information Modelling, BIM), joka on noussut merkittäväksi teknologiseksi murrokseksi rakennustekniikan puolella (Kensek & Noble 2016, xxiii). Tietomallinnus sisältää samoja tuotehallinnan ja 3D-suunnittelun ominaisuuksia kuin teollisuuden digitaalinen suunnittelu ja tuotehallinta, jolloin myös muuten usein omia tekniikoitaan soveltava rakennustekniikkakin voidaan nivoa vahvasti osaksi SeAMK Digital Factory -ympäristöä.

Toinen läpileikkaava teknologia on konenäkö, jota jo sovelletaan teollisen internetin laboratoriossa ja jonka alan kompetenssia SeAMKissa on vahvistettu viime aikoina. Kuten VR/AR-teknologia, myös konenäkö leikkaa vahvasti läpi useiden eri toimialojen ja tuo nimenomaan valmistuksen digitalisaatioon muun muassa laadunvalvontaa kehittäviä ratkaisuja.

Näiden teknologioiden rinnalle on nousemassa jo nyt vahvasti virtuaali- ja laajennetun todellisuuden (VR/AR) teknologia, jolle on SeAMKissa synnytetty oma laboratoriotila teollisen internetin laboratorion yhteyteen. VR/AR-teknologialla on sovelluskohteita erittäin monialaisesti, ja etenkin rakennustuotannossa nämä tekniikat voivat tuoda merkittäviä etuja (Kensek & Noble 2016, 13).

Teollisen internetin ja pilvipalveluiden mahdollistama datamasojen keruu johtaa luonnollisesti tekoälysovellusten käyttöön. Muuten kertynyt data jää hyödyntämättä lisäarvon ja -informaation kannalta. Tekoäly tekee tuloaan myös muihin digitaalisen valmistuksen osa-alueisiin, kuten CAD-suunnitteluun.

4 SEAMK DIGITAL FACTORYN TAVOITELLUT VAIKUTUKSET

Kuten alussa todettiin, SeAMK Digital Factory pystyy tarjoamaan lisäarvoa niin opetuksen kuin tutkimuksenkin saralle.

4.1 Vaikutukset opetukseen

SeAMK tekniikassa on jo useamman vuoden ajan järjestetty Digital Factory Akatemia -otsikon alla opetusta niin insinööriopinnoissa kuin myös jatkuvan oppimisen saralla. teollisuuden tietotekniikan ja ohjelmistosuunnittelun opintokokonaisuudet ovat osaltaan edistäneet alueen yritysten ja itsenäisten opiskelijoiden kyvykkyyttä valmistuksen digitalisaation saralla.

Tutkinto-opintojen osalta SeAMK Digital Factory -ympäristön kenties suurin merkitys on opiskeltujen osakokonaisuuksien nivoutuminen yhteen todellisen teollisuusyrityksen kaltaiseen muotoon. Esimerkiksi tuotehallinnan merkitys aukeaa huomattavasti konkreettisemmin, jos pelkän PDM-järjestelmän toiminnallisuuden sijaan voidaan osoittaa käytännössä, mihin tuotehallinnalliset toimet ja valinnat vaikuttavat yrityksessä. Kappaleessa 3 kuvatut kehityssuunnat laajentavat tätä monialaisuutta entisestään ja rakentavat teknologisista ratkaisuista siltoja lisäarvoa tuottaviin ratkaisuihin. Verkkokaupan integrointi ERP-järjestelmään ei ole pelkkiä rajapintoja ja datapaketteja, vaan asiakkaalle ja liiketoiminnalle lisäarvoa ja kilpailuetuja tuottavia ratkaisuja.

4.2 Vaikutukset tutkimukseen ja yritysysteistyöhön

Historiansa alusta asti SeAMK Digital Factory -ympäristöä on käytetty myös teknologioiden tutkimukseen ja soveltamiseen. Tämän lisäksi ympäristössä on ollut monia yhteistyöyrityksiä tutustumassa eri digitalisaatoratkaisuihin ja pyrkimässä hahmottamaan, miten eri ratkaisut voisivat edistää juuri heidän liiketoimintaansa.

Käynnissä olevat, kappaleessa 3.1 kuvaillut kehitysaskleet uusille toimialoille, ovat merkittäviä nimenomaan Etelä-Pohjanmaan alueen teollisuuden kannalta. Alue on tunnettu vahvoista elintarvike- ja alihankintateollisuussektoreistaan, joihin uudet demonstraatioympäristöt suoraan kohdentuvat. Lisäksi etenkin EDIT-hankkeen myötä digitalisaatiokehitys saa erittäin tärkeän inhimillisen aspektin huomioimalla myös tehtaan työntekijöiden muodostaman rajapinnan. Digitaalisen valmistuksen kirjallisuudessa liian herkästi siirrytään suoraan automaation ja robotiikan optimointiin ja kehitykseen ja unohdetaan, että valtaosa yrityksistä ei voi lähteä suoraan soveltamaan tuotantoonsa laiterajapinnan teknologioita. Työntekijöiden osuus tuotannon tapahtumista on edelleen merkittävimmissä roolissa.

5 LOPUKSI

Tässä artikkelissa on kuvattu Seinäjoen ammattikorkeakoulun Digital Factory -konseptin historiaa, nykytilaa ja tulevia kehityssuuntia. Kuten voidaan huomata, pitkäaikainen kehitystyö on jatkumassa entistä laajemmalla rintamalla ja vielä voimakkaammin monialaisuuteen ja yhteistyöhön nojaten. Teollisuuden digitalisaatio etenee voimakkaasti uusia teknologioita ja ratkaisuja hyödyntäen, joten oppimis- ja tutkimusympäristön jatkuva kehittäminen on välttämätöntä.

Konseptin hyödyt opetukselle ja tutkimukselle ovat olleet korvaamattomia Seinäjoen ammattikorkeakoulussa viimeisten vuosien aikana. Etenkin opetuksen kannalta kokonaisvaltaisen teollisuusliiketoiminnan demonstraatioympäristö on erinomainen pohja kouluttaa toimintorajojen yli toimivia insinöörejä. Liiketoimintaymmärryksen lisäksi modernien teknologioiden omaksuminen takaa erinomaiset edellytykset tulevaisuuden työelämään.

LÄHTEET

Collin, J. & Saarelainen, A. 2016. Teollinen Internet. Helsinki: Talentum.

Enterprise Digital Twin Platform. 2020. [Verkkosivu]. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Projektitietokanta. [Viitattu 9.4.2020]. Saatavana: <https://www.seamk.fi/yrityksille/tki-projektit/projektitietokanta/?RepoProject=411045>

Etelä-Pohjanmaan liitto. 2018. Työn ja teknologian murros kiihtyy. [Verkko-julkaisu]. [Viitattu 9.4.2020]. Saatavana: https://www.epliitto.fi/images/IKEP%20Ty%C3%B6_final.pdf

Katajisto, K. & Reinilä, H. 2018. TKI-kärjen ”Digitaalinen valmistus ja teollinen internet” kehityspolku. Teoksessa: P. Junell, K. Katajisto, P. Mäkelä & S. Saarikoski (toim.) SeAMKin Tekniikan yksikkö edistämässä digitaalista muutosta teollisuudessa ja rakentamisessa. [Verkköjulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 134. [Viitattu 21.4.2020]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7109-87-8>

Kensek, K. & Noble, D. 2014. Building information modeling: BIM in current and future practice. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

More startups and growth through digitalisation and artificial Intelligence. 2020. [Verkkosivu]. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Projektitietokanta. [Viitattu 25.5.2020]. Saatavana: <https://www.seamk.fi/yrityksille/tki-projektit/projektitietokanta/?RepoProject=431056>

DIGITAALISET INNOVAATIOKESKITTYMÄT SUOMESSA JA EUROOPASSA

Ari Sivula, KTT, tutkimus- ja kehittämispäällikkö
SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTO

Digitaalisuus tarjoaa uusia liiketoimintamahdollisuuksia kaikille yrityksille, mutta eritoten valmistavan teollisuuden uudet digitaaliset innovaatiot mahdollistavat uutta liiketoimintaa pk-yrityksille. Alustamaiset ratkaisut mahdollistavat uusien innovatiivisten tuotteiden ja palveluiden sekä koko ekosysteemin kehittämisen uudella tavalla. Euroopan komissio pyrkiikin kehittämään innovaatioekosysteemejä erilaisilla malleilla, joista yksi alustamainen ratkaisu on DIHit (Digital Innovation Hubs). DIH-innovaatiokeskittymät ovat yksi komission lanseeraamista innovaatioekosysteemimalleista, jotka tukevat alueen älykkään erikoistumisen strategian implementointia. Digitaalisten innovaatiokeskittymien tavoitteena on kiihdyttää sekä kehittää alueellista digitaalista innovaatio- ja liiketoimintaekosysteemiä ja tukea digitaalista murrosta eri organisaatioissa. Digitaalisilla innovaatiokeskittymillä on merkittävä rooli EU:n digitalisaatio-ohjelmassa (Digital Europe), ne rakentuvat lähtökohtaisesti alueen innovaatio- ja liiketoimintaekosysteemin vahvuuksien ympärille ja niiden on nähty olevan lupaavaa malli myös suomalaisten yritysten digitaalisen osaamisen vahvistamiseen ja kehittämiseen (Virkkunen, Still & Rosso 2019).

Tämän artikkelin tavoitteena on kuvata digitaalisten innovaatiokeskittymien merkitystä ja tarpeellisuutta Suomessa sekä

eritoten Etelä-Pohjanmaan alueella. Digitaaliset innovaatiokeskittymät eivät rakennu itsestään, ja ne vaativat muun muassa fasilitoivaa organisaatiota sekä digitaalisen innovaatiokeskittymän aktiivisuutta, jotta alue voisi kehittyä digitaalisen osaamisen valossa seuraavalle tasolle. Digitalisuus sekä siinä olevat kokonaisuudet voivat olla hyvin yksikertaisia tai toisaalta hyvin monimutkaisia. Jokaisella yrityksellä on oma digitalinen maturaiteettitasonsa, jonka tunnistamisesta on hyötyä yrityksen kokonaiskehittämislle. Innovaatiokeskittymillä on Euroopan komission toimesta nähty olevan vaikutus digitaalisen transformaation vauhdittajina eritoten pk-yrityksissä. Tästä syystä Euroopan komission on lanseeraamassa European DIH (EDIH) -mallin, joka tulee konkretisoimaan kehittymistä ja kehittämistä eri tavoin eri alueilla Euroopassa.

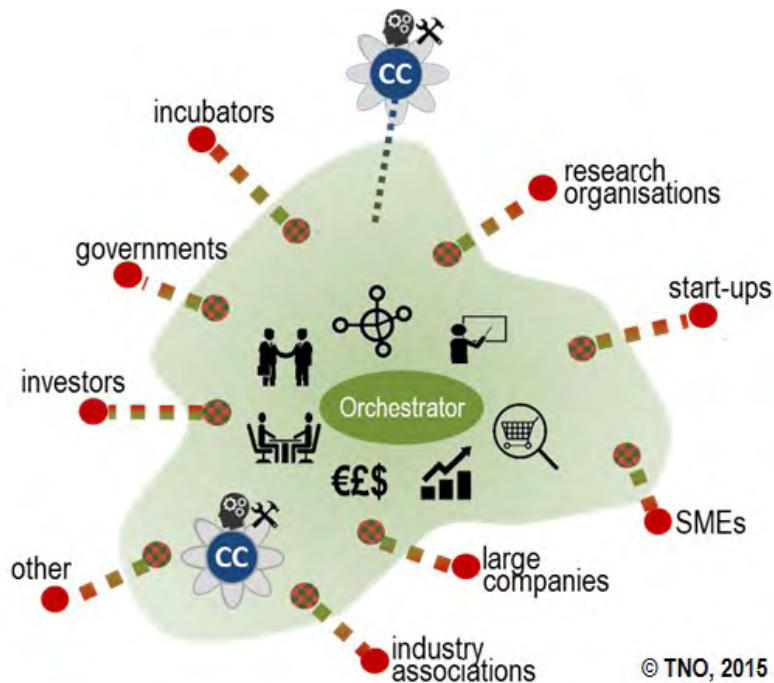
Tämän artikkelin tavoitteena on kuvata digitaalisia innovaatiokeskittymiä kokonaisuudessaan sekä kuvata niiden hyötyä alueelle (mm. korkeakoulut sekä yritykset) sekä laajemmin myös kansainvälisesti. Aluksi luodaan katsaus innovaatiokeskittymiin. Tämän jälkeen keskustellaan Etelä-Pohjanmaan maakunnassa tehdystä kehittämistyöstä liittyen digitaaliseen innovaatiokeskittymään. Tämän jälkeen luodaan katsaus tulevaisuuteen ja artikkeli päätetään johtopäätöksiin.

2 MITÄ DIGITAALISET INNOVAATIOKESKITTYMÄT OVAT?

Digitaaliset innovaatiokeskittymät ovat Euroopan komission aloite, jolla pyritään vauhdittamaan digitaalista transformaatiota eri organisaatioissa, mutta eritoten pk-yrityksissä. Digitaalisia innovaatiokeskittymiä on tällä hetkellä Suomessa toistakymmentä eri teema-alueilla (mm. digitaalinen valmistus ja tekoäly) (DIH Catalogue 2020). Digitaaliset innovaatiokeskittymät ovat merkittävä osa Euroopan unionin teollisuuden digitalisaatio-ohjelmaa

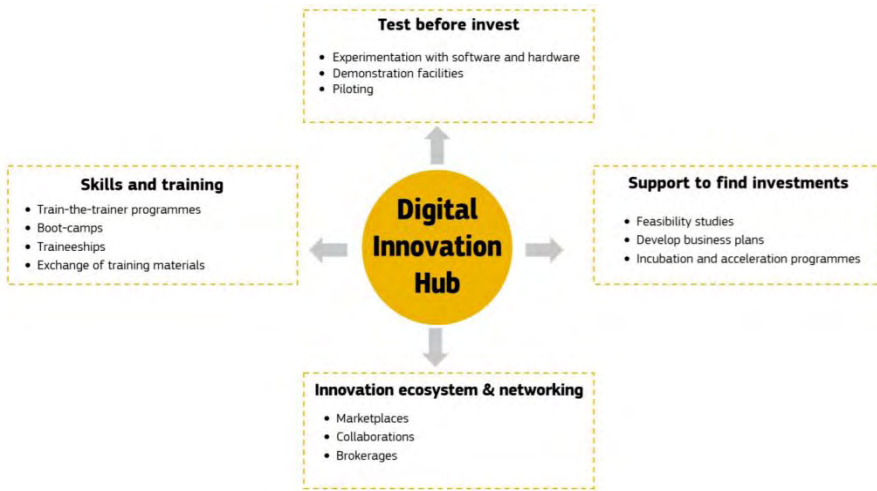
(Virkkunen ym. 2019). Digitaaliset innovaatiokeskittymät ovat sopiva malli myös Suomen digitaalisen murroksen vahdittamiseen eri organisaatioissa. Ne pyrkivätkin vastaamaan digitalisoitumisen haasteeseen. DESI-selvityksen (The Digital Economy and Society Index) (DESI 2019) mukaan vain yksi viidestä yrityksestä on korkeasti digitalisoituneita, jonka vuoksi digitaalisille innovaatiokeskittymille on selkeä kysyntä jo tällä hetkellä suoraan yritysten liikevaihdollisista näkökulmista.

Alueilla toimivat digitaaliset innovaatiokeskittymät voivat rakentua monin eri tavoin, mutta niillä on tietty perusrakenne. Digitaalisten innovaatiokeskittymien tavoitteena on nostaa alueen sekä sen pk-yritysten digitaalista kilpailukykyä eri tavoin siten, että koko innovaatio- ja liiketoimintaekosysteemi hyötyy. Kuvio 1 esittää yksittäisen digitaalisen innovaatiokeskittymän perusrakennetta Euroopan komission näkökulmasta.



Kuvio 1. Digitaalinen innovaatiokeskittymän perusrakenne (European Commission 2016).

Digitaalisten innovaatiokeskittymien osalta on havaittavissa tietynlaista alueellisuutta sekä keskittymistä Suomen ja koko Euroopan tasolla (DIH Catalogue 2020), mutta digitaalisten innovaatiokeskittymien tulisi verkottua toistensa kanssa sekä kansallisesti että kansainvälisesti soveltuvat teemat huomioiden. Digitaalisten innovaatiokeskittymien strateginen tavoite yleisesti on tukea eritoten pk-yritysten ja muiden organisaatioiden digitaalista transformaatiota eri tavoin, ja niille on määritetty neljä eri osa-alueetta, joihin niiden tulisi vastata eri tavoin oma tematiikkansa huomioiden. Nämä osa-alueet on esitetty kuviossa 2, ja ne toimivat myös tulevien EDIH-innovaatiokeskittymien toiminnan pohjana.



Kuvio 2. Digitaalisten innovaatiokeskittymien toiminnan osa-alueet (Lemke 2018).

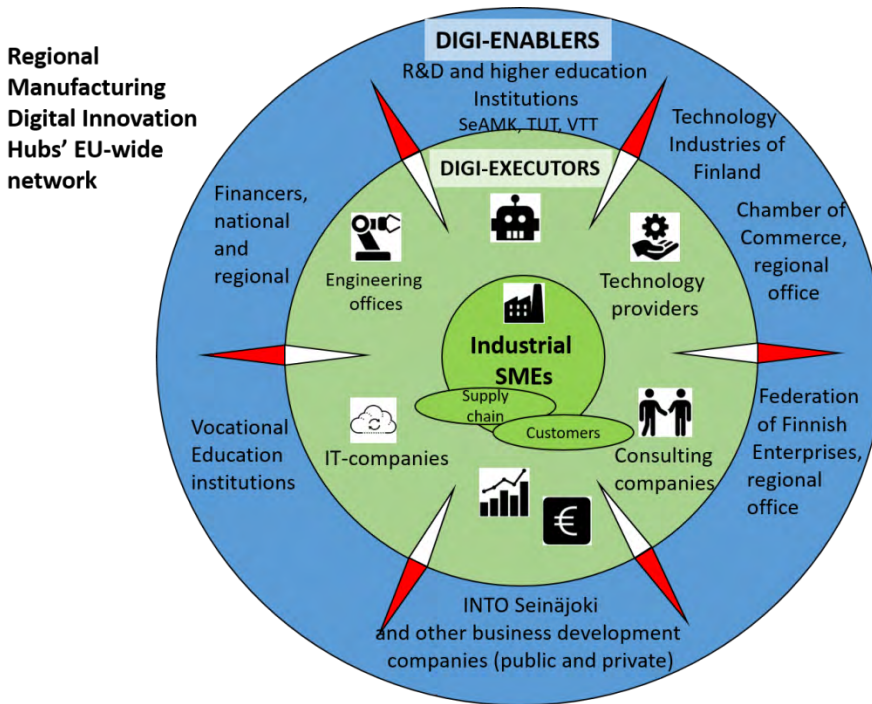
Lyhyesti sanottuna digitaalinen innovaatiokeskittymä rakentuu osaamisen ja koulutuksen, testauksen ja pilotoinnin, liiketoiminnallisten kehittämisosa-alueiden sekä innovaatioekosysteemin kehittämisen ja verkostoitumisen ympärille. Digitaalinen innovaatiokeskittymä keskittääkin erilaiset toimijat tuottaakseen lisäarvoa pk-yrityksille ja muille toimijoille juuri näistä näkökulmista. Toiminta on luonteeltaan dynaamista ja lisäarvoa eri suuntiin

tuottavaa. Digitaaliset innovaatiokeskittymät toimivat ”one-stop-shop” -periaatteella ja niiden tavoitteena on yleisesti tukea muun muassa pk-yrityksiä kehittämään ja tehostamaan liiketoimintaansa sekä tuotantoprosessejaan hyödyntäen digitaalisia teknologioita ja menetelmiä. Digitaaliset innovaatiokeskittymät tarjoavat alueelle yleisesti huippuosaamista ja uutta teknologiaa muun muassa pilotointiin ja testaamiseen.

3 ETELÄ-POHJANMAAN DIGITAALINEN INNOVAATIOKESKITYMÄ - IOT COMPASS HUB

Etelä-Pohjanmaalla toimii aktiivisesti digitaalinen innovaatiokeskittymä nimeltä IoT Compass Hub. SeAMK Tekniikka on tehnyt digitaaliseen innovaatiokeskittymään liittyvää kehittämistyötä vuodesta 2016 alkaen. SeAMKin digitaalisen innovaatiokeskittymän teemoja ovat muun muassa digitaalinen valmistus, teollinen internet ja robotiikka. IoT Compass Hub tukee eritoten alueella toimivien valmistavan teollisuuden pk-yritysten digitaalista transformaatiota eri tavoin. Seinäjoen ammattikorkeakoulun IoT Compass Hubin ekosysteemi on esitetty kuviossa 3.

IoT Compass Hubin peruspalvelut voidaan jakaa neljään eri osaan, joita ovat digitaalisen kypsyystason mittaaminen, pk-teollisuuden digiprojektien mentorointi, digitaalisen ekosysteemin rakentaminen ja kehittäminen sekä Digital Factory -akatemia. Kyseisillä palveluilla IoT Compass Hub tukee ja kehittää alueen valmistavan teollisuuden pk-yritysten kanssa erilaisia digitaalisia kehittämissuhteita muun muassa heidän prosesseihinsa, tuotteisiinsa ja palveluihinsa liittyen. Esimerkkejä IoT Compass Hubissa toteutetuista kokonaisuuksista ovat datan keräys simulaatiomallista pilveen, virtuaalinen käyttöönotto, datan visualisointi sekä tekoälyn hyödyntäminen korkeavarastoinnissa.



Kuvio 3. IoT Compass Hubin ekosysteemi (SeAMK 2020).

Nämä ovat IoT Compass Hubin palveluesimerkkejä, jonka vuoksi pk-yritysten kanssa tehdään myös paljon muuta digitaalisen innovaatiokeskittymän puitteissa. Kehittämistä tehdään yhteistyössä alueen valmistavan teollisuuden pk-yritysten kanssa. IoT Compass Hub on tehnyt yhteistyötä useiden eri valmistavan teollisuuden pk-yritysten kanssa alueella, joista esimerkkejä ovat muun muassa Pesimal Oy, Hydroll Oy, Jucat Oy, Pohjanmaan Rakennuspelti Oy ja Ideal Product Data Oy.

IoT Compass Hub on jatkoa SeAMK Tekniikassa tehdylle kehittämistyölle muun muassa digitaalisen valmistuksen näkökulmasta. IoT Compass Hub tukee SeAMK Tekniikan ydinkompetenssien kehittämistä eri tavoin sekä se edesauttaa nyt ja tulevaisuudessa uusien käytännönlähteisten innovaatioiden syntyä ja diffuusiota. SeAMK Tekniikassa on tällä hetkellä käynnissä useampi hanke liittyen IoT Compass Hubin kehittämiseen, joita toteutetaan yh-

teistyössä alueen yritysten, Etelä-Pohjanmaan liiton, Tampereen yliopiston sekä muiden alueellisten, kansallisten ja kansainvälisten toimijoiden kanssa.

4 KOHTI SEURAAVAA KANSALLISTA JA KANSAINVÄLISTÄ INNOVAATIOKESKITTYMÄMALLIA

Nykyiset digitaaliset innovaatiokeskittymät ja niiden toiminta on monin osin alueellista, mutta niille asetetut tavoitteet ovat huomattavasti korkeammat. Seuraava digitaalinen innovaatiokeskittymämalli tulee rakentumaan ns. EDIH-mallin mukaisesti. EDIH-mallin mukainen digitaalinen innovaatiokeskittymä sisältää samoja elementtejä kuin alkuperäiset digitaaliset innovaatiokeskittymät, mutta niillä haetaan entistä suurempaa vaikuttavuutta eri teemoille. EDIH-mallin mukaisen digitaalisen innovaatiokeskittymän alustavat teemat on esitetty kuviossa 4.

DEP	Other Technologies	Application areas	Sector
AI, HPC, or Cybersecurity	Simulation Supply chain integration Blockchain, Advanced Materials, ...	Industry 4.0 Circular economy	Manufacturing
	Remote sensing, Photonics, Life- Science Technologies, ...	Precision farming	Agri-food
	Robotics, Simulation, ...	Exo-skeletons, Automated building	Construction
	Digital solutions for governments Blockchain, ...	Services for citizens, once- only principle	Public administration
...

Kuvio 4. EDIH fokusalueet (European Commission 2019).

EDIH-innovaatiokeskittymien tulee tarjota innovatiivisia ratkaisuja esitettyjen teemojen alle. Etelä-Pohjanmaalla on merkittävää tutkimus-, kehittämis- ja innovaatio toimintaa (TKI) muun muassa teollisuus 4.0, robotiikka, simulaatio sekä konenäköön liittyen. Lisäksi alueen valmistava pk-teollisuus on vahvassa kehittämisfokuksessa. Tästä syystä EDIH-mallin mukaisen digitaalisen innovaatiokeskittymän teemat ovat soveltuvia Etelä-Pohjanmaan alueella tehtävälle TKI-työlle. EDIH-mallin mukaisen digitaalisen innovaatiokeskittymän toiminta tulee toimia sekä kehittyä alueen vahvuuksien pohjalta sekä tarjota alueellisesti ja myös kansallisesti, että kansainvälisesti soveltuvia osaamis- ja innovaatiokonaisuuksia eri toimijoille. Tämä tarkoittaa lähtökohtaisesti sitä, että EDIH-innovaatiokeskittymä ei ole alueellinen vaan vähintään kansallisen tason keskittymä.

EDIH-mallin mukaisia digitaalisia innovaatiokeskittymiä tulee olemaan koko Euroopassa maksimissaan 257 kappaletta, joista Suomeen ohjautuu eri teemoille 3–5 kappaletta. Tällä hetkellä alkuperäisen digitaalisen innovaatiokeskittymän mallin mukaisia keskittymiä on Euroopassa eri statuksilla 617 kappaletta, joista Suomessa yhteensä 18 kappaletta. Uudet EDIH-innovaatiokeskittymät tulevat rakentumaan nykyisten digitaalisten innovaatiokeskittymien rinnalle ja niille tullaan ohjaamaan Euroopan komission toimesta rahoitusta, mihin jäsenvaltion tulee tuoda myös oma rahoituksellinen panostuksensa mukaan.

5 YHTEENVETO

Digitaaliset innovaatiokeskittymät toimivat alueen digitaalisen transformaation vauhdittajina. Digitaalisilla innovaatiokeskittymillä on nähty olevan merkittävä rooli Euroopassa erilaisten organisaatioiden, mutta eritoten pk-yritysten, kehittäjinä. Digitaaliset innovaatiokeskittymät ovat suhteellisen uusi malli alueelliseen,

kansalliseen sekä kansainväliseen TKI-työhön, mutta ne ovat osa komission tekemää aloitesarjaa pitkällä aikajänteellä. Digitaalisten innovaatiokeskittymien tavoitteena on nostaa alueiden (eritoten pk-yritysten) kilpailukykyä eri tavoin, joissa ne ovatkin onnistuneet resurssit huomioiden suhteellisen hyvin. Toisaalta digitaaliset innovaatiokeskittymämallit tuovat näkyväksi myös organisaatioiden osaamista, millä itsessään on arvo toiminnan kehittämisen näkökulmasta alueella.

Digitaalisten innovaatiokeskittymien rooli tulee tulevaisuudessa olemaan entistä suurempi EDIH-mallin vuoksi. EDIH-mallin mukaiset digitaaliset innovaatiokeskittymät tulevat organisoitumaan kansallisella tasolla niiden pienehkön lukumäärän vuoksi, mutta niillä haetaan suurempaa vaikuttavuutta. Tärkeää Etelä-Pohjanmaan näkökulmasta on, että yksi näistä EDIH-mallin mukaisista digitaalisista innovaatiokeskittymistä tulisi rakentumaan digitaalisen valmistuksen teeman alle. Sama teema on nähty tärkeänä myös muilla alueilla (mm. Pirkanmaa ja Satakunta). Digitaalisen valmistuksen saralle pyritään tuottamaan erilaisia innovaatioita aina uusista teknologioista uusiin liiketoimintamalleihin. Etelä-Pohjanmaalla on useita valmistavan teollisuuden pk-yrityksiä, jotka hyötyvät uuden EDIH-mallin mukaisen digitaalisen innovaatiokeskittymän toiminnasta, jonka vuoksi tuleekin aktiivisesti pyrkiä siihen, että Etelä-Pohjanmaa on osana EDIH-mallin mukaisista digitaalisen innovaatiokeskittymän toimintaa.

LÄHTEET

DESI. 2019. The Digital Economy and Society Index (DESI). [Verkkosivu]. European Commission. [Viitattu 7.4.2020]. Saatavana: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>

DIH Catalogue. 2020. Digital Innovation Hubs Tool. [Verkkosivu]. European Commission. [Viitattu 7.4.2020]. Saatavana: <https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/digital-innovation-hubs-tool>

European Commission. 2016. Digital Innovation Hubs. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.4.2020]. Saatavana: <https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/digital-innovation-hubs>

European Commission. 2019. European Digital Innovation Hubs in Digital Europe Programme: Draft working document [Verkköjulkaisu]. [Viitattu 16.4.2020]. Saatavana: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/draft-document-dihs-digital-europe-programme-call-feedback>

Lemke, M. 2018. Digital Innovation Hubs in the Digital Europe Programme. ERRIN Policy Dialogue Brussels 22 Nov 2018.

SeAMK Seinäjoen ammattikorkeakoulu. 2020. IoT-Compass Hub. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.4.2020]. Saatavana <https://www.seamk.fi/en/iot-compass-hub/>

Virkkunen, R., Still, K. & Rosso, L. 2019. Digital Innovation Hubs in Finland. [Verkköjulkaisu]. Helsinki: Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland. Publications of the Ministry of Economic Affairs and Employment. MEAE reports 2019:27 [Viitattu 16.4.2020]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-423-5>

SEAMK TEKNIikka ETELÄPOHJALAISTEN YRITYSTEN DIGIKYPSYYTTÄ JA KEHITTÄMISPRIORITEETTEJA KARTOITTAMASSA

Juha Hirvonen, TkT, yliopettaja
SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTO

Tässä artikkelissa esitellään vuonna 2019 alkaneessa More startups and growth through digitalisation and artificial intelligence -hankkeessa saatuja tuloksia eteläpohjalaisten yritysten digitalisaatiotasosta, sen yhteydestä yritysten profiiliin ja niiden liikevaihdon kasvuun sekä tärkeimmistä digitalisaation kehityskohteista. Osa tuloksista on lisäksi kerätty hankkeessa IoT Compass Hubin startti. Artikkelissa käytetään termiä digikypsyys kuvaamaan yritysten valmiutta sekä kykyä digitalisaatioon. Valmiudessa korostuu yritysten toimintatapojen järjestelmällisyys ja suunnitelmallisuus ja kyvyssä itse digitaalisten työkalujen käyttäminen ja taidot niiden soveltamiseen. Tutkimukseen osallistui 12 eteläpohjalaista yritystä. Yritykset olivat pääasiassa pk-yrityksiä, mutta mukana oli myös pari rakenteensa tai liikevaihtonsa puolesta pk-yritykseksi sopimatonta firmaa.

Artikkelissa haetaan vastausta seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mikä on eteläpohjalaisten yritysten digitalisaatiotaso?
2. Mitkä ovat yritysten ja toimialojen pääasialliset kehityskohteet digitalisaatiossa?
3. Voidaanko digitalisaatiotason ja yrityksen kasvun välillä havaita yhteys?

Lisäksi tutkimuksen pyrkimyksenä oli levittää tietoa digitalisaatiosta sekä tukea yrityksiä näiden digitalisaatiopolulla kartoittamalla niiden pääasialliset kehityskohteet.

Artikkelin toisessa kappaleessa taustoitetaan tutkimusta. Kappaleessa käydään läpi digitalisaation määritelmiä sekä digitalisoitumisesta yrityksille aiheutuvia haasteita. Kolmannessa kappaleessa esitellään DigiMat-menetelmä, jolla artikkelissa käytetty data on kerätty. Menetelmän lähtökohdat ja sen rakenne kuvaillaan yksityiskohtaisesti. Neljännessä kappaleessa raportoidaan DigiMat-menetelmällä saadut tulokset eri tekijöiden funktiona sekä analysoidaan saatuja tuloksia tarkemmin. Kappaleessa pyritään vastaamaan edellä määriteltyihin kolmeen tutkimuskysymykseen ja puntaroimaan saatujen vastausten luotettavuutta. Viimeisessä kappaleessa tehdään johtopäätökset.

2 TAUSTA JA MOTIVAATIO

2.1 Mitä digitalisaatiolla tarkoitetaan?

Digitalisaatio on yksi viime aikojen muotisansoista, ja se on mediassa esillä jatkuvasti. Yksinkertaisimmillaan termi tarkoittaa tiedon tallentamista, siirtämistä ja käsittelyä tietokoneiden ymmärtämässä muodossa, mutta yleisemmällä tasolla sillä viitataan tieto- ja viestintätekniikan kehityksestä seuranneeseen taloudellisten ja yhteiskunnallisten muutosten ketjuun (Itkonen 2015). Yksittäiselle kuluttajalle digitalisaatio näyttäytyy selvimmin erilaisten palveluiden siirtymisenä ja syntymisenä verkkoon. Tämä koskee yleishyödyllisiä palveluita kuten pankki- ja postipalveluita, matkailijan palveluita kuten majoituksen ja matkalippujen varaamista, viihdepalveluita kuten elokuvien, musiikin ja äänikirjojen suoratoistoa, yhteydenpitoa kuten videopuheluita ja sosiaalista mediaa sekä tavaran ostamista kuten vähittäiskauppaa ja vertaisverkkokauppaa (esim. Tori.fi ja huuto.net). Toinen kuluttajalle

helposti näyttäytyvä digitalisaation seuraus on esineiden internet eli kodin ja sen laitteiden anturointi ja liittäminen internetiin. Tämä mahdollistaa esimerkiksi sähkön ja vedenkulutuksen reaaliaikaisen seurannan, ilmastonin, lämmityksen, valaistuksen ja saunan etäohjauksen sekä murto-, palo- ja vesivuotohälytysten vastaanottamisen kännykkään.

Yrityksille digitalisaatio tuo erilaisia mahdollisuuksia tehostaa toimintaansa ja kasvaa. Fyysisten tuotteiden muuttaminen digitaaliseksi palveluiksi alentaa käyttö-, kopiointi-, jakelu- ja kuljetuskustannuksia, digitaaliset alustat kasvattavat tehokkuutta ja niiden avulla paikalliset palvelut voi muuttaa kansainvälisiksi ja uusia asiakkaita tavoittaa tehokkaasti, ja tuotannon tehokkuutta voidaan parantaa seuraamalla ja optimoimalla energiankäyttöä, kuormitusta sekä logistiikkaa (Tilastokeskus 2017). Esineiden internetin vastine valmistavaan teollisuuteen eli teollinen internet mahdollistaa tuotannon laitteiden etäkäytön, etävalvonnan sekä niiden toiminnan optimointiin tarvittavan datan keräämisen. Digitaalisen valmistuksen työkalut puolestaan mahdollistavat tuotteiden tietokonepohjaisen suunnittelun ja etukäteistestaamisen sekä tuotteisiin liittyvän tiedon tehokkaan lajittelun, arkistoinnin ja jakamisen organisaation kesken.

On tärkeää muistaa, että pohjimmiltaan yrityksen digitalisaatiossa ei ole kuitenkaan kysymys vain uuden teknologian käyttöönotosta. Itkonen (2015) mukaan ihanteellisimmillaan digitalisaatio merkitsee organisaation toimintatapojen kokonaisvaltaista uudistamista. On siis mietittävä, miten toiminta olisi kannattanut järjestää, jos nykyaikainen teknologia olisi ollut alusta asti käytössä (Itkonen 2015). Jos sekavia prosesseja aletaan digitalisoida, saadaan toimimattomia digitaalisia järjestelmiä. Laajojen uudistusten toteuttaminen vaatii paljon sekä tekijöiltä että johtajilta, sillä se edellyttää selkeätä käsitystä siitä, mitä organisaatio pohjimmiltaan pyrkii tekemään ja millaisia mahdollisuuksia uusi teknologia tähän tarjoaa (Itkonen 2015).

2.2 Digitalisaation haasteet yrityksille

Microsoftin (2017) teettämän selvityksen mukaan digitalisaatio on yksi tärkeimmistä tavoitteista 86 prosentilla suomalaisyrityksistä, mutta selvitykseen osallistui vain suuria yrityksiä kuten Kone, Wärtsilä ja Veikkaus. Suomalaisissa pk-yrityksissä digitalisaation hyödyntäminen etenee puolestaan varsin hitaasti, vaikka sitä pidetään niissäkin tärkeänä (Stenholm 2018). Erilaisia digitaalisia palveluja kyllä hyödynnetään, mutta käyttö ei juuri poikkea tavanomaisesta eikä se vaikuta johtavan liiketoiminnan muutokseen (Stenholm 2018). Digitaalisuus tuntuu siis jäävän lähinnä hyväksi apuvälineeksi, mutta ei nouse liiketoiminnan lähtökohdaksi. Vahvasti digitaalisesti suuntautuneiden eli digikypsien pk-yritysten osuus on vain 8 % (Rikama 2015).

Suomen yrittäjien teettämän selvityksen (Prior Konsultointi 2018) mukaan joka toinen pk-yrittäjän digiprojekti on alkanut tahmeasti. Yleisimpinä ongelmina mainittiin ratkaisun löytäminen, ajanpuute ja asiantuntemuksen puuttuminen. Etelä-Pohjanmaalla tehdyn tutkimuksen mukaan osalta yrityksistä puuttuu riittävä ymmärrys siitä, mitä digitalisaatiolla tarkoitetaan ja mitä hyötyjä sillä voidaan saavuttaa (Joensuu-Salo ym. 2017). Selvityksen mukaan yrityksissä joka tapauksessa tiedostetaan, että he tarvitsevat koulutusta erinäisiin osa-alueisiin kuten digitaaliseen markkinointiin, sosiaalisen median hyödyntämiseen ja hakukoneoptimointiin. Digitaalisuuden merkitystä strategisella tasolla ei kuitenkaan ole vielä ymmärretty yrityksissä (Joensuu-Salo ym. 2017).

Maailmanlaajuisessa selvityksessä havaittiin, että 80 % korkean digikypsyyden eli digitalisaatiota kokonaisvaltaisesti ajattelevista yrityksistä on mielestään laatinut selkeän ja johdonmukaisen digitaalisen strategian. Matalan digikypsyyden eli yksittäisiin toimintoihin keskittyvistä yrityksistä tämän allekirjoittaa vain 15 %. (Kane ym. 2015.) Yrityksellä siis pitää olla digitalisaatiossa selkeä tavoite ja prioriteetit sisältävä suunnitelma tavoitteen saa-

vuttamiseksi. Muuten resursseja tuhlataan irrallisiin kokeiluihin, jotka varmasti alkavat tahmeasti kuten Prior Konsultoinnin (2018) selvityksessä, koska varsinaista syytä niihin ei osata nimetä. Jos yrityksen eri toimijat ymmärtävät sen kehitystarpeet eri tavalla, kunnollista sitoutumista kehitystyöhön ei saavuteta (Halme ym. 2015).

3 DIGIMAT-MENETelmä

DigiMat-menetelmän tarkoitus on avustaa yritystä johdonmukaisen digitalisaatiostrategian laadinnassa sekä selvittää digitalisaation eri näkökulmia yrityksen toimijoille. Sivutuotteena menetelmä tuottaa mittausdataa, jonka avulla pyritään vastaamaan tässä tutkimuksessa määriteltyihin tutkimusongelmiin. DigiMat-menetelmä perustuu Tampereen teknillisessä yliopistossa yhteistyössä valmistavan teollisuuden pk-yritysten ja Teknologiateollisuus ry:n kanssa kehitettyyn Strategisen kyvykkyyden indeksi -menetelmään (SKI) (Halme ym. 2015). SKI-menetelmällä analysoidaan yrityksen yleisiä kyvykkyyksiä laajemmin osana strategian laatimista, ja siihen verrattuna DigiMat on kohdistetumpi ja kevyempi. SKI-menetelmän vaatima mittaustyöpaja vie pari päivää, mutta DigiMatilla mittauksen saa tehtyä parissa tunnissa. Nopeus tekee siitä myös houkuttelevan pk-yrityksille. Erilaisia digikypsyysmalleja ja työkaluja kypsyyden määrittämiseksi on rakennettu monia, mutta DigiMat on suunnattu erityisesti pk-yrityksille, ja se pyrkii myös ohjaamaan yritystä eteenpäin digikypsyydessä (Hirvonen & Majuri 2020). DigiMat-menetelmän on kehittänyt yritys nimeltä SKI Menetelmät ja tilaajana on ollut Navitas Oy.

DigiMat-menetelmällä kartoitetaan yrityksen digitalisaation tavoitetilä ja nykytilä seitsemällä osa-alueella: henkilöstöratkaisuisissa, johtamisessa, myynnissä ja markkinoinnissa, uudistamisessa ja kehittämisessä, tuotannossa, yhteistyössä

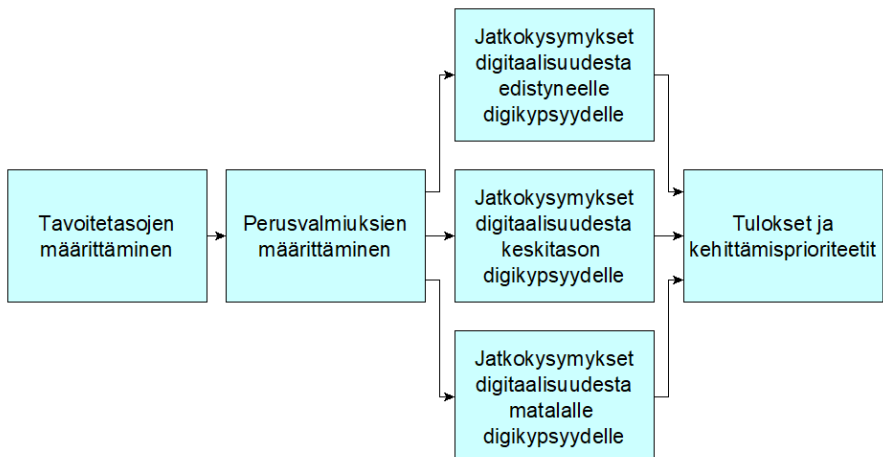
ja tietojärjestelmissä. Menetelmä toteutetaan strukturoituna haastatteluna, johon osallistuu yrityksen johdon ja henkilöstön edustajia sen eri osa-alueilta. Mitä useampi seitsemästä osa-alueesta on edustettuna, sitä parempi. Tällöin yrityksestä saadaan mahdollisimman laaja näkemys ja varmistetaan, ettei yksittäinen osa-alue saa liikaa painoarvoa. DigiMat-menetelmässä on kolme vaihetta: tavoittilojen määrittely, perusvalmiuksien mittaaminen ja digitalisaatioon suoraan liittyvien kykyjen mittaaminen.

Ensimmäisessä vaiheessa jokainen osallistuja asettaa itsenäisesti digitalisaation tavoittilan jokaiselle seitsemälle osa-alueelle sen perusteella, kuinka tärkeäksi sen näkee yrityksen liiketoimintatavoitteiden kannalta. Jos yritys esimerkiksi tähtää toimitusketjun hallintansa parantamiseen uusilla tietojärjestelmillä, yhteistyön tavoitetaso kuuluu olla kohtalaisen korkea. Tavoittiloissa käytetään asteikkoa 1 - 10. Kun kaikki osallistujat ovat asettaneet tavoitetasot kaikille osa-alueille, niistä keskustellaan yhdessä. Päämääränä on määritellä jokaiselle osa-alueelle tavoittila, jonka kaikki allekirjoittavat. Jos vastauksissa on suurta hajontaa, vastaajien näkemykset yrityksen tavoitteista tällä osa-alueella joko eroavat toisistaan merkittävästi, tai sitten vastaajat ymmärtävät tavoitteet eri tavalla. Vastausten kylmä keskiarvotaminen ei siis ole järkevää, vaan yhteisymmärrykseen pyritään keskusteluiden kautta. Tämä on hyvä tilaisuus selventää yrityksen digitalisaativotavoitteita osallistujien kesken.

Toisessa vaiheessa osallistujat vastaavat yhteensä 34 yrityksen perusvalmiuksia käsittelevään väitteeseen. Osa-alueita kohti väitteitä on kahdesta kahdeksaan. Vastaajat arvioivat asteikolla 1 - 5, kuinka hyvin väite kuvastaa yrityksen nykytilaa. Väitteet koskevat yrityksen toiminnan järjestelmällisyyttä ja suunnitelmallisuutta yleisesti eivätkä liity suoraan digitaalisuuteen. Esimerkkiväittämiä ovat seuraavat: "olemme laatineet strategian, joka kertoo mihin olemme menossa, miksi ja miten" (johtaminen), "hyödynnämme tehokkaasti asiakaspalautetta toimintamme kehittämisessä" (myynti ja markkinointi) ja "tietojärjestelmissä

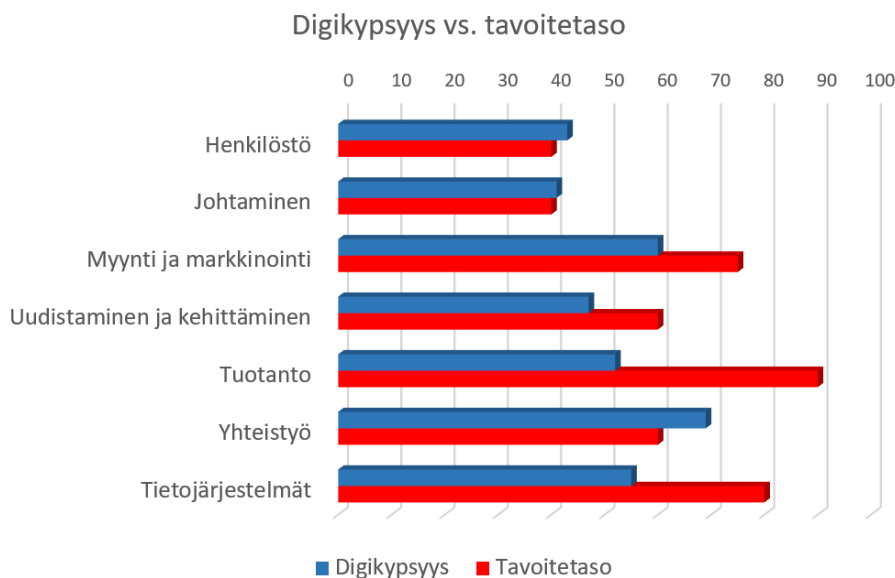
oleva tieto on luotettavaa” (tietojärjestelmät). Toisessa vaiheessa haastattelijan on hyvä korostaa osallistujille sanamuotojen tärkeyttä: adverbit kuten tehokkaasti ja systemaattisesti ovat olennainen osa väittämää. Kuten ensimmäisessä vaiheessa, vastaajat arvioivat väittämät ensin itsenäisesti, sen jälkeen niistä keskustellaan yhdessä ja lopuksi muodostetaan konsensusnäkemys jokaisesta väittämästä. Vastausten perusteella yritys luokitellaan matalan, keskitason tai edistyneen digikypsyyden yritykseksi. Kullekin kolmesta kypsyystasosta on omat väittämänsä DigiMatin kolmannessa ja viimeisessä vaiheessa.

Kolmannen osuuden väittämät koskevat jälleen yrityksen nykytilaa, mutta nyt ne käsittelevät suoraan digitaalisten työkalujen käyttöä sekä digitalisaation mukanaan tuomien mahdollisuuksien ja uhkien huomioimista eri osa-alueilla. Väitteitä on yhteensä 34, ja eri kypsyystasolle suunnatut väitteet käsittelevät samoja asioita, mutta edistyneemmille tasoille tarkoitetut väitteet ovat yksityiskohtaisempia ja vaativampia. Esimerkeiksi sopivat uudistamisen ja kehittämisen väittämät: ”olemme tehneet digitalisaatioon liittyviä kokeiluja” (matala kypsyystaso) ja ”teemme aktiivista T&K-yhteistyötä yritysten ja/tai tutkimusorganisaatioiden kanssa digitaalisuuden alueella” (edistynyt kypsyystaso). Väitteisiin vastataan kuten edellisessä osiossa. DigiMat-menetelmän rakenne on kuvattuna kuviossa 1.



Kuvio 1. DigiMat-menetelmän rakenne.

DigiMat-mittauksen tuloksena saadaan yrityksen yleinen digikypsyys asteikolla 0 - 100. Yleinen digikypsyysarvo lasketaan perusvalmiuksien ja jatkokysymysten vastausten perusteella painottaen jatkokysymyksissä digikypsyystasoa. Lisäksi osaluokohtaiset tulokset esitetään pylväskaaviona, joka näyttää tavoitetason ja digikypsyuden nykytason jokaisella seitsemästä yrityksen liiketoiminnan osa-alueesta. Tavoitetaso on suoraan menetelmän ensimmäisessä vaiheessa saatu tulos, ja digikypsyys lasketaan perusvalmiuksien ja jatkokysymysten vastausten perusteella kuten yleisen digikypsyuden tapauksessa. Erot tavoitetilan ja nykytilan välillä havainnollistavat, minkä alueen kehitykseen yrityksen tulee panostaa ja millä alueella ollaan jo halutulla digitalisaatiotasolla. Kuvio 2 esittelee esimerkkituloksen.



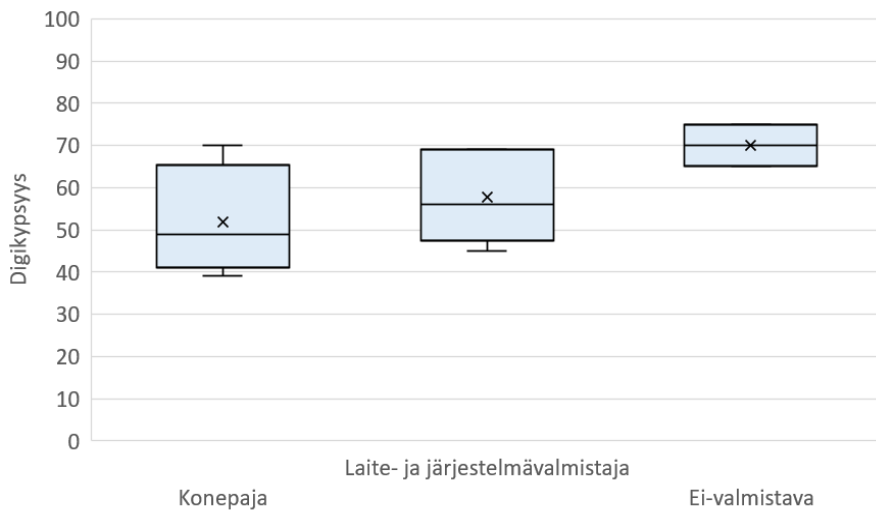
Kuvio 2. Esimerkki DigiMat-menetelmän tuloksista.

Kuvion 2 mukaan henkilöstössä ja johtamisessa digitalisaation tavoitetaso on saavutettu. Ne eivät siis ole ajankohtaisia kehityskohteita. Yhteistyössä ollaan jopa selvästi tavoitetasoa korkeammalla, joten voidaan miettiä, aiheutuuko tästä ylimääräisiä kuluja. Ensisijainen kehityskohde on selvästi tuotanto. Tietojärjestelmät

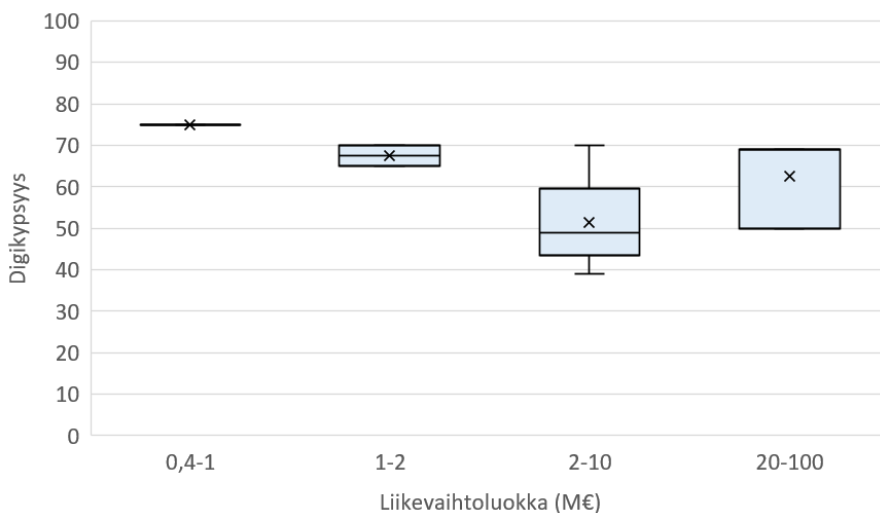
sekä myynti ja markkinointi ovat seuraavaksi tärkeimmät kehityskohteet. Näihin kolmeen osa-alueeseen panostaminen ohjaa yritystä parhaiten kohti sen tavoitetilaa ja on siis yrityksen digitalisaatiostrategian mukaista.

4 TESTIT JA TULOKSET

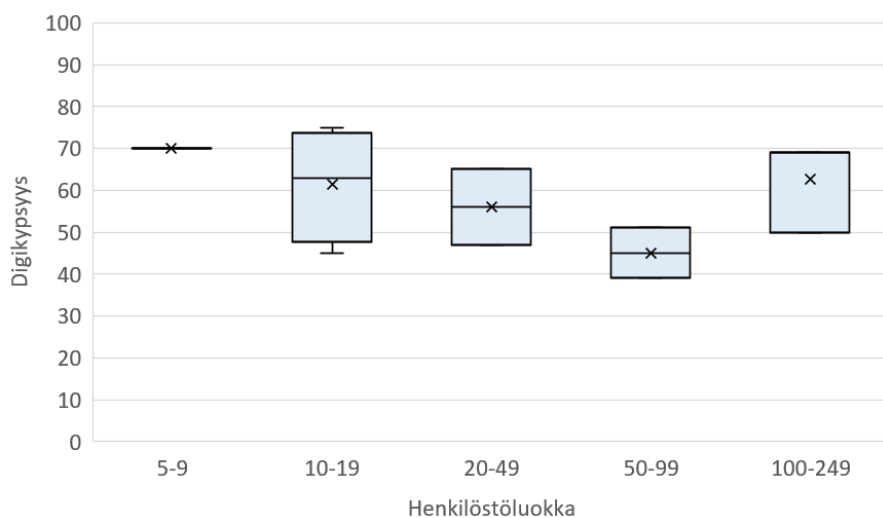
Digikypsyys ja kehittämisprioriteetit mitattiin DigiMat-menetelmällä 12 eteläpohjalaisessa yrityksessä, joista pk-yrityksen määritelmän täytti 10. Suurin osa yrityksistä oli valmistavan teollisuuden yrityksiä, mutta mukana oli myös muutama ei-valmistava yritys. Koska DigiMat-menetelmä keskittyy prosesseihin eikä itse tuotteisiin, sitä voidaan käyttää myös ei-valmistavassa teollisuudessa. Tuotannon ei tarvitse tarkoittaa valmistusta - esimerkiksi insinööritoimiston tapauksessa suunnittelutyö on tuotantoa ja valmis suunnitelma on tuote. Neljä yritystä oli konepajoja, viisi laite- ja järjestelmävalmistajia ja kolme ei-valmistavia. Osallistuneiden yritysten koot vaihtelivat mikroyrityksestä keskisuureen, liikevaihdot alle miljoonasta yli 80 miljoonaan euroon ja iät 12 vuodesta 75 vuoteen. Kuviot 3, 4, 5 ja 6 esittävät digikypsyyden toimialan, liikevaihtoluokan, henkilöstöluokan sekä yrityksen iän mukaan.



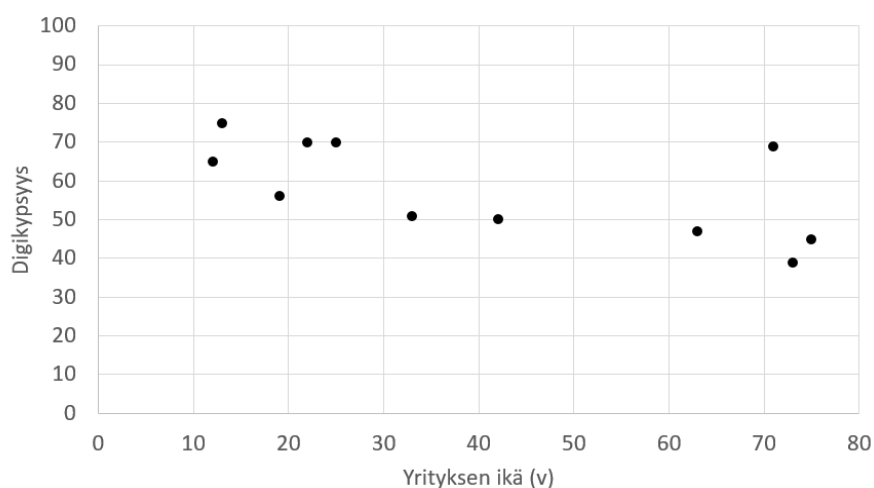
Kuvio 3. Digikypsyys vs. toimiala. Rasti kuvaa keskiarvoa, vaakaviiva mediaania, yksivärinen palkki väliä, jolle 50 % mittaustuloksista osuu (jos tuloksia kolme tai vähemmän, kaikki osuvat tälle välille) ja pakin ylä- ja alapuolella oleva viiva minimi- ja maksimitulosta.



Kuvio 4. Digikypsyys vs. liikevaihtoluokka. Selitteet kuten kuviossa 3.



Kuvio 5. Digikypsyyss vs. henkilöstöluokka. Selitteet kuten kuviossa 3.



Kuvio 6. Digikypsyyss vs. yrityksen ikä.

Kuvio 3 osoittaa, että toimialojen välillä on eroja, vaikka niiden sisäinen hajonta onkin kohtalaisen suuri. Kuvio 6 voi vetää siinä loogisen johtopäätöksen: mitä digitaalisempi tuote, sitä digitaalisempi yritys. Konepajojen valmistamat metallituotteet eivät itsessään sisällä digitaalista osaamista vaativia osia, vaikkakin niiden suunnittelujärjestelmät ovat digitaalisia. Laite- ja

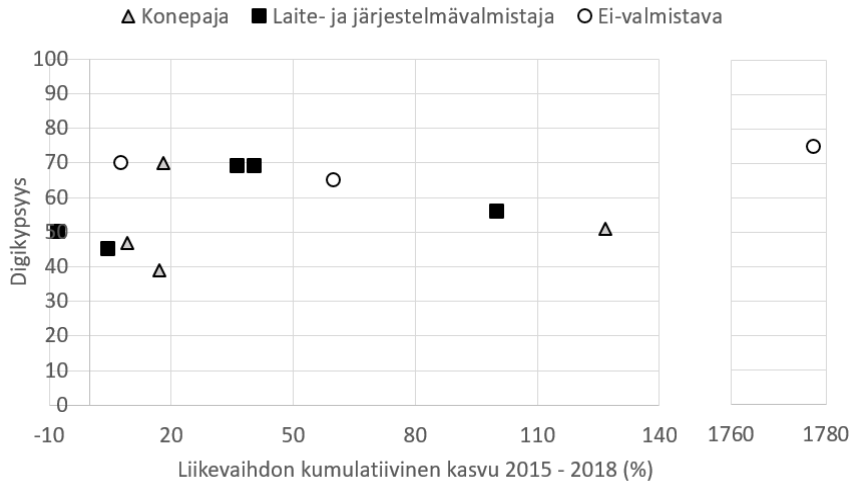
järjestelmävalmistajien tuotteet sisältävät puolestaan usein monimutkaista elektroniikkaa, ja ne saatetaan kytkeä osaksi asiakkaan tietojärjestelmää. Tällaisten laitteiden valmistaminen edellyttää lähtökohtaisesti korkeaa digitaalisen osaamisen tasoa. Ei-valmistavien yritysten koko tuotanto on digitaalista, joten toimiala itsessään vaatii useiden digitaalisten työkalujen hyödyntämistä ja niiden integraatiota. Tämä ei tietenkään tarkoita, että korkea digitalisaatiotaso edellyttäisi tiettyä toimialaa: kyse on ennen kaikkea toimintatavoista. Kuten kuvio 3 näyttää, korkeimmat digikypsyyspisteet saanut konepaja sai korkeammat pisteet kuin alimmat digikypsyyspisteet saanut ei-valmistava yritys. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että toimiala saattaa pakottaa yrityksen panostamaan digitalisaatioon ja näin saavuttamaan korkeamman digikypsyuden.

Kuviot 4 ja 5 antavat ymmärtää, että pienemmät yritykset ovat keskimäärin ketterämpiä digitalisaatiossa. Kaikista suurimmat yritykset näyttävät myös olevan kohtalaisen korkealla tasolla. Kaikista pienimpiä kokoluokkia edusti kuitenkin niin pieni osa yrityksistä, ettei kuvioista voi vetää kovin luotettavia johtopäätöksiä. Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että pienten yritysten on mahdollista omaksua asioita nopeasti ja tehdä digitaalisuuteen liittyviä kokeiluita ja muutoksia, suurten yritysten taas on ollut pakko saavuttaa tietty taso pysyäkseen toiminnassa.

Kuvio 6 esittää, että digikypsyys on keskimäärin korkeammalla tasolla nuoremmissa yrityksissä. Tämä on linjassa Rikaman (2015) yli 5 000 yritystä käsittäneessä valtakunnallisessa tutkimuksessa tehtyjen havaintojen kanssa. Hän toteaa suurimman osan 2000-luvulla perustetuista yrityksistä olevan digitaalisesti suuntautuneita. On tunnetusti hankalampi vaihtaa jo käytössä olevia järjestelmiä ja muuttaa olemassa olevia toimintamalleja kuin aloittaa puhtaalta pöydältä nykyaikaisia järjestelmiä hyödyntäen.

Yksi tutkimuksen tavoitteista oli selvittää yrityksen kasvun ja digikypsyuden välistä suhdetta Etelä-Pohjanmaalla. Rikaman (2015)

tutkimuksen mukaan digitaalisesti suuntautuneet pk-yritykset ovat muita kasvuhaluisempia. Myös Pohjois-Pohjanmaalla alueella tehdyn 70 pk-yritystä käsittäneen tutkimuksen mukaan yli 70 % vastanneista yrityksistä katsoo digitalisaation mahdollistaneen yrityksen kasvun (Kääriäinen ym. 2019). Kuvio 7 näyttää digikypsyyden verrattuna kolmen edellisen vuoden liikevaihdon kumulatiiviseen kasvuun.



Kuvio 7. Digikypsyys vs. liikevaihdon kumulatiivinen kasvu.

Kuvio 7 osoittaa, ettei yksin digikypsyysmittausten avulla voida vastata kysymykseen kasvun ja digitalisaatiotason välisestä yhteydestä luotettavasti. Tosin kaikista alhaisimmat digikypsyyspisteet saaneet yritykset kuuluvat kaikki liikevaihtoaan vähiten kasvattaneeseen puolikkaaseen, ja kaikista korkeimmat pisteet saanut yritys on kasvattanut liikevaihtoaan eniten. Muuten tuloksissa on kuitenkin merkittävää hajontaa, ja 20 % - 140 % kasvuvälillä digikypsyys vaikuttaa jopa korreloivan negatiivisesti liikevaihdon kasvun kanssa. Liikevaihtoon vaikuttaa kuitenkin useita tekijöitä kuten volyymien muutokset, hintojen muutokset, suhdanne ja muutokset kilpailutilanteessa. Kasvun ja digitalisaation yhteyden selvittäminen vaatisi syvempiä haastatteluita ja parempaa ymmärrystä tutkimukseen osallistuneiden yritysten suunnasta sekä toimialasta. Ylipäätään digitalisaation hyödyt

näkyvät vasta pidemmällä aikajänteellä, jopa vasta kahden vuoden päästä tehdystä toimenpiteestä (Prior Konsultointi 2018). Kolmen vuoden seurantajakso ei siis välttämättä riitä uudistusten vaikutusten näkemiseen. Hankkeessa toteutettiin myös yritysten johdon haastattelut, joissa paneuduttiin tarkemmin yrityksen historiaan, kasvutavoitteisiin ja -strategioihin sekä digitalisaation hyödyntämiseen. Haastatteluista saadut alustavat tulokset osoittavat digitalisaation yhteyden yritysten kasvuun (Joensuu-Salo, Matalamäki & Mäntysaari 2019).

Toinen tutkimuskysymys käsitteli toimialakohtaisia kehittämisprioriteetteja maakunnassa. Vastauksen löytämiseksi yritysten kehittämisprioriteetit laitettiin tärkeysjärjestykseen niiden nykytason ja tavoitetason erotuksen (Kuvio 2) suuruuden mukaan. Tämän jälkeen saman toimialan sisällä laskettiin yhteen yksittäisten osa-alueiden saamat sijaluvut (johtamisen sijalukujen summa, tuotannon sijalukujen summa jne.) ja muodostettiin osa-alueille näin vertailuluku. Kehitysprioriteettien kärkipäässä olleet osa-alueet saivat siis pienen vertailuluvun, ja kehitysprioriteettien häntäpäässä olleet osa-alueet saivat suuren vertailuluvun. Kun osa-alueet järjestettiin vertailuluvun mukaan kasvavaan järjestykseen, saatiin keskimääräinen kehittämisprioriteettien järjestys toimialan mukaan. Tämä esitellään taulukossa 1.

Taulukko 1. Kehittämisprioriteetit tärkeysjärjestyksessä toimialan mukaan.

	Konepaja	Laite- ja järjestelmävalmistaja	Ei-valmistava
1	Myynti ja markkinointi	Tietojärjestelmät	Tuotanto
2	Tietojärjestelmät	Uudistaminen ja kehittäminen	Tietojärjestelmät
3	Uudistaminen ja kehittäminen	Tuotanto	Uudistaminen ja kehittäminen
4	Tuotanto	Myynti ja markkinointi	Myynti ja markkinointi
5	Johtaminen	Johtaminen	Johtaminen
6	Henkilöstö	Yhteistyö	Yhteistyö
7	Yhteistyö	Henkilöstö	Henkilöstö

Taulukon perusteella tietojärjestelmät ja uudistaminen ja kehittäminen olivat tärkeimpiä kehittämiskohteita yleisesti ja ne olivat kärkikolmikossa kaikilla toimialoilla. Ykkössijoissa oli tosin selviä eroja. Myynti ja markkinointi oli konepajojen tärkein kehittämiskohde, mutta se oli vasta neljännellä sijalla laite- ja järjestelmävalmistajilla sekä ei-valmistavilla yrityksillä. Tuotanto oli puolestaan tärkein kehittämiskohde ei-valmistavilla yrityksillä, mutta vasta neljännellä sijalla konepajoilla ja kolmannella sijalla laite- ja järjestelmävalmistajilla. Tuloksia voidaan tulkita siten, että digitaalista liiketoimintaa tekeville yrityksillä on myös enemmän osaamista digitaaliseen myyntiin ja markkinointiin. Perinteisemmässä teollisuudessa se on vieraampaa. Digitaalisen markkinoinnin osaamisen tarve eteläpohjalaisessa valmistavassa teollisuudessa tuli esiin jo aiemmassa tutkimuksessa (Joensuu-Salo ym. 2017). Ei-valmistavien yritysten tuotanto riippuu täysin digitaalisista työvälineistä ja niiden osaamisesta, joten tuotannon digitalisaation tavoitetaso on hyvin korkealla. Valmistavan teollisuuden yrityksille tuotanto ei tunnu muodostuvan suurimmaksi pullonkaulaksi.

Johtaminen, henkilöstö ja yhteistyö muodostivat kehittämisprioriteettien häntäkolmikön kaikilla toimialoilla; vain niiden keskinäinen järjestys erosi hieman. Johdon tuen ja henkilöstön tuen on havaittu olevan yksiä tärkeimmistä digitalisaation ajureista (Liere-Netheler, Packmohr & Vogelsang 2018; Joensuu-Salo ym. 2017), joten tulosta voi pitää äkkiseltään huolestuttavana. Johtaminen, henkilöstö ja yhteistyö saivat kuitenkin yleensä ottaen korkeimpia digikypsyyssysteitä kaikilla toimialoilla, joten erot tavoitetasojen ja nykytasojen välillä jäävät tämän vuoksi pieniksi. Alhainen sijoitus kehittämisprioriteeteissa ei siis vaikuta kielivän näiden osa-alueiden laiminlyönnistä. On tosin olemassa riski, että näkemykset johtamisesta ja henkilöstöratkaisusta eivät ole täysin objektiivisia, sillä DigiMat-mittaukseen osallistui yleensä enemmän johtotason henkilöitä. Näistä aiheista voisi tarpeen tullen kerätä lisätietoa koko henkilöstön kattavilla kyselyillä. Näin onkin joskus toimittu SKI-menetelmän kanssa (Hirvonen & Majuri 2020).

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

DigiMat-menetelmällä saatujen tulosten mukaan työpajoihin osallistuneiden eteläpohjalaisten yritysten digitalisaatiotasojen välillä on vaihtelua, mutta erityisen korkeita tai erityisen matalia tuloksia ei saatu. Kuusi yritystä oli edistyneellä digikypsyyssastasolla ja loput kuusi keskitasolla. Toimialojen kesken havaittiin trendi, jonka mukaan keskimääräisesti ei-valmistavien yritysten digikypsyyssasto oli korkein, seuraavaksi tulivat laite- ja järjestelmävalmistajat ja lopuksi konepajat. Toimialojen sisällä oli kuitenkin selkää hajontaa. Tutkimus antoi viitteitä myös siitä, että pienemmät sekä nuoremmat yritykset saattaisivat olla digikypsempiä. Digitalisaation ja kasvun yhteyteen ei yksin DigiMat-menetelmän tulosten perusteella voida ottaa kantaa niiden suuren hajonnan vuoksi.

Tuloksia tarkastellessa täytyy muistaa, että DigiMat-menetelmä on kehitetty ensisijaisesti yritysten digitalisaatiostrategian tukemiseen. Eri yritysten tuloksia voidaan toki vertailla toisiinsa, mutta vastaajien kriittisyydessä oman yrityksensä toimintaa kohtaan saattaa olla eroja, ja tämä väistämättä heijastuu tuloksiin. Työpajoihin osallistuu aina useampi yrityksen edustaja, ja tämä toki tasaa vaihteluita, muttei poista niitä täysin.

Toimialakohtaiset kehittämiskohteiden tärkeysjärjestykset määritettiin yrityskohtaisten tärkeysjärjestysten perusteella. Tämä kumoaa mahdolliset yritysten väliset vinoumat vastauksissa ja parantaa luotettavuutta. Täytyy kuitenkin muistaa, että yrityksiä oli toimialaa kohti vain 3 - 5, joten tuloksiin liittyy merkittävää epävarmuutta.

Tiivistettynä voidaan todeta, että tutkimus tarjosi mielenkiintoista dataa, joka auttaa ymmärtämään paremmin yritysten kehitystarpeita digitalisaatiossa ja niiden välisiä eroja, mutta varmojen johtopäätösten vetäminen vaatisi merkittävästi enemmän dataa. Yrityksiltä mittauksista saatu palaute on ollut suurimmaksi osaksi positiivista, ja moni osallistuja koki mittaustulosten auttavan tulevaisuuden kehittämiskohteiden suunnittelussa tai ainakin päämääriä selkeyttävänä keskusteluna eri osastojen kesken. Kuten eräs osallistuja kertoi palautteessaan: ”Mittauksen graafiset tulosteet tukivat mielestämme hyvin käytyä keskustelua ja auttavat kohdentamaan tulevaa kehitystyötä.” Lisädatan keräämisen ei siis pitäisi muodostua ongelmaksi, ja DigiMat-menetelmän käyttö maakunnan yrityksissä on itsessään hyödyllistä toimintaa.

KIITOKSET

Artikkeli on valmisteltu osana More startups and growth through digitalisation and artificial intelligence -hanketta, ja haluan

kiittää hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta opetus- ja kulttuuriministeriötä.

LÄHTEET

Halme, R.-J., Majuri, M., Nylund, H., Kopra, M.-J. & Tuokko, R. 2015. Method for modelling strategic capabilities in small and medium sized enterprises. Teoksessa: Proceedings of the 25th international conference on flexible automation and intelligent manufacturing: FAIM2015, 23rd-26th June, 2015 Wolverhampton, UK. 2, 132 - 139 130.

Hirvonen, J. & Majuri, M. 2020. Digital capabilities in manufacturing SMEs. *Procedia Manufacturing*. [Hyväksytty julkaistavaksi].

Itkonen, J. 2015. Kiihdyttääkö digitalisaatio talouskasvua? [Blogikirjoitus]. Euro ja talous: Suomen Pankin ajankohtaisia artikkeleita taloudesta. Blogit 26.10.2015. Saatavana: <https://www.eurojatalous.fi/fi/blogit/2015-2/kiihdyttaako-digitalisaatio-talouskasvua/>

Joensuu-Salo, S., Hakola, J., Katajavirta, M., Nieminen, T., Liukkonen, J., Pakkanen, J. & Nummela, J. 2017. Pk-yritysten digitalisaatio Etelä-Pohjanmaalla. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 125. [Viitattu 5.5.2020]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7109-63-2>

Joensuu-Salo, S., Matalamäki, M. & Mäntysaari, P.-P. 2019. Digitaalisuus kasvun mahdollistajana. Teoksessa: M. Mikkola (toim.): Tutkimusfoorumi 2019: Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun uuden yhteisen toimintamallin satoa. [Verkkojulkaisu]. Pori: Satakunnan ammattikorkeakoulu. [Viitattu 5.5.2020]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202002074828>

Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N. & Kiron, D. 2015. Strategy, not technology, drives digital transformation. [Verkkolehtiartikkeli]. MIT Sloan management review 14.7.2015. Viitattu 5.5.2020]. Saatavana: <https://sloanreview.mit.edu/projects/strategy-drives-digital-transformation/>

Kääriäinen, J., Saari, L., Juntunen, M., Koivumäki, T., Perätalo, S. & Tihinen, M. 2019. ApuaDigiin: digimuutos suomalaisissa pk-yrityksissä. [Verkkojulkaisu]. Espoo: VTT. VTT technology 358. Saatavana: <https://doi.org/10.32040/2242-122X.2019.T358>

Liere-Netheler, K., Packmohr, S. & Vogelsang, K. 2018. Drivers of digital transformation in manufacturing. Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences 2018, 3926 - 3935.

Microsoft. 2017. How Finland is embracing digital transformation [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Microsoft Suomi. [Viitattu 30.3.2020]. Saatavana: <https://info.microsoft.com/rs/157-GQE-382/images/How%20Finland%20is%20embracing%20digital%20transformation2.pdf>

Prior Konsultointi Oy. 2018. Suomalaisten pk-yritysten digitaalisuus 2018. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Elisa Oyj ja Suomen Yrittäjät. [Viitattu 30.3.2020]. Saatavana: https://www.yrittajat.fi/sites/default/files/suomalaisten_pk_yritysten_digitaalisuus_2018.pdf

Rikama, S. 2015. Digitaalisesti suuntautuneet pk-yritykset. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. [Viitattu 31.3.2020]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-227-959-0>

Stenholm, P. 2018. Suomalaisilla pk-yrityksillä on matkaa digitalisaation mahdollisuuksiin [Verkkojulkaisu]. Turku: Turun yliopiston kauppakorkeakoulu. [Viitattu 30.3.2020]. Saatavana: http://www.smartworkresearch.fi/wp-content/uploads/Suomalaiset-pkt-ja-digitalisoituminen_valmis.pdf

Tilastokeskus. 2017. Digitalisaatio ja BKT:miten digitalisaatio näkyy taloustilastoissa. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus. Työpaperi 1/2017. [Viitattu 30.3.2020]. Saatavana: http://www.stat.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuluettelo/ywrp1_201700_2017_19725_net.pdf

DIGITAL MATURITY ASSESSMENT HELPS SMALL AND MEDIUM-SIZED COMPANIES ON THEIR DIGITAL ROAD

Annika Koskela, M.Sc. (Econ. & Bus. Adm.),
B.Sc. (Soc. Sc.), project manager
SeAMK Technology

1 INTRODUCTION

Small and medium-sized companies (SMEs) are facing new times. Changes in the markets and the consumption behaviour challenge old and familiar practices and business models. Digital disruption represents both an opportunity for and a threat to companies. Today, it is fortunately quite widely accepted that failure to exploit new digital technologies is a missed opportunity. Most of companies realize that in order to survive, they must change the way they are doing business. But how they should do that, is not that clear. The InnoCAPE project, for its part, is trying to help clarify this.

There are a lot of buzzwords today: digitalization, artificial intelligence, Industry 4.0, virtual reality and many more. There is also a lot of information on digitalization available. Nevertheless, many company leaders do not know how to utilize the new digital technologies in order to take their own business to the next level. Digitalization is by no means a new thing. Industrial automation has been there for decades, e.g. the first PLC (programmable logic controller) was invented in the 1960s. The first solution for factories in the field of Industrial Internet of Things saw the

daylight in the late 1990s (Mielli 2018). So why all the buzzing about it right now?

The answer is quite simple. The consumer behaviour is changing faster than companies can change their stiff practices. The world has come to a point where one can't avoid neither a digital disruption nor the consequences of it. It affects every industry in one way or another. Roughly speaking companies have two options: to take advantage of the new situation or, fail.

2 DIGITAL TRANSFORMATION

The introduction of digital technologies is called digitalization. Digital transformation is the development path during which existing digital technologies are incorporated into a company's products, processes and strategy. It is a holistic organizational change, doing things in a new way by integrating technology into daily operations and business processes, in order to add value to companies and customers alike. (I-Scoop 2019.) It is important to realize that digital transformation is not only a technological change, but it also involves a fundamental overhaul of the organization's processes, operating models and know-how to meet the challenges of technological shifts and to anticipate future changes. (Kane 2017.)

There is a lot of information about digital transformation available, but still many SMEs have only taken baby steps on the path of digital transformation. Especially companies within the industrial sector have only just awakened to grasp that the fourth industrial revolution cannot be escaped. Furthermore, even many of the business executives, realizing the significance of the new era, are unsure of how to implement the transformation.

A successful digital transformation requires investments in expertise, infrastructure and changes to IT systems. People, machines and business models need to be organized in a new way. Digital transformation requires constant monitoring and management to make the right decisions and deliver results. (Davenport & Westerman 2018.) Companies need to do things differently than before, by integrating new technology into day-to-day business processes, in a way that adds true value to both the company itself and its customers. But even if new technology is crucial when talking about digitalization, the discussion should not revolve around technical issues, but rather on strategy, leadership and organizational culture. The key to success is clear: the challenges caused by digital disruption should not be considered technical problems, but rather organizational and managerial problems (Kane 2017). Technology is only an enabler.

According to Kane et al. (2017, 580), the true challenge of digital disruption facing organizations is the different pace at which leaders, employees, organizations and policymakers act on technological changes. According to their research, disruption can be divided into three gaps:

1. Technology changes faster than individuals can adopt it (adoption gap).
2. Individuals adapt faster to change than organizations change their processes (adaptation gap).
3. Organizations adjust more quickly than legal and societal institutions (assimilation gap).

The **adoption gap** shows the difference between the rate at which technology changes and the rate at which people incorporate those changes into their daily life. This is however not a major concern for the companies, as people still tend to adopt new technologies quicker than organizations do. The **assimilation gap**

means that organizations start using digital tools faster than the laws and regulations governing that use are developed. A specific company cannot usually wait for the appropriate legislation, so more often than not, regulations are lagging behind. (Kane et al. 2017, 607.)

Hence, the **adaptation gap** is the most crucial for companies to address. This is the gap between how customers want and expect to use technology to engage with companies and how companies have adapted to support these interactions. It can also refer to the gap between employees and the company. If the employees in their personal life have been used to technology and cannot do the same at work, it will generate an adaptation gap. For this reason, it is important for executives to remember that efforts put into digital transformation should be driven by customer needs instead of solely executive initiatives. (Kane et al. 2017, 607.)

3 DIGITAL MATURITY

One of the goals of digital transformation is to increase the digital maturity of a company. Digital maturity can be seen as a combination of two dimensions: digital intensity and transformation intensity. Digital intensity refers to investments in technological solutions changing the way of doing business. Transformation intensity refers to the leadership needed to create business benefits for the company. Companies that are mature on the digital intensity dimension succeed better in increasing revenue through existing resources. But firms mature in transformation management intensity are more profitable. Needless to say, organizations that are more mature in both dimensions outperform the others by far. The most successful companies know how to combine their implementation capabilities and leadership capabilities to

fundamentally transform the company's operations (Westerman et al. 2012).

Human psychological maturity can be defined as "the ability to react appropriately to the environment". A company's digital maturity could be defined as its "ability to adapt to a new, digital environment" (Kane et al. 2019, 1003; 1962.) In other words, digital maturity describes how an organization adapts to and narrows down the gaps mentioned earlier, engaging appropriately with a rapidly changing digital environment. To achieve high digital maturity, the company must align people, culture, structure, and tasks in a way that makes the organization take advantage of the opportunities enabled by the technological changes (op. cit. 977).

In order to succeed in this digital transformation process towards digital maturity, the company needs to have a digital strategy combined with a corporate culture, and a leadership supporting digital initiatives. Only after these cornerstones are in place, it is possible to successfully start the digital journey including development of the customer and employee experience, lean management, multifunctional teams, ecosystems and the use of big data.

It is also important to remember that there is no quick trick into digital maturity. Digital transformation is a trail you walk along in order to achieve a more digitally mature organization. It is also a fact, that maturity is not absolute. Digital transformation is a continuous process, changing along with the advancement of technology (Kane et al. 2019, 977). Just as a child does not become an adult overnight, a company does not become digital mature in a week, or even a year. People develop the whole life, and in the same way digital transformation is a process which continues for as long as the company exists. (op. cit. 1962.)

Every company needs a planned road map for its digital path to success. The further a company moves along its path, the more digitally mature it becomes. On the road, there are some common features, important to all companies (Kane et al. 2017; Westerman et al. 2012):

1. Digital thinking. You need to get the organization to think digital, at least to be positive about the opportunities. Creating a digital-friendly atmosphere will also help at attracting and retaining the right digital talents.
2. Visionary leaders. All senior leaders should have a common vision and understanding of why changes needed. Only then they can lead the company on its digital path.
3. Changes in organizational structure. Silos should be united and cross-functional collaboration enhanced.
4. Scaling. Start with small innovations. If it works at one department, the experiments can be extended to the whole house.
5. IT should be considered a core part of business operations, not only as a supporting function.
6. Thinking long term. Plans where technology and business are intertwined, together with the organizational change, makes it possible to go agile.

Despite these common aspects, the digital transformation track is different for every company, depending on the industry, company size and goals. The goals of digital strategy are different also depending on the company's current digital maturity. Those in the early stages of their digital paths usually focus on development of the customer experience. Those in the middle stages are striving to improve innovation and decision making. The most digital

mature companies, in turn, focus on business transformation to respond to strategic guidelines made in earlier phases. Basically, at the highest level of digital maturity, strategic goals are put into practice. (Kane et al. 2019, 1347.)

As mentioned, there are big differences in digital maturity also when it comes to different business sectors, both in Finland and internationally. Not surprisingly, high tech is most mature, followed by banking, insurance and retail also scoring high. The manufacturing industry is more in its infancy when it comes to their digital road. Traditional manufacturers often see less opportunity and threat in digital transformation than other industries. Among manufacturing companies, it appears manufacturers of metal products are ahead of machinery and equipment manufacturing companies. (Kuusisto & Kääriäinen 2019; Westerman et al. 2012.)

For the EU countries, it is not indifferent that the manufacturing industry, especially when it comes to small and middle-sized companies, is lagging behind. The industry is one of the pillars of the European economy. On European Union soil, there are about two million manufacturing companies with 33 million jobs. The manufacturing industry accounts for 60 % of the productivity gains. (European Commission 2018.) In Finland, the manufacturing industry employs about one third of the country's workforce and generates more than 28% of the GDP. In addition, more than half of Finland's export comes from the sector (Keränen 2019). In the South Ostrobothnia region, the industry sector is significant. More than 10 percent of the companies in the region are industrial companies (Regional Council of South Ostrobothnia 2019), mainly within the manufacturing industry. Therefore, Seinäjoki School of Technology's digital innovation hub, called IoT Compass Hub, focuses on the manufacturing industry, helping SMEs to get expertise, technology, support and piloting possibilities for their digital transformation.

3.1 Digital maturity assessment

Digital maturity can be attained only when both digital initiatives are undertaken, and the company has leadership capabilities to implement a transformation, but every company has an individual track towards digital success.

What every company needs to do when planning their digitalization journey is

1. identify development needs
2. prioritize the development needs
3. set the goals
4. decide how to measure results.

As mentioned earlier, not all CEOs have a clear vision of how to proceed with the digital journey. This is where digital maturity assessment comes in handy. The digital maturity assessment (DMA) tools measure how far on the path of digitalization the company has come. The dimensions measured by different DMA tools differ somewhat. However, the vital dimensions are measuring the same things, even if the names could differ a little. Here is a list of the most common dimensions (Kuusisto & Kääriäinen 2019; Schumacher, Erol & Sihm 2016):

1. strategy
2. organization and leadership
3. operations and processes
4. people and culture
5. customers and products
6. technology.

As you can see, the dimensions include more or less every aspect of a business. How to know, which dimension is the most important?

Many companies might dream of a quick fix or as Kane (2016) puts it, “one weird trick”, to get started down the road to digital maturity. If one would mention just one thing helping the organization move forward, that would be to develop an effective digital culture. According to Kane (2016) this culture must incorporate

- appetite for risk
- leadership structure
- work style
- agility
- decision-making style.

In order to succeed, these are of course not enough, but they form a solid foundation on which to build the digital transformation process.

One should also remember that many things in the new world are still based on familiar business models, accustomed leadership and known best practices. Everything does not need to be built from scratch. However, digital transformation takes time, effort, knowledge and patience. Sometimes, it can be wise to ask for help from experts or learn from digital forerunners. (Kane et al. 2019, 842 - 887). Digital maturity assessment tools are one way to get help when you are stuck. Some tools also compare the current situation to the goals of the company. By measuring the distance between today’s situation with the desired situation, the company can easily see, how much work it has ahead to achieve the eligible level.

3.2 The digital maturity assessment tool of the InnoCAPE project

Seinäjäki University of Applied Sciences is one partner of the Interreg BSR funded InnoCAPE project (Industry 4.0: Transforming Innovation Ecosystem Through Better Capacity of Public Enablers). The consortium is working on increasing knowledge, skills and competence of public authorities and Digital Innovation Hubs. Digital innovation hubs (DIHs) are one-stop-shops that help companies becoming more competitive, developing more efficient business and production processes, products or services using digital technologies. The DIHs are based on competence centres and provide access to the advanced knowledge, expertise and technology to support their customers with piloting, testing and experimenting with digital innovations.

Within the framework of the InnoCAPE project, successful case studies of digitalization strategies have been identified. Through workshops and webinars, the skills gap of public enablers will be addressed. One mission of the project is to develop an integrated digital maturity assessment tool, enabling benchmarking of the Baltic Sea Region countries and helping to identify areas of strategic policy intervention.

This assessment tool will address first and foremost the first step on the digitalization journey mentioned previously in 3.1: identifying development needs. Each company can do that independently on the website. Furthermore, the DMA tool is also connected to the regional digital innovation hubs, which gives the company a possibility to contact a DIH that can then facilitate the following steps: prioritizing, setting goals and finally measuring results.

The InnoCAPE tool development process has been coordinated by Umeå University in Sweden. As noted in section 2, digital

disruption solutions should have a focus on organization and management. Furthermore, it has been argued (e.g. Kane 2016) that digital culture is one of the key issues when it comes to a successful digital transformation. Based on these evaluations, the dimensions chosen for the InnoCAPE tool concentrate on core values linked to digital culture: organization and leadership, strategy and digital innovation. There are questions about technology as well, but the focus is on the business angle.

The dimensions measured with the InnoCAPE tool are

1. strategy
2. organization and leadership
3. digital innovation
4. data analytics
5. digital technology integration.

There are 26 questions all together, measuring the organization's current situation concerning digitalization. The test can be done online without a facilitator. It can be filled out alone, but in order to get the best overall picture of the current situation, it is recommended to discuss the issues with a small cross-functional team before answering.

An example of the result given can be seen in figure 1. The green pentagonal shows the result of the company. The closer the outer edge, the more mature the firm is in that dimension. The yellow dotted pentagonal shows the national average, based on the answers of the other companies in the country in question. The red striped pentagonal shows the average for the industry in question. Hence, the organization easily sees if it is a forerunner, an average or a lagger compared with its peers nation wise and industry wise.



Figure 1. Proposal on the design of the InnoCAPE DMA tool results. (InnoCAPE DMA V5 demo).

4 CONCLUSIONS

There are plenty of different tools to measure digital maturity, both tools for independent online assessment and tools that are meant to be used with the help of a consultant or an expert. The added value of the InnoCAPE tool will come from the data its use generates. As the same tool will be used in the whole BSR area, the results are comparable both on industry and country level. When enough answers and data has been gathered, the tool will serve public enablers and DIHs with valuable information about digital maturity in the region. This information can be used to serve the SMEs even better, targeting resources on the matters that has shown to be the most relevant for the companies.

As mentioned earlier in chapter 1, when mentioning the assimilation gap, legislation on digital tools and their use often lag behind. International organizations who must adjust fast to meet changing customer demand face challenges in abiding the laws with varying jurisdiction and multiple regulatory frameworks. Therefore, it is crucial for policymakers to have the best knowledge of the current transformation status of companies and their future needs. The InnoCAPE DMA tool will make the digital innovation hubs and policymakers more efficient, guiding to where effort and financing should be steered.

The assessment tool will be available at the InnoCAPE project's website innocape.eu in the beginning of summer 2020. Before that, the tool will be piloted with companies from the Baltic Sea Region. Information about the digital maturity of the SMEs within the region should be available at the end of the project in June 2021.

BIBLIOGRAPHY

Davenport, T. H. & Westerman, G. 2018. Why so many high-profile digital transformations fail. [Online article]. Harvard business review 9.3.2018. [Ref. 2 April 2020]. Available at: <https://hbr.org/2018/03/why-so-many-high-profile-digital-transformations-fail>

European Commission. 2018. Digitizing European industry. [Web page]. [Ref. 31 March 2020]. Available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/digitising-european-industry>.

I-scoop. 2019. [Web page]. Digital transformation: online guide to digital business transformation. [Ref. 30 March 2020]. Available at: <https://www.i-scoop.eu/digital-transformation/>

Kane, G. C. 2016. "One Weird Trick" to Digital Transformation. [Online article]. MIT Sloan management review 2.8.2016. [Ref. 28 March 2020]. Available at: <https://sloanreview.mit.edu/article/one-weird-trick-to-digital-transformation/>

Kane, G. C. 2017. Digital disruption is a people problem. [Online article] MIT Sloan management review 18.9.2017. [Ref. 28 March 2020]. Available at: <https://sloanreview.mit.edu/article/digital-disruption-is-a-people-problem/>

Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron D. & Buckley, N. 2017. Achieving digital maturity adapting your company to a changing world. [Online article]. MIT Sloan management review 13.7.2017. [Ref. 30 March 2020]. Available at: <https://sloanreview.mit.edu/projects/achieving-digital-maturity/> Registration required

Kane, G. C., Phillips, A. N., Copulsky, J. R. & Andrus, G. R. 2019. The technology fallacy: How people are the real key to digital transformation. [E-book]. Cambridge, Mass.: MIT Press. [Ref. 28 March 2020]. Available at Amazon Books as Kindle edition. Registration required.

Keränen, M. 2019. Tarjolla 150 miljoonaa euroa valmistavalle teollisuudelle: nämä ovat uuden rahoitusohjelman avainsanoja. [Online article]. Tekniikka & Talous 30.10.2019. [Ref. 31 March 2020]. Available at: <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/tarjolla-150-miljoonaa-euroa-valmistavalle-teollisuudelle-nama-ovat-uuden-rahoitusohjelman-avainsanoja/d357e4a4-9b78-459b-86dd-3f9163bc17ed>

Kuusisto, O. & Kääriäinen J. 2019. Clear sector-specific differences in companies' digimaturity levels. [Online article]. VTT News 19.9.2019. [Ref. 30 March 2020]. Available at: <https://www.vttresearch.com/en/news-and-ideas/clear-sector-specific-differences-companies-digimaturity-levels>

Mielli, F. 2018. Is digitization and IoT a new thing? Not if you come from industrial automation. [Blog entry]. Schneider Electric Blog 3.1.2018. [Ref. 28 March 2020]. Available at: <https://blog.se.com/machine-and-process-management/2018/01/03/digitization-iot-new-thing-not-come-industrial-automation/>

Regional Council of South Ostrobothnia. 27.22.2019. Yritykset toimialoittain. [Web page]. [Ref. 7 April 2020]. Available at: https://www.epliiitto.fi/yritykset_toimialoittain

Schumacher, A., Erol, S. & Sihn, W. 2016. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. [Online publication]. *Procedia CIRP* 52, 2016, 161 - 166. [Ref. 1 April 2020]. Available at: www.sciencedirect.com Registration required.

Westerman, G., McAfee, A., Tannou, M., Bonnet, D. & Ferraris, P. 2012. The digital advantage: How digital leaders outperform their peers in every industry. [Online publication]. Capgemini Consulting : MIT Sloan Management. [Ref. 28 March]. Available at: https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/The_Digital_Advantage__How_Digital_Leaders_Outperform_their_Peers_in_Every_Industry.pdf

HELPING SME'S IN FINDING DIGITAL COMPETENCES

Mika Valkama, B.Eng., RDI expert
SeAMK Technology

1 INTRODUCTION

The buzzword cloud surrounding digitalization has grown a lot in recent years. To be a well-versed digitalist, not only one needs to know what ERP means for the business but also how artificial intelligence can help in different processes and understand if blockchains would be needed to establish oneself as a credible company. And then one must consider the effect of IoT bandwidth to the capacity of cloud infrastructure. These different technologies don't live in a vacuum, they are often interrelated. And with speedy progress ongoing, keeping track of what happens and where is a challenge for anyone, let alone for small and medium-sized enterprises (SME), who might have more pressing concerns than following up academic literature or the latest tech news.

2 DISTRIBUTION OF COMPETENCE

The utilization of digital tools has not spread evenly between different industries, and manufacturing companies are notably lagging in digital intensity (European Commission 2019a). One might think that comparing software companies to metal workshops is silly, but despite different fields, there are underlying similarities in every business that can benefit from digitalization. Are the companies handling orders on paper notes or using a software solution for that? If a company already has taken this

step, they can look further and see if the data collected from the order management can be used to predict demands and affect how materials are purchased. How much material is needed? If the product information is in digital format, finding this out is much easier than by walking around factory floor and asking Joe how many bolts he needs in order to assemble three machines. As this example shows, even digitalization of simple things can bring benefits but taking it further and further step by step opens new opportunities. The cumulative effect of each step improves the whole more than just a single change.

Knowing this, why wouldn't one take a giant digitalization leap and make all changes at once to reap these benefits? This might be possible for a new company just starting out, but for an existing company the effort and risks involved would most likely be too great. Integrating existing machinery or tools into modern systems might be nearly impossible, overhauling existing processes can disrupt the production which is unacceptable. Furthermore, getting employees mindset ready for change doesn't happen overnight.

Naturally coping with the digitalization requires effort that is relatively easy for an enterprise to manage. However, SMEs with just few persons have it harder to devote time for "non-essential" exercises. As the SMEs represent a large portion of companies and on average contribute over 50 % of value of European economy (Clark 2019), it would benefit everyone if they as well could board the digitrain towards Industry 4.0. Where could they get assistance on this journey?

3 SPEAKING OF COUNTRIES

If digitalization has not spread evenly between industries, there are even greater differences between countries. Some have

a long-standing habit of absorbing new technologies as they come, and others are more traditional. Similarly, when looking into which type of technologies take off in each country varies. Finland might be leading the overall index, but Estonia is further ahead in digitalization of public services (European Commission 2019b). When one's country is lagging, how could an SME step forward in such an environment?

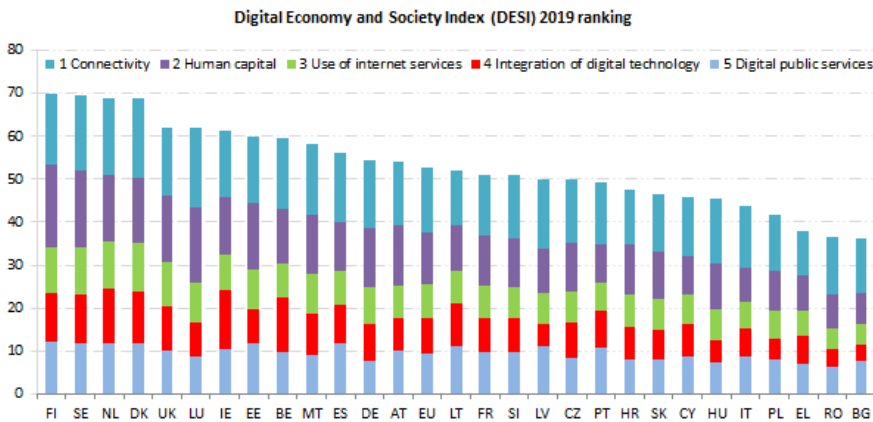


Figure 1. DESI ranking of EU member states (European Commission, 2019b).

4 ENTER INNOCAPE

Industry 4: Transforming Innovation Ecosystem through Better Capacity of Public Enablers, or InnoCAPE for short, is an Inter-reg Baltic Sea Region project that aims to tackle exactly these issues. As the name suggests, the intervention will be implemented through capacity building, ie strengthening the tools and knowledge of innovation actors in the region (InnoCAPE 2020). This means that in future, the public enablers like ministries, cities and education institutes would be better enabled to help SMEs within their realm.



Figure 2. The digitalization in industry is generally farther ahead in the Nordic countries and just getting started in Baltic states. InnoCAPE partners, marked, are located around the Baltic Sea Region. Base map from Natural Earth (Natural Earth 2020).

This will be achieved by collaboration of partners from six countries around the Baltic Sea. The consortium organizes webinars to educate people, collects and shares data to find common needs and seeing how those could be best matched. Maybe the few hackathons bring surprise insights that haven't been found yet. Two very tangible outcomes of the project are the digital maturity assessment tool (DMA) and the competence map.

With the DMA tool, companies, small and large alike, can find out where on the path of digitalization they are, and compare themselves to the others in their industry and the others in their country. The tool evaluates the status on five dimensions, so it also gives a hint if some area of business is further developed than rest or vice versa. So, after completing the assessment, my company now knows how the radar plot of digitalization looks for us. Where to go next?

5 CONTACT DIGITAL INNOVATION HUBS (DIH)

DMA backend knows about some Digital Innovation Hubs and will point you toward one close to you. DIHs are instances, typically set up around a technical university or a research organization. They are recognized by the EU as being capable to help companies, small or large, grasping the digital opportunities (European Commission 2020a). They were introduced in the Digitising European Industry Initiative in 2016 and currently there are 618 hubs around the EU in different states of readiness (European Commission 2020b).

Each DIH specializes on different topics, so the one closest to you might not be the best one to assist you with your particular challenge. How do I know which one to contact?

6 USE THE COMPETENCE MAP

The final part of the puzzle is the competence map. When completing the digital maturity assessment, you gained information about the area you could focus next on your digital journey. With the competence map, you can scour through a database of com-

petence providers, filter them and get a ranked listing of contacts that can help you to reach the next level. If you allow, the search can look for providers abroad as well, thus bridging the gap that can't be filled by your local DIH.

The listing will be populated initially by DIHs with the companies they work with, but competent companies are welcomed to sign up as well. You can help improve the quality by providing feedback on how well the suggested provider managed to help you achieve your goal.

The more skeptical side of you knows that here is no such a thing as a free lunch, and you would be right. The tools are free to use, but the anonymous usage data gathered will help the participating DIHs to improve their knowledge of what kind of help is needed in their domain, thus enabling better capability to help local companies and raise the overall awareness on digital possibilities.

BIBLIOGRAPHY

Clark, D. 2019. Number of small and medium-sized enterprises (SMEs) in the European Union in 2018, by size. [Online publication]. [Ref. 4 May 2020]. Available in Statista database. Registration required.

European Commission. 2019a. Digital Economy and Society Index Report 2019: Integration of digital technology. [Online publication]. [Ref. 4 May 2020]. Available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/integration-digital-technology>

European Commission. 2019b. The Digital Economy and Society Index (DESI). [Online publication]. [Ref. 4 May 2020]. Available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>

European Commission. 2020a. Digital Innovation Hubs (DIHs) in Europe. [Online publication]. [Ref. 4 May 2020]. Available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-innovation-hubs>

European Comission. 2020b. Smart Specialization Platform: Digital Innovation Hubs catalogue. [Online publication]. [Ref. 4 May 2020]. Registration required.

InnoCAPE. 2020. [Website]. [Ref. 4 May 2020]. Available at: <https://innocape.eu/>

Natural Earth. 2020. Free vector and raster map data. [Website]. [Ref. 4 May 2020]. Available at: <https://www.naturalearthdata.com/>

YHTEISTYÖROBOTIIKKA ETELÄ-POHJANMAALLE

Toni Luomanmäki, insinööri (ylempi AMK),
AmO, projektipäällikkö
SeAMK Tekniikka

Tomi Palomäki, insinööri (AMK) -opiskelija,
projektityöntekijä
SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTOA

Yhteistyörobotiikka on erityisesti edellisen 10 vuoden aikana laajentunut ja kehittynyt teknologia, jonka ideologiset ja osittain teknisetkin juuret ovat kuitenkin jo 1990-luvulla. Yhteistyörobotiikka ei ole ehkä yleistynyt aivan siinä määrin, minkälaisia odotuksia teknologiaan kohdistettiin sen kaupallistumisen myötä. Kuolevas- ta teknologiasta ei ole kuitenkaan kyse, vaan teknologian valta- virtaistuminen ja perinteisen robotiikan osittainen syrjäyttäminen lienee tulevien vuosien aikana realismia. Yhteistyörobotiikkaa on ajateltu erityisesti pk-sektorille tuotannon tehokkuutta lisäävänä teknologiana sen joustavuuden, helppokäyttöisyyden ja verrattain edullisen kustannustason myötä. Lisäksi lisääntynyt keskustelu Industry 5.0 -kehyksestä ja sen perusajatuksesta, jossa ihminen ja kone toimivat tuotannossa saumattomasti yhdessä, lupaavat yhteistyörobotiikalle positiivista tulevaisuutta.

Etelä-Pohjanmaan yhteistyörobotiikan osaamista ja tietoisuutta edisti SeAMK Tekniikassa vuonna 2018 tammikuussa käynnistynyt Mixed Reality and Collaborative Robotics -hanke, jonka rahoittaja oli Pirkanmaan liitto. Hankkeen keskeisenä tavoitteena oli luoda

yhteistyörobotiikan ja mixed reality -teknologian demonstraatioympäristö, joka mahdollisti alueellisen osaamisen kehittymisen ja teknologiatiedonsiirron pk-yrityksiin. Lisäksi hankkeessa toteutettiin sosiaali- ja terveysalan robotiikan esiselvitys.

Artikkelissa käsitellään yhteistyörobotiikan historiaa, nykytilannetta ja tulevaisuutta. Lisäksi paneudutaan Mixed Reality and Collaborative Robotics -hankkeen tuloksiin ja erityisesti hankkeessa kehitettyihin demonstraatioihin, joissa on sovellettu yhteistyörobotiikkaa ja sen liitännäisteknologioita hyvin laajalaisesti, jopa tekoälyä hyödyntäen.

2 YHTEISTYÖROBOTIIKAN ALKU

Yhteistyörobotiikka kaikkine muotoineen on ollut viime vuosina paljon esillä ollut teknologia. Sen tavoitteena on nimensä mukaisesti tuoda robotiikkaa joustavasti ihmisen avuksi tai korvaamaan ihmisen tekemää työtä kokonaan. Yhteistyörobotiikka mahdollistaa ihmisen ja robotin turvallisen yhteistyön ilman perinteisen teollisuusrobotiikan turvavaatimuksia. Toisaalta nykyisellä teknologialla ei vielä päästä perinteisten teollisuusrobottien ominaisuuksiin esimerkiksi käsittelykapasiteetin ja -nopeuden osalta.

Yhteistyörobotiikan juuret ovat 1990-luvulla, jolloin yhdysvaltalainen Occupational Safety and Health Administration (OSHA) huolestui General Motorsin raskaista kokoonpanotehtävistä ja siitä, miten ergonomisiin asioihin yrityksessä suhtauduttiin. General Motorsin aloitteessa tutkimusryhmä aloitti Northwesternin yliopistossa kehitystyön, jolla tavoiteltiin kuorman käsittelyä keventäviä ratkaisuja. Tutkimusryhmä saavutti tuloksia ja kutsui ensin ratkaisuaan, joka mahdollisti käsiteltävän kappaleen liikettä ohjaavien, tietokoneohjauksella toteutettujen virtuaalisten rajoitetasojen luomisen ja edelleen käsittelykuorman kevenemisen, termillä ”a programmable constraint machine”. Nykyään näitä

laitteita, jotka ovat elektronisia kuorman keventimiä, kutsutaan termillä ”intelligent assist device”. (Pittman 2018.)

Tutkimusryhmä patentoi ratkaisun vuonna 1999 nimellä ”CO-BOTS”, ja abstraktissa sitä kuvataan seuraavasti: ”An apparatus and method for direct physical interaction between a person and a general purpose manipulator controlled by a computer”. Patentissa mainitaan ensimmäisen kerran termit ”collaborative robot” ja ”cobot”, joita käytetään myös nykyään. (US5952796A 1999.) Vaikka tuon ajan cobotit olivat hyvin erilaisia fyysiseltä rakenteeltaan ja osittain myös tarkoitukseltaan kuin nykyiset yhteistyörobotit, niin ajatus ihmisen ja koneen yhteistoiminasta ja ensiaskeleet sen teknisestä toteuttamisesta syntyivät juuri tuon tutkimusryhmän aikaansaamista tuloksista. Nykyään yhteistyörobotit toimivat rinnakkain ihmisen kanssa yhteisen päämäärän saavuttamiseksi, mikä poikkeaa huomattavasti alun apulainenäkökulmasta. Nykyaikaisten yhteistyörobottien kehitys on alkanut voimakkaammin 2000-luvun alkupuolella ja kiihtynyt edellisen kymmenen vuoden aikana siten, että nykyisin merkittäviä yhteistyörobotteja valmistavia yrityksiä on useita kymmeniä.

3 YHTEISTYÖROBOTIIKKA NYT JA TULEVAISUUDESSA

3.1 Yhteistyörobotiikan tilanne nykyään

Yhteistyörobotteja on ollut saatavilla jo useita vuosia, mutta vuonna 2018 myydyistä teollisuusroboteista vain 3,24 % oli yhteistyörobotteja. Toisaalta vuoteen 2017 verrattaessa myyntimäärissä kasvua oli 23 %. (International Federation of Robotics 2018.) Lisäksi Xiao (2020) arvioi markkina-analyyssissään, että yhteistyörobottimarkkina kasvaa 5,6 miljardiin dollariin vuonna 2027 kattaen 30 % koko robottimarkkinasta. Analyysin mukaan vuonna 2018 alan isoimmat yritykset olivat Universal Robots ja Techman

Robot, jotka synnyttivät 52 % koko yhteistyörobottimarkkinan liikevaihdesta. Keskeisimmät yhteistyörobottisovellusalueet olivat materiaalinkäsittely, kokoonpano ja erilaiset lavaussovellukset. Näiden seikkojen valossa voidaan arvioida yhteistyörobotisaation olevan nyt hyvin nousujohteista ja teknologiaa on alettu soveltaa laajasti ja ennakkoluulottomasti. Kehitystä rajoittanee talouden taantuma, joka on artikkelia kirjoitettaessa syventynyt voimakkaasti vallitsevan COVID-19-tartuntatautiepidemian vuoksi. Toisaalta epidemian jälkeinen aika voi tuoda uutta halua lisätä yhteistyörobotisaation astetta esimerkiksi teollisuuden ulkopuolisilla aloilla entistä enemmän.

Teknologisesti yhteistyörobotiikan sovelluskehitys on painottunut tarttujien ja erilaisten työkalujen kehittämiseen, koska pelkällä käsivarrella ei lisäarvoa voida tuottaa. Sensoriteknologian avulla yhteistyöroboteille on saatu kehitettyä voima- ja momenttitunnistamiseen pohjautuva kosketusaisti, joka laajentaa yhteistyörobottien sovellusmahdollisuuksia huomattavasti. Näköaistin yhteistyöroboteille mahdollistaa konenäköteknologia, joka on osassa tuotteita jo valmiiksi integroituna, mutta yhteistyörobotiikan avoimuuden ansioista niihin myös myöhemmin erilliskomponenteista toteutettavissa. Konenäköteknologia tuo joustavuutta yhteistyörobotiikkaan. Lukuisista yhteistyörobottivalmistajista ja käyttöliittymistä huolimatta jokaisella valmistajalla lienee tavoitteena kehittää mahdollisimman intuitiivisia käyttöliittymiä, että robotin ohjelmointi ja sillä operointi olisi mahdollisimman helppoa erilaisille loppukäyttäjille. Vaikka yhteistyörobotiikka itsessään ja sen liitännäistechnologiat ovat hyvin pitkälle kehittyneitä, ehkä loppukäyttäjät ja järjestelmäintegraattorit hakevat vieläkin kokemuksia siitä, mikä toimii käytännössä ja mikä ei. Sovelluksissa, kuten koneenpalvelu ja paletointi, kokemuksia on jo paljon ja nämä alkavat olla hyvin yleisiä sovelluksia teollisuudessa. Samalla vakiintuvat yhteistyörobottien turvastandardit edesauttavat sovellusten toteuttamista ja madaltavat yritysten kynnystä ottaa käyttöön yhteistyörobotteja.

3.2 Yhteistyörobotiikka tulevaisuudessa

Osittain jo nykyään ja varsinkin lähitulevaisuudessa myös yhteistyörobotiikassa sovelletaan tekoälyä teknologian tehostamisessa. Tekoälyn ja konenäön avulla voidaan laajentaa robotin kykyä havainnoida ympäristöä ja sen reagoitua siihen. Koneoppimisen avulla voidaan laajentaa robotin tunnistus- ja tartuntamahdollisuuksia epäsäännöllisiin kappaleisiin, kuten muovipakkauksiin tai hedelmiin. Robottiprosessia voidaan optimoida anturidatan ja tekoälyn perusteella siten, että optimoidaan virrankulutusta ja liikeratoja, toteutetaan ennakoivaa huoltoa perustuen tekoälyanalyysiin ja ylemmällä tasolla voidaan optimoida koko tuotantoa. Tulevaisuudessa robotteja voidaan opettaa eleillä tehokkaasti tai useat robotit voivat oppia jopa yhdessä suorittamaan jonkun tietyn tehtävän. Tekoäly tulee osaltaan moninaistamaan yhteistyörobotiikan sovellettavuutta, parantamaan käyttöä tehokkuutta ja lisäämään energia- ja kustannussäästöjä. (International Federation of Robotics 2018.)

On kulunut noin vuosikymmen, kun teollisuudessa ja tutkimuksessa alettiin puhua Industry 4.0 -mallista, joka tulisi toimimaan viitekehystenä ja ajurina teollisuuden seuraavalle vallankumoukselle. Nyt vuosikymmen myöhemmin osa teollisuudesta toteuttaa tuon näkemyksen mukaista ajattelua ja on aktiivisesti pyrkinyt kulkemaan sitä kohti, mutta ehkä teollisuus kokonaisuutena on vasta puolimatassa Industry 4.0 -vision täytäntöönpanossa. Osa ei ole edes aloittanut, mutta osa on jo hyvin pitkällä näissä asioissa. Puhtaasti sellaista Industry 4.0 -vision mukaista ajattelua, jossa tuotanto on itseorganisoituvaa, massakustomoinnin mahdollistavaa, energia- ja resurssitehokasta ja toimitusverkototasolla läpinäkyvää, ei toteuta kovinkaan suuri joukko yrityksiä, varsinkaan pk-sektorilla. Huolimatta Industry 4.0 -vallankumouksen keskeneräisyydestä on varsinkin sähköisissä alustoissa alettu jo pohtia Industry 5.0 -visiota ja sen sisältöä. Yhtenä perusajatuksena vaikuttaa olevan ihmiskeskeisyys ja ihmisen roolin

palauttaminen tuotantoon saumattomaan yhteistyöhön koneiden kanssa. Massakustomointi tulee olemaan edelleen suuressa roolissa, koska arvioidaan, että räätälöintitarve tulee lisääntymään ja asiakkaat haluavat ostaa jopa osittain käsityönä toteutettuja uniikkeja tuotteita. Tämän toteuttamiseen vaaditaan ihmisten ja koneiden saumatonta yhteistyötä ja mikäli suunta on tulevaisuudessa tämä, yhteistyörobotiikka tulee olemaan yksi avainteknologioista tällaisten tuotantovaatimusten toteuttamisessa.

4 YHTEISTYÖROBOTIIKKA ETELÄ-POHJANMAALLE

Vuoden 2018 alusta Seinäjoen ammattikorkeakoulussa käynnistyi Pirkanmaan liiton rahoittama (Etelä-Pohjanmaan Liiton käsittelemä) Mixed Reality and Collaborative Robotics -EAKR-hankepari (investointi ja kehitys), joka päättyy toukokuussa 2020. Hankkeen kaksi keskeisintä tavoitetta olivat yhteistyörobotiikan ja mixed reality -tekniikan demonstraatioympäristön rakentaminen SeAMK Tekniikkaan ja edelleen yritysaktivointi ja tiedonlevitys hankkeen demonstraatioympäristön teknologioiden osalta. Lisäksi hankkeessa toteutettiin SeAMK Sosiaali- ja terveysalan toimesta esiselvitys robotiikan hyödyntämisestä alalla sekä eteläpohjalaisten hyvinvointialan yritysten tarpeista ja valmiuksista robotiikan hyödyntämiseksi toiminnassaan.

Demonstraatioympäristön yksi lähtökohta oli liikuteltavuus, koska hankkeen tiedotustoimissa oli mm. kuusi pop up -tapahtumaa ympäri maakuntaa, joten laitteiston tuli olla liikuteltavaa. Lisäksi tällöin laitteisto olisi mahdollista viedä tarvittaessa yritysten tiloihin. Hankkeen aikana investoitiin mm. kahteen yhteistyörobottiin lisälaitteineen ja mobiilirobottiin. Yhteistyörobotit integroitiin liikuteltaviin pöytiin kuvan 1 mukaisesti, jolloin niitä oli vaivaton liikutella ja lisäksi pöytiin oli mahdollista rakentaa erilaisia demonstraatioita.



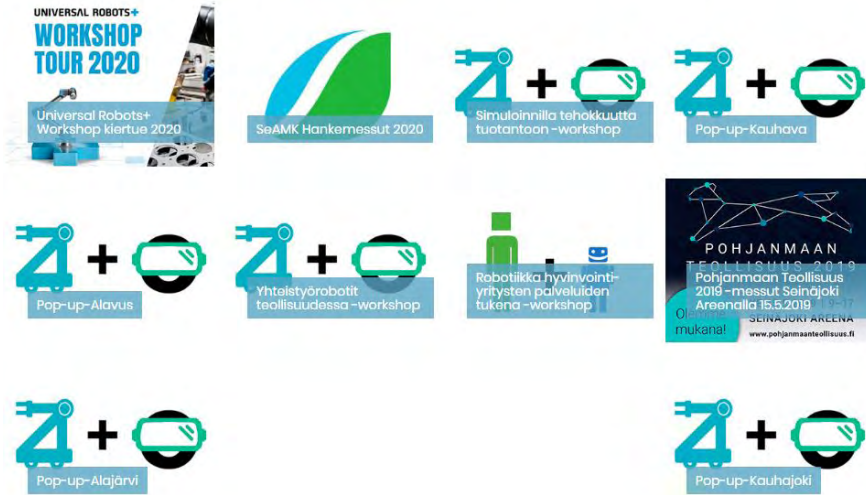
Kuva 1. SeAMK Tekniikan yhteistyörobotiikan demonstraatioympäristö.

Hankkeen tiedotuksen ja yritysaktivoinnin ytimen muodostivat järjestetyt pop up -tapahtumat, osittain yrityslähtöiset teknologiademonstraatiot, työpajat, artikkelit ja muut sidosryhmätapaamiset. Artikkelia kirjoitettaessa suurin osa tiedotustoimista oli toteutettu kuvan 2 mukaisesti, mutta vallitsevan COVID-19-epidemian vuoksi muutama tapahtuma peruuntui.

Tulevat tapahtumat



Menneet tapahtumat



Kuva 2. Mixed Reality and Collaborative Robotics -hankkeen tiedotustapahtumia.

Kokonaisuutena Mixed Reality and Collaborative Robotics -hankepari on lisännyt alueellista osaamista ja tietoisuutta teknologiasta. Tapahtumissa on vierailut kymmeniä yrityksiä ja niiden edustajia moninkertainen määrä. SeAMK Tekniikkaan rakennettu demonstraatioympäristö jää hankkeen jälkeen palvelemaan SeAMKin yritysliittöistä TKI-toimintaa ja opetusta.

5 YHTEISTYÖROBOTIIKAN DEMONSTRAATIOT

Demonstraatioympäristössä on toteutettu eri teknologioita hyödyntäviä yhteistyörobotiikka demonstraatioita, joilla voidaan

antaa esimerkkejä, miten yhteistyörobotteja voidaan hyödyntää tuotannon automatisoinnissa, sekä miten eri teknologiota kuten neuroverkot voidaan yhdistää yhteistyörobotiikkaan. Kaikista demonstraatioista löytyy videojulkaisu Seinäjoen ammatti-korkeakoulun YouTube-kanavalta.

Demonstraatiot antavat vastauksia mm. seuraaviin kysymyksiin

1. Miten voin käyttää yhteistyörobotin voima- ja momenttianturia hyödyksi kokoonpanossa, paikoituksessa sekä asennuksen onnistumisen validoinnissa?
2. Miten voidaan parantaa hiontasovelluksessa hionnan laatua käyttäen voima- ja momenttianturia?
3. Onko mobiilirobotilla mahdollista laajentaa käsivarsi robotin toiminta-aluetta?
4. Miten voidaan erotella samanmuotoiset ja -väriset kappaleet toisistaan robotin voima- ja momenttianturin avulla?
5. Voidaanko toteuttaa erilaisten robottien (mobiili ja käsivarsi) keskitetyn ohjaamisen itse ohjelmoidulla sovelluksella ja millainen on toteutuksen rakenne?
6. Millaisia vaiheita tarvitaan, mikäli halutaan optimoida energian kulutusta tuotantolaitteessa neuroverkolla?
7. Millainen vaihtoehto generatiivinen suunnittelu on imukuppitarttujan rungon suunnittelussa?
8. Onko mahdollista toteuttaa punnitussovellus neuroverkkoalgoritmin avulla käyttäen robotin voima- ja momenttianturia?

5.1 Kokoonpano voimaohjausta hyödyntäen

Demonstraatiossa asennetaan yhteistyörobotilla kaksi johdonsuojakatkaisijaa DIN-kiskoon käyttäen voima- ja momenttianturia paikoitukseen sekä asennuksen onnistumisen todentamiseen.

Tärkeimmät teknologian mahdollisuudet, jotka tässä demonstraatiossa toteutettiin, olivat:

1. DIN-kiskon asemointi voima- ja momenttianturin voimantunnistusta hyödyntäen asemointihyllyssä
2. DIN-kiskon asemointi voima- ja momenttianturin voimantunnistusta hyödyntäen kokoonpanoasemalle
3. Operaattorin sekä robotin yhteistyö
4. Johdonsuojakatkaisijan asennuksen validointi.



Kuva 3. DIN-kiskon asemointi asemointihyllyyn.

5.2 Hiontasovellus voimaohjausta hyödyntäen

Demonstraatiossa yhteistyörobotilla hiotaan materiaalitesta-uksen näytepalan pinta hiontalaitteella. Yhteistyörobotti painaa kappaletta vakiovoimalla, jonka voima- ja momenttianturi mahdollistaa, jolloin pinnasta tulee tasalaatuinen.



Kuva 4. Kappaleen hionta 3 N voimalla.

Tärkeimmät teknologian mahdollisuudet, jotka tässä demonstraatiossa toteutettiin, olivat:

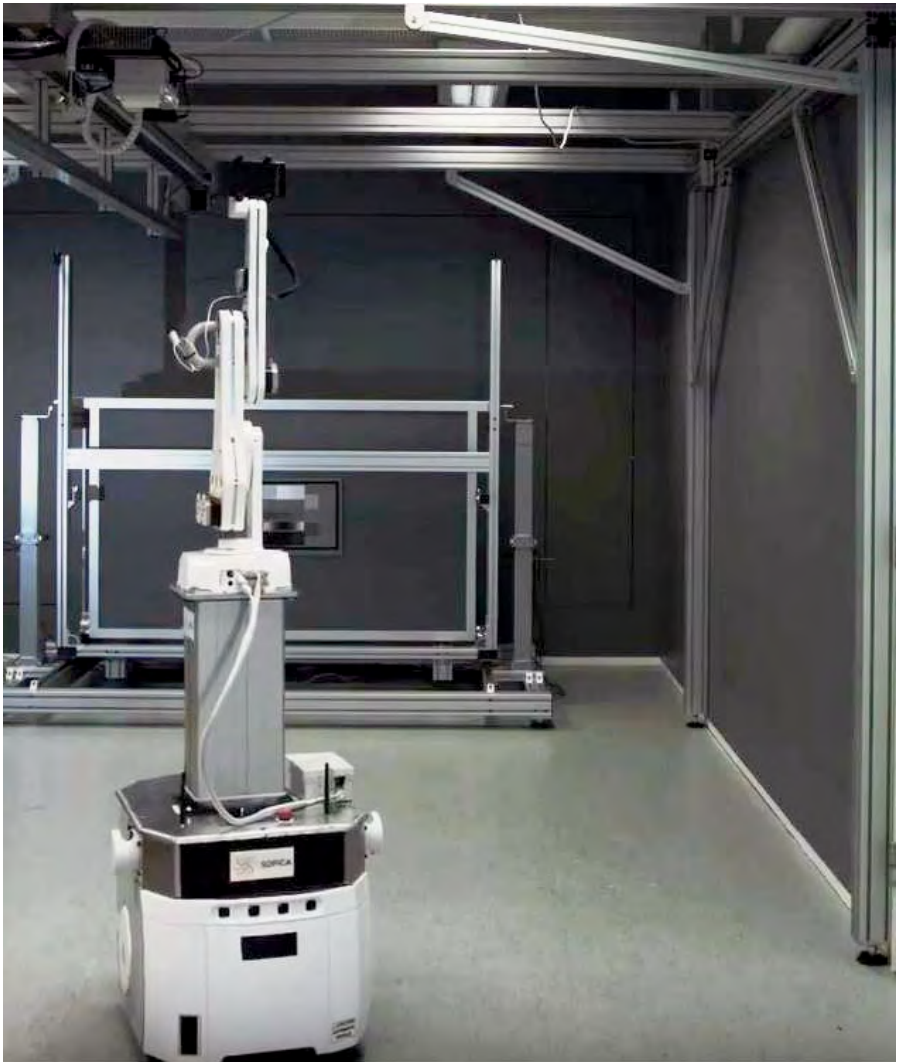
1. Tarttujan kappaleen tunnistusominaisuus
2. Käyttäjän informointi
3. Hiontapinnan tunnistaminen voima- ja momenttia anturin avulla
4. Hiontavoiman rajoitus 3 N:iin
5. Tason tunnistaminen voima- ja momenttianturin avulla kappaletta palautettaessa poimintapisteeseen.

5.3 Käsivarsirobotin toiminta-alueen laajentaminen mobiilirobotilla

Demonstraatiossa käsivarsirobotin toiminta-alue laajennetaan siirtämällä käsivarsirobotti kiinteästä asennuksesta mobiilirobotin kuljettavaksi.

Tärkeimmät teknologian mahdollisuudet, jotka tässä demonstraatioissa toteutettiin, olivat:

1. Lisälaitteen asentaminen mobiilirobottiin
2. Mobiilirobotin sisäinen virtalähde mahdollistaa lisälaitteen toiminnan ilman ulkoista virtalähdettä
3. Päälle asennetun käsivarsirobotin toiminta-alue saatiin laajennettua kiinteästä pisteestä useampiin eri kohteisiin.



Kuva 5. Käsivarsirobotti asennettuna mobiilirobotin kuljetettavaksi.

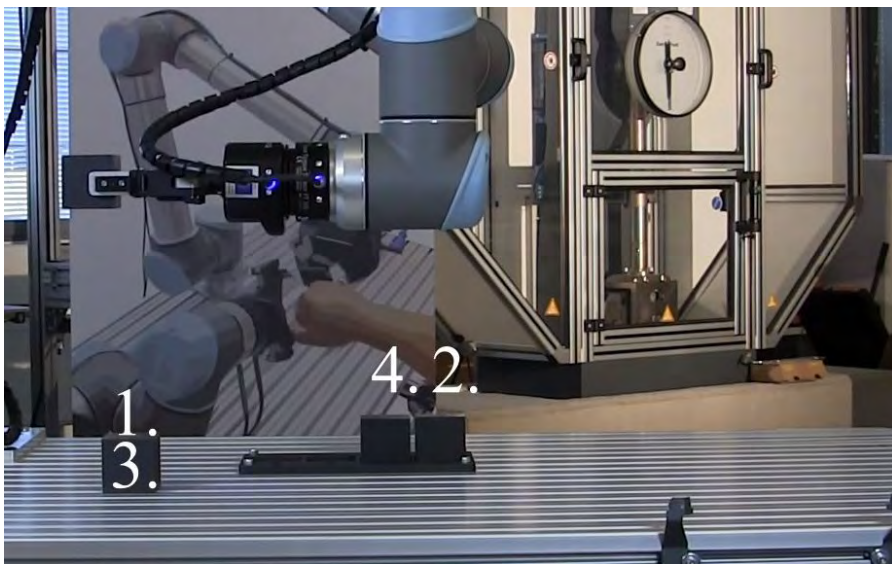
5.4 Kappaleiden järjestely massan mukaan yhteistyörobotilla, jossa on voima- ja momenttianturi

Demonstraatiossa yhteistyörobotin voima- ja momenttianturin avulla punnitaan satunnaisessa järjestyksessä olevat kappaleet sekä järjestetään ne painonmukaiseen järjestykseen. Kappalei-

den paino lasketaan automaattisesti voima- ja momenttianturista saatavasta datasta.

Tärkeimmät teknologian mahdollisuudet, jotka tässä demonstraatioissa toteutettiin, olivat:

1. Kappaleen paino lasketaan ohjelmallisesti voima- ja momenttianturin antaman momenttiarvon perusteella.
2. Kappaleiden oikea järjestys lasketaan valintalajittelu-algoritmia (engl. selection sort) käyttäen.
3. Kappaleiden poiminnassa käytetään voima- ja momenttianturin pinnantunnistusominaisuutta tunnistamaan oikea poimintakohta.
4. Kappaleen jättöpaikka tunnistetaan käyttämällä voima- ja momenttianturin pinnantunnistusominaisuutta.



Kuva 6. Kappaleen punnitus anturin momenttiarvon perusteella.

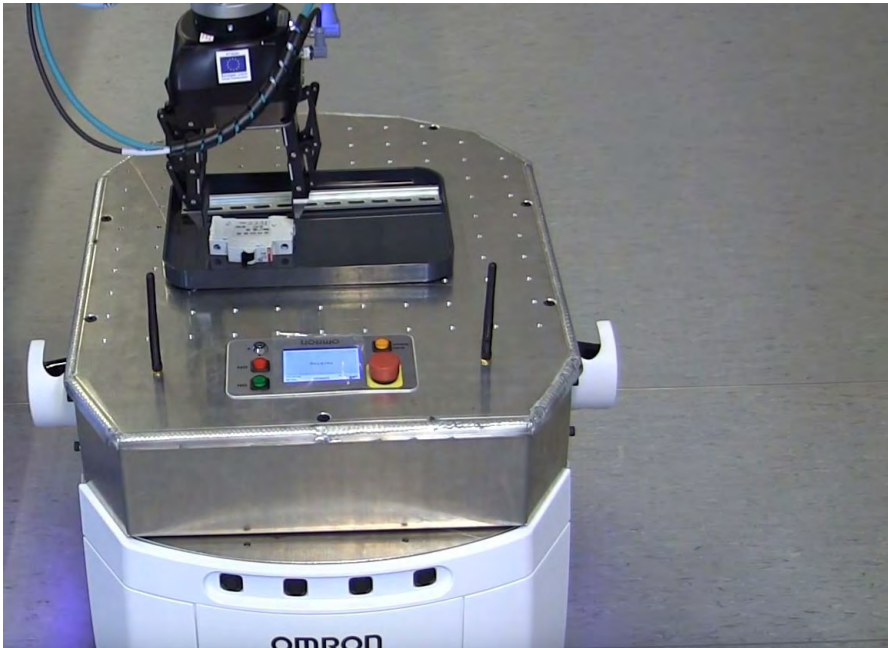
5.5 Mobiili- ja yhteistyörobottien keskitetty ohjaus Python-sovelluksella

Useasti erilaisia laitteita ohjattaessa tulee tarve saada ne toimimaan koordinoitusti keskenään. Hyvänä esimerkkinä tällaisesta tarpeesta toimii se, että kappaleita täytyy siirrellä eri tuotantolaitteiden välillä. Tämä asettelu olikin tämän demonstraation lähtökohtana.

Demonstraatioissa vaadittu työkierto on seuraava:

1. Mobiilirobotti saapuu yhteistyörobotin luo.
2. Yhteistyörobotti lastaa komponentit mobiilirobotin kyytiin.
3. Mobiilirobotti kuljettaa lastatut komponentit toiselle yhteistyörobotille.
4. Yhteistyörobotti poimii komponentit konenäön avulla mobiilirobotin kyydistä.
5. Yhteistyörobotti asemoi kappaleet asemointipisteessä vielä konenäön avulla oikein päin sekä nostaa varastoon.

Tässä demonstraatioissa mobiili- ja yhteistyörobottien ohjaus toteutettiin Python-ohjelmointikielellä erikseen demonstraatioita varten ohjelmoidulla sovelluksella, jossa käsiteltiin kaikki kommunikaatio eri laitteiden sekä tietokannan välillä.



Kuva 7. Kappaleen lastaus mobiilirobotin kyytiin.

Tässä demonstraatiossa käytetyt kommunikaatorajapinnat olivat TCP/IP-socket sekä telnet. Kaikki tietoliikenteen merkitsevät viestit robottien sekä sovelluksen välillä sovellus tallentaa tietokantaan mahdollista datan analysointia varten. Mobiilirobotin ja sovelluksen väliseen kommunikointiin ohjelmoitiin telnet-yhteyttä käyttävä ohjelmakoodi, kun taas yhteistyörobottien kommunikointiin ohjelmoitiin TCP/IP-socket-kommunikaatio.

Yhteistyörobotteihin ohjelmoitiin omat itsenäiset ohjelmakierrot, joita socket-viestillä liipaistiin käyntiin. Mobiilirobotin omassa kontrollointisovelluksessa luotiin laboratorioympäristöstä kartta, joka onnistui käynnistämällä kartanluontityökalu sekä ajamalla joka kulma laboratoriosta läpi. Karttaan lisättiin päämääräpisteet molempien yhteistyörobottien edustalle, näihin pisteisiin mobiilirobottia ohjattiin ohjelmistosta käsin automaattisesti työkierron edellyttämällä tavalla.

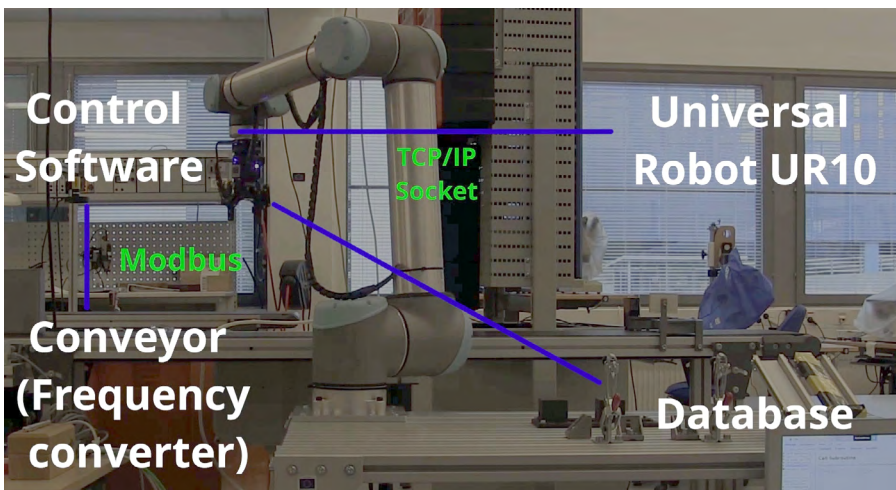
5.6 Tuotantolaitteen energiankulutuksen neuroverkko-optimoinnin automatisointi yhteistyörobotilla

Energiankulutuksen vähentäminen on tämän hetken kuuma puheenaihe. Tämän innoittamana nousi esiin kysymys, miten paljon dataa vaaditaan, että neuroverkkoja voitaisiin hyödyntää yksinkertaisessa hihnakuljettimen energiankulutuksen optimoinnissa, jossa dataa ei ole kerättyä valmiiksi.

Kokonaisuus koostuu seuraavista osioista:

- tietokanta
- neuroverkkoalgoritmi
- kuljetinhihna, jossa taajuusmuuttaja Ethernet-liitännällä
- yhteistyörobotti
- Python-sovellus, jolla ohjataan kokonaisuutta.

Yhteistyörobottiin ohjelmoitiin useita pienempiä toimintakokonaisuuksia omiin aliohjelmiinsa, kuten esimerkiksi kappaleen poiminta kuljetinhihnan alkupäästä, kappaleen poiminta koti-asemasta jne.



Kuva 8. Ohjelmiston rakenne kuvattuna.

Näitä ohjelmia ohjattiin Ethernet-verkon yli Python-ohjelmointikielellä ohjelmoidusta sovelluksesta työkierron mukaisesti. Sovellus ohjaa työkiertoa siten, että kappale nostetaan kuljetinhihnan alkupäähän, valitaan satunnaiset ramppi- ja nopeusparametrit kuljetinhihnalle, käynnistetään hihna, kappaleen saapuessa toiseen päähän mitataan kulunut aika sekä energiankulutus ja tämä toistetaan samoilla parametreilla x kertaa. Aiemmin mainittua kiertoa toistetaan vielä eri parametreilla ja kaikki kerätty tieto kerätään tietokantaan. Neuroverkko opetetaan tietokantaan kerätyillä tiedoilla, jonka jälkeen määritellään haluttu aika ja toivottu energiankulutus tai toinen näistä. Seuraavaksi neuroverkko antaa likiarvot parametreista opitun mukaan, jonka jälkeen sovellus siirtää kappaleen kuljettimen alkupäähän sekä käynnistää kuljettimen neuroverkon antamalla parametreilla. Testauksissa selvisi, että karkea optimointi onnistuu, kun kerättyä tietoa on 20 riviä.

5.7 Yhteistyörobotin imukuppitarttujan generatiivinen suunnittelu

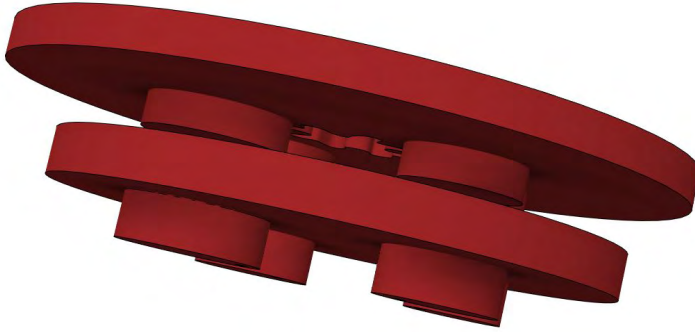
Yhteistyörobottiin oli aiemmin suunniteltu ja tulostettu imukuppitarttujan runko, joka todettiin olevan liian painava sekä vahva rakenteeltaan 5 kilogramman kapasiteetin robottiin, joten oli syytä optimoida kappaleen painoa ja rakennetta.



Kuva 9. 3D-tulostettu imukuppitarttujan runko V1.

Vaihtoehtoja optimointiin on useita kuten topologiaoptimointi, generatiivinen suunnittelu yms. Suunnittelutavaksi päätettiin valita generatiivinen suunnittelu Autodesk Fusion 360 3D-suunnitteluohjelmalla, josta löytyy mahdollisuus generatiiviselle suunnittelulle. Tarttujan laipan pulttikiinnitykset ja niiden paikat päätettiin pitää ennallaan kuten myös paikat, joihin imukupit kiinnitetään. Toteutus suoritettiin siten, että kappaleelle annettiin lähtökohdat, joista algoritmi ratkaisisi rakenteen. Pulttien sekä imukuppien kiinnityskohdat määriteltiin säästettäviksi ominaisuuksiksi. Imukuppien asennuksen mahdollistamiseksi imukuppien kiinnityskohdan yläpuolelle sekä alapuolelle määriteltiin paikat, joihin algoritmi ei tuota materiaalia. Samanlaiset kielletyt alueet tehtiin myös kiinnityspulttien asennuskohdan alle, että kiristäminen kulma-avaimella saatiin mahdolliseksi. Lopuksi myös kiinnityslaipan pinnan kohtaan lisättiin kielletty alue sekä keski-kohtaan aukko, jonne materiaalin generointi haluttiin suunnata. Algoritmi sai ratkaistua rakenteen noin vuorokaudessa, laskenta

tapahtui pilvessä. Lopuksi kappale tulostettiin 3D-tulostimella ja paino väheni 850 grammaa.



Kuva 10. Tilanne ennen generatiivisen suunnittelu-algoritmin käynnistämistä.

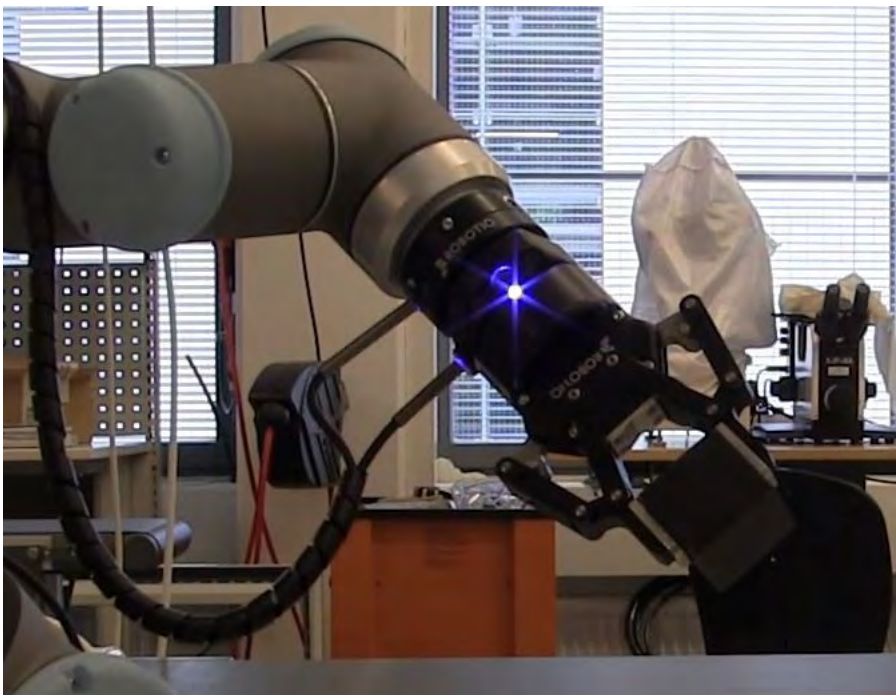


Kuva 11. Algoritmilla generoitu imukupitarttujan runko tulostettuna 3D-tulostimella.

5.8 Yhteistyörobotin punnitussovelluksen optimointi neuroverkkoalgoritmin avulla

Demonstraatiossa yhteistyörobotin voima- ja momenttianturin arvoja käytetään hyödyksi neuroverkon opettamisessa. Kappaleiden paino opetetaan automaattisesti neuroverkolle voima- ja momenttianturista saatavasta datasta.

Tuotannossa voi ilmetä tarvetta automaattiselle punnitukselle, joka voidaan toteuttaa anturidataan perustuvalla matemaattisella kaavalla. Monesti punnittavan kappaleen muoto ja painopiste voivat vaihdella, jolloin laskentakaavaa tulee muuttaa ja monesti painopiste voi olla haastava selvittää, jolloin joustavuus punnituksen laskentakaavan muutokselle voi olla tarpeen. Tästä syystä selvitettiin, miten hyvin neuroverkkoalgoritmi sopisi tähän tarkoitukseen ja miten nopeasti on mahdollista saada käyttökelpoisia punnitustuloksia.



Kuva 12. Kappaleen punnitus kaltevassa asennossa.

Demonstraatiossa toimintaa ohjasi ohjelmisto, joka ohjelmoitiin Python-ohjelmointikielellä. Sovellus ohjasi Ethernet-yhteyden yli robotin liikkeitä sekä tallensi tarvittavat anturin arvot tietokantaan. Tämä toistettiin monessa eri kulmassa sekä muutamalla eri painolla. Kerättyjä anturien arvoja sekä vastaavia oikeita painoja käytettiin neuroverkkoalgoritmin opettamiseen. Neuroverkon opettamisen jälkeen, uusi ennen punnitsematon kappale nostettiin punnittavaksi ja anturin arvot syötettiin opetetulle neuroverkolle. Neuroverkko antoi vastaukseksi likiarvon oppimansa datan perusteella. Keskimääräinen punnitusvirhe oli noin 30–50 grammaa. Epätarkkuuteen on monia vaikuttavia tekijöitä esim. alumiinipöytä, robotin moottorien värinä ja se, että mittausdataa ei siistitty millään tavalla. Lopputulos osoitti kuitenkin sen, että neuroverkkoa voidaan hyödyntää hyvin pienelläkin datamäärällä.

6 LOPUKSI

Yhteistyörobotiikka on tullut jäädäkseen. Suurempi arvoitus lienee kulmakertoimen suuruus teknologian yleistymiselle teollisuudessa. Yleistyykö nykymuotoinen yhteistyörobotiikka vai muuttuvatko perinteiset yhteistyörobotit yhteistyökäyväkäämmiksi? Toisaalta voi syntyä kokonaan uusi robottiluokka, jossa edelleen hyödynnetään eri robottimallien parhaita ominaisuuksia tehokkaammin. Joka tapauksessa tulevaisuudessa tulee olemaan edelleen jopa kasvavaa tarvetta ihmisen tekemälle työlle, mutta toisaalta myös tehokkaalle automaatiolle. Parhaimman tuloksen saavuttaa sillä, että nämä kaksi resurssia yhdistyvät saumattomasti yhdeksi tiettyä päämäärää toteuttaviksi kokonaisuusiksi. Tässä yhteistyörobotiikalla tulee olemaan suuri rooli.

Etelä-Pohjanmaalla yhteistyörobotiikan tietoisuutta edistettiin Mixed Reality and Collaborative Robotics -EAKR-hankkeella, joka tavoitti useita kymmeniä yrityksiä hankealueelta ja laa-

jemminkin. Hankkeessa kehitetty demonstraatioympäristö jää hankkeen jälkeen SeAMKin TKI- ja opetuskäyttöön, joka edistää edelleen osaamisen ja teknologian kehittymistä. Nähtäväksi jää, mikä yhteistyörobottien esiintymistiheys tulee lähivuosina alueella olemaan ja miten teknologiaa tullaan soveltamaan. Joka tapauksessa pk-yrityksissä sovelluskohteita varmasti löytyy nyt ja tulevaisuudessakin.

Artikkeli on valmisteltu osana Mixed Reality and Collaborative Robotics -hanketta, ja haluamme kiittää hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta Pirkanmaan liittoa ja Etelä-Pohjanmaan liittoa.

LÄHTEET

International Federation of Robotics. 1.5.2018. Artificial Intelligence in Robotics. [Verkko-julkaisu]. [Viitattu 18.3.2020]. Saatavana: https://ifr.org/downloads/papers/Media_Backgrounder_on_Artificial_Intelligence_in_Robotics_May_2018.pdf

Pittman, K. 2018. A history of collaborative robots: From intelligent lift assists to cobots. [Verkkolehtiartikkeli]. Engineering.com 28.10.2016. [Viitattu 17.3.2020]. Saatavana: <https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/13540/A-History-of-Collaborative-Robots-From-Intelligent-Lift-Assists-to-Cobots.aspx>

US5952796A. 1999. COBOTS. Northwestern University, Evanston, Yhdysvallat. (Colgate, J., Peshkin, M.). 14.9.1999.

Xiao, M. 2020. The collaborative robot market – 2019. [Viitattu 18.3.2020]. [Verkkojulkaisu]. Interact Analysis. Saatavana: <https://www.interactanalysis.com/the-collaborative-robot-market-2019-infographic/>



**OSA II:
ROBOTIIKKA JA
TUOTANNON
MITTAAMINEN**

TOPOLOGIAN OPTIMOINTI OSANA KOMPONENTTIEN SUUNNITTELUA

Samuel Suvanto, DI, lehtori
SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTO

Laitteiden, komponenttien tai yleensäkin esineiden suunnittelu vaatii suunnittelijalta erittäin monipuolista osaamista. Suunnittelijan on tunnettava erittäin hyvin suunniteltavan asian käyttötarkoitus ja siihen liittyvät asiakasta palvelevat toiminnalliset ja muut vaatimukset (Rodgers 2011, 67 - 76). Näiden tietojen, kuten käyttötarkoituksen tai kohteen ja siihen mahdollisesti liittyvien muutamien suoritusarvojen pohjalta aloitetaan varsinainen suunnittelutyö. Lisäksi on tunnettava materiaalit ja niiden mukanaan tuomat mahdollisuudet sekä rajoitteet, jotka pohjautuvat lopulta fysiikkaan tai kemiaan. Materiaalin rajoitteet tulevat määrittämään osaltaan mm. esineiden muotoilua valmistettavuuden sekä kestävyiden kautta, sekä esimerkiksi vaadittavia pintakäsittelyjä korroosion tai muun säänkestävyyden osalta.

Tuotekehitysprojektin alkuvaiheessa näiden erilaisten vaatimusten pohjalta suoritetaan konseptisuunnittelu, jolla on erittäin suuri merkitys tuotteen tulevaan menestymiseen markkinoilla. Toimintojen ja asiakaskokemuksen lisäksi konseptisuunnitteluvaiheessa tullaan tiedostaen tai tiedostamatta päättäneeksi jo erittäin suuri osa tuotteen valmistuskustannuksista. (Rodgers 2011, 78 - 82.)

Konseptisuunnittelun pohjalta lähdetään hahmottelemaan lopullisia rakenneratkaisuja. Täysin uusien komponenttien suunnittelu uuteen käyttötarkoitukseen tyhjästä vaatii poikkeuksellista luovuutta. Ongelmaksi saattaa muodostua eräänlainen valkoisen paperin kammo; täytettävänä on tyhjiä lokeroita, jotka täytyy täyttää komponenteilla tai rakenteilla. Monesti asiaa lähdetään ratkomaan valmistusmenetelmä edellä. Päätetään jo ennalta, miten joku rakenne tullaan valmistamaan ja pidetään sitä suunnittelun lähtökohtana. Tämä on täysin toimiva tapa, mutta on kuitenkin mahdollisesti löydettävissä edullisempi, parempi ratkaisu, joka täyttää samat vaatimukset. Tätä innovointiprosessia ajatellen voitaisiin hyödyntää entistä laajemmin topologian optimointia, joka on viime vuosina levittäytynyt voimakkaasti ollen yhä useamman tuotesuunnittelijan saatavilla (Kriek 2015; What's new in Solid Edge ST10 Portfolio 2018; Wasserman 2017).

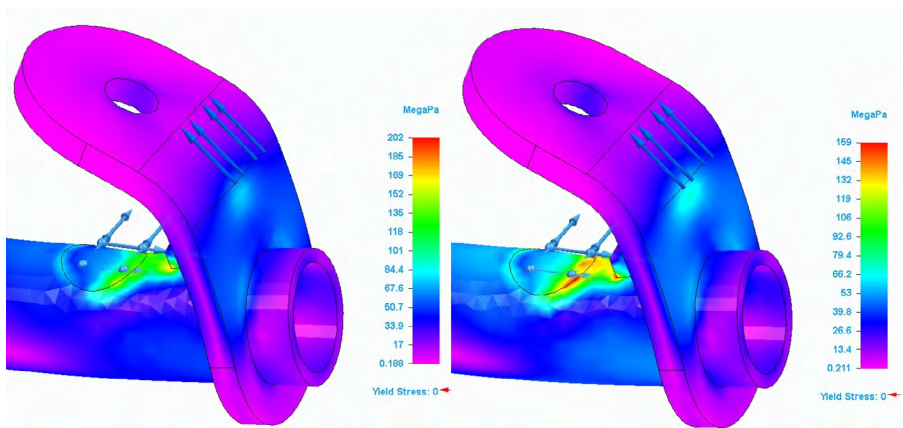
2 TOPOLOGIAN OPTIMOINTI

Topologian optimointi on optimointimenetelmä, jossa rakenteen raaka-ainepartikkelien sijoittelu ja asemointi voidaan optimoida asetettujen kohdefunktioiden sekä rajoite-ehtojen puitteissa. Rakennetta, joka sanana voidaan tässä yhteydessä ymmärtää kattavan kaikki mekaanista kuormitusta kokevat komponentit tai esineet, voidaan optimoida kuitenkin hyvin monin tavoin. (Bendsøe & Sigmund 2003, 1 - 2.)

2.1 Rakenteiden optimointimenetelmistä

Rakenteiden koon optimointi on erittäin käytetty optimointimenetelmä. Menetelmässä mitoitetaan esimerkiksi sauva- tai palkkirakenteiden eri osien poikkileikkaukset siten, että saavutetaan mahdollisimman kevyt ja sitä kautta edullinen rakenne (Tejani ym. 2018). Kyseistä menetelmää voidaan käyttää esimerkiksi kattoristikoiden tukien mitoittamisessa. Tavoitteena on saavuttaa

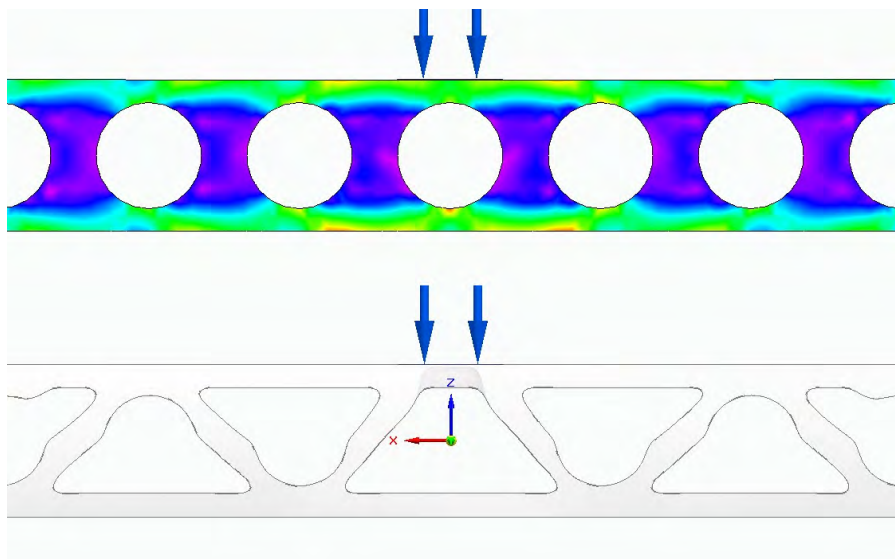
tilanne, jossa kaikissa osissa varmuus jännityksen tai stabiiliteetin menetyksen suhteen on samaa luokkaa. Kuvassa 1 on esitetty esimerkki, jossa yksinkertaisen rakenteen osien kokoja on optimoitu. Kohdefunktiona on ollut rakenteen jännitystaso ja muuttujina eri osien ainepaksuudet. Pienellä tukilevyllä on ollut suurin vaikutus jännityskeskittymään, sillä sen leveyttä kasvattamalla ja putken ainepaksuutta ohentamalla on kyetty säilyttämään sama massa, mutta rakenteen kriittisimmän yksityiskohdan jännitystaso on pienentynyt huomattavasti.



Kuva 1. Esimerkki rakenteen koon optimoinnista; vasemmalla alkuperäinen rakenne ja oikealla optimoitu rakenne.

Rakenteiden muodon optimointi taas on menetelmä, jolla voidaan muokata jonkin olemassa olevan muodon ääri viivoja mahdollisimman hyväksi vallitsevaa jännitysjakaumaa ajatellen (Meske ym. 2003). Suunnittelija tyypillisesti valitsee suunnitellessaan tunnettuja perusmuotoja kuten suoraa, ympyröitä, kaaria tai ellipsejä, mutta rakennetta voidaan parantaa huomattavasti valitsemalla vain jonkin verran näistä muodoista poikkeava muoto. Kuvassa 2 on esitetty eräs esimerkki muodon optimoinnista. Esimerkissä on haettu optimaalisempi muoto palkkiin tehtäville rei'ille, jolloin palkin massaa voidaan vähentää jännitystason pysyessä alkuperäisen rakenteen kaltaisena. Ylemmän, alkuperäisen

palkin jännitysjaikauimasta nähdään, että jännitysjaikauima ei ole erityisen tasainen eri osien välillä. Tästä syystä pyöreää muotoa paremman ratkaisun tarjoaakin reikien kolmiomainen muotoilu, johon optimointi on lopulta päätynt.

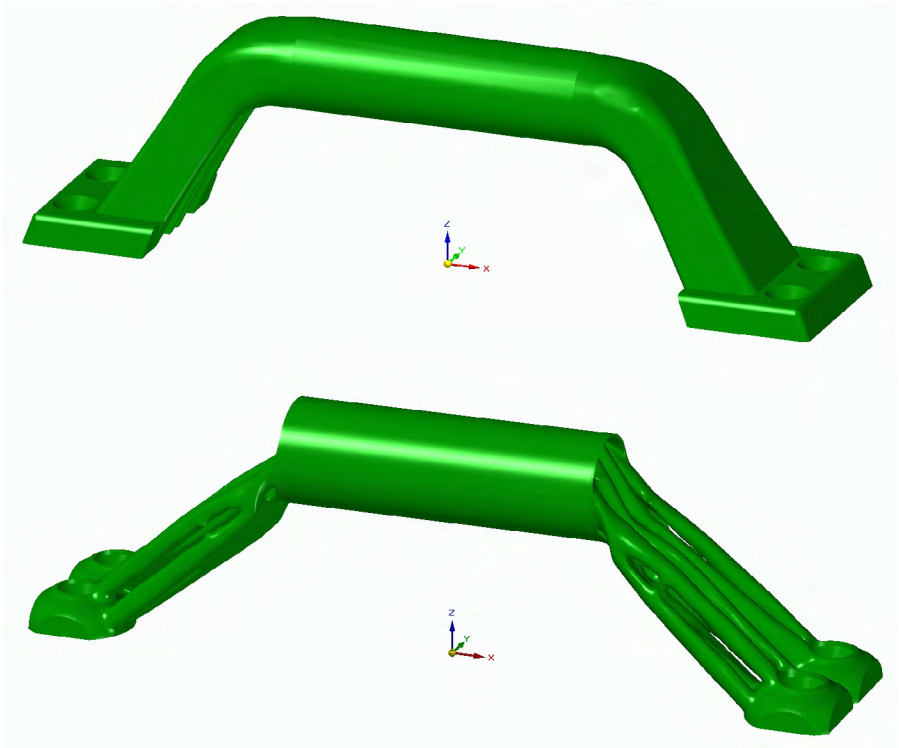


Kuva 2. Esimerkki reikien muodon optimoinnista; yläpuolella alkuperäinen rakenne ja alapuolella optimoitu rakenne.

Rakenteen topologian optimointi puolestaan on perinteisesti tarkoittanut erilaisten rakennetyiskohtien kokojen, muotojen, määrien sekä sijaintien paikoittamista. Puhuttaessa esimerkiksi rei'istä, menetelmä on valinnut sopivan reikien muodon, koon, määrän ja sijainnit (Bendsøe & Sigmund 2003, 1–2). Näiden perusteella algoritmi on luonut rakenteen, jossa esimerkiksi jännitykset ovat mahdollisimman pienet kauttaaltaan. Tämän tyyppinen ajattelu oli ajankohtaista, kun asioista puhuttiin 2D-ympäristössä.

Nykyisellään termi topologian optimointi on ehkä aavistuksen erilainen. Joskus modernista topologian optimoinnista käytetään myös termiä generative design kuvaamaan laajemmin suunnitte-

lua, jossa on hyödynnetty topologian optimointia ja mahdollisesti muitakin työkaluja kuten huokoisten rakenteiden parametrissa optimointia tämän rinnalla (Topology optimization vs. Generative design 2019). Topologian optimoinnissa rakennetta optimoidaan kokonaisvaltaisesti, jolloin ei enää voida erottaa selkeitä yksittäisiä rakenne-elementtejä tai muotoja, joita olisi ikään kuin sijoitettu rakenteeseen. Kuvassa 3 on esitetty eräs topologiaoptimoitu rakenne. Vertaamalla kuvan yläreunan alkuperäistä rakennetta alareunan optimoituun rakenteeseen nähdään hyvin, että rakenteeseen syntyy aivan uudenlaista 3D-geometriaa, jota ei voi, eikä aina myöskään kannata välttämättä lähteä erittelemään eri osioiksi.



Kuva 3. Esimerkki topologian optimoinnista; yläpuolella alkuperäinen rakenne ja alapuolella topologiaoptimoitu rakenne.

Seuraavissa kappaleissa käsitellään topologian optimointia lyhyesti konetekniikan insinöörin kannalta. Tätä käsittelyä tehdään muutamien sellaisten esimerkkien avulla, joissa menetelmästä saataisiin hyötyä.

3 TOPOLOGIAN OPTIMOINNIN HYÖDYNTÄMINEN

Topologian optimointia voidaan hyödyntää hyvin monenlaisissa tilanteissa. Nyt kun lisäävä valmistus on muovien osalta arkipäivää ja alkaa yleistyä myös metallien ja muiden teknisempien materiaalien osalta, on topologian optimointi noussut uuteen kukoistukseen (Wasserman 2015). Kuitenkin sitä voidaan hyödyntää muidenkin valmistusmenetelmien tapauksessa.

3.1 Suunnittelu 3D-tulostettavalle kappaleelle

Topologian optimoinnin tuottamat kappaleet ovat hyvin moniulotteisia ja muotoisia, ja siten sellaisenaan erittäin vaikeita tai mahdottomia valmistaa perinteisin valmistusmenetelmin. Lisäävä valmistus tai tutummin 3D-tulostaminen on kuitenkin tuonut aivan uusia mahdollisuuksia tällaisten kappaleiden valmistamiseksi. (Wasserman 2015). Esimerkiksi kuvassa 3 esitetty kappale voitaisiin helposti valmistaa 3D-tulostamalla. Myös metallikappaleiden tapauksessa kappale on teoriassa valmistettavissa suoraan optimoinnin tuloksena syntyneen rakenteen avulla. Käytännössä on kuitenkin varmistuttava vielä kappaleen valmistettavuudesta (Kokkonen ym. 2016).

3.2 Suunnittelu muille valmistusmenetelmille

Mikäli topologian optimointi tehdään minimirajoittein, ei lopputuloksena syntyvää kappaletta voida valmistaa millään muulla

menetelmällä kuin 3D-tulostaen, ja tällöinkin voidaan esimerkiksi metallikappaleiden tapauksessa olla valmistusmenetelmän ääri rajoilla. Tämän vuoksi ohjelmistoissa on tyypillisesti mahdollisuuksia antaa optimointialgoritmillemme lisää rajoituksia, joilla mahdollistetaan paremmin tietylle valmistusmenetelmälle soveltuvan lopputuloksen syntyminen (Vatanabe ym. 2016).

Ei ole myöskään mitenkään välttämätöntä noudatella optimoinnin tuloksena syntyneen kappaleen muotoja orjallisesti. Aivan hyvin voidaan vain katsoa suuntaviivoja lopputuloksesta ja suunnitella lopullinen kappale näiden suuntaviivojen perusteella vaikkapa palkki- tai putkiprofiileista. Topologiaoptimoidusta kappaleesta saadaan tällöin vain parempia ideoita lopullisen tuotteen suunnittelua ajatellen (Topology optimization vs. Generative design 2019).

3.3 Rakenteiden parantaminen

Joissain tilanteissa voidaan topologian optimointia käyttää luovasti hyödyksi parannettaessa jonkin rakenteen tai tuotteen suorituskykyä. Jos ohjelmisto kykenee käyttämään ominaisarvoratkaisijaa optimointiin, mahdollistaa se ominaistajuuksien tai nurjahdusmuotojen laskemista optimoinnin aikana. Tällöin voidaan parantaa vaikkapa asiakkaan käyttökokemusta kasvatamalla tuotteen alimman nurjahdusmuodon varmuutta, jolloin tuote tuntuu vähemmän löysältä. Toisaalta voidaan pyrkiä kasvatamaan värähtelyn ominaistajuuksia ja siten kyetään vaikkapa vähentämään tuotteen tuottamaa melua ympäristöön (Kim 2011).

4 TOPOLOGIAN OPTIMOINNIN KÄYTTÖ OPETUKSESSA

Topologian optimoinnin edut ovat selvät ja siten sitä ei voida menetelmänä sivuuttaa myöskään opetuksessa. Menetelmä tulee

olemaan osa konetekniikan insinöörien perusosaamista jo hyvin lähitulevaisuudessa.

4.1 Tarpeellisuus opetuksessa

Topologian optimoinnin käyttö on lisääntynyt viime vuosina. Lisääntymistä puoltavat ainakin seuraavat seikat:

1. saatavuuden parantuminen
2. käytön helppous
3. 3D-tulostamisen lisääntyminen.

Lisäävä valmistus on varmasti yksittäisistä tekijöistä merkittävin, joka on saanut ohjelmistovalmistajat panostamaan topologian optimoinnin kehittämiseen. Se ei kuitenkaan vielä ole merkittävin motiivi topologian optimoinnin käytön kannalta. Muut valmistusmenetelmät hyötyvät aivan samalla tavalla rakenteiden optimoinnista. (Kriek 2015; Wasserman 2017; What's new in Solid Edge ST10 Portfolio 2018.)

Koska ohjelmistojen saatavuus ja käytettävyys ovat parantuneet sekä niiden tuoma lisäarvo on kiistaton, voidaan erittäin vahvasti olettaa, että käyttö tulee lisääntymään myös tulevaisuudessa. Yritykset ja yksittäiset suunnittelijat tulevat ottamaan topologian optimoinnin osaksi suunnitteluprosesseja, osa varmasti nopeammin kuin toiset. Ne, jotka kykenevät hyödyntämään menetelmän tarjoaman potentiaalin ensimmäisenä, tulevat menestymään parhaiten. Tästä syystä topologian optimoinnin opetusta ja käyttöä opetuksessa tulee lisätä entisestään.

4.2 Tilanne Seinäjoen ammattikorkeakoulussa

Nykyisellään ohjelmistojen topologian optimointimahdollisuuksia tutustutetaan jo ensimmäisen vuoden opiskelijoille, jolloin he

saavat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa kokemuksia menetelmän tuomista eduista. Seinäjoen ammattikorkeakoululla on ohjelmistojen osalta erittäin hyvä tilanne topologian optimoinnin opetuksen suhteen. Aktiivisessa käytössä olevasta *Siemens Solid Edge* -ohjelmistosta löytyy nykyisin ns. Generative Design -moduuli, joka on suunnattu erityisesti suunnittelijoille. Tämä moduuli on topologian optimointia suorittava lisäosa, jolla voidaan tehdä hyvinkin monipuolisesti erilaisia laskentoja. Toisessa käytössä olevassa ohjelmistokokonaisuudessa Siemens NX:ssä puolestaan löytyy hyvin vastaava suunnittelijalle suunnattu lisäosa, jonka toiminnallisuus vastaa jokseenkin Solid Edge -ohjelmiston lisämoduulin käyttöä. Tärkeämpänä asiana NX:n osalta on kuitenkin ohjelmiston *Simcenter/Advanced Simulation* -osion alta löytyvä kehittyneempi topologian optimointi. (Siemens Digital Industry Software 2020.)

Parhaana puolena Solid Edge -ohjelmiston Generative Design -moduulissa opetuskäyttöä ajatellen on sen erittäin helppo käytettävyys. Moduulin käytön perusteet kykenee omaksumaankin muutamien tuntien opiskelun jälkeen. Tämä on erittäin tärkeää sen vuoksi, että päästään hyvin nopeasti luomaan uutta ja näkemään mitä ohjelmisto käytännössä tekee. Käyttö ei parhaimmillaan vaadi edes laajaa tuntemusta taustalla vaikuttavien lujuusopin ilmiöiden tuntemisesta eikä topologian optimoinnin teoreettista hallintaa. Vähäinen käytössä oleva tuntiresurssi saadaan kohdennettua paremmin erilaisten ilmiöiden opiskeluun, sekä siihen miten menetelmää voidaan käytännön suunnittelutyössä hyödyntää. Nappulatekniikan ja asetusten opiskelu ei vie suurta osaa ajasta.

Yhdistämällä topologian optimoinnin opetus lisäävän valmistuksen opetukseen, saadaan erittäin helposti ja pienin kustannuksin tuotua suunniteltu kappale käsin kosketeltavaan muotoon. Tällöin opiskelija pääsee nopeasti näkemään oman suunnittelunsa tuloksen. Kun yhdistetään tähän vielä materiaalin testaus esimerkiksi

vetokokeen muodossa, voidaan myös verrata kappaleen suorituskykyä suunniteltuun suorituskykyyn nähden. Tämän tyyppistä opetusta pilotoitiin jo pienellä oppilasryhmällä syksyllä 2019 menestyksekkäästi. Laajempi opetus vaatii kuitenkin enemmän laitekapasiteettia 3D-tulostimien osalta sekä aiheuttaisi hieman materiaalikustannuksia suoraan suhteessa kurssin opiskelijamäärään. Näihin ollaan kuitenkin varautumassa tulevana vuosina.

Mikäli halutaan tehdä edistyneempiä, laajemmin rajoitettuja optimointeja, voidaan niihin hyödyntää NX:n Simcenter/Advanced Simulation -osan optimointiratkaisijaa. Vaativampi optimointi saattaa tilanteesta riippuen kuluttaa tietokoneaikaa minuuteista päiviin. Suurimpana haasteena on tietokonekapasiteetin riittävyys. Nykyisillä SeAMKin käytössä olevilla tietokoneresursseilla ei ole mahdollista tehdä vaativampaa optimointia.

5 YHTEENVETO

Topologian optimointi on jo vakiintunut menetelmä, eikä siitä kirjoittamisessa ole varsinaisesti mitään uutuusarvoa. Miksi siitä sitten tässä yhteydessä kirjoitetaan? Tärkein syy siihen on se, että vaikka menetelmä on kehitetty jo kohtalaisen kauan sitten, on topologian optimointi yksi monista noususuhdannetta elävistä asioista tietokoneavusteisen insinööriyön maailmassa. Sen avulla kyetään löytämään täysin uusia ratkaisuja, joita ei välttämättä osattu edes ajatella aikaisemmin. Tehokkaasti käytettynä menetelmän avulla voidaan parantaa lähes minkä tahansa tuotteen ominaisuuksia.

Tästä johtuen topologian optimoinnin opetusta on nyt tuotu mukaan Seinäjoen ammattikorkeakoulun insinöörikoulutukseen ja menetelmän opetuksen lisääminen nähdään tarpeellisena. Opetuksen toteuttaminen onnistuu helposti, sillä siihen tarvittavia ohjelmistoja on hyvin tarjolla.

LÄHTEET

Bendsøe, M. P. & Sigmund, O. 2003. Topology optimization: Theory, methods and applications. Berlin. Springer-Verlag.

Kim, S. 2011. Topology design optimization for vibration reduction: Reducible design variable Method. Ontario: Queen's University. Phm Thesis.

Kokkonen, P., Salonen, L., Virta, J., Hemming, B., Laukkanen, P., Savolainen, M., Komi, E., Junntila, J., Ruusuvuori, K., Varjus, S., Vaajoki, A., Kivi, S. & Welling, J. 2016. Design guide for additive manufacturing of metal components by SLM process. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland. VTT-R-03160-16.

Kriek, J. 2015. Autodesk Inventor's Shape Generator – It's a whole new world. [Verkkajulkaisu]. Ketiv Technologies Inc. [Viitattu 14.4.2020]. Saatavana: <https://ketiv.com/blog/autodesk-inventors-shape-generator-its-a-whole-new-world/#>

Meske, R., Lauber, B., Puchner, K. & Grün, F. 2003. Shape optimization for fatigue life using TOSCA and FEMFAT. [Verkkajulkaisu]. FE-DESIGN GmbH. [Viitattu 11.4.2020]. Saatavana: <https://femfat.magna.com/eventsnews/femfat-usermeeting-archiv/2000-2009/austria-2003/downloaddetail/shape-optimization-for-fatigue-life-using-tosca-and-femfat/index.php?elD=dumpFile&t=f&f=1735&token=2d1a8b41d03bb939b3309c2c9c3485c842cd51d5>

Rodgers, P. 2011. Product design. London: Laurence King Publishing.

Siemens Digital Industry Software. 2020. Generative design brings topology optimization to Solid Edge. [Verkkosivu]. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. [Viitattu 15.4.2020]. Saatavana: <https://solidedge.siemens.com/en/solutions/products/3d-design/next-generation-design/generative-design/>

Tejani, G., Savsani, V., Patel, V. & Savsani, P. 2018. Size, shape and topology optimization of planar and space trusses using mutation-based improved metaheuristics. *Journal of computational design and engineering* 5, 198 - 214.

Topology optimization vs. Generative design. 28.8.2019. [Video]. Additive Manufacturing Media. [Viitattu 15.4.2020]. Saatavana: https://www.youtube.com/watch?v=QLA92V_85_I

Vatanabe, S., Lippi, T., Lima, C., Paulino, G. & Silva, E. 2016. Topology optimization with manufacturing constraints: A unified projection-based approach. *Advances in engineering software* 100, 97 - 112.

Wasserman, S. 2015. 3D printing brings out the full potential of topology optimization. [Verkköjulkaisu]. ENGINEERING.com. [Viitattu 11.4.2020]. Saatavana: <https://new.engineering.com/story/3d-printing-brings-out-the-full-potential-of-topology-optimization>

Wasserman, S. 2017. Topology optimization comes to SOLIDWORKS. [Verkköjulkaisu]. ENGINEERING.com. [Viitattu 14.4.2020]. Saatavana: <https://www.engineersrule.com/topology-optimization-comes-solidworks/>

What's new in Solid Edge ST10 Portfolio. 2018. [Verkkosivu]. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. [Viitattu 14.4.2020]. Saatavana: <https://www.geoplms.com/knowledge-base-resources/GEOPLM-Siemens-PLM-Whats-New-in-Solid-Edge-ST10.pdf>

INDOOR POSITIONING BASED ON ULTRA-WIDEBAND RF SIGNAL IN INDUSTRIAL APPLICATIONS

Petteri Mäkelä, Lic. Sc. (Tech.), Principal Lecturer
SeAMK Technology

1 INTRODUCTION

The market of the indoor positioning systems has been growing during the last ten years. Indoor positioning technology is currently used in several location-based applications, such as map-based guidance and tracking of people and valuable assets. There is also a growing need for indoor positioning in smart factories and applications of Industrial Internet of Things (IIoT). For example, mobile robots utilize various indoor positioning technologies.

Today the positioning systems used commonly are based mostly on Global Navigation Satellite Systems (GNSS). American Global Positioning System (GPS) dominated the GNSS markets two decades since early 1990's, but after that European Union, China and Japan have launched their own GNSS systems. In addition, Russia has had its own Glonass system operable since 1990's. However, the satellite-based navigation system does not perform very well in indoor positioning. Other technologies, such as WLAN signal-based location fingerprinting, ultrasound signal or ultra-wideband RF signal perform better indoors.

So far, there has not been a single indoor positioning technology, which has dominated the markets. Many of the technologies used are not accurate enough or they suffer from disturbances. One of the most successful technologies has been location fingerprint-

ing of WLAN signals. However, the systems using this technology require a lot of work to set up and the accuracy is not sufficient for all applications. Recent development of ultra-wideband-based (UWB) positioning systems provide new opportunities for applications, which require precise positioning information. UWB positioning provides sub-meter accuracy and it performs well in multipath conditions.

This article presents how UWB signal is used in indoor positioning. In addition, applying the indoor positioning technologies in digital manufacturing and industrial internet of things is discussed.

2 INDOOR POSITIONING

Global Navigation Satellite Systems do not perform well inside buildings. Despite the development of high-sensitivity receivers, the performance of GNSS positioning is not sufficient for many indoor applications. To obtain accurate location information also inside buildings, various local positioning systems suitable for indoor navigation have been developed.

A local positioning system can be considered as contrary to a global positioning system. Typically, local positioning systems utilize short-range signals, and thus the positioning service is available only within a relatively small geographical area. As a result, the coordinate frame of reference is often defined locally for that area. The local positioning infrastructure is usually independent on the global positioning services, and typically, the organization that uses the premises maintains the service (Mäkelä 2008).

2.1 Signal technologies

Most of the positioning systems are based on radio frequency signal technologies. Use of the radio signals in navigation is common, since the radio wave can propagate long distances and penetrate obstacles. In addition, the electronics needed are inexpensive and the power consumption of the devices is low. Indoor positioning systems most often use the radio signals as well.

Also, other signal technologies than radio signals are used in local positioning systems, such as infrared, ultrasound, optical and inertial (Muthukrishnan, Lijding & Havinga 2005). However, these signal technologies have many drawbacks like inability to penetrate obstacles, high cost of the infrastructure and in many cases insufficient accuracy.

Infrared positioning systems are based on proximity, not ranging. The infrared-based systems suffer from the interference caused by direct sunlight and low granularity of positioning.

Systems measuring range from the propagation time of ultrasound provide great positioning accuracy. However, ultrasound-based systems have poor reliability because of the interference from other ultrasound sources.

Optical systems detect the location information from the analysis of video images. These systems provide excellent accuracy in certain applications, but the line of sight requirement restricts the use of this approach. In addition, setting up the cameras throughout the building may be expensive.

Inertial navigation systems calculate the position and orientation of the device from the measurements provided by gyroscopes and accelerometers. The problem with low-cost inertial systems is that the position estimate errors cumulate over the time. Inertial

navigation technologies are often used together with other navigation techniques to improve accuracy and reliability.

2.2 Observables and position estimation

The positioning systems can also be classified by the observables used in position calculation. The most common observables are:

- *Time of arrival (TOA)*. A range between the emitter and receiver is determined by measuring the signal propagation delay between these two devices.
- *Time difference of arrival (TDOA)*. Difference of arrival times from two base stations is measured.
- *Angle of arrival (AOA)*. Direction angle of the signal is measured.
- *Received signal strength indicator (RSSI)*. The power of the received signal decreases as the distance from the transmitter increases.

The position is estimated by different methods depending on the observable type. With TOA observables the position is estimated by intersecting multiple spheres, whose radiuses are the measured ranges, and centers are the known base station coordinates. In case of TDOA measurements, the position of the object is obtained from the intersection of multiple hyperbolas defined by the measured time differences and the base station coordinates. With AOA location estimation, the measured angle defines a line between the base station and a mobile device. The location of the object is obtained from the intersection of these lines.

The RSS measurement can be used in ranging-based location estimation or in an algorithm called location fingerprinting. Lo-

cation fingerprinting method utilizes the RSS measurements, but does not use them for ranging. In location fingerprinting the measured RSS values are compared to previously measured RSS values at each place in the positioning area.

Location can also be determined from proximity information. The location of the target is assumed the same as the location of the base station. RFID tags and access control terminals provide symbolic location information based on proximity to known objects.

3 UWB SIGNAL IN POSITIONING

UWB is a radio technology, which is intended for short-range and high-speed communications. UWB can be used to refer any radio technology having relative bandwidth larger than 20% or absolute bandwidth more than 500 MHz (Reed, Buehrer & Ha 2008).

In the UWB technology, extremely short duration pulses are used instead of continuous waves to transmit information. The short duration of pulses generates directly a very wide bandwidth signal. The low power spectral density of the UWB reduces the interference with narrowband radio systems. The high bandwidth allows very high data throughput for communications applications, or high precision for location applications. In both applications, the large bandwidth improves reliability as the signal contains different frequency components.

UWB technology provides many advantages for indoor positioning. The use of short pulse RF waveforms provides inherent precision for range measurements. The time of arrival of the sub-nanosecond duration pulse can be determined very accurately with current UWB receivers. The very wide bandwidth of the UWB signal increases the probability of some frequency components

penetrating through or going around obstacles. Both the high time resolution and penetration capability make the UWB signals good for ranging purposes (Sahinoglu & Gezisi 2006). UWB devices are also inexpensive and the power consumption is moderate. UWB transceiver can be implemented nearly all-digital, with minimal RF electronics.

A unique advantage of the UWB is its good ranging accuracy at indoor environments, where the multipath propagation distorts the signal. At indoor environment, multiple copies of transmitted signal with various attenuation levels and time delay arrive at the receiver. In narrowband systems like GPS the reflecting components may distort the direct path signal and make accurate timing difficult. In UWB the direct path signal can be distinguished from the reflections, making the pulse timing easier, as illustrated in Figure 1.

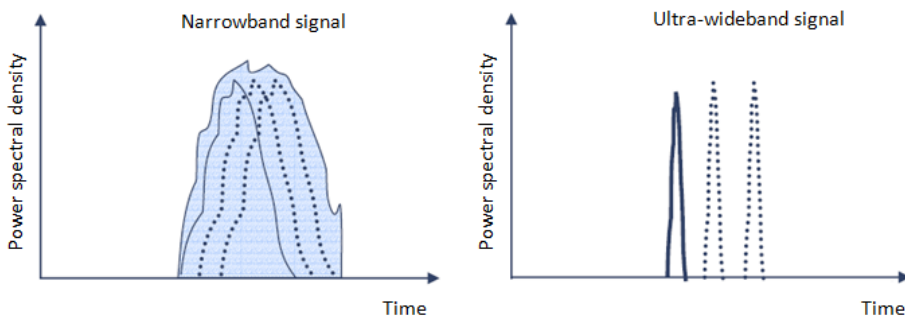


Figure 1. Multipath effect of narrowband signal (left) and ultra-wideband signal.

4 RANGING PROTOCOL

To obtain the signal propagation delay from the time of arrival (TOA) measurements for ranging purposes, the clocks of the transmitter and the receiver must be synchronized. Because the radio signal propagates at the speed of light, the clocks must

be synchronized very accurately. If the requirement for ranging accuracy is 0.3 meters, the time synchronization has to be made within one nanosecond accuracy. Synchronizing the base station clocks and the receiver clock with this accuracy is a challenging task.

In GNSS, the satellites have atomic clocks, which are synchronized accurately with each other. However, the atomic clocks are expensive and cannot be used in the GNSS receivers. The GNSS receivers measure the arrival time of the signal with an inaccurate clock, whose time is biased from the GNSS time. A *pseudorange* estimate is formed by subtracting the accurate transmit time from the biased arrival time. The unknown time offset adds one unknown variable to the positioning equations. Thus, at least four pseudorange measurements are needed to calculate three-dimensional position.

In local positioning systems, synchronizing the base station clocks is often impractical or expensive. To avoid the time synchronization requirement, the two-way ranging method can be employed to measure the signal propagation delay.

Two-way ranging technique does not require exact time synchronization between the base station and mobile device clocks. On the other hand, two-way communication is needed. A range between two terminals A and B is determined via two-way exchange of a message and measuring its arrival time. To obtain accurate measurements, the oscillators in both devices must be very stable. According to example given by Hach (2005), clock accuracy of order 10 ppm may cause 10 ns error to the propagation delay measurement.

The error caused by the clock drifts can be eliminated by making the two-way ranging measurement transaction two times (Hach 2005). The first ranging measurement is calculated based on a

round trip from device A to device B and back to device A (like in two-way ranging). The second measurement is calculated based on a round trip from device B to device A and back to device B. This method, called Symmetric Double-Sided Two-way Ranging is illustrated in Figure 2 (Hach 2005).

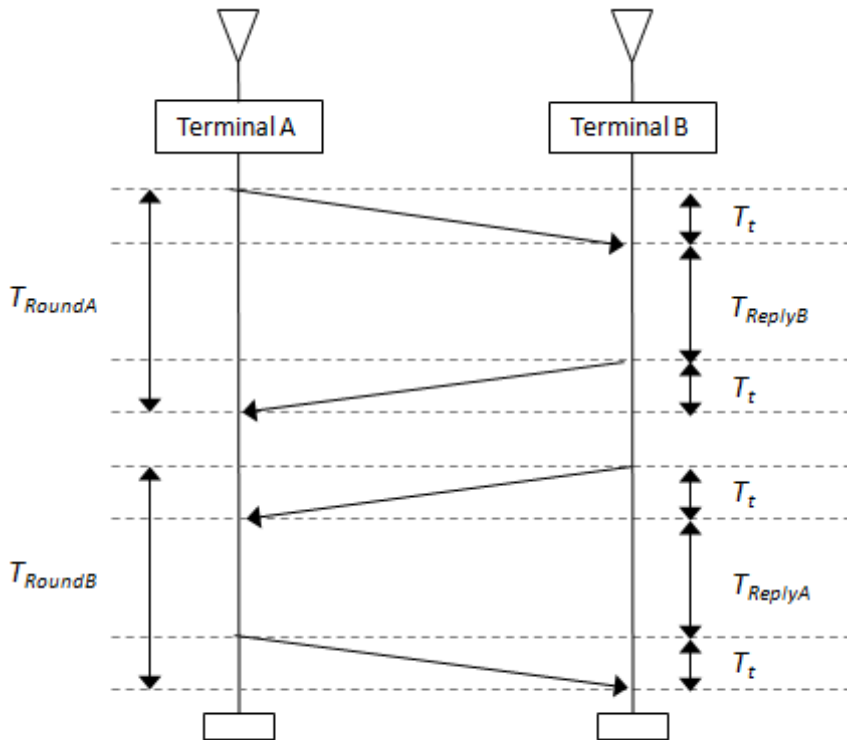


Figure 2. Symmetric double-sided two-way ranging (Hach 2005).

From Figure 2 it is obtained that time of flight of the ranging message is

$$T_t = \frac{T_{roundA} - T_{replyB} + T_{roundB} - T_{replyA}}{4} \quad (1)$$

T_{roundA} and T_{replyA} are measured with the oscillator of the device A, and they are biased by the same amount due to the oscillator offset. Similarly, the oscillator offset of the device B biases the measurements T_{roundB} and T_{replyB} by the same amount. As a result,

the symmetric double sided two-way ranging protocol cancels the oscillator offsets.

5 LOCATION ESTIMATION ALGORITHM

The time of arrival technique exploits trilateration to determine the position of the mobile device. Position estimation by trilateration is based on knowing the range from the mobile device to at least three base stations at known locations. In case of UWB, the range is obtained from the signal propagation delay, which is measured by using symmetric double-sided two-way protocol.

The position is estimated by intersecting multiple circles (2D) or spheres (3D), whose radiuses are the measured ranges and centers are the known base station coordinates, as illustrated in Figure 3.

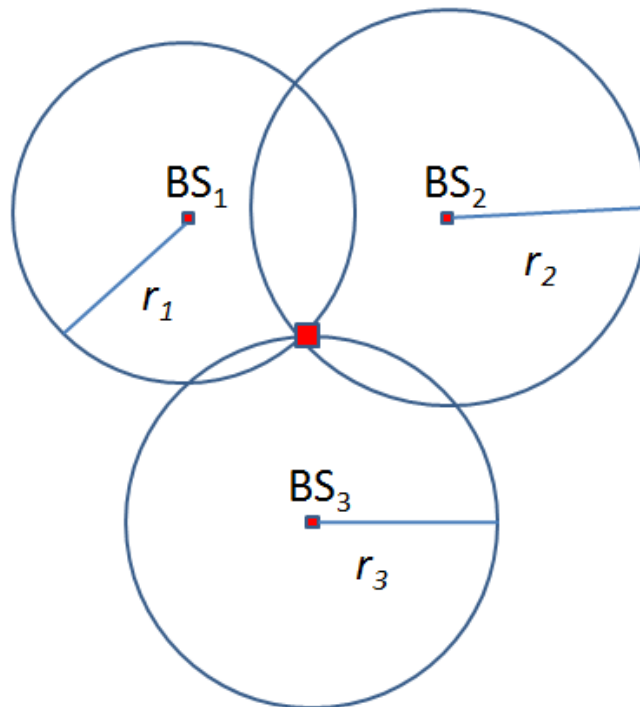


Figure 3. Trilateration by using three measurements.

When the range measurements r_i are available from at least three base stations, the three-dimensional location of the receiver (x_u, y_u, z_u) can be solved from the following set of non-linear equations (Kaplan 1996, 44):

$$r_i = \sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2 + (z_i - z_u)^2} = f(x_u, y_u, z_u) \quad (2)$$

where i references the base stations at known locations, (x_i, y_i, z_i) denote the i th base station coordinates in three dimensions, and r_i is the range measurement from i th base station.

The nonlinear equation (2) can be solved for the unknowns by using either closed form solutions, iterative methods based on linearization, or Kalman filtering. Closed form solutions are impractical, since they do not utilize the redundant measurements. The linearization of the range equations (2) using Taylor series expansion is presented in (Kaplan 1996, 44 - 46) and it is not repeated here.

User's position is calculated by using an iterative process. The iterative calculation process estimates the displacement from the approximate location towards the true location. Using redundant measurements will result an overdetermined solution, which can be solved by employing least squares estimation techniques. The displacement Δx in each iteration can be computed from the equation

$$\Delta x = (\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \Delta \rho \quad (3)$$

where \mathbf{H} is the direction cosine matrix from approximated location to base stations, and $\Delta \rho$ contains the observed minus predicted ranges.

6 INDOOR POSITIONING APPLICATIONS IN MANUFACTURING

The Industrial Internet of Things (IIoT) refers to machines and other devices networked together with different kind of applications and information systems used in industry. Typical IIoT system collects data from machines and sends that data to a cloud service for further analysis. The data collected from the machines is often integrated with the data stored to manufacturing execution system (MES) and enterprise resource planning system (ERP). Usually, the companies collect data from their manufacturing processes, but in many cases, the companies also collect data from the machines delivered to their customers. By utilizing the IIoT applications, the companies can improve their quality and productivity. Typical IIoT applications are remote monitoring and predictive maintenance of machines.

Emerging indoor positioning technologies are opening new opportunities also in the field of IIoT. The indoor positioning systems can determine the locations and trajectories of different objects in discrete manufacturing workshops. Use of position information of manufacturing resources with other IIoT data may improve the productivity of industrial operations. The location data of people and assets can give useful information for the production scheduling, warehouse inventory, asset management and quality management. The location information may be useful in fine management of manufacturing resources, dynamic adjustment of the production tasks and real-time monitoring of production processes (Huang et al. 2017).

Many different indoor positioning technologies can be used in IIoT applications. Most of these technologies are based on WLAN or UWB signals or proximity measurements using RFID technology. Some location-based services use a combination of two position-

ing technologies. Using proximity measurements of RFID system in conjunction with a distance-based positioning technology may improve the performance of the system. For example, positioning systems used in manufacturing can utilize access control ports to monitor the presence of an RFID tag. The data of the real-time traceability systems tracking work in process, parts and components, and raw materials can be used to adjust production schedules. The real-time location data can also provide valuable information for applications, which visualize the manufacturing operations and material flow.

Huang et al. (2017) propose a real-time location platform, which combines the RFID-based regional positioning and UWB-based precise positioning. Most of the objects are located with inexpensive RFID tags only with the resolution of the coverage area of the RFID antennas. Because UWB tags are expensive and they consume a lot of power, they are used only to track the more valuable assets.

7 SUMMARY AND FUTURE WORK

In precise positioning UWB is the most interesting indoor positioning technology. UWB provides a great ranging accuracy due to the very short pulse from which time of arrival measurement is obtained. In addition, UWB is relative immune to multipath.

Indoor precision positioning that can offer sub-meter level accuracy opens up new opportunities for automated logistics and intelligent inventory management. Precision positioning can be used, for example, in food cold chain certification, indoor logistics, warehouse management, mobile robotics and manufacturing production control. In addition, the location information can be utilized in real-time monitoring of the production processes.

Although UWB is a promising indoor positioning technology, it suffers from some classic problems, which are typical in indoor scenarios. Reliability and accuracy of the UWB positioning are very good if there is a clear line of sight (LOS) between the transmitter and the receiver. However, obstacles at the indoor environment can lead to non-line-of-sight (NLOS) situations between the transmitter and the receiver. In an NLOS situation, only the reflected signal is received while the direct path signal is missing. The reflected signal may have an error of several meters. In order to keep the location estimate accurate, the NLOS signals must be detected. Many kinds of NLOS detection methods have been developed but a lot of research is still needed. Position estimation algorithm called particle filter has given promising results in NLOS conditions.

BIBLIOGRAPHY

Hach, R. 2005. Symmetric double sided two-way ranging. [PPT presentation]. Berlin: Nanotron Technologies. [Ref. 15 April 2020]. Available at: <http://www.ieee802.org/15/pub/05/15-05-0334-00-004a-symmetric-double-sided-two-way-ranging.ppt>

Huang, S., Guo, Y., Zha, S., Wang, F. & Fang, W. 2017. A Real-time Location System based on RFID and UWB for Digital Manufacturing Workshop. *Procedia CIRP* 63, 132 - 137.

Kaplan, E. D. (ed.) 1996. *Understanding GPS: Principles and applications*. Boston: Artech House.

Muthukrishnan, K., Lijding, M. & Havinga, P. 2005. Towards smart surroundings: Enabling techniques and technologies for localization. In: T. Strang & C. Linnhoff-Popien (eds.) *Location- and Context-Awareness: LoCA 2005*. Berlin: Springer. *Lecture notes in computer science* 3479, 350 - 362.

Mäkelä, P. 2008. Local positioning systems and indoor navigation. Tampere University of Technology. Licentiate of Science Thesis.

Reed, U., Buehrer, M. & Ha, D. 2008. Introduction to UWB: Impulse radio for radar and wireless communications [Online publication]. Virginia Polytechnic Institute & State University. [Ref. 15 April 2020]. Available at: <http://www.sss-mag.com/pdf/uwbcars.pdf>

Sahinoglu, Z. & Gezisi, S. 2006. Ranging in the IEEE 802.15.4a Standard. [Online publication]. IEEE Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON), Clearwater Beach, FL, 1 - 5. [Ref. 4 May 2020]. Registration required.

JATKUVAN OPPIMISEN KOULUTUSTA TOTEUTTAMASSA ETELÄ-POHJANMAALLA - CASE: ROBOTIIKKAKOULUTUS TEOLLISILLE PK-YRITYKSILLE

Toni Luomanmäki, insinööri (ylempi AMK),
AmO, projektipäällikkö
SeAMK Tekniikka

Juha-Matti Arola, DI, asiantuntija
SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTOA

Tulevaisuuden muuttaessa työelämää ja sen asettamia vaatimuksia merkittävästi on muutokseen vastattava työvoiman uudelleen kouluttamisella, sillä uusia osajia ei välttämättä aina löydy yritysten tarpeisiin. Jatkuvasta tai elinikäisestä oppimisesta on puhuttu viime vuosina merkittävästi ja sitä on alettu systemaattisesti viemään eteenpäin eri koulutusorganisaatioissa. Nyky-yhteiskunnassa ihmisen on syytä orientoitua siihen ajatukseen, että opiskella täytyy koko työuran ajan. Opiskelu voi olla tutkintotavoitteellista tai koskea vain pienempiä kokonaisuuksia ja osaamisen päivittämistä. Varmaa on kuitenkin se, että on oltava avoin uudelle tiedolle ja jatkuvalla muutokselle.

Tässä artikkelissa luodaan katsaus yritysten jatkuvan oppimisen tarpeisiin, kuvaillaan Training 4.0: Robotiikka -hankkeen perustan muodostava oppimismatriisi ja sen soveltaminen robotiikan koulutukseen, kerrotaan oppimisalustan valintaprosessista sekä

kuvataan valitun oppimisalustan käyttöä ja siitä saatuja käytännön kokemuksia. Lisäksi esitellään pääpiirteittäin pilottikoulutuksen yhteydessä muodostunut yrityksen kehitysprojektiin pohjautuva Development Project Based Learning -koulutusmalli.

2 JATKUVA OPPIMINEN JA SEN TARPEET

Osaamisvaatimukset muuttuvat nykyään voimakkaan teknologisen, työelämän ja osaamistason kehittymisen myötä, jolloin tulee tärkeäksi luoda erilaisia oppimispolkuja ja kouluttautumismahdollisuuksia. Opetus- ja kulttuuriministeriön arvion mukaan Suomessa uudelleen- tai täydennyskoulutusta tarvitsee noin puoli miljoonaa henkilöä, mikä haittaa useiden yritysten toimintaa osaamispuolan takia. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, [viitattu 26.2.2020]; SeAMK, [viitattu 26.2.2020].)

Teollisuudessa digitalisaation ja robotisaation vuoksi osa työtehtävistä katoaa, mutta tilalle tulee myös uudenlaisia työtehtäviä. Työtehtävien rooli muuttuu suorittavista työtehtävistä prosessin hallinnan suuntaan. Lisäksi teollisuudessa tapahtuva prosessien uudelleenorganisointi tapahtuu yhä kiihtyvämällä tahdilla, jolloin uudennaiselle joustavalle ja jatkuvalla osaamisen kehittämiseksi on tarvetta. (Luomanmäki 2019.)

Jatkuvalla oppimisella tarkoitetaan kokonaisvaltaista ja elinikäistä oppimista, johon kuuluu formaalisen oppimisen eli koulutusjärjestelmän mukainen oppiminen sekä myös kaikkien ulkopuolinen oppiminen kuten työssäoppiminen. Opetus- ja kulttuuriministeriö on toteuttamassa jatkuvan oppimisen uudistusta, joka painottuu työikäisten osaamisen kehittämiseen. Tavoitteena on luoda joustavia ja merkityksellisiä työuria, tukea hyvää työllisyyskehitystä sekä parantaa yritysten kilpailukykyä ja osaamista. Näihin tarpeisiin vastaaminen vaatii koulutusjär-

jestelmältä joustavuutta. Toisaalta myös yritysten tulisi joustaa, jotta työntekijät voisivat kouluttautua työn ohessa ja sen aikana. (Opetus ja kulttuuriministeriö 2019,12; Opetus- ja kulttuuriministeriö, [viitattu 26.2.2020].)

Jatkuvan oppimisen kasvu nähdään SeAMKin uudessa strategiassa tärkeänä ja se on nimetty kasvuun liittyväksi kehittämisselonteoksi. SeAMK näkee jatkuvan oppimisen tärkeänä osaamisen kehittäjänä ja uudistajana eri elämän ja työuran vaiheissa. Tämä tarkoittaa sitä, että SeAMK monipuolistaa jatkuvan oppimisen palveluita, joita ovat mm. avoin ammattikorkeakouluopetus, täydennyskoulutus ja erikoistumiskoulutukset. (SeAMK 2019,11; SeAMK, [viitattu 26.2.2020].)

3 JATKUVAN OPPIMISEN OPPIMISMATRIISI

SeAMK Tekniikassa käynnistyi maaliskuussa 2019 Training 4.0: Robotiikka -hanke, jota rahoittaa Keski-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Hankkeen keskeisimpänä tavoitteena on kehittää yrityslähtöinen ja joustava jatkuvan oppimisen koulutusmalli, joka mahdollistaa yritysten eri henkilöstöryhmien tehokkaan kouluttamisen. Training 4.0 -koulutusmallia pilotoidaan robotiikan teemalla kahdeksan yrityksen kanssa hankkeen aikana.

Yrityskeskeisessä kouluttamisessa on tärkeää, että koulutus osuu juuri oikeaan tarpeeseen ja se on sisällöltään oikean tasoista kohderyhmän työtehtävä tai lähtötaso huomioiden. Luomanmäen (2019) mukaan kehitettävä Training 4.0 -koulutusmalli perustuu koulutussisällön ja opetusmenetelmien skaalautuvuuteen koulutettavien lähtötason ja osaamistarpeen mukaan. Joustavuusnäkökulma ja yksilökohtaiset osaamistarpeet huomioidaan

koulutusmallissa kuvion 1 mukaisella tarjontamatriisilla, jossa vasemmalla pystyakselilla on koulutettavan henkilöstöryhmä ja vaaka-akselilla koulutussisällöt teemoittain. Jokaiselle koulutettavalle luodaan matriisista osaamistarpeen mukainen oppimispolku, joka mahdollistaa henkilön tarpeet huomioivan oppimisen. Koulutusmalli rakentuu siten, että se hyödyntää verkko-opetuksen moderneja teknologioita ja niitä tukevia opetusmenetelmiä, unohtamatta perinteisempää laboratorio- ja kontaktiopetusta. Keskeisessä roolissa on myös oppimisprosessin ohjaus, koska henkilökohtaistaminen lisää yleensä toteutuksen kompleksisuutta. (Luomanmäki 2019.)



Kuvio 1. Training 4.0 -koulutusmallin tarjontamatriisi.

Syksyllä 2019 toteutettiin hankkeeseen osallistuville yrityksille kysely koulutustarpeista ja koulutuksen toteutuksesta. Kyselyyn vastasi 23 henkilöä. Kyselyn perusteella koulutettava joukko jakautui henkilöstöryhmittäin kuvion 2 mukaisesti. Henkilöstöryhmäjakauma tuo koulutusprosessin ohjaamiseen lisää haas-

tetta, koska koulutettavia oli melko tasaisesti kaikista nimetyistä henkilöstöryhmistä.

4. Mihin ryhmään kuulut yrityksessä

[More Details](#)

● Työntekijä	11
● Asiantuntija	4
● Johto	7
● Other	1



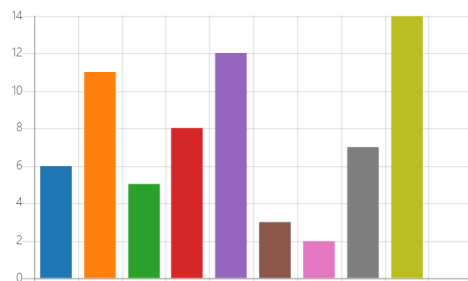
Kuvio 2. Koulutettavien jakautuminen henkilöstöryhmittäin.

Osaamistarpeiden osalta kyselyyn laitettiin mahdollisuus valita itselle kolme keskeisintä sisältöä, joista haluaa koulutusta. Toivotut sisällöt jakautuivat melko tasaisesti kuvion 3 mukaisesti. Myös valittujen sisältöjen määrä lisää toteutuksen organisoinnin ja ohjaamisen haastavuutta, jolloin prosessinohjaustyökaluihin on syytä panostaa Training 4.0 -mallia kehitettäessä.

6. Valitse alla olevasta listasta maksimissaan kolme kokonaisuutta, joita haluat sisällyttää koulutukseesi

[More Details](#)

● Robotiikka tutuksi (robotiikan ...	6
● Teollisuusrobotiikan perusteet	11
● Yhteistyörobotiikka	5
● Robotiikan anturit ja toimilaitt...	8
● Konenäkö	12
● Robottisimulointi	3
● Offline-ohjelmointi	2
● Robotti-investointiprosessi	7
● Robotin ohjelmointi	14
● Other	0

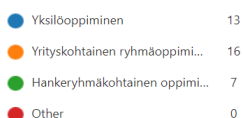


Kuvio 3. Toivotut koulutussisällöt.

Verkko- ja kontaktiopetusmenetelmien ryhmäjaottelun vastaukset jakautuvat kuvion 4 mukaisesti. Koko hankeryhmätasolla ei koettu koulutusta kovin mielekkäänä.

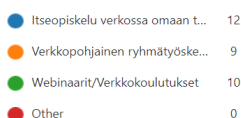
8. Kontaktiopetusmenetelmät

[More Details](#)



9. Verkko-opetus

[More Details](#)



Kuvio 4. Vastaukset ryhmäjaottelusta.

Laboratoriokoulutuksesta kysyttäessä vastaajat eivät kokeneet mielekkääksi simulointiympäristöjä tai etäpohjaisia laboratorioympäristöjä, joita hankkeessa on tavoitteena edistää. Toisaalta saattaa olla, että simulointiympäristöistä ja etäpohjaisista laboratorioympäristöistä ei ole selvää kuvaa. 23 vastaajasta vain kolme kannatti em. toteutusta.

Kokonaisuutena kysely auttoi hahmottamaan osaamistarpeita ja jäsentämään tulevien koulutuspilottien rakennetta ja toteutustapaa.

4 JATKUVAN OPPIMISEN OPPIMISALUSTA JA SEN VALINTA

4.1 Erityisvaatimuksia

Nykyiset markkinoilla olevat oppimisalustat ovat pääosin suunniteltu formaalia eli koulutusjärjestelmän mukaista oppimista varten. Ne eivät sovellu siksi suoraan jatkuvan oppimisen käyttöön, koska jatkuvan oppimisen järjestäminen asettaa tiettyjä erityisvaatimuksia oppimisalustan perusvaatimukseen, hallinnollisiin vaatimukseen, viestinnällisiin vaatimukseen, raportointiin ja analysointiin, oppimissisältöjen hakuun, oppimiskokien luontiin ja hallintaan sekä oppimisalustan tietoturvaan.

Jatkuvan oppimisen oppimisalustan tärkeimmät perusvaatimukset ovat moduulit virtuaalisesti ja luokkahuoneessa tapahtuvaan kouluttajan ohjaamaan lähiopetukseen. Virtuaalisista kokouksista erityisesti Big Blue Button, Microsoft Teams, Skype for Business ja Google Hangouts ovat yleisesti käytetyimmät ja siksi tärkeimmät. Oppimisalustaan tulee voida luoda testejä, kokeita, kyselyitä ja muita arviointityökaluja.

Lisäksi kyseisen oppimisalustan perusominaisuuksina tulee tarjota työkaluja oppijoiden etenemisen arviointiin koulutuksessa/kurssilla sisältäen palaute- ja arviointityökaluja. Lisäksi oppimisalustan tulee mahdollistaa oppijoiden interaktiivisen kanssakäymisen sosiaalisen median, pelillisten ja vertaisryhmätyyppisten vertailujen avulla esim. blogit sekä keskusteluryhmät ajatusten, ideoiden ja luovuuden vaihtoon.

Oppimisalustan tulee tukea verkkokauppaa, jotta kurssien sisällön myyminen olisi mahdollista verkossa, koska todennäköisesti osa jatkuvan oppimisen sisällöstä myydään verkkokaupassa tuotteina tai palveluina. Oppimisalustan tulee voida luoda tai muuttaa kurssien omia todistuksia tai merkkejä sekä antaa oppijoille kurssisuosituksia ja kurssien reittauksia. Lisäksi oppimisalustan tulee tukea monimuoto-oppimista mukaan lukien verkkokoulutus koulutusmuotona. Edelleen oppimisalustassa pitää voida brändätä kurssit ja sisällöt eri väreillä ja eri logoilla, koska tällöin voidaan myydä yrityksille tai organisaatioille heidän brändeillään ja logoillaan varustettuja opintokokonaisuuksia. Oppimisalustan tulee lisäksi tukea samanaikaisesti käytettävien oppimistyökalujen kuten valkotaulutyökalu, chat-keskustelut tai verkkokokoukset toimintoja sekä kalenteritoimintoja.

Jatkuvan oppimisen oppimisalustan hallinnolliset erityisvaatimukset sisältävät vaatimuksen yhdistää useita koulutuskokonaisuuksia luoden oppimispolkua oppijoiden seurattavaksi. Lisäksi siihen tulee voida sisällyttää oppimissisältöjä ja oppimistehtäviä

oppimisalustan ulkopuolelta. Oppimisalustaan tulee voida lisätä työnkuluja ja muokata niitä tarpeen ja sisällön mukaan. Sen tulee tukea Open Badges -suoritusmerkkejä tms., tapahtumien ja työpajojen organisointia, automaattisia ja kehittyneitä arviointimenetelmiä sekä sen tulee tarjota tieto- ja dokumenttivaraston, joka on niin opettajien kuin oppijoiden saatavilla.

Oppimisalustan viestinnällisinä erityisvaatimuksina sen tulee tarjota helppokäyttöiset viestintään tarkoitetut työkalut sekä sen tulee voida luoda automaattisia sähköpostiviestejä esim. muistutussähköposteja kurssisiin liittyen tai kurssimuutoksista. Lisäksi oppimisalustan tulee integroitua sosiaalisen median työkaluihin kuten Facebook ja Twitter. Edelleen sen tulee voida lähettää automaattisesti sähköposteja, kun oppija ilmoittautuu kurssille, kun oppijaa muistutetaan kurssitapahtumista ja kun oppija on suorittanut jonkin kurssikokonaisuuden. Myös oppimisalustaan tulee voida ladata mitä tahansa sähköistä sisältöä kuten artikkeleita, PDF-tiedostoja, esityksiä, videoita, kuvia, ääninauhotteita, webbkoukustallenteita tms. keskitettyyn oppimissisältökirjastoon.

Oppimisalustan raportoinnin ja analysoinnin erityisvaatimuksina voidaan pitää erilaisia standardipohjaisia ja räätälöityjä yhteenvedoja ja yksityiskohtaisia raportteja sekä henkilökohtaisesti räätälöitävissä oleva inforuutu (engl. Dashboard), jossa kurssit, tehtävät ja viestit näkyvät oppijan haluamalla tavalla.

Oppimisalustan hakutoimintojen erityisvaatimuksina ovat meta-tietohaku oppimisalustan sisällöistä useammalla hakukriteerillä samanaikaisesti. Hakua pitää voida rajata tiettyyn hakemistoon ja aikaväliin sekä oppimissisältöjen välinen yhteys (relaatio) pitää pystyä määrittelemään ja hyödyntämään hakutoiminnoissa.

Jatkuvan oppimisen oppimisalustaan pitää voida määritellä oppimispolkuja tietyille oppilasryhmille tai yksittäisille oppijoille laatimalla säännöstö oppimissisältöjen luontiin ja hallintaan.

Oppimispolkua pitää voida aloittaa manuaalisesti tai työnkulun on aktivoitettava automaattisesti. Oppimispolkujen pitää liittyä oppimisen eri vaiheisiin. Oppimispolkua pitää voida työstää useampi henkilö.

Oppimisolustan pitää olla jäljitettävä ja oppimisolustan pitää ylläpitää lokia hallinnollisista ja oppijan itsensä tekemistä toiminnoista ja tekee raportteja lokitietoihin perustuen. Sen tulee tarjota salaamismahdollisuuksia tallennetuille tiedoille sisältökirjastossa ja niitä käytettäessä. Oppimisolustaan pitää olla mahdollisuus määritellä käyttöoikeudet sisältöihin joko rooli- tai käyttäjäkohtaisesti. Lisäksi oppimisolustan pitää voida hyödyntää kertakirjautumista eli oppija kirjautuu oppimisolustaan sisään samalla käyttöoikeudella, jolla organisaation laite aukaistaan.

4.2 Oppimisolustan valintaprosessi

Training 4.0: Robotiikka -hankkeen oppimisolustan valintaa varten järjestettiin oppimisolustojen välinen vertailu. Aluksi hankkeessa kartoitettiin mahdollisia oppimisolustoja, joista yhdeksän valittiin tarkempaan ja vakavampaan tarkasteluun. Näistä hankittiin testiversiot sekä niihin tehtiin testisisältöjä, jotta toiminnallisuuksista saatiin tarkempi selko. Yhdeksästä vertailusta oppimisolustasta valittiin kolme vartenotettavinta oppimisolustaa, joista tehtiin tarkka vaatimusmäärittely ja niihin liittyvä painoarvopohjainen pisteytys. Nämä oppimisolustat olivat Eliademy, Itslearning ja Moodle. (Arola 2019a.)

Seuraavaksi toteutettiin testijakso kyseisille oppimisolustoille. Eliademyn osalta huomattiin, ettei ominaisuudet olleet ollenkaan riittäviä, jolloin sitä ei otettu varsinaiseen testaukseen. Varsinainen testaus tehtiin ItsLearning- ja Moodle-oppimisolustojen välillä. Tätä testiä varten perustettiin Microsoft Teams -tiimisivusto, joka osoittautuikin varsin hyväksi oppimisolustaksi, jolloin lopulliseksi ratkaisuksi päädyttiin yhteisratkaisuun Moodle

ja Teams. Perusteina oli se, että pk-yrityksillä on erinomaiset valmiudet ottaa Teams-oppimisalusta käyttöön, koska heillä on lähes pääsääntöisesti Office365-ohjelmistopaketti ja sen mukana Teams-oppimisalusta käytössään. Pk-yritysten henkilöstölle järjestelmän käyttö on siis tuttua ja helppoa. ItsLearning voisi olla hyvä oppimisalusta, mutta vain jos Moodle-oppimisalusta haluttaisiin korvata, mihin SeAMKissa ei olla vielä pyrkimässä. (Arola 2019b.)

5 PILOTTIKOKEMUKSIA OPPIMISALUSTASTA

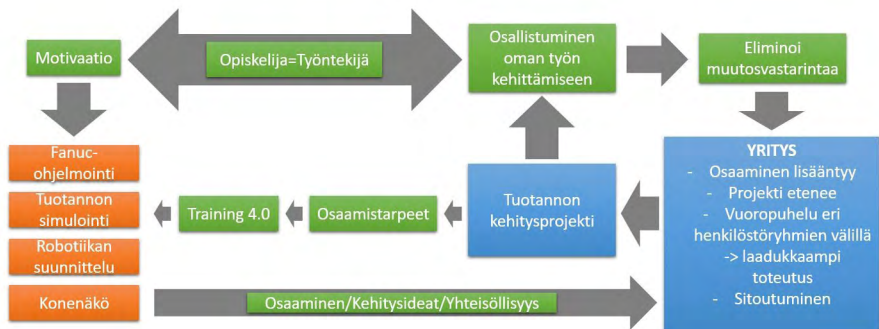
Training 4.0: Robotiikka -hankkeen pilottikoulutukset on suunniteltu toteutettavan kahdessa osassa, keväällä ja syksyllä 2020. Erään yrityksen osaamisen kehittämistarve osui kuitenkin enemmän syksylle 2019, jolloin päätettiin toteuttaa koulutusalan pilotointi yhden yrityksen kanssa jo aiemmin. Yritys toimii Etelä-Pohjanmaalla valmistavan teollisuuden sektorilla.

Yrityksessä suunniteltiin kokoonpanolinjan robotisointia, jolloin osaamistarve keskittyi robotiikan ja tuotantojärjestelmien simulointiin, robottien ohjelmointiin, konenäköön ja robotiikkaan yleisesti. Koulutuspilottiin osallistui yrityksestä neljä henkilöä, joista yksi toimi päällikkötasolla ja loput kolme olivat tuotantotyöntekijöitä eri tehtävissä. Opintosisällöt olivat kaikille samat lukuun ottamatta pieniä painotuseroja. Oppimisalustana käytettiin Teams-ympäristöä.

Oppimisalustaan kirjautuminen aiheutti jonkun verran haasteita, vaikka yrityksellä olikin Teams käytössään. Kaikilla osallistujalla ei ollut tunnuksia yrityksen sisäiseen Teamsiin, jolloin he joutuivat tekemään omat tunnukset kirjautumista varten. Kaikki osallistujat pääsivät kuitenkin alustaan sisälle kutsuttuina organisa-

tion ulkopuolisina vieraskäyttäjinä. Pilotissa Teams-ympäristöä käytettiin pääsääntöisesti kommunikointi- ja tiedostonjakokanavana, sekä koulutusprosessin ohjaustyökaluna. Lisäksi saatiin kokemuksia Teamsin mobiilikäytöstä, joka onnistui hyvin. Pilotin perusteella alustavalinta tuntui oikealta ja sitä on hyvä lähteä kehittämään tältä pohjalta.

Oppimisprosessin ja pedagogiikan näkökulmasta pilotin aikana syntyi mielenkiintoinen kehys uudentlaiselle koulutusmallille. Yrityksen kehitysprojektin ympärille rakennettu koulutuskokonaisuuus toi mielenkiintoisia ilmiöitä esiin koulutuksen aikana. Kuviossa 5 on esitetty Development Project Driven Learning (DPDL) -kehys, joka kuvaa mallin etuja tuotannonkehitysprojektin näkökulmasta. Tuotantotyöntekijöiden näkökulmasta opiskelumotivaatiota syntyy siitä, että pääsee osallistumaan oman työn kehittämiseen. Tämä taas vaikuttaa positiivisesti suoraan mahdolliseen muutosvastarintaan, jos sellaista ilmenee. Koulutuksessa on mukana eri henkilöstöryhmiä, jolloin dialogi näiden välillä mahdollistaa laadukkaamman toteutuksen, yhteisöllisyys lisääntyy ja osaaminen kehittyy. Kehitysprojektin ympärille toteutettu koulutus sitouttaa eri henkilöstöryhmiä projektin läpiviemiseen.



Kuvio 5. Development Project Driven Learning (DPDL) -kehys.

6 LOPUKSI

Jatkuva oppiminen on tullut jäädäkseen ja se ohjaa ihmisiä kohti jatkuvaa uudistumista ja osaamisen päivittämistä. Tämä on edellytys sille, että nopeasti muuttuvassa työelämässä pystytään hyödyntämään uusia teknologioita tehokkaasti työntekijäresurssein niukkuus huomioiden. Ennen työtehtävänä saattoi olla käsi-kokoonpano, mutta huomenna se voi olla useiden robotisoitujen kokoonpanonprosessien ohjaus ja valvonta. Todennäköisesti osa työpaikoista katoaa, mutta pääsääntöisesti kyse on kuitenkin työtehtävien muutoksesta ja resurssien uudelleen allokoinnista.

Jatkuvalla oppimisella tässä artikkelissa tarkoitetaan yrityslähtöistä kouluttamista ja sen menetelmien kehittämistä. Jos yrityksellä on osaamistarve, kouluttamisen ja oppimisen tulee olla mielekästä, tehokasta ja joustavaa. Jatkuvan oppimisen toteuttamisessa keskiössä on oppimisalusta, joka mahdollistaa kommunikoinnin, tiedostojen jaon, koulutusprosessin, seurannan, arvioinnin, koulutusprosessien ohjaamisen jne. Laadukas oppimisympäristö helpottaa kouluttajan työtä ja tekee oppimisen mielekkääksi ja tehokkaaksi.

Training 4.0: Robotiikka -hankkeessa kehitetään yrityslähtöisen jatkuvan oppimisen koulutusmallia. Hankkeen oppimisalustavertailussa päädyttiin Microsoft Teams -alustaan, jota pilotoitiin syksyllä 2019 yhden yrityksen kanssa. Oppimisalusta soveltuu hyvin yrityslähtöiseen kouluttamiseen ja siitä saadut kokemukset edesauttavat hankkeen varsinaisten yritysryhmäpilottien toteuttamista myöhemmin. Pilotin seurauksena syntyi myös koulutusmallikehys (Development Project Driven Learning), joka edesauttaa erityisesti kehitysprojektien läpivientiä sitouttamalla ja motivoimalla henkilöstöä kohti tuotannon kehittämistä.

Artikkeli on valmisteltu osana Training 4.0: Robotiikka -hanketta, ja haluamme kiittää hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta Keski-Suomen ELY-keskusta.

LÄHTEET

Arola, J.-M. 10.10.2019a. Training 4.0 -oppimisolustaa metsästämässä yritysten jatkuvaan oppimiseen. [Verkkolehtiartikkeli]. @SeAMK 10.10.2019. [Viitattu 26.2.2020]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019101633422>

Arola, J.-M. 2.12.2019b. Training 4.0 -oppimisolustan valinnaksi Teamsin ja Moodlen yhteisratkaisu. [Verkkolehtiartikkeli]. @SeAMK 2.12.2019. [Viitattu 26.2.2020]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019121348151>

Luomanmäki, T. 30.8.2019. Training 4.0 -koulutusmalli yrityksille jatkuvaan oppimiseen. [Verkkolehtiartikkeli]. @SeAMK 30.8.2019. [Viitattu 26.2.2020]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019091628334>

Opetus- ja kulttuuriministeriö. Ei päiväystä. Jatkuva oppiminen. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.2.2020]. Saatavana: <https://minedu.fi/jatkuva-oppiminen>

Opetus- ja kulttuuriministeriö. 2019. Jatkuvan oppimisen kehittäminen: työryhmän väliraportti. [Verkkojulkaisu]. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2019:19. [Viitattu 26.2.2020]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-641-6>

SeAMK. Ei päiväystä. Osaamistaan täydentävälle. [Verkkosivu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 26.2.2020]. Saatavana: <https://www.seamk.fi/osaamistaan-taydentavalle/>

SeAMK. 17.12.2019. SeAMK Strategia 2020 - 2024 (2030). [Verkkojulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 26.2.2020]. Saatavana: <https://storage.googleapis.com/seamk-production/2020/02/seamk-strategia-2020-2024-nettiin.pdf>

TUOTANNON MITTAAMISEN JA TIEDON VISUALISOINNIN NYKYTILA TEOLLISISSA PK-YRITYKSISSÄ ETELÄ- POHJANMAALLA

Juha-Matti Arola, DI, asiantuntija, TKI
SeAMK Tekniikka

Aleksi Frimodig, insinööri (AMK), asiantuntija, TKI
SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTOA

Tässä artikkelissa tehdään yleisiä havaintoja ja johtopäätöksiä Näkymätön näkyväksi -hankkeessa toteutettujen teemahaastattelujen pohjalta erityisesti tarkastellen tuotannon mittaamiseen ja tiedon visualisointiin liittyviä asioita eteläpohjalaisissa teollisissa pk-yrityksissä.

Näkymätön näkyväksi: Tuottavuuden tulosmittarit ja niiden visualisointi pk-teollisuudessa -hanke on SeAMKin toteuttama EAKR-hanke, jota rahoittaa Etelä-Pohjanmaan liitto. Hankkeen päätavoitteena on edistää tietojohdantamista teollisissa pk-yrityksissä. Hankkeessa kehitetään tuottavuuden tulosmittareita sekä niiden seuranta ja visualisointia. Hankkeella halutaan esitellä pk-yrityksille erilaisia yleisesti yrityksissä käytössä olevia tuottavuuden tulosmittareita ja teknologian tarjoamia mahdollisuuksia. Ratkaisuja esitellään pk-yrityksille työpajoissa ja demonstraatioiden avulla. Mittareista saatava numerotieto antaa pk-yrityksille mahdollisuuden ongelmien todentamiseen, vertailuun ja tavoit-

teiden asettamiseen. Mittareiden tulosten visualisointi parantaa tulosten ja muutosten ymmärtämistä pk-yrityksissä. Samasta mittaritiedosta tuotetaan erilaisia visualisointeja erilaisille alustoille ja eri käyttäjäryhmille kunkin ryhmän tarpeen mukaan. (SeAMK, [viitattu 1.4.2020]; SeAMK 2019.)

2 TUOTTAVUUDEN TULOSMITTAREISTA KIRJALLISUUSTUTKIMUKSEN VALOSSA

Hankkeen alkuvaiheessa vuoden 2019 alkupuolella kirjallisuustutkimuksen avulla selviteltiin erilaisten tuottavuuden tulosmittareiden teoriaa, niiden käyttöä erityyppisillä teollisuudenaloilla pääsääntöisesti julkaistujen opinnäytetöiden pohjalta sekä tehtiin johtopäätöksiä tulosmittareittain ja niiden nykyisestä käytöstä yrityksissä. (Arola 2019a.)

Tuottavuuden tulosmittareista eli tuottavuusmittareista tuotiin esille teoriaa yleisimmistä yrityksissä käytössä olevista mittareista, joita ovat toimitusvarmuus, läpimenoaika, käyttösuhte, tuottavuus, tuotannon tehokkuus ja OEE/KNL-mittari (Arola 2019a, 22 - 32). Lisäksi selvitettiin etenkin julkaistujen opinnäytetöiden valossa tuottavuuden tulosmittareiden käyttöä eri teollisuudenaloilla kuten konepajateollisuudessa, huonekalu- ja rakennusteollisuudessa sekä elintarviketeollisuudessa (Arola 2019a, 40 - 56).

Kirjallisuustutkimuksen mukaan toimitusvarmuus oli yleisesti yrityksissä käytössä, mutta toteutus tuotti usein historiatietoa ja kuvasi paremminkin koko yrityksen toimintaa eikä pelkästään tuotannon toimintaa. Toimitusvarmuuden ja tuottavuudenkin kehittäminen vaati pk-yrityksiin merkittäviä muutoksia kuten alihankinnan kehittämistä ja tuotannon layoutin muutoksia. Läpimenoaikojen vähentäminen nosti esimerkkiyrityksen tuottavuutta

sekä vähensi tuotantokustannuksia, keskeneräisen tuotannon määrää ja sitoutuneen pääoman määrää. Tällöin koneiden ja tuotannon kuormittavuus parani, kun hienokuormitusta pystyttiin erityisillä ohjelmistoilla suunnittelemaan. Päätulokseksi saatiin, että kirjallisuustutkimuksen mukaan tuottavuusmittareita käytettiin jonkin verran, mutta automaattiseen ja reaaliaikaiseen mittaamiseen päästiin harvoin. Tuotannonohjaukseen vaikutti moni asia, jolloin tuotannon visuaalisuuden ja reaaliaikaisuuden lisäämisellä oli yrityksissä selkeä tarve eikä sitä monissa yrityksissä edes tajuttu. Kirjallisuustutkimuksen mukaan Etelä-Pohjanmaalla tilanne näytti olevan esimerkkien valossa vielä heikompi, koska useat esimerkeistä olivat muualta Suomesta. (Arola 2019a.)

3 POWER BI TIEDON VISUALISOINTITYÖKALUNA

3.1 Power BI Desktop -työkalusta yleisesti

Power BI on kokoelma ohjelmistopalveluja ja sovelluksia, joiden avulla voidaan visualisoida dataa ja muuttaa ne vuorovaikutteiksi näkemyksiksi. Tiedot voivat olla esimerkiksi Excel-muodossa, pilvipalvelussa tai paikallisia tietolähteitä. Power BI:llä voi helposti luoda yhteyden tietolähteeseen. Power BI koostuu neljästä osasta: työpöytäsovelluksesta, verkossa olevasta SaaS-pilvipalvelusta, mobiilisovelluksesta ja raporttipalvelimesta. Työpöytäsovellusta käytetään pääasiassa raporttien luomiseen ja pilvipalvelua sekä mobiilisovellusta raporttien ja koontinäyttöjen tarkasteluun. Raporttipalvelinta voidaan käyttää vaihtoehtoisesti, jos ei haluta siirtyä käyttämään pilvipalvelua. Raporttipalvelimen voi ottaa käyttöön oman palomuurin sisällä ja toimittaa raportteja halutuille käyttäjille eri tavoin esimerkiksi verkkoselaimeen, mobiililaitteelle tai sähköpostin välityksellä. Power BI:n Pro-lisenssi

maksaa 8,40 euroa kuukaudessa per henkilö. Pro-lisenssi antaa mahdollisuudet mm. yhteistyöhön, julkaisuihin, jakamiseen ja ad-hoc-analyysiin. (Microsoft a, [viitattu 1.4.2020]; Microsoft b, [viitattu 1.4.2020].)

3.2 Tyypillinen työnkulku Power BI -työkalulla

Työnkulku tyypillisesti alkaa ottamalla yhteydes tietolähteeseen Power BI Desktopilla. Power BI Desktopissa luodaan visualisoinnit datasta ja lopuksi julkaistaan ne esimerkiksi Power BI -pilvipalveluun, jotta loppukäyttäjät voivat tarkastella niitä. Jos pilvipalvelua ei haluta käyttää ja tiedot halutaan pitää yrityksen palomuurin sisällä, voidaan käyttää Power BI -raporttipalvelinta. (Microsoft a, [viitattu 1.4.2020].)

Power BI Desktop. Power BI Desktop asennetaan paikalliseen tietokoneeseen ja sen avulla voi muodostaa yhteyden tietolähteeseen, muuntaa tiedot haluttuun muotoon ja tehdä visualisoinnit. Power BI Desktopilla voi muodostaa yhteyden moneen eri tietolähteeseen ja yhdistämään ne yhteen tietomalliin. Tällaisista kokonaisuuksista voi luoda visualisointeja ja sitten jakaa ne organisaatiossa olevien henkilöiden kanssa. Yleisimmin raportit tehdään Power BI Desktopilla ja jaetaan ne sitten Power BI -pilvipalveluun muiden henkilöiden tarkasteltavaksi. (Microsoft c, [viitattu 1.4.2020].)

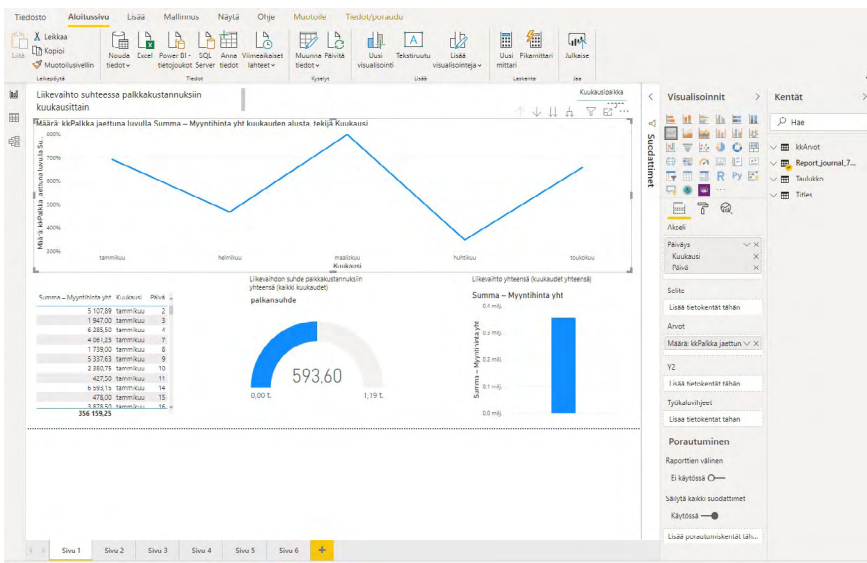
Tietolähteeseen yhdistäminen. Power BI Desktop tukee monia tietolähteitä valmiiksi. Tietolähde voi olla esimerkiksi Excel-muodossa paikallisella tietokoneella tai SQL-tietokannassa pilvipalvelussa. Jos tietoa tuodaan verkon kautta, pitää palomuuriasetukset olla säädettyinä oikein, että Power BI:n sallitaan muodostaa yhteys tietolähteeseen.

Tietolähteen muuntaminen ja siistiminen. Kun tietolähteeseen on saatu onnistuneesti yhteys, sen sisältämää dataa joutuu

yleensä jonkin verran muokkaamaan ja siistimään Power BI:ssä. Tämä voi esimerkiksi tarkoittaa ylimääräisten rivien ja sarakkeiden poistamista tai sarakkeiden arvojen tunnistamista esimerkiksi desimaaleiksi tai tekstimuotoon. Tämä onnistuu Power BI Desktopin Tiedot-osiossa Power Query -editorin avulla. (Microsoft c, [viitattu 1.4.2020].)

Kun tietoa muokataan Power BI:n sisällä, se ei vaikuta alkupe- räiseen tietolähteeseen millään tavalla. Muokattu tieto tallentuu vain Power BI:hin. Kun tieto on mallinnettu oikein, osaa Power BI luoda visuaalisia raportteja siitä paremmin.

Visualisoinnit. Kun tietolähteen data on muunnettu ja tietomalli tehty, voi Power BI Desktopin Raportti-osassa luoda sille visualisointeja vetämällä kenttiä raporttipohjalle (Kuvio 1). Ensin pitää valita haluttu visualisointi visualisointiruudusta ja sitten vetää se raporttipohjalle. (Microsoft c, [viitattu 1.4.2020].) Visualisoinnin kenttiin vedetään tietolähteestä halutut arvot ja visualisointi mukautuu niiden mukaan. Power BI tarjoaa monia visualisointityyppejä valmiiksi.



Kuvio 1. Näkymä Power BI Desktopin Raportti-osiosta.

Raporttien luominen. Raportiksi kutsutaan yhdessä Power BI Desktop -tiedostossa olevia visualisointeja. Raportti voi sisältää useita sivuja eri visualisointeja. Power BI Desktopin raporttisivulla on Julkaise-painike, mikä antaa käyttäjän julkaista tehdyn raportin organisaation jäsenten kesken, joilla on Power BI -käyttöoikeus. Julkaisuvaiheessa voi valita, missä Power BI -palvelussa raportti halutaan jakaa. Kohteena voi olla työtila, ryhmätyötila tai jokin muu Power BI-palvelu. (Microsoft c, [viitattu 1.4.2020].)

4 TUOTANNON MITTAAMISEN JA SEN VISUALISOINNIN TILA PK-YRITYKSISSÄ ETELÄ-POHJANMAALLA

4.1 Haastatelluista yrityksistä

Hankkeessa haastateltiin tuotannon edustajia kahdeksasta eri teollisesta pk-yrityksestä, jotka edustavat niin maantieteellisesti kuin tuotannonkin kannalta erilaisia tuotantosuuntia. Haastatelluista yrityksistä kuusi (yritykset A - F) kuuluivat metalliteollisuuden sekä yksi puunjalostuksen (yritys G) ja yksi elintarviketeollisuuden alaan (yritys H). Yritykset olivat Alavudelta, Evijärveltä, Isostakyröstä, Kauhavalta, Kurikasta, Seinäjoelta ja Vimpelistä.

Alustavasti Näkymätön näkyväksi -hankkeeseen suunniteltiin toteutettavaksi myös laajempaa koko Etelä-Pohjanmaan alueen teollisuutta kattavaa kyselyä, mutta sen toteuttaminen jätettiin tekemättä, koska yleisesti ottaen tällaisiin kyselyihin vastausprosentit jäävät alhaiseksi, jolloin kyselyn tulokset eivät anna tarpeeksi realistista kuvaa tilanteesta.

4.2 Tuottavuuden tulostittareiden nykytila

4.2.1 Tärkeimmät käytössä olevat tuottavuuden tulostittarit (KPI:t)

Taulukossa 1 on esitetty kaikki haastatteluissa mainitut tuottavuuden tulostittarit. Näistä ylivoimaisesti tärkein mittari oli toimitusvarmuus. Se oli käytössä seitsemässä yrityksessä, joista tärkeimpänä kolmessa yrityksessä ja toiseksi tärkeimpänä kolmessa yrityksessä. Vain yhdessä yrityksessä sitä ei mainittu lainkaan. Laatu mainittiin kahdessa yrityksessä tärkeimpänä tulostittarina ja yhdessä toiseksi tärkeimpänä. Resurssien käyttöaste oli käytössä neljässä yrityksessä, joissa se oli yhdessä tärkein, yhdessä toiseksi tärkein ja kahdessa muussa yrityksessä seurattavana, mutta ei tärkeimpien tulostittareiden joukossa.

Edelleen taulukon 1 mukaan tuottavuutta käytettiin tärkeimpänä tulostittarina yhdessä yrityksessä ja yhdessä yrityksessä tuottavuus mainittiin ei-tärkeänä mittarina. Samalla tavoin tuotantokustannukset olivat yhdessä yrityksessä tärkeimpiä ja yhdessä toisessa yrityksessä ne mainittiin mittarina. Läpimenoaika mainittiin toiseksi tärkeimpänä mittarina yhdessä yrityksessä ja yhdessä toisessa yrityksessä sitä seurattiin yhtenä mittarina. Resurssitehokkuus ja ekologinen jalanjälki mainittiin yhden yrityksen kohdalla.

Taulukko 1. Tärkeimmät tuottavuuden tulosmittarit haastatelluissa yrityksissä (Arola 2019b; 2019c; 2019d; 2019e; 2019f; 2019g; 2019h; 2019i).

Tuottavuuden tulosmittari	Kolme tärkeintä tuottavuuden tulosmittaria eri yrityksissä A–H (3 = tärkein, 2 = 2. tärkein, 1 = muut mainitut)								Tärkeys
	A	B	C	D	E	F	G	H	Yhteensä
1. toimitusvarmuus	3		2	3	2	3	1	2	16
2. laatu	2		3					3	8
3. resurssien käyttöaste	1	3		2	1				7
4. tuottavuus	1				3				4
5. tuotantokustannukset						3		1	4
6. läpimenoaika			1			2			3
7. resurssitehokkuus					1				1
8. ekologinen jalanjälki								1	1

4.2.2 Mittaridatan hyödyntäminen ja visualisointi nyt

Yritys A:ssa mittaridatan hyödyntäminen on haastatelluista yrityksistä pisimmälle edistynyttä ja mittaridataa hyödynnetään päivittäisessä johtamisessa. Aamupalavereissa käydään läpi turvallisuuteen liittyvät vaaratilanteet ja sen jälkeen tuotantoon liittyvät asiat kuten tuotannolliset poikkeamat ja käsitellään ne. Tämä yritys pitäisi nähdä esikuvana muille teollisille pk-yrityksille Etelä-Pohjanmaalla. (Arola 2019b.)

Toista ääripäätä edustaa yritys B, jossa mittaridataa ei hyödynnetä ollenkaan (Arola 2019c). Yritys C:ssä on käytössä infonäyttö,

jossa on esillä tietoa yrityksen liikevaihdosta ja budjetista (Arola 2019d). Yritys D:ssä haetaan joko toiminnanohjausjärjestelmästä osa mittaritiedosta ja sitä jalostetaan Excel-taulukoissa tarkempia analyyseja varten (Arola 2019e). Yritys E:ssä on ollut hankinnassa inforuudut, joihin automaattisesti päivitettyjen tietojen esille tuominen on ollut haasteellista (Arola 2019f). Yritys F:llä on käytössä ainoastaan avainasiakkaiden prioriteettalista, jonka perusteella asiakkaita palvellaan (Arola 2019g). Yritys G:llä ei ole tuotantodataan perustuvia visualisointeja tai raportteja, mutta toiminnanohjausjärjestelmässä tähän olisi mahdollisuus (Arola 2019h). Yritys H:lla mittaridataan perustuvat raportit saadaan toiminnanohjausjärjestelmästä ja näiden perusteella tehdään Excel-analyysejä. Näiden perusteella ohjataan yrityksen toimintaa keskittyen erityisesti poikkeamiin ja kehityksen suuntaan (Arola 2019i).

Yhteenvetona voidaan todeta, että puolessa haastatelluista yrityksistä saadaan mittaridataan perustuvaa reaaliaikaista tietoa päätöksenteon tueksi, mutta näissäkin tietoa joudutaan muokkaamaan esimerkiksi Excel-taulukoissa. Kahdessa yrityksessä ei ole mittareita käytössä ollenkaan ja kahdessa mittareiden käyttöönotto on jäänyt puolitiehen.

4.2.3 Nykyiset tuottavuuden tulostavoitteiden parannustavoitteet

Yritys A:ssa on annettu mittareille selkeät vuositavoitteet ja niitä seurataan kuukausitasolla (Arola 2019b). Yritys B:ssä mittareihin liittyvistä tavoitteista on puhuttu, mutta niitä ei ole otettu käyttöön (Arola 2019c). Yritys C:ssä 5S:llä, asetusajoilla ja myynnillä on tavoitteet, muttei varsinaisilla tuottavuuden tulostavoitteilla (Arola 2019d). Yritys D:ssä on toimitusvarmuuteen asetettu tavoitetila ja kapasiteetille ei ole asetettu tavoitetta, mutta sitä suhteutetaan kuormitukseen eli tavoitteena on kapasiteetin ja kuormituksen tasapaino (Arola 2019e). Yritys E:ssä on asetettu osaan mittareista

tavoitteita, mutta osaan ei ole asetettu (Arola 2019f). Yritys F:ssä on asetettu ainoastaan toimitusvarmuuteen liittyviä tavoitteita, mutta muille mittareille ei ole asetettu tavoitteita (Arola 2019g). Yritys G:ssä ei voi olla mitään parannustavoitteita, koska tällä hetkellä mittareita ei pystytä luotettavasti mittaamaan (Arola 2019h). Yritys H:ssa on asetettu toimitusvarmuuteen, hävikkiin ja tuotannon tehokkuuteen tavoitteita (Arola 2019i).

Yhteenvetona voidaan todeta, että kuudessa yrityksessä on asetettu tuottavuuden tulostavoitteita. Kuitenkin näistä viidessä yrityksessä vain osaan mittareista on asetettu tavoitteita. Yhdessä yrityksessä ei ollut mitään tavoitteita ja yhdessä tavoitteita ei voitu asettaa tuotannonohjausjärjestelmän antamien epävarmojen tietojen takia.

4.2.4 Tuotannonohjausprosessin suurimmat haasteet

Yrityksen A tuotannon suurin haaste on saavuttaa viikkokohtaiset tavoitteet, niin ettei päiväkohtaisesti tulisi ylikuormitusta (Arola 2019b). Yrityksen B suurimmat haasteet liittyvät sopimusvalmistukseen, jonka tuotantoon tarvittavia tuntimääriä on hankala arvioida (Arola 2019c). Yritys C:ssä toiminnanohjausjärjestelmän hienokuormituksen toimimattomuus aiheuttaa vaikeuksia toimistusten aikataulujen pitävyyteen (Arola 2019d). Yritys D:ssä tuotannon ammattitaitoisen henkilökunnan puute on suurin haaste, jolloin haasteeksi jää pystytäänkö tuotteet toimittamaan ajoissa asiakkaille ja myös kapasiteetin hallinta on haasteellista (Arola 2019e). Yritys E:ssä tuotannon suurimpana haasteena on päiväkohtaisen kuormituksen hallinta, kun tuotantoa kuormitetaan viikkotasolla, mutta asiakastoimitukset ovat päivätasolla (Arola 2019f). Yritys F:ssä suurimpana haasteena on se, että on vaikea arvioida sitä, että kuinka paljon tuotannossa on kapasiteettia jäljellä (Arola 2019g). Yritys G:ssä on haasteena tulevaisuuden ennustaminen ja jatkuva muutos toimialan luonteesta johtuen eli haasteena on kuormittaa tuotantoa, kun toimitusajat eivät

koskaan pidä paikkaansa (Arola 2019h). Yritys H:ssa haasteena tuotannon kuormituksen kausiluonteisuus eikä tuotannon varastointiin ole tällä yrityksellä mahdollisuuksia (Arola 2019i).

Yhteenvedona voidaan todeta, että jokseenkin kaikissa yrityksissä on haasteellista tehdä tuotannon hienokuormitusta, kun tuotannon kausiluonteisuus, ennustettavuus tai toimitusten epätasainen jakautuminen ovat yritysten toimintaympäristössä tyypillistä. Yrityksissä nähdään toiminnanohjausjärjestelmien kyvyttömyyttä tukea tuotannonsuunnittelua päivätasolla, jolloin joudutaan harkitsemaan erillisten hienokuormitusta tekevien ohjelmistojen hankintaa. Myöskin tuotantohenkilöstön saataavuudessa tai kapasiteetin riittävydessä on nähtävissä ongelmia muutamissa yrityksissä.

4.3 Tuotannon tulostittareiden tavoitetila

4.3.1 Tuotannonohjausprosessiin ja tuotantoon suunnitellut tai meneillään olevat kehitystoimenpiteet

Yritys A:ssa suunnitellaan tuotannonsuunnitteluohjelmiston käyttöönottoa tuotannon hienokuormitushaasteiden voittamiseksi sekä robotisoinnin ja automaation lisäämistä suunnitellaan (Arola 2019b). Yritys B:ssä tehdään layout-muutoksia, joilla muodostetaan yhtenäisiä tuotantolinjastoja, koska tyypillisesti tuotantoon lisätään aina laitteita ja koneita, jolloin tuotannon layout saattaa kärsiä (Arola 2019c). Yritys C:ssä otetaan käyttöön hienokuormitusjärjestelmää ja pyritään lyhentämään asetusajoja (Arola 2019d). Yritys D:ssä pyritään hyödyntämään Lean-toimintatapoja etsimällä piilohukkaa, jota ei itsekään välttämättä tiedosta sekä pyritään hallitsemaan paremmin kiiretilauksia (Arola 2019e). Yritys E:ssä päivitetään toiminnanohjausjärjestelmä uudeksi ja infonäyttöjä asennetaan (Arola 2019f). Yritys F:ssä investoidaan uuteen tuotantotilaan sekä tehdään uusia koneinvestointeja (Arola 2019g). Yritys G:ssä päivitetään toiminnanohjausohjelmis-

toa ja muutetaan tuotannon layoutia (Arola 2019h). Yritys H:ssa tehdään uutta tuotantolaitosta ja kehitetään tuotantoprosesseja esimerkiksi pakkaamologiikassa (Arola 2019i).

Yhteenvedona voidaan todeta, että useassa yrityksessä otetaan käyttöön tuotannon hienokuormitukseen liittyviä ohjelmistoja ja toisissa yrityksissä otetaan uutta tuotantokapasiteettia käyttöön tai muutetaan tuotantotilojen layoutia.

4.3.2 Suunnitellut tuottavuuden tulostimet (KPI:t)

Taulukossa 2 on esitetty kaikki haastatteluissa mainitut suunnitellut tuottavuuden tulostimet. Suunnitelluissa mittareissa kuten nykyisistäkin mittareista ylivoimaisesti tärkein mittari on toimitusvarmuus. Sitä on käytössä kaikissa yrityksissä, joista edelleen tärkeimpänä kolmessa yrityksessä ja toiseksi tärkeimpänä kolmessa yrityksessä. Resurssien käyttöaste oli käytössä neljässä yrityksessä, joissa se oli yhdessä tärkein, yhdessä toiseksi tärkein ja kahdessa muussa yrityksessä seurattavana, mutta ei tärkeimpien tulostimien joukossa.

Edelleen taulukon 2 mukaan tuottavuutta käytettiin tärkeimpänä tulostimena yhdessä yrityksessä, toiseksi tärkeimpänä yhdessä yrityksessä ja kolmessa muussa yrityksessä tuottavuutta käytetään jonkinlaisena mittarina. Samalla tavoin tuotantokustannukset olivat kahdessa yrityksessä tärkeimpiä ja kahdessa muussa yrityksessä ne mainittiin mittarina. Laadun arvostus tulostimena laski toiseksi tärkeimmästä mittarista sijalle viisi, mutta kuitenkin se mainittiin yhdessä yrityksessä tärkeimpänä tulevaisuuden tulostimena ja yhdessä toiseksi tärkeimpänä. Läpimenoaika mainittiin toiseksi tärkeimpänä tulevaisuuden mittarina kahdessa yrityksessä ja kahdessa yrityksessä sitä seurattiin yhtenä mittarina. Resurssitehokkuutta suunnitellaan seurattavan nyt neljässä yrityksessä. Ekologinen jalanjälki ja OEE mainittiin yhden yrityksen kohdalla.

Taulukko 2. Tärkeimmät suunnitellut tuottavuuden tulosmittarit haastatelluissa yrityksissä (Arola 2019b; 2019c; 2019d; 2019e; 2019f; 2019g; 2019h; 2019i).

Tuottavuuden tulosmittari	Kolme tärkeintä suunniteltua tuottavuuden tulosmittaria eri yrityksissä A-H (3 = tärkein, 2 = 2. tärkein, 1 = muut mainitut)								Tärkeys
	A	B	C	D	E	F	G	H	Yhteensä
1. toimitusvarmuus	3	2	1	3	2	3	1	2	17
2. resurssien käyttöaste	1	3		2	1	2			9
3. tuottavuus	1		2	1	3		1		8
4. tuotantokustannukset	1		3				3	1	8
5. laatu	2		1					3	6
6. läpimenoaika	2	1				1	2		6
7. resurssitehokkuus	1	1	1		1				4
8. ekologinen jalanjälki	1							1	1
9. OEE/KNL								1	1

4.3.3 Mittaridataan liittyvät vaatimukset

Yritys A:ssa käytetään jo laitteista ja ERP:stä tulevaa dataa, mutta lisäksi kiinnostaisi saada esim. hitsauslaitteista saatavaa dataa myös käyttöön. Nyt tiedot menevät toiminnanohjausjärjestelmään ja yrityksen käytössä olevaan Arrow-järjestelmään. On ollut suunnitelmissa ottaa tabletteja käyttöön yhdessä MES-ratkaisun kanssa. Yrityksessä ollaan juuri ottamassa käyttöön Microsoft BI:tä vastaavaa Click-ohjelmistoa mittareiden visualisointitarpeita varten. (Arola 2019b)

Yritys B:ssä ei mitata mitään, mutta jos mitattaisiin, tavoitteena olisi reaaliaikainen ja automaattinen mittaaminen. Erityisesti tuotannonohjaukseen ja sen suunnitteluun pitäisi mitattua dataa hyödyntää. (Arola 2019c.)

Yritys C:ssä mittaridata tulisi tallentaa Lemonsoft-toiminnanohjausjärjestelmään kuitenkin laitteista reaaliaikaisesti ja automaattisesti keräten. Visualisoinnit tulisi toteuttaa infotauluille tuotantotiloihin ja tietokoneille toimistoon. Kun tulospalkkaus olisi käytössä riittävän yksinkertaisella toteutuksella, voitaisiin pitää lyhyitä aamupalavereja, jossa käytäisiin myös mittareiden tuloksia läpi (Arola 2019d).

Yritys D:ssä toiminnanohjausjärjestelmästä ja erillisestä koneseurantajärjestelmästä tulee mittareihin tarvittava tieto. Oleellista olisi mittaridatan hyödyntäminen päivittäisessä johtamisessa enemmän kannustavalla kuin rangaistavalla tavalla. (Arola 2019e.)

Yritys E:ssä mittaritieto tuotetaan toiminnanohjausjärjestelmän ja anturitietojen yhdistelmänä, mikä on koettu haasteeksi, kun mittareiden arvoja lasketaan. Mittaridata talletetaan omalle palvelimelle eikä pilveen. Infopäätteitä on mietitty, mutta on vaikeaa löytää automaattisesti päivittyvää inforuutupalvelua. Uudessa toiminnanohjausjärjestelmässä tuotetaan reaaliaikaista ja automaattista mittaridataa perustuvaa mittaritietoa infonäytöille. (Arola 2019f.)

Yritys F:ssä kiinnostaa laserin sädeaikamittaus, joka siirtyisi esim. Microsoftin BI:lle luettavaan muotoon. Kyseisessä ohjelmistossa mitattu tieto muunnettaisiin tarvittavaan muotoon eri laitteille. (Arola 2019g.)

Yritys G:ssä on pyrkimys mittaridatan reaaliaikaisuuteen ja automaattisuuteen. Microsoft BI-ratkaisu voitaisiin hyödyntää

visualisoinnissa. Ensisijaisesti mittaridata tulisi saada näkyviin tietokoneille. Mittaridatan avulla yrityksessä tulisi pystyä oppimaan, mitä on tehty ja mitä voisi parantaa. Samoin mittareiden avulla voisi selvittää, onko kehittämistoimilla ollut mitään vaikutusta yrityksen toimintaan. (Arola 2019h.)

Yritys H:ssä yritykseen tulevassa uudessa tuotantolaitoksessa tieto menee antureista ja prosessista suoraan toiminnanohjausjärjestelmään. Mittaridatan tulisi olla käytettävissä älypuhelimella ja tietokoneella. Kaikista Excel-virityksistä pitäisi päästä eroon. (Arola 2019i.)

5 YHTEENVETO

Näkymätön näkyväksi -hankkeen yhtenä osana toteutettiin teemahaastattelut kahdeksassa eteläpohjalaisessa pk-yrityksessä liittyen tuottavuuden tulostittareihin ja niiden käyttöön nyt ja tulevaisuudessa. Yhteenvetona voidaan todeta, että vain yksi haastatelluista eteläpohjalaisista yrityksistä käyttää päivittäisessä johtamisessa tuottavuuden tulostittareita ja niiden tuloksia. Toisaalta yhdessä yrityksessä ei ole lainkaan mittareita käytössä. Muissa yrityksissä on vaihteleva määrä mittareita, joihin osaan on asetettu tavoitteita, mutta ei toisiin. Haasteiksi koetaan mittaridatan kerryttäminen, koska mittareiden laskentaa varten pitäisi yhdistää tietoja toiminnanohjausjärjestelmästä laitetietoon, mikä koetaan haastavana.

Yrityksillä on kuitenkin halua lisätä tuottavuuden tulostittareita ja niiden tulosten hyödyntämistä yrityksen johtamiseen. Näkymätön näkyväksi -hankkeella on tässä selkeä tilaus vahvistaa mittareihin liittyvää analysointia ja mittareiden seurantaa, mistä esimerkkinä on aiemmin tässä artikkelissa esitelty Microsoftin Power BI -työkalu, jolla voi helposti automatisoida analyysit ja raportit. Haasteeksi jää usein automaattisen ja reaaliaikaisen

datan kerääminen ja mittareiden tulosten laskeminen toiminnanohjausjärjestelmän tuottamista ja laitteilta kerätyistä tiedoista.

Haastattelututkimus vahvistaa aiemmin kirjallisuustutkimuksesta saatua käsitystä siitä, että mitattu mittaridata tuotetaan usein jälkijättöisesti ja manuaalisesti, jolloin harvemmin päästään automaattiseen ja reaaliaikaiseen mittaamiseen ja analysointiin.

Artikkeli on valmisteltu osana Näkymätön näkyväksi -hanketta, ja haluamme kiittää hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta Etelä-Pohjanmaan liittoa. Hankkeen jatkuessa julkaisemme demoja liittyen tuottavuuden tulostittareihin ja järjestämme työpajoja aihepiirin tiimoilta.

LÄHTEET

Arola, J.-M. 2019a. Tuottavuuden tulosmittarit teollisessa pk-yrityksessä: kirjallisuustutkimus 2019. [Verkkajulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 142. [Viitattu 1.4.2020]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019052116448>

Arola, J.-M. 25.4.2019b. Kehitysjohtaja ja tuotantopäällikkö. Yritys A:n haastattelu.

Arola, J.-M. 29.4.2019c. Toimitusjohtaja ja tuotantopäällikkö. Yritys B:n haastattelu.

Arola, J.-M. 24.5.2019d. Toimitusjohtaja ja projekti-insinööri. Yritys C:n haastattelu.

Arola, J.-M. 28.5.2019e. Toimitusjohtaja ja tuotannon osavalmistuksen vastaava. Yritys D:n haastattelu.

Arola, J.-M. 25.6.2019f. Tuotantopäällikkö. Yritys E:n haastattelu.

Arola, J.-M. 13.11.2019g. Tuotantopäällikkö. Yritys F:n haastattelu.

Arola, J.-M. 14.5.2019h. Toimitusjohtaja. Yritys G:n haastattelu.

Arola, J.-M. 9.5.2019i. Toimitusjohtaja. Yritys H:n haastattelu.

Microsoft a. Ei päivystä. Mikä Power BI on? [Verkkosivu]. [Viitattu 1.4.2020]. Saatavana: <https://docs.microsoft.com/fi-fi/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>

Microsoft b. Ei päivystä. Power BI pricing. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.4.2020]. Saatavana: <https://powerbi.microsoft.com/en-us/pricing/>

Microsoft c. Ei päivystä. Mikä on Power BI Desktop? [Verkkosivu]. [Viitattu 1.4.2020]. Saatavana: <https://docs.microsoft.com/fi-fi/power-bi/desktop-what-is-desktop>

SeAMK. Ei päivystä. Näkymätön näkyväksi. [Verkkosivu]. Seinäjoki: Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 1.4.2020]. Saatavana: <https://www.seamk.fi/yrityksille/tki-projektit/nana/>

SeAMK. 11.3.2019. Näkymätön näkyväksi-hanke. [Video]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 1.4.2020]. Saatavana: <https://youtu.be/gi7LsRrS68o>



**OSA III:
DIGITALISAATIO
MUUTTAA OPETUSTA
JA VIRTUALISOI
MAAILMAA**

TKI-INTEGROITU OPPIMISKONSEPTI DIGITALISAATION, TEKOÄLYN JA KASVUYRITTÄJYYDEN OSAAMISEN EDISTÄMISEKSI

Pasi Junell, TkT, yliopettaja
SeAMK Tekniikka

Anmari Viljamaa, KTT, yksikön johtaja
SeAMK Liiketoiminta ja kulttuuri

Cimmo Nurmi, FT, vararehtori
SAMK Tutkimus

Marko Mikkola, DI, erityisasiantuntija
SAMK Tekniikka

1 JOHDANTOA

Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK) ja Satakunnan ammattikorkeakoulu (SAMK) toteuttavat yhteistyössä Opetus- ja kulttuuriministeriön rahoittamaa (OKM) hanketta More startups and Growth through Digitalisation and Artificial Intelligence. Hankkeen yhtenä tavoitteena on luoda uusi TKI-integroitu oppimiskonsepti edistämään digitalisaation, tekoälyn ja kasvuyrittäjyyden osaamista. Projektisuunnitelman mukaisesti kehitystyön lähtökohtana on hyödyntää SAMKin Robotiikka Akatemian ja SeAMKin Digital Factory Akatemian myötä saatuja kokemuksia.

Robottiikka Akatemian ja Digital Factory Akatemian toiminta-ajatusta jäsennessä on hyvä asettaa oppimisformaatti johonkin kehykseen. Pinnallisella ammattikorkeakoulujen opiskelijoille suunnattujen akatemioiden verkkohauulla voi helposti löytää yli 20 erilaista oppimiskonseptia. Tarkemmin asiaa katsomalla voi huomata, että akatemia ei nimenä kerro konseptista oikeastaan juuri mitään. Lisäksi akatemia-termi on inflatoitunut laajamittaisen käytön vuoksi. Akatemia-nimitystä käytetään lähtien urheiluseurojen junioritoiminnasta ja toiselle asteelle valmistavista opinnoista aina yliopistojen koulutusmalleihin asti. Yhteisenä nimittäjänä toki on, että jotain on tarkoitus oppia, mutta oppimiskonseptimielessä on aiheellista katsoa pintaa syvemmälle.

Ammattikorkeakoulujen tutkimus ja kehitysintegroituja oppimisformaatteja on Suomessa käytössä lukuisia. Huomionarvoista on, että oppimiskonsepteja on nimetty hyvin erilaisilla nimillä. Yhteisenä nimittäjänä useissa näistä oppimiskonsepteissa on se, että oppiminen tapahtuu projektioppimisen menetelmin ja projektien aiheet saavat alkunsa yritys kentästä kumpuavista ongelmista tai kehityskohteista. Tämä asetelma koskee myös Robottiikka Akatemiaa ja Digital Factory Akatemiaa. Sama asetelma on SAMKin kahdessa muussakin akatemiassa, Sähkö Akatemiassa ja Teekoäly Akatemiassa, ja periaatteeltaan sama asetelma on myös SeAMKin Projektipajassa. Lopulta oppimisformaatteja erottavina tekijöinä ovat kysymykset siitä, kuinka suuressa mittakaavassa akatemiaopinnot ilmenevät opiskelijoiden opintopolussa. Toisaalta erottavana tekijänä on myös se, kuinka laajassa mittakaavassa akatemiaopintoja toteutetaan koulutettavan opiskelijaryhmän suhteen. Esimerkiksi Projektipajaopinnot ovat pakollisia kaikille SeAMKin konetekniikan tutkinto-opiskelijoille. Vastaavasti Digital Factory Akatemian tekee vain pieni osa automaatiotekniikan tutkinto-opiskelijoista.

Kasvuyrittäjyys liittyy oppimisformaatin kehittämiseen alkupe-
räisessä projektisuunnitelmassa lähtökohtaisena tavoitteena.

Digitalisaatio ja tekoälyn hyödyntäminen nähdään yritysten kasvun yhtenä edellytyksenä ja samalla kasvuyrittäjyyden mahdollisuutena. Projektissa tavoitellaan myös akatemiamallisten yritystoimeksiantojen tarjoajapohjan laajentamista sekä akatemiassa opintoja suorittavien opiskelijoiden määrän lisäämistä. Yhtenä mahdollisuutena nähdään myös akatemioiden kytkeminen ainakin löyhästi yrittäjyysyhteisöjen (Satakunta entrepreneurship society ja Seinäjoki entrepreneurship society) toimintaan. Uuden oppimiskonseptin tavoitteet ovat kunnianhimoiset ja vaativat uudenlaista yhteistyötä eri toimijoiden välistä. Tässä artikkelissa on koostettu lyhyet kuvaukset edellä mainituista akatemiakonsepteista. Mukana on myös lyhyt kuvaus SeAMKin näkökulmasta pitkäikäisemmästä Projektipaja-konseptista. Näiden saatujen kokemusten myötä hahmotellaan uudenlaisen oppimiskonseptin suuntaviivoja.

2 DIGITALISAATIO, TEKOÄLY JA KASVUYRITTÄJYYS

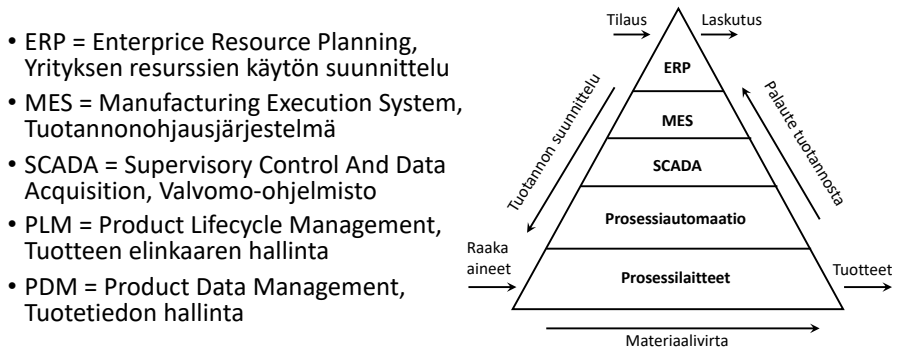
Digitalisaatio, tekoäly ja kasvuyrittäjyys ovat kaikki sellaisia käsitteitä, joiden merkitys on viime aikoina hiukan hämärtynyt. Siksi aluksi on paikallaan määritellä käsitteet siten kuin niitä kehitteillä olevan oppimiskonseptin näkökulmasta käytetään.

2.1 Digitalisaatio Digital Factory Akatemian näkökulmasta

Digitalisaatio on nykyisessä keskustelussa usein ilmenevä käsite, jonka määrittelyyn usein käytetään liian vähän sanoja. Käsitteellä viitataan usein siihen sosiaaliseen kehitykseen, jossa useat toiminnot ovat siirtyneet tietoverkkopohjaisiksi. Digital Factory Akatemian näkökulmasta tarkasteltavana on kuitenkin lähinnä teollisuuden prosesseissa tapahtuva kehitys. Varsinaisesti teol-

lisuuden nykyinen digitalisaatio on kuitenkin jo ainakin toisen polven digitalisaatiota. Monet automaatiojärjestelmät ovat olleet digitaalisia jo hyvin pitkän aikaa, ja uusi digitalisaatio korvaa vanhaa digitaalista teknologiaa. Asiaa voi hahmottaa kuviossa 1 esitetyn perinteisen automaation pyramidin kautta. Kuvioon 1 on koostettu myös keskeiset teollisuusdigitalisaation käsitteet.

Kuviossa 1 esitetystä automaation pyramidista sekä tuotteen elinkaaren hallinnassa ja tuotetiedonhallinnassa käytännössä kaikki järjestelmät ovat olleet digitaalisia jo hyvän aikaa. Järjestelmien välisen tiedonvaihdon suhteen tosin on monessa yrityksessä edelleen ollut kehittämisen varaa. Tulevaisuuden digitalisaatiokehityksessä näyttää siltä, että Teollisuus 4.0 on suomalaisessakin teollisuudessa vallalla oleva kehitystrendi. Teollisuus 4.0 tai sen sisäkäsite ”Smart factories” tulee luultavasti muuttamaan perinteistä automaation pyramidia pilvipalveluiden suuntaan (Rojko 2017). Osa automaation pyramidista voidaan toteuttaa pilvipalvelun kautta ilman yrityksen omaa palvelinjärjestelmää. Nähtäväksi jää, muuttaako se varsinaista teollisuuden toimintalogiikkaa ja kuinka paljon. Nykyisellä kehityksellä vaikuttaa siltä, että Teollisuus 4.0 tuo lähinnä aikaisempaa paremmin asiakkaan tarpeisiin räätälöidyt tuotteet ja sitä myötä asiakkaan saama lisäarvo parantuu.



Kuvio 1. Automaation pyramidi ja teollisuusdigitalisaation keskeiset käsitteet.

Myös ohjelmistokehitystä on kaikilla sektoreista odotettavissa pilvipalveluihin siirtymisen myötä. Esimerkiksi verkkokauppasovellusten ja tekoälysovellusten rakentaminen pilvipalvelualustalle on todennäköisesti yksinkertaisempaa kuin saman toiminnallisuuden rakentaminen perinteisessä automaatiojärjestelmässä. Toisaalta pilvipalveluihin siirtyminen tuo mukanaan uusia haasteita esimerkiksi tiedon omistajuuden tai tietoturvariskien hallinnan myötä. Kuitenkin on odotettavaa, että kehityksen myötä tuotannon tehokkuutta ja sitä kautta tuottavuutta voidaan parantaa. Digital Factory Akatemian keskeisimpiä osaamistavoitteita on siirtyminen perinteisestä automaation pyramidista kohti Teollisuus 4.0:n mukaisia pilvipalvelupohjaisia prosesseja. Erityisesti insinöörin opintopolussa tämä on tärkeää, sillä tulevaisuuden insinöörit ovat todennäköisesti niitä, jotka ovat mukana rakentamassa samaisia järjestelmiä teollisuuteen tulevaisuudessa.

2.2 Tekoäly

Tekoälyn juuret nykyisellä teknologisella aikakaudella ovat kymmeniä vuosia vanhat. Periaatteet ja algoritmit on luotu aikakautena, jolloin puuttui oleellinen tekijä: laskentateho. Tästä syystä aiheen kehitys jäi vuosiksi hiljaiseloon. Tekoäly on nyt noussut aiheeseen perehtyneiden asiantuntijoiden puheista parin viime vuoden aikana kaikkien huulille. Tekoälyn nopea uusi tuleminen johtuu erityisesti laskentatehon kasvusta.

Yksi tekoälyn haasteista on käsitteen määrittely. Tämä näkyy tällä hetkellä yritysten tarjonnassa. Järjestelmät ja ohjelmistot, jotka olivat aiemmin ”perinteistä” tekniikkaa, on nyt nimetty tekoälyratkaisuiksi, vaikka mikään ei oikeastaan ole muuttunut. Tarjolla on nyt oikeita tekoälyratkaisuja ja tekotekoälyratkaisuja, eikä näitä asiaan tarkemmin perehtymätön osaa erottaa toisistaan. Yksi käytetyistä tekoälyn jaottelumalleista on kolmiosainen:

1. Ohjelmistorobotiikka (Robot Process Automation, RPA)

Sääntöpohjaiset järjestelmät, joissa ohjelmistorobotilla korvataan ihmisen tekemä manuaalinen tiedon syöttö. Esimerkiksi ohjelmistorobotti voi hakea tiedon toisesta järjestelmästä ja kirjoittaa sen toiseen järjestelmään.

2. Koneoppiminen (Machine Learning, ML)

Kone parantaa suorituskyykyään oppimalla itsenäisesti datasta ilman erillisiä toimintaohjeita. Esimerkkeinä koneoppimista hyödyntävistä järjestelmistä voidaan mainita puheentunnistus, hakukoneet ja tietokonepelit.

3. Tekoäly (Artificial Intelligence, AI)

Tekoälyllä tarkoitetaan älykkäitä järjestelmiä, jotka kykenevät toimimaan älykkäästi ihmisten kaltaisesti. Esimerkkinä tekoälyjärjestelmästä voidaan mainita lääkäreiden diagnosoimisen avuksi kehitetyt päätöksentekojärjestelmät.

Tekoälyn ja koneoppimisen ero on sekä hyvin pieni että toisaalta selkeä. Koneoppimisella yritetään saada kone toimimaan siten, että jokaista opittua asiaa eli erillistä koneen toimintoa ei tarvitse erikseen eksplisiittisesti ohjelmoida. Tekoäly(järjestelmä) on valjastettu ratkaisemaan erillisiä tehtäviä, jotka ovat niin monimutkaisia, että niitä ei kyetä ratkaisemaan ihmisjärjellä. Tekoälyyn voidaan liittää koneoppimista ja päinvastoin.

Näistä näkökulmista katsoen varsinainen (ns. vahva) tekoäly on siis vasta tulossa, ja tällä hetkellä olevat ratkaisut ovat tämän määritelmän mukaan ”vasta” perinteisempää matematiikkaa ja koneoppimisen ratkaisuja.

Opetuksen näkökulmasta tekoälyn haaste on se, että aihetta voidaan lähestyä kahdesta hyvin erilaisesta suunnasta:

1. Halutaan opettaa ensin laaja pohja ohjelmointikyvykkyyksiä, useita eri kieliä ja teknologiaosaamista mahdollistamaan henkilön kyvykkyyden kirjoittaa itse omia tekoälyohjelmia.
2. Halutaan opettaa jo valmiina olevien koneoppimis- ja tekoälyjärjestelmien hyödyntämistä keskittyen datan algoritmeihin (regressiomenetelmät, satunnaispuut, ...), valitun ohjelmointikielen (esim. Python) perusosaamiseen ja tekoälymoottorien hyödyntämiseen (esim. TensorFlow).

Huomioiden rajallinen opiskeluaika ja siihen liittyvät muut reunaehdot, SAMKin Tekoälyakatemiassa on valittu näistä jälkimmäinen. Tämä mahdollistaa riittävän nopean ja matalan kynnyksen oppimisen tekoälyn hyödyntämiseen. Tällä päästään myös nopeasti kokeilemaan käytännön yritysprojektien ratkaisemista tekoälyalgoritmeja hyödyntäen. Tavoitteena on valmistaa työelämään sellaisia osaajia, joilla on riittävä osaamistaso ja kyvykkyys ratkaista yritysten datapohjaisia kehityskohteita omalla nykyisellä tietämyksellä ja itsenäisesti lisää osaamista hankkien.

Niin teknologiayritysten kuin teollisten yritysten kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta on havaittu, että tällä hetkellä yritykset eivät vielä osaa hahmottaa, mitä dataa yrityksen toimintaympäristössä on ja miten sitä voidaan hyödyntää. Haasteena on erityisesti se, että yritykset eivät vielä itsekään ymmärrä, mitä voisi myydä dataa hyödyntämällä tai miten sillä voisi luoda uutta arvoa. Yleisesti ottaen uusia teknologioita sisältäviä toteutuksia tehdään, kun asiakas pyytää – ongelmana on, osaavatko he pyytää. Asiakkaat suhtautuvat data-analytiikkaan ja tekoälyyn hyvin pragmaattisesti tuottavuuden näkökulmasta: toteutuksia tehdään silloin, kun tiedetään varmasti, että siitä on hyötyä. Asiakkaalle ei siis riitä, että ratkaisusta voisi olla hyötyä, vaan siitä pitää olla hyötyä.

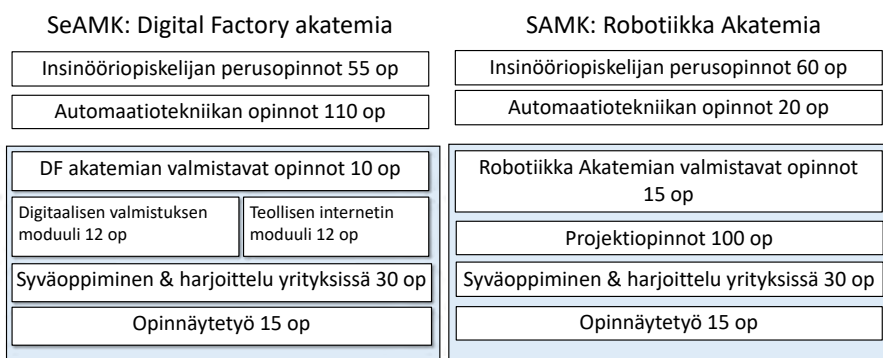
2.3 Kasvuyrittäjyys

Suurin osa yrittäjistä ei tavoittele kasvua eikä myöskään päädy laajentamaan yritystoimintaansa niin, että se työllistäisi muitakin kuin yrittäjän ja mahdollisesti hänen lähipiiriinsä kuuluvia henkilöitä. Kasvuyrityksellä tarkoitetaan tavallisessa kielenkäytössä mitä tahansa kasvua tavoittelevaa tai kasvavaa yritystä. (Pajarinen ja Rouvinen, 2009). Erityisesti kasvun kansantaloudellisiin vaikutuksiin keskittyvissä tutkimuksissa käytetään usein OECD:n määritelmää, jonka mukaan kasvuyritys (high-growth enterprise) on yritys, joka on kasvanut kolmen vuoden ajan keskimäärin yli 20% vuodessa joko henkilöstöllä tai liikevaihdolla mitaten (Cooperation and Development 2009, 28).

Tämän artikkelin kontekstissa oleellisempaa on kuitenkin pyrkimys kasvuun ja kasvun mahdollistuminen digitalisaation keinoin. Digitaalisesti suuntautuneet yritykset, ts. yritykset, jotka käyttävät monipuolisesti digitaalisia työkaluja, ovat tyypillisesti voimakkaammin kasvuhaluista kuin pk-yrityksen keskimäärin (Rikama 2015, 3, 7). Kääntäen, yritykset, jotka eivät halua tai osaa hyödyntää digitalisaation tarjoamia välineitä, ovat vaarassa jäädä ketterämpien kilpailijoiden jalkoihin. Digitalisaatio kuitenkin etenee pk-yrityksissä hitaasti: suomalaisista pk-yrityksistä vain 11 % hyödyntää tekoälysovelluksia, robotiikkaa tai ohjelmistorobotiikkaa (Pk-yritysbarometri syksy 2019) ja eteläpohjalaisista pk-yrityksistä vain 6 % (Pk-yritysbarometri, Alueraportti 2019). Eteläpohjalaisten yritysten merkittävimmät esteet digitalisaation hyödyntämisessä liittyvät ulkopuolisen asiantuntija-avun hintaan ja saatavuuteen. Lisäksi yrityksen omalla osaamisella on roolinsa. (Joensuu-Salo ym. 2017). Suunnitteilla olevalla TKI-integroidulla oppimiskonseptilla pyritään tarttumaan juuri edellä kuvattuun haasteeseen.

3 AKATEMIAKUVAUKSET

Kuviossa 2 on esitettyä Digital Factory Akatemian ja SAMKin Robotiikka Akatemian nykyiset mallit. Molemmissa tapauksissa itse akatemiamallit ovat harmaalla pohjustetulla alueella. Akademiaopintojen yläpuolella ovat insinööriopiskelijan opinnot ennen kuin hän päätyy akademiaopintoihin. Kuten kuviosta voi huomata, SAMKin Robotiikka Akatemiassa akademiaopintoja on huomattavasti enemmän kuin SeAMKin akatemiamallissa. Tämän eroavuuden vuoksi on aiheellista katsoa lyhyesti koko tutkintorakennetta.



Kuvio 2. Nykyiset akatemiamallit.

3.1 Digital Factory Akatemia

Digital Factory Akatemia on SeAMKissa suunnattu automaatiotekniikan insinööriopiskelijoille. Ennen akademiaopintojen aloitusta opiskelija suorittaa tavalliseen tapaan insinööriopiskelijoiden yhteiset perusopinnot ja automaatiotekniikkaan suuntavia opintoja 132 opintopisteen edestä. Yhteensä akatemiaa edeltäviä opintoja on siten 161 opintopisteen edestä, mikä tarkoittaa hieman yli kahden ja puolen vuoden opiskelua yhdessä muiden automaatiotekniikan tutkinto-ohjelman opiskelijoiden kanssa. Tämän jälkeen opiskelija valitsee halutessaan valinnaisista automaatiotekniikan ammattiainemoduuleista Digital Factory

Akatemian valmistavat opinnot sekä Digitaalisen valmistuksen moduulin ja Teollisen internetin moduulin.

Huomionarvoista on, että koneautomaation opiskelijat voivat muutenkin valita digitaalisen valmistuksen moduulin ja vastaavasti sähköautomaation opiskelijat voivat valita teollisen internetin moduulin omiin opintoihinsa valinnaiseksi ammattiaine-moduuliksi. Näihin moduuleihin osallistuminen ei edellytä koko Digital Factory Akatemian suorittamista. Lisäksi opiskelijalle on mahdollista valita näistä moduuleista myös yksittäisiä kursseja vapaasti valittaviin opintoihinsa. Näin kursseille saadaan varmistettua riittävä opiskelijamäärä, jotta kurssit on mielekästä toteuttaa vuosittain.

Akatemian suorittamiseksi opiskelijan on yksinkertaisesti valittava opintoihinsa kaikki akatemiaan kuuluvat opintojaksot. Pelkkien opintojaksojen suorittaminen ei kuitenkaan riitä, vaan opiskelijalle kirjoitetaan akatemian suorittamisen osoittava todistus vain, jos myös syväoppiminen ja harjoittelu sekä opinnäytetyö jossain yrityksessä toteutuu. Yrityksissä tapahtuva oppiminen tapahtuu yksilöohjauksessa soveltuvan yrityksen tuottamissa projektimaisissa toimeksiannoissa. Syväoppiminen usein tapahtuu myös toimeksiannon antaneen yrityksen toimitiloissa, mutta tilanteen mukaan pyritään myös hyödyntämään SeAMKin Tekniikan yksikön laboratoriotiloja.

Yritysyhteistyön osalta opiskelijan odotetaan olevan aloitteellinen. On opiskelijan vastuulla, että hän järjestää itselleen harjoittelupaikan ja opinnäytetyöpaikan. Digital Factory Akatemialla on toki myös koordinaatio, jonka kautta yritykset voivat toimeksiantoja opiskelijoille välittää. Harjoittelua ja opinnäytetyötä ohjaava opettaja lopulta sitten arvioi akatemian koordinaattorin kanssa yhdessä ovatko harjoittelun ja opinnäytetyön osalta kriteerit täyttyneet Digital Factory Akatemian edellyttämällä tavalla. Jos kriteerit ovat täyttyneet sekä harjoittelussa että opinnäytetyössä,

ja opiskelija on lisäksi suorittanut akatemiaan liittyvät opintojaksot, opiskelijalle kirjoitetaan todistus Digital Factory Akatemian suorittamisesta.

3.2 SAMKin akatemiamallit

3.2.1 SAMKin akatemiamallien yleislinjaukset

SAMKin akatemiaoissa opiskelu on vaihtoehtoinen ja ennalta määritetty tapa suorittaa ja soveltaa koulutusohjelman opetussuunnitelmaa. Opiskelu käynnistyy pääsääntöisesti ensimmäisen opiskeluvuoden jälkeen. Akatemiaoissa aloittaa vuosittain rajattu joukko opiskelijoita. Jokaisesta kunkin akatemian vuosikurssista muodostuu oma opetusryhmänsä.

Opiskelijat valitaan valintaprosessin kautta. Tämä vaihe on havaittu erityisen tärkeäksi toiminnan onnistumisen kannalta. Valintaprosessissa selvitetään opiskelijan kyvykkyys onnistua akatemiamallin mukaisessa opiskelussa. Valinnan sisällölliset kokonaisuudet ovat: 1. oma kiinnostus, 2. opiskelumenestys ja 3. haastattelut.

Akatemiassa opiskelija kerää opintopisteitä (yritys)projektien ja työn opinnollistamisen kautta. Projekteissa ja työssä hankittu osaaminen tunnustetaan ja sijoitetaan opintojaksojen opintopisteiksi tapauskohtaisesti. Projekteihin osoitetaan sekä opettajajavetäjä. Akatemian opettajien rooli on mentoroida, sparrata ja huolehtia projektien etenemisestä. Opettajat ja opiskelijat ovat pääsääntöisesti kampuksella tekemässä projektitöitä klo 9 - 15.

Ydiosaamisista järjestetään muutamien viikkojen intensiivikursseja. Arviointi on kolmikantainen: se sisältää opettajavetäjän ja tilaajan arvion lisäksi opiskelijoiden vertaisarvioinnin. Valmistuttuaan opiskelija saa todistuksen liitteenä Akatemia-diplomin.

3.2.2 Robotiikka Akatemia

SAMKin akatemiaoista ensimmäisenä käynnistyi Robotiikka Akatemia keväällä 2018 (www.robotiikkaakatemia.fi). Koulutus syntyi yritys-elämästä nousseen todellisen tarpeen ratkaisuksi. Mallin hyvä toimivuus aktivoi mallin soveltuvuuden pohdinnan SAMKin muihinkin opetuskokonaisuuksiin. Tältä pohjalta käynnistyi lyhyen ajan sisällä Tekoäly Akatemia ja Sähkö Akatemia. Robotiikka Akatemiaan otetaan vuosittain uusia opiskelijoita noin 20 - 30 kappaletta.

Perinteisen opiskelun sijasta opiskelijat oppivat tekemällä ryhminä erilaisia robotiikan, automaation ja ICT-alan projekteja alueen yritysten kanssa yhteistyössä. Opiskelijat työskentelevät yritysten todellisten automaatioon ja robotiikkaan liittyvien ongelmien sekä kehityshankkeiden parissa. Opiskelijat siis valmentautuvat suoraan työelämän tarpeisiin. Robotiikka Akatemia on alusta asti osoittanut toimivuutensa. Opettajien hyvät työelämäkontaktit ovat olleet toiminnan kantavia voimavaroja. Yrityksiltä saatuja toimeksiantoja on ollut jopa niin runsaasti, että kaikkia ei ole pystytty heti toteuttamaan. Tätä kirjoitettaessa yritys saa oman projektinsa Robotiikka Akatemiaan noin 3 kuukauden viiveellä. Akatemialaiset ovat hyvin näkyvä osa SAMKin toimintaa, opiskelijat osallistuvat myös moniin tapahtumiin sekä toimivat SAMKin ja yhteistyökumppanien välisenä kanavana.

3.2.3 Tekoäly Akatemia

Tekoäly Akatemia eli AI Akatemia on lukuvuonna 2019 - 2020 käynnissä ensimmäistä kertaa. Akatemiaan otetaan vuosittain uusia opiskelijoita 15 - 20 kappaletta. Opiskelijoilla on suoritettuna yksi vuosi opintoja. AI Akatemian ensimmäisenä vuonna noin 1/3 opinnoista on akatemiaopintoja ja 2/3 normaalisti muun ryhmän kanssa suoritettuja opintoja. Seuraavana vuonna painopiste vaihtuu: 2/3 opinnoista on akatemiaopintoja ja enää 1/3 on

muun ryhmän kanssa suoritettavia opintoja. Tämä luo opintojen aikataulutuksen haasteita, ja opetuksen suunnittelutyön yhteistyö opettajien välillä korostuu (esimerkkinä kieliopintojen aikataulutus). Malli edellyttää myös opiskelijoiden sitoutumista valintoihin: aikatauluteknisesti opiskelijan muut opinnot eivät saa mennä päällekkäin akatemian aikataulujen kanssa.

AI Akatemiassa yksi haaste on sisältöjen nopea kehittyminen. Uusien nousevien opintosisältöjen tuominen opetukseen vaatii opetusprosessin tehokkuutta ja opetussuunnitelmien jatkuvaa kehittämistä.

3.2.4 Sähkö Akatemia

Sähkö Akatemia on mallina hieman erilainen kuin SAMKin muut akatemiamallit. Akatemia käynnistyi sähkötekniikan opiskelijoiden ensimmäisellä haulilla vuoden 2018 lopulla. Sähkö Akatemiassa keskiössä on työn opinnollistaminen. Opiskelija työskentelee osan ajasta yrityksessä, ja näin saatu osaaminen tulee osaksi opintoja. Työskentely yrityksissä tapahtuu SAMKin opettajien ohjauksessa.

Akatemiaan valitaan haastattelujen perusteella motivoituneita tällä mallilla opintojen suorittamisesta kiinnostuneita opiskelijoita. Osa opinnoista suoritetaan edelleen normaaliin tapaan päiväopetuksessa. Akatemiaan päästäkseen kahden ensimmäisen vuoden opinnot tulee olla hyvin suoritettu. Akatemian ammattiaineita suoritetaan työn ohessa kolmannen ja neljännen opintovuoden aikana.

Opiskelija ja työnantaja tekevät harjoittelusopimuksen ja työ määrä on yleensä 1 - 3 päivää viikossa. Toiminnan taustalla on myös SAMKin visio: ”jokainen opiskelijamme työllistyy”. Sähkö Akatemia haluaakin edistää kesäharjoittelupaikkojen ja opinnäytetöiden löytymistä.

3.3 Projektipaja ja SeAMKPro

SeAMKin konetekniikan opintoihin kuuluva Projektipaja-konsepti on myös aiheellista nostaa tähän oppimiskonseptien rinnalle. Samoin aiheellista on mainita SeAMKPro-opinnot. Vaikkakaan Projektipaja tai SeAMKPro eivät sellaisenaan sovellu uuden oppimiskonseptin lähtökohdaksi, näitä oppimisformaatteja voi hyvin pitää rajapintana uuden oppimiskonseptin suunnittelemiselle.

Projektipajan toimintalogiikka on lyhyesti se, että jokin yritys antaa projektiaiheen Projektipajan aihevalikoimaan. Useimmiten toimeksiannot kulkevat projektipajaa koordinoivan opettajan kautta tarjolle opiskelijoille valittavaksi. Projektiaiheesta kiinnostuneet opiskelijat muodostavat projektiryhmän, johon yleisimmin kuuluu kolme tai neljä opiskelijaa. Projektin toteuttaminen käynnistyy, kun projektilla on kiinnostunut opiskelijaryhmä. Tämän jälkeen projektille nimetään ohjaava opettaja, ja varsinainen projektin toteuttaminen alkaa aloituskokouksella. Aloituskokouksessa ovat läsnä opiskelijat, ohjaava opettaja ja toimeksiannon antaneen yrityksen edustaja. Tyypillisimmin projektipajaopinto tuottaa opiskelijalle 2 - 4 opintopistettä, vaikka poikkeuksiakin ilmenee. Joka tapauksessa projektit ovat verrattain pieniä. Kokonaisuudessaan jokaisen konetekniikan opiskelijan on kerättävä opintojensa aikana 15 opintopistettä Projektipaja-opinnoista. Tämä tuo Projektipajalle koulutusmallina syvyyttä. Kaikkiaan Projektipajan projekteja toteutetaan konetekniikan tutkinto-ohjelmassa vuosittain kymmeniä.

Periaatteessa SeAMKProssa on vastaavanlainen toimintalogiikka kuin Projektipajassa eli yrityslähtöisiä toimeksiantoja ratkaistaan projekteina opiskelijaryhmissä. Ehkä keskeisimpänä erona on se, että SeAMKPron opiskelijaryhmät ovat monialaisia. Jokaisessa projektissa on tavoitteena olla opiskelijoita SeAMKin eri yksiköistä ja siten projekteihin tulee monialaisempaa osaamista.

Laajemmin sekä Projektipaja-opinnoista että SeAMKPro-opinnoista on kirjoitettu aikaisemmin (Huhtamäki 2010; Juppo & Uusimäki 2018). Molemmat oppimismallit ovat joustava tapa toteuttaa yrityslähtöisiä oppimisprojekteja. Kokonaisuutena ajatellen näiden oppimiskonseptien tuottama opiskelijatyön määrä muodostaa suhteellisen merkittävän ongelmanratkaisuresursin. Osaltaan tätä resurssia voitaisiin käyttää hyväksi myös uuden oppimiskonseptin resurssina.

4 TKI-INTEGROITU OPPIMISKONSEPTI

Suunnitteilla oleva uusi oppimiskonsepti, työnimeltään DigiGrowth Akatemia, yhdistää edellä kuvattujen oppimismallien piirteitä, mutta tuo mukaan myös uusia elementtejä. DigiGrowth Akatemiassa toimeksianto tulee yritykseltä välillisesti, ylemmän AMK-opinnäytetyön kautta. Akatemiaan valitaan opiskelijoita, jotka suorittavat ylemmän AMK-tutkinnon opintoja joko tekniikan tai liiketalouden alalla, ja joiden opinnäytetyöaihe liittyy yrityksen kasvun mahdollistamiseen hyödyntämällä tekoälyä tai digitalisaatiota yleensä. Kyseeseen voi tulla esimerkiksi tuotannon tai markkinoinnin automatisointiin liittyvä projekti.

Perinteisesti ylemmän AMK-opinnäytetyön projektiryhmään kuuluvat opiskelijan lisäksi työn ohjaaja tai ohjaajat sekä toimeksiantannon antaneen yrityksen (yleensä opiskelijan työntekijä) edustaja. DigiGrowth Akatemiassa projektiryhmää pyritään täydentämään sekä SeAMKin muilla asiantuntijoilla että AMK-tutkintoa suorittavilla opiskelijoilla. Näin muodostetut tutkimusryhmät pääsevät syventymään aiheeseen perinpohjaisemmin ja monipuolisemmin kuin perinteisessä ylemmässä AMK-opinnäyttyessä. Liiketalouden ja tekniikan alojen yhteistyö auttaa tunnistamaan ja hyödyntämään toisaalta ratkaisut liiketaloudellisen kasvun esteenä oleviin teknologisiin ongelmiin ja toisaalta digitaalisten

ratkaisujen potentiaaliset liiketoimintahyödyt. Monialainen tutkimusryhmä mahdollistaa digitalisaation etujen ulosmittauksen kasvuyrittäjyytenä. Parhaimmillaan myös tutkimusryhmien välille voi muodostua synergioita.

Elimellisenä osana DigiGrowth Akatemiaan kuuluu myös yhteinen seminaarityöskentely ja tutkimusryhmille tarjottavat yhteiset asiantuntijaluennot ja kuratoidut lähdevinkit, jotka tukevat oppinäytetöiden tekemistä. Näitä tarjotaan kehitettävän Kasvua digitalisaatiosta –opintojakson kautta.

5 LOPUKSI

More startups and Growth through Digitalisation and Artificial Intelligence -hankkeen yhtenä tavoitteena on rakentaa TKI-integroitu oppimiskonsepti digitalisaation, tekoälyn ja kasvuyrittäjyyden osaamisen edistämiseksi. Toisaalta hankkeen merkityksellisenä oheistavoitteena on se, että SeAMK ja SAMK oppivat toisiltaan hyviä käytäntöjä ja rakentavat aikaisempaa laajemmin yhteistyötä. Tässä artikkelissa esitellyt akatemioiden kuvaukset palvelevat molempia näistä tavoitteista. Jo olemassa olevien oppimiskonseptien ymmärtämisen kautta voidaan toisaalta havainnoida konsepteissa olevia puutteita. Esimerkiksi SeAMKissa on tunnistettu sekä Digital Factory Akatemian että Projektipajan osalta kehittämisen mahdollisuuksia. Toisaalta aikaisempaa parempi tilannekuva on myös tuonut tunnetuksi konseptien vahvuudet.

Rakenteilla olevan uuden oppimiskonseptin tavoitteena ei ole korvata aikaisempia oppimiskonsepteja, vaan tavoitteena on rakentaa uusi konsepti eri kohderyhmälle. Siten uuden oppimiskonseptin myötä myös olemassa olevat akademia- ja projektipa-jaoppimiskonseptit saavat lisäarvoa ja niiden toiminta kehittyy

aikaisempaa merkityksellisemmäksi. Uuden oppimiskonseptin suunnitteleminen on kuitenkin vielä kesken. Erityisesti konseptin pilottivaiheen kokemukset ovat vielä saamatta. Pilottivaihe on tarkoitus toteuttaa alkavana lukuvuotena 2020 - 2021. Konseptin voidaan kuitenkin jo tässä vaiheessa todeta olevan ammattikorkeakoulujen oppimiskonseptien kentässä ainutlaatuinen ja avaa aivan uudenlaista rajoja rikkovaa ajattelua TKI-integroidun opetuksen kenttään.

LÄHTEET

Co-operation and Development, Organisation for Economic, Measuring Entrepreneurship. 2009. A collection of indicators. [Verkkojulkaisu]. Ewing Marion Kauffman Foundation Research Paper. [Viitattu 27.5.2020]. Saatavana: <https://ssrn.com/abstract=1581491> tai <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1581491>

Huhtamäki, P. 2010. Projektipaja - eteläpohjalainen insinöörien koulutusmalli. Teoksessa: J. Keskitalo, S. Kolari, J. Roslöf & C. Savander-Ranne (toim.) Insinöörikoulutuksen uusi maailma II: Foorumi 2010 - hyvät käytännöt. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 199 - 203.

Joensuu-Salo, S., Hakola, J., Katajavirta, M., Nieminen T., Liukkonen, J., Pakkanen, J. & Nummela, J. 2017. Pk-yriytsten digitalisaatio Etelä-Pohjanmaalla. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 125.

Juppo M. & Uusimäki S. 2018. FramiPro aluevaikuttajana 2012 - 2018. Teoksessa: S. Päällysaho, J. Latvanen, S. Saarikoski & S. Uusimäki (toim.) Seinäjoen ammattikorkeakoulu monipuolisena vaikuttajana. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja A. Tutkimuksia 30, 54 - 64.

Pajarinen, M. & Rouvinen, P. 2009. Esitutkimus kasvuyrittäjyyden ja kasvuyrityspolitiikan kansantaloudellisesta merkityksestä. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Elinkeinoelämän tutkimuslaitos ETLA. Keskusteluaiheita 1205. [Viitattu 5.4.2020]. Saatavana: <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/2012/09/dp1205.pdf>

Pk-yritysbarometri: syksy 2019. Alueraportti, Etelä-Pohjanmaa. [Verkojulkaisu]. 2019. Helsinki: Suomen Yrittäjät. [Viitattu 5.4.2020]. Saatavana: https://www.yrittajat.fi/sites/default/files/alueraportti_ete-la_pohjanmaa_syksy2019.pdf

Pk-yritysbarometri: syksy 2019. [Verkojulkaisu]. 2019. Helsinki: Suomen Yrittäjät. [Viitattu 5.4.2020]. Saatavana: https://www.yrittajat.fi/sites/default/files/pk_barometri_syksy2019.pdf

Rikama, S. 2015. Digitaalisesti suuntautuneet pk-yritykset. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. [Viitattu 5.4.2020]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-227-959-0>

Rojko A. 2017. Industry 4.0 concept: Background and overview. International journal of interactive mobile technologies 11 (5), 77 - 90.

AUTOMOTIVE ENGINEERING CURRICULUM DEVELOPMENT: DISCOVERING EUROPEAN AUTOMOTIVE ENGINEERING COMPETENCES

Jarno Arkko, M.Sc. (Tech.), Lecturer
SeAMK Technology

Pasi Junell, D.Sc. (Tech.), Principal Lecturer
SeAMK Technology

Hannu Ylinen, M.Sc. (Tech.), Lecturer
SeAMK Technology

1 INTRODUCTION

Fast-paced technological advance is challenging everyone, students, teachers, customers and people overall. It is also challenging to companies, which are struggling. If they can't adapt to latest megatrends and technological applications, the survival is not guaranteed. One good example of the fast-paced evolution of technology can be seen in the automotive industry. It has been the driver of industrial automation and adapted great new applications to manufacture technologically complex products. Now, it is adapting to the changes in energy transfer systems, business models and digitalization on top of the developing manufacturing and process technology.

Fast development cycles are bringing problems to keep up with the engineering education needed to fulfil the requirements of

new technologies. First steps in process of improving the teaching and learning processes is to recognize the needed competences (Nevaranta 2014). To develop the automotive and work machine teaching, school of technology in Seinäjoki University of Applied Science (SeAMK) is planning to start a project, where objectives are to recognize the competences, form a study module and implement it to the curriculum. The project is intended to be carried out with the European partner universities of SeAMK. Along with the development of teaching to match the future need, the project is also intended to enhance the international co-operation of all participating institutions. Furthermore, the network of universities from different European countries will give valuable international view for the development process.

In this article, first automotive technology drivers of technological advance are presented, and after that different power supply technologies including electric and hybrid systems are discussed briefly. In the research part of this article, the planned methodology is presented and the expected outcomes are shortly considered.

2 CONTINUUM OF REVOLUTION IN AUTOMOTIVE TECHNOLOGY

2.1 Drivers of technological advance

Technological drivers are changing societies significantly. As is well known, the industry started to evolve at the beginning of 1800 century. The first industrial revolution was initiated by harnessing steam power and water power. At the second industrial revolution after year 1900, research and education were growing their importance in technical evolution. One of the biggest technical achievements in the second industrial revolution were

engines, internal combustion engine and electric motor. (Schön 2013.) These technological drivers also changed the way how transportation work. The improvements that James Watt made on the steam engine enabled the railway transportation, and similarly internal combustion engine and electric motor made road vehicles possible.

Transportation is growing rapidly due to the rapid improvement of the vehicle and transportation technologies. For example, the highway total length almost doubled in 10 EU member states and grew a third in 15 others between 1990 to 1999. As passenger-kilometers (pkm) are growing all the time, the pollution caused by transportation is becoming a more and more important factor. The type of the emissions and their amount is dependent on the vehicle speed (engine load) and the technology used in its power supply and brakes. Also, one affecting factor is driving dynamic, aggressive driving causes more emissions than calm driving. The contribution of combustion-based emissions to vehicle total emissions have been dropped from 91 % to 75 % between 1992 to 2000. (Ntziachristos & Samaras 2000; Krzyzanowski, Kuna-Dibbert & Schneider 2005.)

As a technological driver, the emission regulations have significantly decreased the emissions of vehicles in all vehicle categories. In the EU, emission regulations (EURO I, EURO II, etc.) must be met in order to sell vehicles in the area of the European Union. As harmful emissions to people are in important role in technological advance, also one important driver is carbon dioxide emissions. Carbon dioxide is known to affect as a greenhouse gas and when its concentration is increasing at atmosphere, the earth surface temperature is rising. Only way to reduce carbon dioxide emissions in combustion processes is to reduce amount of fuel used. (Krzyzanowski et al. 2005.)

2.2 Evolving power supplies

Internal combustion engine. For a very long time, the internal combustion engine (ICE) has been the dominant technology for road transportation. Why is it so? There are no simple answers, but the other technologies have been studied since the automobiles have been constructed. There has not been one superior technology when comparing the technical aspects of different propulsion systems. Good performance and the fast developmental ability to react on the rising problems resulted into situation, in which the surviving technology was selected to be the ruling technology. (Amatucci 2015.)

Technological rivals at early 1900 were gasoline and electric propulsion systems. Gasoline engines were noisy, they had to be hand cranked to start and fuel was relatively expensive. Improvements to previously mentioned problems and beginning of gasoline vehicle mass production by Henry Ford (reduced costs) were declining the use of electric vehicles (Brownstein 2014). From that on, ICE have been the dominant energy source (or transfer system) used in transport systems. These engines can be sorted by used fuel and how fuel is injected to the engine. Sorting can be done also how engine handles air and how the combustion mixing process takes place. As the ICE generates emissions and pollutes air, different kinds of exhaust gas emissions mitigation systems must be installed to fulfil the stringent emission regulations. Big portion of the exhaust gasses are non-harming. An example is carbon dioxide. Harmful gasses coming from the ICE are nitrogen oxides, carbon monoxides and hydrocarbons. Also, other harmful material is emitted from combustion, for example different sizes of particulate matter. (Pesiridis 2014.)

In order to reduce pollution from the ICE, exhaust gas aftertreatment systems have already over 40 years of history. Nowadays, advanced catalytic converters can control emissions highly

efficiently in many different operation conditions (Karamitros, Skarlis & Koltsakis. 2014). Common diesel engine aftertreatment systems are oxidation catalyst, particulate filter, lean Nox trap and selective catalytic reduction. Every system has its own purpose and they work in cooperation with the engine combustion process and its subsystems. (Günther & Kiiskinen 2018.)

Electric and hybrid vehicles. For a surprise for some, electric powered vehicles have been developed even more early than first diesel engine applications. Liquid fuels were relatively rare still at the end of nineteenth century, so electric power supply was one interesting propulsion system to research. Electric powered vehicles date back to 1838 in form of locomotive (Robert Davidson) and carriage (Robert Anderson). Lead-acid storage battery was introduced first time in 1859 by French physicist Gaston Plante and is used still today. Little more than 30 years later, first successful electric powered automobile was built by William Morrison. Electric powered vehicles held many speed and long distance records in 1900 and they could do 120 km without refuelling. (Brownstein 2014.)

Batteries have a very important role in the electric vehicles. Even Thomas Edison was bringing his efforts in designing batteries that have more capacity in the use of automobiles. Some improvements were done to alkaline batteries and as we can see nowadays, Edison was already approximately 100 years ahead of his time. The first hybrid vehicle was introduced by Ferdinand Porsche: the combustion engine combined with an electric powertrain. The purpose of the ICE was to recharge the batteries. Hybrid vehicles powertrain can be designed in different ways, there are also plug-in hybrids that can be charged from the power grid. It is important that the hybrid and purely electric vehicles can charge the battery with regenerative braking. This results in better fuel economy in the hybrid and better range in the electric vehicles. (Brownstein 2014.)

Fuel cell. A powertrain containing fuel cell technology could be thought to be a hybrid vehicle. Like the electric vehicles, it is nothing new, the first innovations were made in 1838. In the fuel cell, as the name states, there is fuel to consume, which is most commonly hydrogen. In the fuel cell, hydrogen reacts with oxygen or air. As a by-product, water is generated in the process. When the process is in its optimal state, 40 - 60 % of energy efficiency can be achieved. In the vehicles, tank-to-wheels efficiency can be over 45 % at low loads. When taking into consideration storage, shipping and other losses, efficiency can drop to be as low as 22 %. Good sides of the fuel cell vehicles are the lack of local pollution and low price of natural gas, hydrogen. The refuelling network is under construction in many nations across the world. (Brownstein 2014.)

Natural gas. The vehicles that use natural gas can be divided into three different categories: dedicated, dual feed and bi-fuel systems. For reference, usually heavy-duty vehicles are using either dedicated or dual feed systems and lighter vehicles bi-fuel systems. Gas must be stored in the vehicles in heavy storage containers at 200–250 bar pressure. Usual the form of natural gas is pressurized, stated as CNG or LNG. For comparison, CNG has better energy density than LNG, making it more popular in the use of long-haul vehicles. LNG is basically the same methane-containing material as CNG but it has been liquified to store in greater volume. LNG is a good option when transporting natural gas to the locations where there is no pipeline. One downside of the gas-powered vehicles is the cost. They tend to cost more than the conventional gasoline or hybrid vehicles. The other downside is the refill network that is only partial in many countries. The use of natural gas in vehicles can lower the “well-to-wheel” greenhouse gas effect significantly. (Brownstein 2014.)

2.3 Survival of the fittest

From the dawn of time, different technologies have been fighting for foothold. For example, AC and DC, Blu-Ray and HD-DVD or maybe iOs and Android? One thing is for sure: the automotive sector is going through a fast-paced evolution which will also change the way people think about transportation overall. New business models are created where mobility is shared and the transport technology is optimized. Automotive manufacturers must react to the changing consumer behaviour and thoughts about mobility. Travelling might only be made when it is compulsory, and goods or services would be delivered to the customer. Owning a private car can be discouraged in the future and commuting is made with public transport or joint mobility systems, like shared automobiles or so. How will the transport systems develop? That question is a sum of multiple factors. Questions are: How will city network develop? How consumers think about owning a private car? How will the technology of the power supply and the energy storage develop? Where do people live in the future? As you can already tell, the answers to some of those questions vary depending where you are geographically living.

What technology of energy transfer system will prevail others in the terms of transportation? The technologies of the future are already here and have been for long time. The only things that are missing are the adequate energy storage and distribution systems. With the electric cars, the important factor for diverse use is the range it is capable of. Also, if (and when) electric cars are becoming more popular and supersede the ICE cars, how will the electric grid and the power plants handle that? Also, the charging network is one important factor in the success of the electric cars. In the fuel cell technology, the fuel network is an important factor too. The fuel cell cars perform better than electric cars in the range perspective. For example, Toyota Mirai have an estimated range of 480 km and refuelling is estimated

to last 3 to 5 minutes. The significant questions are how the hydrogen is produced, how much energy it will take, and how the technology will develop to enable the use of less precious metals in manufacturing the reaction cells. The natural gas vehicles are in a good situation at the moment: fuel is generated and new innovations to extract it from various sources are presented. Gas in different forms can be used in the IC engines with little modifications. Downside is that the ICE is not pollution free, not even with the gas used as a fuel. It is a possible short-term solution for the locations lacking the ability to generate an electric charging network. The gas-powered cars are also more expensive than the regular ICE vehicles.

3 RESEARCH FOR THE COMPETENCES

The quite rapidly evolving technology poses a challenging problem for the automotive and work machine engineering education curricula. The higher education institutions have to consider what kind of new knowledge and competences the students have to have in order to be productive after graduation. Furthermore, the older technology is not disappearing from the market that quickly. For instance, the average lifespan of a car is over 10 years in Finland. This leads into a situation where old and new technologies are both in use simultaneously. Naturally, this is always the case as technology advances, but the problem seems to emerge in a pronounced manner in the current state of vehicle technology.

The above-mentioned fast pace of technology development is expected to continue in the near future. Therefore, the engineering curriculum should also be under constant development. A design science approach is intended to be used in order to initiate the curriculum development process at SeAMK and also at the partner universities that participate the research and develop-

ment. The next chapter briefly describes the design science and its educational variant.

3.1 The design science research approach

The research approach of design science is well suited to the scientific study of the challenging problems that arise here. It is obvious that new scientific knowledge is needed in the vehicle technology education as the operation environment is under fast development. The development comes from both sides, from the side of the actual technology and also from the teaching technology side. The design science research (DSR) is also well suited for engineering education research because the main body of the development is similar to engineering approach on different fields of development. This makes the application of DSR easier for engineering teachers compared to other possible research paradigms.

The basic idea of the DSR is presented in figure 1. The figure is adjusted based on Hevner's (2007) model of the three cycle view of the DSR. As a scientific paradigm, the DSR is quite novel compared to other research paradigms. However, the paradigm has already reached good degree of maturity and it has been utilized in various disciplines. Like the other paradigms, the DSR is not just one way of doing science, but different DSR variations have been used in the literature. From the thematic perspective of this article, the most interesting variations are the Educational Design Research (EDR) variants of the DSR. Hence, the adjustment of the Hevner's model can be justified.

In figure 1, the design cycle of the DSR is in the middle of the image. On the left side, the environmental factors are presented. These make the design relevant as the design should always draw its motivation from real-world problems. In this case, the relevant knowledge is drawn from the available modern vehicle and teach-

ing technologies, and these bring the background knowledge for the design cycle. The additional knowledge is of course the students' and teachers' conceptions and previous understanding of the environment. Additionally, knowledge is acquired from the other stakeholders and scientific communities. In the figure 1, the scientific knowledge is on the right-hand side knowledge base. In teaching, the environmental and scientific knowledge bases overlap to some extent. A good example of this overlap is the virtual reality application on teaching. The teaching technology has been in use for some time, but the scientific understanding of its use is still not yet fully established.

The design cycle combines the understanding of the environmental factors and knowledge from the knowledge base and these are then utilized to design an artifact, which is intended to fulfill the needs of the involved students and teachers. In practice, for instance, the artifact is a new delivery mode for teaching or an updated content in a new study course format. In the original Hevner's idea, the relevance and rigor form separate cycles aside the design cycle (Hevner, 2007). Naturally, relevance and rigor have to be ensured. In the adjusted idea, the relevance and rigor reviews are intended to be included in the design cycle. For instance, in order to create scientific knowledge of a new teaching delivery mode, the design of the delivery mode has to be rigorous.

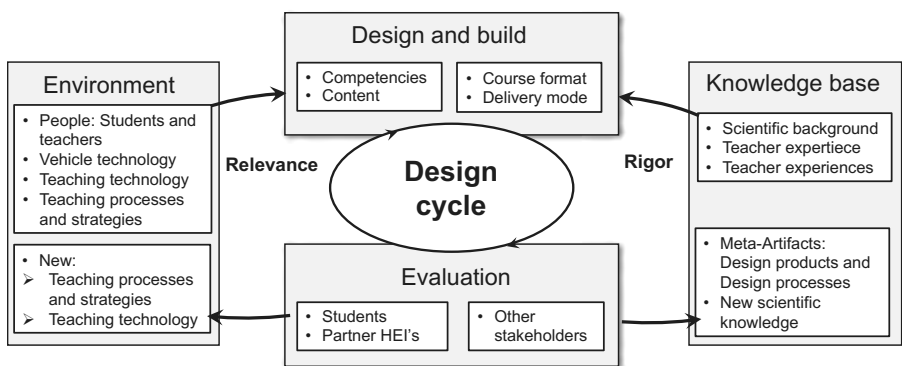


Figure 1. Adjusted design science research approach.

The design cycle includes inherently the evaluation of the artifact. Typically, in the DSR, the design cycle contains a risk of personnel double roles. The designer is easily the same person who is doing also the evaluation. In the present case, this problem is solved by using the students and the companion institutions' personnel as evaluators. At the end, the DSR's research side is fulfilled by publishing the results for scientific criticism and thus increasing the scientific community's knowledge base. The design process also advances the learning environment by producing new teaching strategies and technologies.

Despite the DSR description above, the research paradigm that will be used is still under consideration. It is still possible that some EDR features are incorporated into the used paradigm. As mentioned above, the DSR or EDR are not just one way of conducting research, but there is a multitude of variations (Anderson & Shattuck 2012). Recently also Lehtonen, Jyrkiäinen and Joutsenlahti (2019) reviewed the different ways of conducting EDR from 21 Finnish doctoral dissertations. Lehtonen et al. (2019) made seven suggestions to be considered when planning further use of EDR, and some of these are still under consideration. For instance, the data collection methods are not yet decided, and the evaluation of possible data sources are not yet done. These are important choices in the sense of reliability and validity of the research, and these decisions may also affect the research paradigm.

3.2 Expected outcomes

As the competences have been surveyed, subjects can be implemented to the curriculum in form of an independent study module. The study module contains from 3 to 5 courses, which can be accomplished also online in multiple universities. That can also encourage students from the partner universities to take part to the study module and start the exchange process. Overall

study material quality will rise as all participating parties bring their expertise and point of view to teaching.

Overall students that go through the study module will have a broader aspect of sustainability in vehicle design, manufacturing and aftermarket processes. The desired result would be that graduated students can understand the importance of sustainability concepts and can weight different options with an ethical and environmentally sustainable way.

4 CONCLUSIONS

From the dawn of automobiles, different systems to transfer the energy to moving body of vehicle have been studied and piloted. Many technologies have been invented long time ago. Now, when it seems that the long reign of the internal combustion engines is starting to crumble, many of those technologies emerge from the past. Of course, those technologies have been developed in the course of time, but now different manufacturers are implementing them in their products. The technological drivers are pushing engineers and vehicle manufacturers to the limit. It is also challenging to the educational institutes, who are educating new students to automotive sector. The curriculum that is 10 years old, is irretrievably out of date. Actions must be made to update and maintain the appropriate level of education. That can be overwhelming to one institute, but with joint actions it can be achieved. For sure, many universities have their expertise and interests in this subject. By harnessing knowledge from different European universities and delivering it to students, the gap between the summit (and the future) of automotive technology and the base curriculum of the education can be narrowed.

The development of teaching, from individual study courses up to curriculum level, is a major task to be taken. The development

has been decided to be made within the framework of research, into which several partner universities participate. In this way, the strengths of all universities can be harnessed in the development. Simultaneously, the research brings out the latest knowledge of the topic and significantly increases also the competence of the participating personnel.

BIBLIOGRAPHY

Amatucci, M. 2015. The world that chose the machine: an evolutionary view of the technological race in the history of the automobile. *International journal of automotive technology and management* 15 (1), 43 - 62.

Anderson, T. & Shattuck, J. 2012. Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational researcher* 41 (1), 16 - 25.

Brownstein, A. M. 2015. Renewable motor fuels: The past, the present and the uncertain future. [E-book]. Oxford: Butterworth-Heinemann. [Ref. 7 May 2020]. Available in ProQuest Ebook Central. Registration required.

Günther, H. & Kiiskinen, J. 2018. Pakokaasujen jälkikäsitelly dieselmoottoreissa: Hiukkassuodattimet, (SCR-)katalysaattorit, järjestelmätestaus. Helsinki: Autoalan koulutuskeskus.

Hevner, A., R. 2007. A three cycle view of design science research. *Scandinavian journal of information systems* 19 (2), 87 - 92.

Karamitros, D., Skarlis, S. A. & Koltsakis, G. 2014. Exhaust gas aftertreatment technologies and model based optimization. In: A. Pesidiris (ed.) *Automotive exhaust emissions and energy recovery*. [E-book]. New York: Nova Publishers, 131 - 171. [Ref. 7.5.2020]. Available in Ebsco eBook Collection. Registration required.

Krzyzanowski, M., Kuna-Dibbert, B. & Schneider, J. 2005. Health effects of transport-related air pollution. Copenhagen: WHO Europe.

Lehtonen, D., Jyrkiäinen, A., & Joutsenlahti, J. 2019. A systematic review of educational design research in Finnish doctoral dissertations on mathematics, science, and technology education. *LUMAT: International journal on math, science and technology education* 7 (3), 140 - 165.

Nevaranta, J. 2014. Competence needs and a model for the teaching: Strategy development of mechanical designers in product development. Tampere: Tampere University of Technology. Diss.

Ntziachristos, L. & Samaras, Z. 2000. Speed-dependent representative emission factors for catalyst passenger cars and influencing parameters. *Atmospheric environment* 34 (27), 4611 - 4619.

Pesiridis, A. (ed.) 2014. Automotive exhaust emissions and energy recovery. [E-book]. New York: Nova Publishers. [Ref. 14th April 2020]. Available in Ebsco eBook Collection. Registration required.

Schön, L. 2013. *Maailman taloushistoria: teollinen aika*. Tampere: Vastapaino.

VIRTUAALISTEN OPPIMISYMPÄRISTÖJEN HYÖDYNTÄMINEN INSINÖÖRIKOULUTUKSESSA - CASE: LIIKKUVIEN TYÖKONEIDEN OPETUS

Hannu Ylinen, DI, lehtori
SeAMK Tekniikka

Jarno Arkko, DI, lehtori
SeAMK Tekniikka

Pasi Junell, TkT, yliopettaja
SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTO

Korkean opiskelumotivaation ja hyvien oppimistulosten välinen yhteys on yleisesti tiedossa. Insinöörikoulutuksessa erityisesti autenttisten oppimisympäristöjen on todettu olevan yksi tärkeimmistä tekijöistä, joka lisää opiskelumotivaatiota. Opiskelu aitojen laitteiden ja koneiden parissa ei aina ole kuitenkaan mahdollista. Turvallisuuteen, kokoon, hintaan tai saatavuuteen vaikuttavat seikat estävät usein oikeiden laitteiden ja koneiden käytön opetushavaintomalleina.

Todellisuutta simuloivien, aidonkaltaisten oppimisympäristöjen kehittämiseksi on tehty paljon tutkimusta ja tuotekehitystä. Yksi tapa toteuttaa tällainen ympäristö on virtuaalitodellisuus, virtual reality (VR). Tämän artikkelin tavoitteena on kuvata metsäkoneen

nosturin ja harvesteripään rakenteen ja toimintojen opiskeluun toteutetun VR-ympäristön käyttökelpoisuutta työkonetekniikan insinöörikoulutuksen kontekstissa. Artikkelissa kuvataan, kuinka opiskelijat kokivat VR-ympäristön käytön opetuksessa. Opettajan näkökulmasta keskitytään niihin seikkoihin, joihin täytyy kiinnittää huomiota suunniteltaessa opintojaksoa, joka hyödyntää VR-teknologiaa. Saadun palautteen perusteella pohditaan mitä mahdollisuuksia VR-ympäristöllä on lisätä opiskelumotivaatiota ja sitä kautta parantaa oppimistuloksia.

Tausta-aineisto on koottu pääosin insinöörikoulutuksen tutkimusta käsittelevistä tieteellisistä artikkeleista, keskittyen auto- ja työkonetekniikkaan liittyviin tutkimuksiin ja opetuskokeiluihin. Maailmanlaajuisesti VR-oppimisympäristöjä tutkitaan paljon, mutta Suomessa, varsinkin insinöörikoulutuksessa, tutkimus on vielä vähäistä. Empiirisessä osassa on hyödynnetty auto- ja työkonetekniikan opettajien sekä opiskelijoiden kokemuksia VR-ympäristön käytöstä yhden lukuvuoden aikana. Tutkimusaineisto kerättiin teknisten kysymyslomakkeiden, palautelomakkeiden ja ryhmäkeskustelujen muodossa.

Artikkelin rakenne on seuraava: Kappaleessa 2 esitellään VR-teknologiaa yleisesti, keskittyen sen mahdollisuuksiin ja haasteisiin insinöörikoulutuksessa. Kappaleessa 3 esitellään työkonetekniikan opetuksessa käytetty VR-ympäristö ja siitä saatuja kokemuksia. Kappaleessa 4 esitetään yhteenveto ja ajatuksia tulevista jatkotutkimusaiheista.

2 VIRTUAALITODELLISUUS INSINÖÖRIKOULUTUKSESSA

Teknologian merkitys opetuksessa on tänä päivänä suurempi kuin koskaan aikaisemmin. Uudet sukupolvet insinööriopiskelijoita aloittavat korkeakouluopinnot varustettuna hyvillä tietoteknisillä

taidoilla. Heillä on suuret odotukset sen suhteen, että oppilaitos käyttää nykyaikaisia menetelmiä tulevaisuudessa tarvittavien työelämätaitojen opettamiseen. Nämä teknologiset haasteet edellyttävät korkeakouluja kehittämään opetustaan ja omaksu- maan uusien opetusvälineiden käytön.

Insinöörin ammatin harjoittaminen vaatii usein käytännönlä- heistä osaamista. Matemaattis-luonnontieteellisen pohjaan perustuva koulutus pyrkii antamaan opiskelijoille eväät ratkaista käytännönläheisiä ongelmia teknillistieteellisellä otteella. La- boratorioharjoitukset ovatkin olleet kautta aikain keskeinen osa insinöörikoulutusta (Feisel & Rosa 2005). Insinöörikoulutukselle on ominaista, että teoreettisen opetuksen rinnalla on tarve har- joitella käytännön taitoja tulevia työtehtäviä varten (Makarova, Pashkevich & Shubenkova 2018).

Laboratorioympäristössä opiskelijoilla on mahdollisuus oppia tekemällä ja yhdistää teoreettiset pohjatietonsa käytännön rat- kaisuihin.

Yksi lupaava menetelmä oppimisympäristöjen toteuttamiseksi on virtuaalitodellisuus. Merriam-Webster-sanakirja määrittelee virtuaalitodellisuuden tietokoneen luomaksi keinotekoiseksi ympäristöksi, joka koetaan aistinvaraisten kiihokkeiden kautta ja jossa käyttäjän tekemät toiminnot vaikuttavat tapahtumiin (Merriam-Webster 2020). Tällä hetkellä virtuaalitodellisuutta käytetään laajasti niin koulutuksessa, harjoittelussa kuin tut- kimuksessakin (Stuchlikova ym. 2017). Virtuaalitodellisuuden käyttö tapana välittää tietoa on kasvanut nopeasti. Teknologia mahdollistaa aidontuntuisen kokemuksen sekä yhdistää opiskeli- joiden kyvyt käyttää nykyajan tietotekniikkaa ja opettajien tarpeet luoda motivoivia oppimisympäristöjä (Jiang, Zhi & Xiong 2019).

Tekemällä oppiminen on todettu yhdeksi tehokkaimmista tavoista omaksua uutta tietoa (Laseinde ym. 2016). Koska VR-sovellus tarjoaa opiskelijoille mahdollisuuden tutustua laitteisiin ja ko-

neisiin aidonkaltaisessa ympäristössä, joissa omilla liikkeillä ja valinnoilla voi vaikuttaa ympäristön tapahtumiin, on sen avulla tapahtuva opiskelu luokiteltavissa tähän kategoriaan. VR-ympäristö tarjoaa mahdollisuuden opiskella esim. monitekniisten laitteiden rakennetta ja toimintaa pienemmillä kustannuksilla ja turvallisemmin, verrattuna aitoon ympäristöön. VR-ympäristössä tehdyistä virheistä ei myöskään aiheudu peruuttamattomia seurauksia itselle tai ympäristölle.

Tieto- ja viestintätekniiikan integrointi luokkahuoneessa tapahtuvaan opetukseen ja oppimiseen on haastava tehtävä opettajalle. Yksi 2010-luvun merkittävimpiä muutoksia korkeakouluopetuksessa on ollut opetusteknologioiden kasvanut käyttö. Kehittyneet opetus- ja oppimisteknologiat ovat tuoneet paljon uusia mahdollisuuksia mutta myös haasteita. Opettajan kannalta teknologiatuettujen opintojaksojen suunnittelu ja toteutus nykypäivän opiskelijoille voi olla haastavaa, koska heidän tulisi pysyä räjähdysmäisen nopean teknologisen kehityksen vauhdissa (Koh ym. 2015). Haastetta opintojaksojen suunnitteluun on lisännyt myös laajalti käyttöön otettu konstruktivistisesti suuntautunut opetus.

VR-ympäristöjen käyttö opetuksessa on kustannustehokas ja tuloksellinen tapa oppia. Se lisää motivaatiota opiskeluun ja sillä voidaan täsmällisemmin kuvata fysikaalisia ilmiöitä, prosesseja ja piirteitä, kuin muilla tunnetuilla menetelmillä. Se myös mahdollistaa äärimmäiset suurennokset kohteesta ja toisaalta etäältä tarkastelemisen, jolloin myös kokonaisuus hahmottuu paremmin. (Stuchlikova ym. 2017.)

Ongelmiakin toki on. Uudet mahdollisuudet tuovat usein mukanaan myös riskejä ja vaaroja. Suurimmat haasteet liittyvät VR-ympäristöjen käyttäjilleen aiheuttamiin fyysisiin ongelmiin. Käytön jälkeen on havaittu esim. stressiä ja ahdistuneisuutta (Stein 2016). Lisäksi useissa tutkimuksissa on raportoitu pahoinvoinnista, silmänsärystä, päänsärystä, kalpeudesta ja hiko-

lusta (Stuchlikova ym. 2017). Tutkijat eivät ole vielä yksimielisiä virtuaalitodellisuuden aikaansaamista reaktiosta aivoissamme. VR-ympäristössä saamme sekä näkö että kuuloaistimme kautta ärsykeitä, jotka kertovat meille liikkeestä, mutta liikeaistimme eivät anna vastaavia tuntemuksia. Tämä aiheuttaa helposti pahoinvointia. Teknologian ja sovellusten kehitys on kuitenkin vähentänyt näiden oireiden määrää. Toki tekniikan laajamittainen käyttöönotto voi suuremmassa kuvassa tuoda mukanaan myös muita ei-toivottavia ilmiöitä, kuten sosiaalisen kanssakäymisen vähenemistä ja sitä kautta syrjäytymistä.

Toinen ongelmakenttä on laitteistojen hankinnan ja käytön aiheuttamat kustannukset oppilaitoksille. Huolimatta laitteistojen hintatason laskusta, niiden hankintakustannukset ovat edelleen korkeat. Lisäksi laitteisto vaatii käytön aikana tilaa, joten tilaresurssin riittävyys voi tulla ongelmaksi. Myös opettajien teknologinen osaaminen voi olla käyttöönottoa rajoittava pullonkaula. Uuden laitteiston käytön opiskelu vaatii aina oman aikansa. Oppilaitoksen tarjoamat tukipalvelut korostuvat tällaisten laitteistojen käyttöönoton yhteydessä.

Ajatus siitä, että VR-tekniikan käyttö vähentäisi opettajan roolia oppimisen ohjaajana, on virheellinen (Jiang ym. 2019). Opettajan täytyy edelleen johtaa opiskelua ja varmistaa oppimisen toteutuminen. Vaikka VR-ympäristö vapauttaa fyysisten opetushavaintomallien hankkimiselta ja niiden käytön opiskelulta, vaatii laitteiden menestyksellisen integrointi opetukseen paljon suunnittelua ja osaamista. Opettajien tulisikin aktiivisesti hakea uutta tietoa ja opetella uusien opetusteknologioiden käyttöä. Tutkiva ote myös edesauttaa ja madaltaa kynnystä uusien opetusmenetelmien käyttöön.

3 CASE: VR LIIKKUVIEN TYÖKONEIDEN INSINÖÖRIKOULUTUKSESSA

Tutkimus- ja tuotekehityspanostukset sekä innovointi ja toisaalta globaalit markkinointiponnistukset ovat synnyttäneet Suomeen vahvan ”Liikkuvat työkoneet” -liiketoimintaekosysteemin, jonka viimeisintä teknologiaa ja huippuosaamista hyödyntävät tuotteet ovat saavuttaneet johtavia markkina-asemia maailmassa. Alan koulutus on kehittynyt markkinoiden ja yritysten tarpeita seuraten ja osaltaan ollut tukemassa menestystä. (Tirkkonen 2018.)

Korkeakouluympäristössä liikkuvien työkoneiden koulutus on lähtökohtaisesti ollut teoriaopetusta. Toki yksittäisten osien tai osakokonaisuuksien tutkiminen käytännön harjoitusten yhteydessä on ollut mahdollista, mutta kokonaisten koneiden korkea hinta on rajoittanut niiden hankkimista laboratorioympäristöön. Monet liikkuvat työkoneet ovat myös mitoiltaan suuria, joten niiden tutkimiseen sisätiloissa on usein rajalliset mahdollisuudet. Ongelma ei rajoitu pelkästään korkeakouluympäristöön. Vaikka keskiasteella koneita on usein hankittu käytännön ajoharjoittelun tarpeisiin, niiden riittävyys teknisen perusopetuksen toteuttamiseen on ollut ongelmallista. Tähän ongelmakenttään on herännyt useampi suomalainen työkonevalmistaja.

Ratkaisua edellä kuvattuun ongelmaan on haettu uusista opetus-tekniologioista. VR tarjoaa mahdollisuuden tuottaa aidonkaltaisia oppimisympäristöjä ja tähän mahdollisuuteen ovat työkonevalmistajat rohkeasti tarttuneet. Kuten edellä on todettu, monet suomalaiset työkonevalmistajat ovat teknologisesti markkinajohtajia. Sama on nyt nähtävissä koulutuksen saralla, sillä opetustarkoituksiin on kehitetty alan etulinjassa VR-sovelluksia. Tekniikan käyttöönottoa on helpottanut 3D-suunnittelun laaja hyödyntäminen työkoneiden suunnittelussa, jolloin virtuaalimallien vaatimat rakennekuvat ovat olleet jo pitkälti olemassa.

Yksi tällainen VR-oppimisympäristö on Ponssen kehittämä sovellus metsäkoneen nosturin ja harvesteripään rakenteiden opiskeluun. Sovelluksessa opiskelija voi purkaa itsenäisesti nosturin ja kaksi erilaista harvesteripäätä. Harjoitukset voi tehdä ohjattuna, jolloin ohjeet toiminnalle annetaan puheen muodossa, kuulokkeiden kautta. Opiskelija voi myös toimia halutessaan täysin itsenäisesti ja purkaa rakenteet ilman ohjausta. Jokaisen irrottamansa osan kohdalla opiskelija voi myös kuunnella ko. osan toimintakuvauksen ja saa lisätietoa sen rakenteesta. Kuvaus on mahdollista kuunnella useaan otteeseen ja myös lukea infotaulujen kautta. Lisäksi opiskelija voi käyttää halkileikkaustyökälua, joka mahdollistaa osan sisäisen rakenteen, esim. laakeroinnin ja öljykanavien, tarkastelun.

Oppimisympäristössä käytetty laitteisto on HTC Viven VR-ympäristö. Se pitää sisällään keskussyksikön, langalliset VR-lasit, kaksi käsiohjainta ja kaksi majakkaa. VR-sovellukset vaativat keskussyksiköltä ja näytönohjaimelta runsaasti laskentatehoa, joten niiden suorituskykyyn on laitteistoa hankittaessa syytä kiinnittää huomiota. Majakoiden tehtävä on paikantaa käyttäjän sijainti ja liikkeet tilassa, jolloin VR-ympäristön reagointi käyttäjän liikkeisiin mahdollistuu. Kuvassa 1 opiskelija tutkii nosturin rakennetta.



Kuva 1. Opiskelija VR-ympäristössä (kuva: Roni Kuru 2020).

3.1 Tutkimusmenetelmä

Seuraavassa kuvattava tutkimus on osa laajempaa kokonaisuutta, jossa tutkitaan VR-ympäristön käytettävyyttä insinöörikoulutuksessa. Tässä vaiheessa tutkimusta tavoitteena oli testata ympäristön toimivuutta yleisellä tasolla ja etsiä sopivia tapoja integroida VR-opetus auto- ja työkonetekniikan suuntautumismuutoksen opetuskokonaisuuteen.

Ponsen VR-ympäristöä hyödynnettiin työkonetekniikan opetuksen yhteydessä lukuvuonna 2019 - 2020. Käytännössä harjoitteet sisällytettiin auto- ja työkonetekniikan laboriokurssien yhteyteen. Laboriokurssilla opiskelijat jaetaan muutaman opiskelijan pienryhmiin, jotka tekevät yhden laboriotyön per opetuskerta. Opetuskerran kesto oli yleensä kolme oppituntia.

Oppimistehtävän päätavoitteena oli oppia metsäkoneen nosturin ja harvesteripään rakenne ja toiminta. Tehtävän tehtyään

opiskelijan tulisi pystyä nimeämään ko. osakokonaisuuksien pääkomponentit ja selittämään niiden tehtävät ja toimintaperiaatteet. Toisena oppimistavoitteena oli tutustua VR-ympäristön laitteisiin, käyttöönottoon ja käyttöön, sekä tutustua sen mahdollisuuksiin teknisissä koulutuksissa. Tehtävän jälkeen opiskelijan tulisi pystyä siis nimeämään VR-laitteiston pääosat ja ottamaan laitteisto käyttöön. Lisäksi opiskelija tulisi pystyä arvioimaan VR-ympäristön mahdollisuuksia teknisten koulutusten yhteydessä. Tämän tavoitteen taustalla oli halu madaltaa opiskelijoiden kynnystä hyödyntää VR-teknologiaa tulevissa työtehtävissään.

Oppimistehtävä alkoi opettajan ohjauksella, jossa käytiin yhteisesti läpi laitteiston kokoonpano. Samalla opettaja selvitti, oliko ryhmän jäsenillä entuudestaan kokemusta VR-ympäristöjen käytöstä. Seuraavaksi laitteisto otettiin käyttöön eli tehtiin tarvittavat kytkennät ja kalibroitiin ohjaimet. Ohjelman käyttöönotto vaati myös tilan kalibroinnin, jonka yhteydessä määritetään lattiataso ja käytettävissä oleva lattiapinta-ala. Näiden toimenpiteiden jälkeen käytiin vielä opettajan ohjaamana läpi ohjelman käyttöliittymä ja toiminnallisuudet. Ryhmälle annettiin lomake, joka sisälsi kysymyksiä nosturin ja harvesteripään rakenteesta. Lisäksi jokainen opiskelija sai henkilökohtaisen VR-ympäristön käyttöä opetuksessa koskevan palautelomakkeen, johon heitä pyydettiin vastaamaan oppimistehtävän jälkeen. Heille myös kerrottiin ryhmähaastattelusta, joka olisi lomakkeiden palautuksen yhteydessä. Tämän jälkeen opettaja poistui tilasta ja opiskelijat saivat alkaa omatoimisesti käyttämään sovellusta. Mikäli työskentelyn aikana ilmeni ongelmia tai tarvetta ohjaukselle, opiskelijat ohjeistettiin ilmoittamaan siitä viereisessä tilassa työskentelevälle opettajalle.

Koska käytettävissä oli vain yksi VR-laitteisto, yksi opiskelija kerrallaan pystyi käyttämään virtuaaliympäristöä. Käytännössä ryhmä sopi keskenään VR-jaksojen pituudet ja vaihtoivat laitteiston käyttäjää sopivin väliajoin. Ryhmän muut jäsenet pystyivät

kuitenkin seuraamaan tapahtumia valkokankaalle heijastetun kuvan kautta. Samalla he kirjasivat vastuksia teknisiin kysymyksiin, huolehtivat johdoista ym. käyttäjää vaarantavista tekijöistä ja opastivat laitteistoa käyttävää opiskelijaa valkokankaan kuvan perusteella.

Teknisen kysymyslomakkeen tavoitteena oli ohjata opiskelijat yhdessä miettimään tutkittujen osakokonaisuuksien osia ja toimintoja. Tämä siis tapahtui työn edetessä, joten opiskelijoille tarjoutui mahdollisuus keskustella ja jakaa ajatuksiaan kysymysten vastauksista. Osalle rakenteet ja toiminnot olivat jo entuudestaan tuttuja, jolloin he pystyivät jakamaan osaamistaan.

Henkilökohtaisen palautelomakkeen tavoitteena oli taas saada tietoa VR-ympäristön soveltuvuudesta insinöörikoulutukseen. Opiskelijat arvioivat oppimisen innostavuutta, mielekkyyttä, uppotumista tehtävään ja oppimisen laatua. Lisäksi he arvioivat teknisen toteutuksen toimivuutta sen eri osa-alueilla. Tavoitteena oli myös selvittää, miten he kokivat ympäristön fyysisesti, eli aiheuttiko työskentely pahoinvointia tai muita epämiellyttäviä tuntemuksia.

Työn päätteeksi olleessa ryhmäkeskustelussa opettajalle tarjoutui tilaisuus arvioida oppimista kysymällä teknisessä lomakkeessa olleita kysymyksiä uudelleen ja esittämällä tarkentavia kysymyksiä oleellisiksi kokemistaan seikoista. Samalla opettaja sai hyvän kokonaiskuvan opiskelijoiden asennoitumisesta uudentyyppiseen laboratoriotyöhön.

3.2 Tulokset

Laboratoriotyön suoritti lukuvuoden aikana kuusitoista ryhmää. Kuusi ryhmää oli insinööriopintojen neljännellä vuosiluokalla, kahdeksan ryhmää toisella vuosiluokalla ja neljä ryhmää oli vaihto-opiskelijoita eri maista. Oppimistehtävän suorittaneiden opiskelijoiden lukumäärä oli kokonaisuudessaan kuusikymmen-

täyhdeksän, joten opiskelijoita per laboratoriotyö oli keskiarvona 4,3. Useimmiten ryhmäkoko oli neljä opiskelijaa, mutta myös kolmen ja viiden opiskelijan kokoonpanoja oli käytössä. Palautetta työstä kertyi siis riittävä määrä kokonaiskuvan muodostamiseksi. Osassa kysymyksiä pyydettiin arvioimaan oppimisympäristöä asteikolla 1 - 5 eri näkökulmista. Osa kysymyksistä oli taas luonteeltaan avoimia, joten opiskelijat saivat kertoa vapaasti mielipiteensä asiasta. Lomakkeiden tuloksena saatiin siis sekä määrällistä, että laadullista aineistoa analysoitavaksi. Seuraavissa kappaleissa on kuvattu tuloksia yhteenvedonomaaisesti.

Palautelomakkeen alussa opiskelijoita pyydettiin vertailemaan VR-opiskelua perinteiseen luokkahuoneopetukseen asteikolla 1 - 5. Asteikossa arvosana 1 tarkoitti luokkahuoneopetuksen paremmuutta, kun taas arvosana 5 merkitsi VR-opetuksen olevan parempi vaihtoehto kysytystä näkökulmasta. Arvosanalla kolme ympäristöt vertautuivat samanarvoisena. Yleisesti ottaen opiskelijat kokivat VR-ympäristön olevan luokkahuonetta innostavampi ympäristö (ka. 4,6). Myös oppimistehtävän mielekkyys koettiin korkeaksi (ka. 4,5). Uppoutuminen opiskeluun oli myös hyvällä tasolla (ka. 4,0), mutta useampi opiskelija raportoi ympäristön houkuttavan ylimääräiseen kikkailuun, jolloin keskittyminen opiskeluun heikkeni. Oppimisen laatua pidettiin jonkun verran luokkahuonetta parempana (ka. 3,7). Vaikka ympäristön käyttö ei sinänsä vaatinut opettajan läsnäoloa, usea opiskelija koki ongelmaksi opettajan poissaolon. Suurimmaksi syyksi tähän mainittiin työn tekemisen aikana heränneet kysymykset, joihin ei saatu heti vastausta.

Ympäristön tekniseen toteutukseen liittyvät seikat arvioitiin myös numeerisesti asteikolla 1 - 5. Arvosana 1 tarkoitti heikkoa teknistä toteutusta, kun taas arvosana 5 tarkoitti erinomaista.

VR-ympäristön käytettävyyttä pidettiin hyvänä (ka. 4,1), eli valikot, toimintojen loogisuus ym. käytön sujuvuuteen vaikuttavat tekijät olivat hyvällä tasolla. Ohjelman toimivuus sen sijaan sai hieman

käytettävyyttä huonomman arvion (ka. 3,7), tämä johtui lähinnä tietokoneen näytönohjaimen rajallisesta suorituskyvystä ja sen aiheuttamasta kuvan hetkittäisestä nykimisestä. Ympäristön todenmukaisuus arvioitiin hyväksi (ka. 3,8). Myös luokkahuone tilana koettiin toimivaksi laitteiston käytölle (ka. 3,9), joskin useampi opiskelija toivoi isompaa tilaa ja sitä kautta parempaa liikkumismahdollisuutta työn aikana. Samassa yhteydessä VR-lasien kaapelin todettiin rajoittavan liikkumista ja aiheuttavan jopa vaaraa, jos toimii yksin.

Opiskelijat arvioivat ympäristön fyysistä soveltuvuutta heille asteikolla 1 - 5. Arvosana 1 tarkoitti, että he eivät pystyneet käyttämään laitteistoa kuin lyhyen hetken fyysisten ongelmien vuoksi. Arvosana 5 tarkoitti, että he tunsivat olonsa täysin normaaliksi koko työskentelyn ajan. Yleisesti ottaen opiskelijat kokivat, että VR-ympäristön käyttö sopii heille fyysisesti (ka. 4,3). Moni opiskelija raportoi lieviä fyysisistä ongelmista laitteiston käytön aikana. Yleisin oire oli hikoilu, jonka mainitsi viisi opiskelijaa. Muita raportoituja fyysisiä oireita olivat pahoinvointi, päänsärky, huimaus, silmien väsyminen ja lasien aiheuttama paineen tunne kasvoihin. Yhteensä näistä tuntemuksista raportoi 43 % opiskelijoista. Oireet koettiin kuitenkin lieviksi, eivätkä estäneet kenenkään kohdalla laitteiston käyttöä. Joillain opiskelijoilla oli myös ongelmia säätää kuva teräväksi, jolloin sumea kuva tuntui epämiellyttävältä.

Kysyttäessä opiskelijoilta tuen tarpeesta opiskelun aikana, suurin osa vastasi tuen tarpeen liittyvän lähinnä laitteiston käytön opastukseen oppimistehtävän aloituksen yhteydessä. Muutama opiskelija kuitenkin koki, että opettajan tulisi olla paikalla koko oppimistehtävän ajan, jolloin työn aikana heränneisiin kysymyksiin saisi hetki vastauksia. Nämä kysymykset liittyivät lähinnä opiskelun kohteena olleen osakokonaisuuden teknisiin seikkoihin, ei niinkään VR-ympäristön käyttöön.

Opiskelijat löysivät monia hyviä puolia VR-tekniikan käytöstä. He mainitsivat mm., että oppiminen oli hauskaa ja mukaansatempaavaa. Eräs opiskelija totesi: ”Teorian opiskelu muuttui melkein käytännön opiskeluksi”. Sovelluksen avulla oli helppo tutustua rakenteisiin, joihin muuten ei pääsisi käsiksi ja tätä kautta myös toiminnan ymmärsi paremmin. Ryhmätyöskentelystä löydettiin vahvuuksia, koska valkokankaalta tapahtumia seuratessa pystyi ”oppimaan siinä sivussa”.

Toki huonojakin puolia löydettiin. Osa koki ryhmän aiheuttavan kiireen tunnetta, jolloin omaan tahtiin opiskelu ei onnistunut. Joillekin myös tapahtumien sivusta seuraaminen aiheutti turhautumista. Ohjelman opetuskieli on englanti, jonka takia useampi mainitsi vieraiden termien vaikeuttaneen opiskelua. VR-sovellukseen kaivattiin muutamia parannuksia. Nyt ohjelma mahdollistaa vain purkamisen, ei osien takaisin asennusta. Tätä seikkaa pidettiin puutteena. Toinen puutteeksi koettu seikka oli pelillisyyden puute. Opiskelijat kaipasivat esim. harjoituksen päätteeksi mahdollisuutta testata osaamistaan VR-ympäristössä ja saada sitä kautta palautetta osaamisestaan. Pelillisyyden kautta toivottiin myös ryhmien välistä kilpailua, joka olisi motivoinut vielä tehokkaampaan opiskeluun.

Kysymykseen tulisiko VR-opetusta lisätä, oli vastaus lähes kaikilla kyllä. Moni kaipasi samankaltaisia harjoituksia useammalle opintojaksolle. Vastausta perusteltiin mm. opiskelun mielenkiinnon lisääntymisellä, koska menetelmä on innostava ja erilainen. Muutama opiskelija arvosti perusasioiden opiskelua perinteisin menetelmin ja muistutti menetelmän olevan vain hyvä lisä silloin tällöin, eikä sitä tulisi käyttää korvaamaan muita opetustapoja. Myös pahoinvointiin ym. fyysisiin oireisiin liittyvät ongelmat nousivat esiin VR-ympäristöjen käytön lisääntymistä mietittäessä. Kehitysehdotuksena nousi esiin myös mahdollisuus tehdä omia videotallenteita VR-opiskelun aikana, jolloin sisältöihin voisi palata tarvittaessa myöhemmin.

4 YHTEENVETO

Opiskelijat toimivat VR-ympäristössä hyvin itsenäisesti. Opettajan ohjaukselle työn aikana oli hyvin harvoin tarvetta. Voidaankin todeta opiskelijoiden perusosaaminen laitteiden käytön osalta olevan sillä tasolla, että teknisen tuen tarve on hyvin vähäistä. Toki harjoituksen alussa tapahtuvaan ohjaukseen on syytä panostaa, sillä monelle laitteiston käyttöliittymä on vielä entuudestaan vieras.

Ryhmätyöskentely tämän tyyppisen harjoituksen yhteydessä on täysin mahdollista. Se voidaan jopa nähdä vahvuutena, koska silloin opiskelijat voivat keskustella ja pohtia yhdessä kysymyksiä. Ryhmän työskentely vaatii oman rauhallisen tilansa. Sen järjestäminen tilaresurssien puitteissa ei aina ole helppoa. Laboratoriokurssien yhteydessä tämä on kohtalaisen helposti toteutettavissa, mutta vaatii silloinkin hyvää ennakkosuunnittelua ja ajoissa tehtyjä tilavarauksia.

Vaikka edellä kuvatussa oppimistehtävässä vain yksi opiskelija kerrallaan pystyi toimimaan VR-ympäristössä, sitä ei koettu isoksi ongelmaksi. Jos VR-sovellus ja laitteistojen määrä mahdollistaisi useamman yhtäaikaisen työskentelyn, sen hyödyt eivät olisi yksiselitteisiä. Tälläkin menetelmällä opiskelijoiden keskittyminen petti ajoittain. Jos ympäristössä on useampia opiskelijoita yhtä aikaa, tulee ongelmaksi helposti oppimistehtävän kannalta turha kikkailu. Onkin varmasti niin, että mitä useampi opiskelija toimii VR-ympäristössä samanaikaisesti, sitä tärkeämpää on ohjaavan opettajan läsnäolo. Laitteistojen hinta ja sopivien sovellusten saatavuus rajoittaa vielä tehokkaasti laitteistojen laajempaa yhteiskäyttöä, joten lähitulevaisuudessa tämä ei muodostune suureksi ongelmaksi.

Tässä artikkelissa kuvattu tutkimus tulee jatkumaan tulevana lukuvuosina. Seuraavaksi tavoitteena on toteuttaa täsmällisempi tutkimusasetelma ja kerätä tietoa oppimisen tasosta virtuaalisen ja aidon oppimisympäristön välillä. Tämä on mahdollista toteuttamalla saman sisältöinen oppimisympäristö virtuaalisesti ja oikeiden työkoneiden avulla. Jatkotutkimuksen tavoitteena on selvittää, onko mahdollista havaita selkeitä eroja oppimisessa aidon ja virtuaalisen ympäristön välillä.

'We will not meet the needs for more and better higher education until professors become designers of learning experiences and not teachers' (Spence 2001). Tämä toteamus pätee hyvin mietittäessä opettajan osaamista uusien opetusteknologioiden äärellä. Opettajan pedagogisen osaamisen ja sisältöosaamisen rinnalle on tullut vahvasti tarve teknologiseen osaamiseen. Tämän osaamisen jalkauttaminen opetuksen toteutukseen edellyttää vahvaa suunnitteluosaamista. Teknologia on aina kuitenkin vain väline. Kun opettaja määrittää opintojakson osaamistavoitteita, tulisi hänen miettiä samalla kokonaisuutta, jossa tärkeää roolia näyttävät myös osaamisen arviointi, sekä ja opetus- ja oppimistehtävät. VR-teknologia tarjoaa parhaimmillaan mahdollisuuksia rikastaa opetus- ja oppimistilanteita. Jos käytettävissä oleva VR-ympäristö osaltaan tukee opintojakson oppimistavoitteita, on sen käyttö tämän tutkimuksen valossa hyvin perusteltua.

LÄHTEET

Feisel, L. D. & Rosa, A. J. 2005. The role of the laboratory in undergraduate engineering education. [Verkkolehtiartikkeli]. Journal of engineering education 94 (1), 121 - 30. [Viitattu 5.5.2020]. Saatavana: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00833.x>.

Jiang, J., Zhi, L. & Xiong, Z. 2019. Application of virtual reality technology in education and teaching. [Verkkoartikkeli]. International Joint Conference on Information, Media and Engineering (ICIME), Osaka, 2018, 300 - 302. [Viitattu 5.5.2020]. Vaatii käyttöoikeuden.

Koh, J. H. L. Chai, C. S., Benjamin, W. & Hong. H.-Y. 2015. Technological pedagogical content knowledge (TPACK) and design thinking: A framework to support ICT lesson design for 21st century learning. [Verkkolehtiartikkeli]. The Asia-Pacific education researcher 24 (3), 535 - 543. Vaatii käyttöoikeuden.

Laseinde, O. T., Adejuyigbe, S. B., Mpofu, K. & Campbell, H. M. 2016. Educating tomorrows engineers: Reinforcing engineering concepts through virtual reality (VR) teaching aid. [Verkkoartikkeli]. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Singapore, 2015, 1485 - 1489. [Viitattu 5.5.2020]. Vaatii käyttöoikeuden.

Makarova, I., Pashkevich, A. & Shubenkova, K. 2018. Blended learning echnologies in the automotive industry specialists' training. [Verkkoartikkeli]. 32nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), Krakow, 2018, 319 - 324. [Viitattu 5.5.2020]. Vaatii käyttöoikeuden.

Merriam-Webster. 2020. Virtual reality. [Verkkosivu]. [Viitattu 5,5,2020]. Saatavana: [https://www.merriam-webster.com/dictionary/virtual reality](https://www.merriam-webster.com/dictionary/virtual%20reality)

Spence, L. D. 2001. The case against teaching. [Verkkolehtiartikkeli]. Change 33 (6), 10 - 19. [Viitattu 5.5.2020]. Vaatii käyttöoikeuden.

Stein, S. 2016. The dangers of virtual reality. [Verkkoartikkeli]. CNET Magazine 29.3.2016. [Viitattu 5.5.2020]. Saatavana: <https://www.cnet.com/news/the-dangers-of-virtual-reality/>

Stuchlikova, L., Kosa, A., Benko, P. & Juhasz, P. 2017. Virtual reality vs. reality in engineering education. [Verkkoartikkeli]. 15th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), Sary Smokovec, 2017, 1 - 6. [Viitattu 5.5.2020]. Vaatii käyttöoikeuden.

Tirkkonen, J. 2018. Liikkuvat työkoneet: Kehityspolku.[Verkkójulkaisu]. Business Finland. Katsaus 1/2018. [Viitattu 5.5.2020]. Saatavana: https://www.businessfinland.fi/globalassets/julkaisut/liikkuvat_tyokoneet-kehityspolkukatsaus_1_2018.pdf

VIRTUAALITODELLISUUDEN HYÖDYNTÄMINEN KONEIDEN JA LAITTEIDEN ESITTELYSSÄ MESSUILLA

Janne Kapela, insinööri (AMK), projektipäällikkö
SeAMK Tekniikka

Aleksi Frimodig, insinööri (AMK), TKI-asiantuntija
SeAMK Tekniikka

Tapio Hellman, insinööri, laboratorioinsinööri
SeAMK Tekniikka

Asko Ellman, TKT, professori
Tampereen yliopisto

1 JOHDANTO

Virtuaalitodellisuus (VR) ja laajennettu todellisuus (AR) ovat nopeasti siirtyneet teknologioiden kehitystä kuvaavan Gartnerin Hype-käyrän kypsään kehitysvaiheeseen (Gartner 2020.). Lisäksi VR/AR-markkinoiden odotetaan kasvavan eksponentiaalisesti seuraavan vuosikymmenen aikana (Grand View Research 2017). Tämä kasvu tulee pääosin peliteollisuudesta, mutta myös muut teknologian alat ovat alkaneet hyödyntää sitä. On esitetty jopa arvioita, että VR/AR-markkina ylittää elokuvateollisuuden markkinat seuraavan vuosikymmenen aikana.

VR/AR-tekniikan laitteisto-, ohjelmisto-, tuotanto- ja tilakustannukset ovat vuosikymmenessä supistuneet murto-osaan alkupe-
räisestä arvosta (Ellman & Tiainen 2019). Tämän ansiosta myös

useimmat suomalaiset suuret konevalmistajat ovat alkaneet hyödyntämään tätä teknologiaa päivittäisessä toiminnassaan. Vähitellen myös pienemmät yritykset ovat kiinnostuneet asiasta, ja Suomeen on jo syntynyt VR/AR-tekniikan ekosysteemi, joka koostuu VR/AR-ratkaisujen tuottajista ja kuluttajista.

Seinäjoen ammattikorkeakoulu yhdessä Tampereen yliopiston kanssa on ollut vahvasti mukana tämän teknologian soveltamisessa. Yksi seuraus tästä on Mobiili VR/AR pk-teollisuudessa -hanke, jossa tämän teknologian soveltamista ja mahdollisuuksia on esitelty Etelä-Pohjanmaan pk-yrityksille.

Maailmaa ravistelevasta COVID-19-koronaviruspandemiasta aiheutuvat tarpeet etätyöhön ja etäläsnäöloon korostavat tämän teknologian tarpeellisuutta. Lisäksi mahdollisuus laadukkaaseen etäläsnäöloon vähentää tarvetta turhaan matkustamiseen ja on siten yksi keino ilmastonmuutoksen pysäyttämiseen.

Perinteisesti laitevalmistajat esittelevät uusia koneitaan ja tuotantolinjojaan messuilla. Osa messuilla esiteltävistä koneista on liian suuria tai raskaita näyttelyosastolla esittämistä varten. Kustannukset koneiden kuljettamisesta messupaikalle ja niiden saaminen käyttökuntoon ovat suuria ja toiminta sitoo resursseja. Tämä on yleinen ongelma, jonka kanssa monet näytteilleasettajat kamppailevat.

Virtuaalitodellisuus ja laajennettu todellisuus ovat kehittyneet huomattavasti viime vuosina, minkä vuoksi teollisuus hyödyntää näitä tekniikoita yhä enemmän. VR ja AR tarjoavat monien eri alojen yrityksille hyviä uusia tapoja esitellä tuotteitaan ja niistä on tullut erittäin tärkeitä markkinoinnin ja messujen esittelyissä. VR-sovellus tarjoaa näytteilleasettajalle mahdollisuuden esitellä lähes koko tuoterepertuaariaan oikeissa mittasuhteissa, jolloin messuille ei tarvitse tuoda kuin ehkä yksi fyysinen laite. Yleensä pelkkä virtuaalinen valikoima ei riitä, mutta tulevaisuudessa tilan-

ne saattaa muuttua teknologian kehittyessä. Asiakkaat haluavat vielä toistaiseksi kokea aidon tuotteen.

Virtuaalitodellisuudella on myös etuja fyysiseen laitteeseen verrattuna. Katsoja pääsee esimerkiksi koneen tai laitteen sisään. Hän voi nähdä laitteen toiminnan sellaisessa paikassa, joka fyysisen laitteen kyseessä ollessa olisi liian vaarallinen, äänekäs, pienikokoinen, pölyinen, likainen tai muulla tavalla luoksepääsemätön. Esimerkiksi paperikoneen esittely messuilla on mahdotonta sen suuren koon vuoksi. Virtuaalitodellisuuden avulla tuotteen toimintaan voidaan myös lisätä sellaista toiminnallisuutta, mitä messuympäristössä ei olisi mahdollista kokea, kuten tuotteiden valmistusta tuotantolinjalla. Virtuaaliseen malliin voidaan myös simuloida silmin ja korvin havaitsemattomia suureita ja ominaisuuksia, kuten sähkövirta, jännite, magneettikenttä, lämpötila, paine, ilman ja nesteiden virtaus, ääniaaltojen eteneminen, jne. Näiden visualisointi 3D-malliin on haaste, mutta ei mahdottomuus.

Monissa yrityksissä pohditaan kevään 2020 aikana myös sitä, miten paikataan messujen ja tapahtumien peruuntuminen koronaviruksen takia. Yksi vaihtoehto on virtuaalimessut. Ne voidaan suunnata tarkasti suoraan kohderyhmälle. Verkossa toteutettavat webinaarit tarjoavat hyvän alustan yrityksen tuotteiden esittelyyn, mutta vasta päähän puettavien, verkotettujen VR-laitteiden käyttö tarjoaa kokemuksen, jota voi verrata fyysiseen läsnäoloon. Kevään 2020 aikana useita messutilaisuuksia, joita ei ole peruttu, on muutettu online-tyyppisiksi. Näistä suureen osaan on mahdollista osallistua myös VR-lasien avulla.

Hankkeessa toteutettiin 80 suomalaiselle konepajayritykselle kysely, johon vastasi 27 yritystä. Sen perusteella kolme kymmenestä yrityksestä on osallistunut messu- tai muihin esittely- tai myyntitilaisuuksiin, joissa on VR-laseilla esitelty yrityksen valmistamia tuotteita. Tuotteita on esitelty myös fyysisinä versioina

puolessa tapauksista. Yli puolet yrityksistä näkee, että voisivat tulevaisuudessa esitellä tuotteitaan vain VR-versioina.

Tässä artikkelissa esittelemme case-esimerkin kautta messukäyttöön tarkoitettujen VR-toteutusten teknologiaa ja soveltuvuutta käytäntöön. Lisäksi kartoitamme yritysten valmiuksia ja halukkuutta VR-teknologian laajempaan messukäyttöön, sekä pohdimme teknologian tulevaisuuden trendejä kyseisessä sovelluskentässä.

2 YLEISTÄ

2.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu

Tietokoneavusteisella suunnittelulla eli termillä CAD (eng. Computer Aided Design) tarkoitetaan tietokoneen hyödyntämistä suunnittelussa. Nykyään lähes kaikki tekninen piirtäminen ja suunnittelu toteutetaan tietokoneiden avulla. Kehittyneiden ohjelmistojen avulla tuotteet voidaan suunnitella ja mitoitaa nopeasti ja luotettavasti. 3D-mallien avulla suunniteltavista laitteista saadaan todellisessa koossa olevia havainnollisempia malleja, joiden avulla valmistuskuvat luodaan (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 51).

2.2 Unity

Unity on pelimoottori, jolla voidaan kehittää kaksi- tai kolmiulotteisia pelejä sekä VR/AR-sovelluksia. Kehitysympäristö on ladattavissa Windowsille, Macille sekä Linuxille. Hankittavan lisenssin hintaan vaikuttaa yrityksen liikevaihdon suuruus. Alla olevassa taulukossa on havainnollistettu, miten liikevaihto vaikuttaa lisenssimaksun suuruuteen. (Unity Technologies 2020a).

Taulukko 1. Unity-lisenssin hinnoittelu (Unity Technologies 2020a).

Liikevaihto	Unity versio	Kustannus (\$)
Yli 200 000 \$	Unity Pro	1800 \$ / vuosi
100 000...200 000 \$	Unity Plus	400 \$ / vuosi
Alle 100 000 \$	Unity Personal	ilmainen

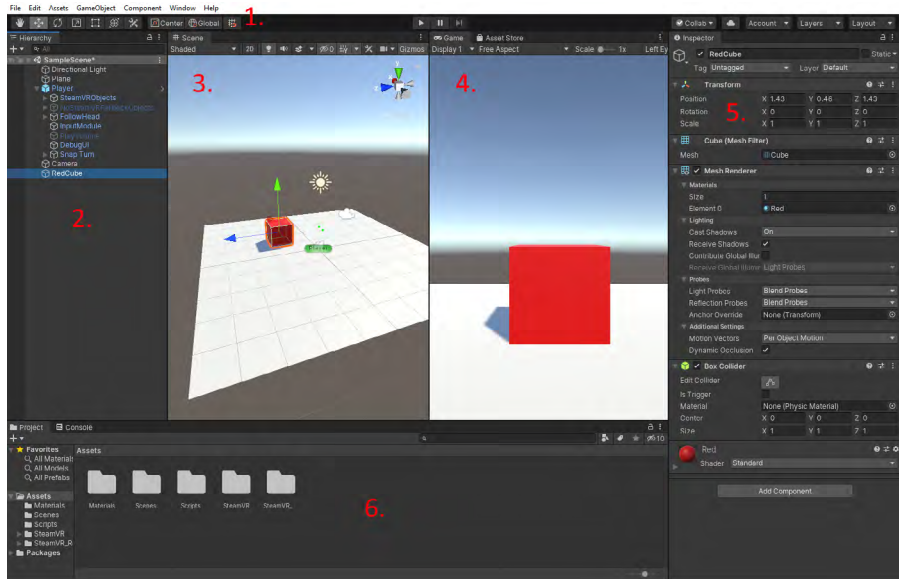
Unityllä pelin tai sovelluksen luomiseen ei tarvita vuosien ohjelmointikokemusta. Unity tarjoaa kattavan opetusmateriaalin verkkosivuillaan. Yksi tärkeimmistä käsitteistä on skriptien ohjelmoiminen. Niiden avulla luodaan pelin toiminnallisuus. (Unity Technologies 2020d.)

Scenet pitävät sisällään peliympäristön ja pelivalikot. Scenejä voi olla useita pelissä ja jokaiseen niistä asetetaan ympäristö, visuaalisuus ja toiminnallisuus. Scenet ovat tavallaan pelin eri tasoja. Scene-ikkuna näyttää visuaalisesti valitun scenen. Pienemmissä sovelluksissa scenejä voi olla vain yksikin. (Unity Technologies 2020e.)

Asset on esitysmuoto asioista, joita voidaan käyttää Unityn projektissa. Ne voivat olla Unityn ulkopuolelta tuotuja tai Unityn sisällä luotuja. Näitä ovat mm. 3D-mallit, äänileikkeet sekä kuvat. (Unity Technologies 2020c.)

Peliobjektit ovat Unityn tärkein käsite. Jokainen Unity-sovelluksen objekti on peliobjekti. Ne voivat olla esimerkiksi hahmoja, esineitä, valaistusobjekteja, pelimaailman kameroita tai erikoistehosteita. Peliobjektit eivät osaa tehdä yksinään mitään, vaan niille täytyy antaa halutut ominaisuudet sekä toiminnallisuus. Näitä ominaisuuksia, joita peliobjekteille voidaan antaa, kutsu-

taan komponenteiksi. Komponentteja on paljon erilaisia eri tarkoituksiin ja niiden valikoima riippuu käytettävästä peliobjektista. (Unity Technologies 2020f.)



Kuva 1. Unityn käyttöliittymä työkaluikkunoineen.

Kuviossa 1 on esitetty Unityn käyttöliittymä työkaluikkunoineen. Näkyvissä olevat työkaluikkunat, eriteltynä punaisilla numeroilla kuviossa, ovat seuraavat:

1. Työkalupalkki

Tarjoaa työkalut tärkeimpiin toiminnallisuuksiin.

2. Hierarchy-ikkuna

Hierarkkinen esitys objekteista pelimaailmassa. Jokaisella pelimaailman objektilla on kohde luotuna Hierarchy-ikkunaan.

3. Game-ikkuna

Simuloi, miltä peli näyttää scenen kameroiden näkökulmasta. Kun Unityssä käynnistää pelin, simulaatio alkaa.

4. Scene-ikkuna

Antaa mahdollisuuden navigoida pelimaailmassa ja muokata sitä visuaalisesti.

5. Inspector-ikkuna

Mahdollistaa valitun objektin ominaisuuksien tarkastelun ja muokkaamisen.

6. Project-ikkuna

Näyttää Assets-kirjastossa olevat kohteet, joita voidaan käyttää projektissa. Pitää sisällään mm. tuodut 3D-mallit, tekstuurit, materiaalit, skriptit yms. (Unity Technologies 2020b.)

2.3 SteamVR

Valve ylläpitää SteamVR-liitännäistä Unitylle. SteamVR-kirjaston avulla voidaan tehdä helposti tarvittavat alustustoimet VR:n käyttöönottoon Unity-pelimoottorissa. SteamVR sisältää seuraavat kolme asiaa sovelluskehittäjille:

- SteamVR:n tukemien eri valmistajien VR-käsiohjaimien 3D-mallit
- VR-käsiohjaimien toiminnallisuudet (kappaleiden poiminta yms.)
- käsien liikkeiden visualisoinnin ohjaimen toimintoja käytettäessä.

Lisäksi mukana on esimerkkisovellus, joka esittelee kirjaston tarjoamat ominaisuudet sekä mahdolliset käyttökohteet. Tätä voidaan hyödyntää myös oman sovelluksen pohjana.

SteamVR-sovellus tulee olla asennettuna, jotta liitännäistä voidaan käyttää. SteamVR-liitännäisen voi ladata Unityn omasta Asset Storesta ja SteamVR-sovelluksen Steamien verkkosivuilta. (Valve Corporation, [viitattu 25.3.2020].)

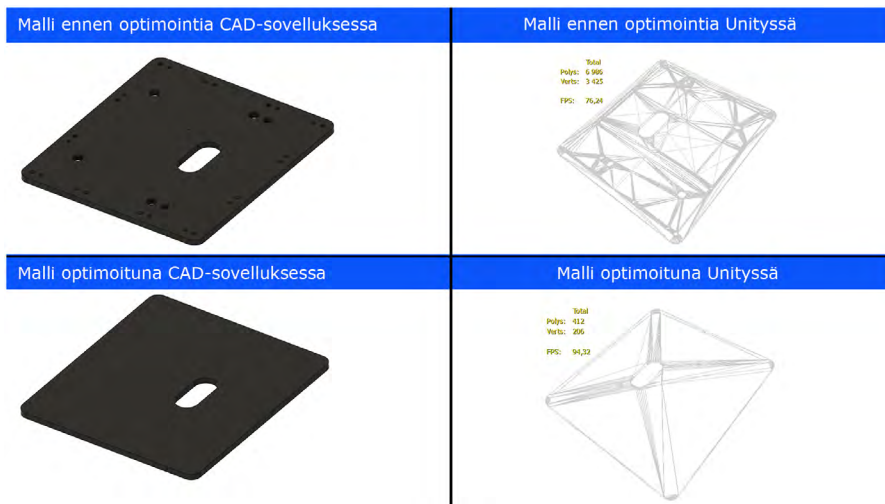
3 VR-SOVELLUKSEN TOTEUTUS: CASE JUCAT OY

Mobiili VR/AR pk-teollisuudessa -hankkeessa toteutettiin demosovellus virtuaalisesta esittelytilasta. VR-sovellus toteutettiin Unity-pelimoottorilla ja VR-toiminnallisuudessa hyödynnettiin SteamVR-liitännäistä. Sovelluksen ideana oli esitellä Jucat Oy:n kappaleenkäsittelylaitteita todellisessa koossa sekä tarjota käyttäjille mahdollisuus koneen toimintojen testaamiseen virtuaalisessa messuympäristössä. Vastaavanlaista ympäristöä voidaan hyödyntää myös muiden yritysten tuotteiden esittelyyn. Sovelluksen tarkoitus oli tuoda konkreettisesti ilmi, miten virtuaalitoimittelu voidaan hyödyntää tuotteiden esittelyssä messuilla ja miten tähän tarkoitukseen käytettävä sovellus kehitetään.

3.1 CAD-mallien keventäminen

CAD-mallit ovat suunnittelutarkoitukseen luotuja ja siksi tarkasti mallinnettuja. Tästä syystä ne ovat raskaita ja niiden käyttäminen sellaisenaan pelimoottorissa ei ole suositeltavaa. Pelimoottorissa käytettäviä malleja on aluksi optimoitava karsimalla niistä pois kaikki toteutettavan sovelluksen kannalta epäoleellinen. CAD-malli pitää sisällään tuotteessa käytetyt ruuvit ja mutterit sekä muut standardiosat. Mallista kannattaa poistaa osat, jotka eivät tule näkyville varsinaisessa sovelluksessa ja jättää vain näkyvä ulkokuori. Optimoinnin kannalta merkittävässä roolissa ovat myös kappaleisiin tehtyjen reikien poistaminen. Alla olevissa kuvissa on havainnollistettu, miten kappaleisin mallinnetut reiät vaikuttavat 3D-mallien suorituskykyyn. Mallin karsiminen on helppoa ja nopeinta toteuttaa alkuperäisessä suunnitteluohjelmistossa ennen vientiä mihinkään muuhun tiedostomuotoon, sillä esimerkiksi reikien poisto jälkeenpäin, kun 3D-malli on polygonimuodossa, saattaa johtaa siihen, että kappale on helppoa mallintaa kokonaan uudelleen. Kappaleiden redusointiin suunnitellut optimoin-

tityökalut eivät valitettavasti ole vielä älykkyydeltään sillä tasolla, että ne löytäisivät halutut piirteet ja kykenisivät keventämään ne toivotulla tavalla.



Kuva 2. CAD-mallin optimoinnin vaikutus polygonien määrään.

Näytönohjain työstää polygoneja (monikulmioita), ja mitä suurempi malli polygonimäärältään on kyseessä, sen raskaampi tehtävä grafiikkasuorittimella (GPU) on renderoida 3D-malli näytölle. Kuitenkaan mallit eivät eroa merkittävästi ulkoasultaan. Hyvänä nyrkkisääntönä voidaan pitää, että mitä vähemmän polygoneja mallissa on, sitä vähemmän se tarvitsee suorituskykyä mallin renderoimiseen.

Tarkasteltaessa näiden kahden mallin polygonien määrää havaitaan, että alkuperäisessä mallissa on lähes 7 000 polygonia. Optimoidussa mallissa polygonien määrä on vähentynyt yli 90 prosenttia. Mitä pienempi polygonien määrä kappaleessa on, sitä vähemmän malli rasittaa tietokoneen grafiikkasuorittinta. Yllä olevasta kuviosta voidaan nähdä, miten reiät muodostuvat 3D-mallinnusohjelmaa varten käännettyssä mallissa. Tämä vaikuttaa suoraan syntyvien polygonien määrään ja siitä syystä mallista

tulee raskaampi sekä monimutkaisempi, vaikka ulkoisesti malli näyttääkin samalta.

Mallin optimointi aloitetaan avaamalla haluttu malli CAD-sovellukseen ja sen jälkeen mallista voidaan poistaa ylimääräiset osat. Osia poistettaessa kannattaa pyrkiä pitämään mielessä, mitkä osat ovat VR-sovelluksen kannalta oleellisia. Osa CAD-sovelluksista pitää sisällään myös toiminnon mallien keventämiseen, jossa mallin rakennetta yksinkertaistetaan ja yksityiskohtia poistetaan. Mallin kääntäminen kannattaa tehdä tiedostomuotoon, joka avautuu suoraan Unityssä. Esimerkiksi FBX-tiedostomuoto on yleisesti hyvin käytetty. Tiedoston kääntämisessä saattaa kestää useamman minuutin riippuen käännettävän mallin koosta. Tässä työssä CAD-mallien muokkaamiseen sekä kääntämiseen hyödynnettiin Autodesk Fusion 360 -sovellusta, joka sisältää FBX-kääntäjän.

3.2 VR-ympäristön luominen Unitylla

Sovelluksen kehitys aloitettiin lataamalla ja lisäämällä SteamVR-liitännäinen Unityyn. Tämän jälkeen avattiin kirjaston mukana tullut esimerkksiovellus, jota käytettiin toteutettavan sovelluksen pohjana. Avatusta esimerkistä poistettiin kaikki peliobjektit mutta jäljelle jätettiin tärkeimmät komponentit, kuten VR-toiminnallisuudet. Messutilaksi pelimaailmaan ladattiin ilmainen esittelyhallin 3D-malli TurboSquid-verkkosivulta. Esittelyhuoneen ympärille ladattiin Unityn Asset Storesta 360-pallopanoraamavideo, jota hyödynnettiin luodun sovelluksen taustana. Hyödyntämällä 360-kuvia maiseman luonnissa saadaan sovelluksesta suorituskykyisempi, sillä ylimääräisiä objekteja ei tarvitse ladata pelimaailmaan vaan tausta muodostetaan valokuvasta, joka kattaa koko näkökentän.

Valaistus on yksi tärkeimmistä asioista valo- ja videokuvauksessa. Samat asiat pätevät myös pelimaailmassa. Oikeanlaisella

valaistuksella peliympäristöstä saadaan näyttävämpi ja toden-
tuntuisempi. Sovelluksessa hyödynnettiin valaistuksen osalta
texture baking-tekniikkaa, jossa valaistukset ja varjostukset ovat
ennalta laskettuja eivätkä siis toimi reaaliaikaisesti. Valaistus ei
siis reagoi pelin tapahtumiin, mutta tämän sovelluksen kannalta
se ei ollut oleellista. Tällä menetelmällä sovelluksesta saatiin
suorituskykyisempi.

Kappaleenkäsittelylaitteiden optimoidut 3D-mallit tuotiin FBX-
tiedostomuodossa Unityyn. Konemallit sijoitettiin pelimaailmassa
esittelyhallin sisälle. Käyttäjän liikealueet (teleporttipisteet) si-
joitettiin koneiden ohjausyksiköiden läheisyyteen sekä isommat
alueet koneiden ympärille, tämä mahdollisti koneen ja siinä
olevien kappaleiden tarkastelun. Samalla oli myös mahdollista
testata, miten työkappaleen asento vaikuttaa työergonomiaan.

Sovellukseen lisättiin myös mahdollisuus ohjata kappaleen-
käsittelylaitteita aidomman kokemuksen aikaansaamiseksi
ja vaikuttaa ympäristön toimintaan pelkän mallin tarkastelun
sijaan. Näin sovelluksesta saatiin interaktiivinen ja käyttäjälle
mielenkiintoisempi. Ohjaus rakennettiin vastaamaan todellista
tilannetta. Käyttäjän on käytettävä ohjaukseen koneen kyljessä
olevaa ohjauspaneelia kuten oikeassakin koneessa. Käyttäjän on
aluksi painettava ohjauspaneelin kyljessä olevaa sallintapainiket-
tä toisella kädellä, jonka jälkeen on mahdollista ohjata laitetta
ylös ja alas sekä kääntää siinä olevaa kappaletta ohjaussauvalla,
jota käytetään toisella kädellä. Alla olevassa kuvassa on havain-
nollistettu ohjauspaneelin sijainti sekä laitteen ohjaus. Oikean
käden ohjaimen ohjaussauva toimii laitteen ohjainsauvana ja näin
fyysinen kosketus saadaan lisättyä kokemuksen. Ohjausyksikön
läheisyyteen on lisätty myös tekstipohjaista opastusta käyttäjiä
varten käyttökokemuksen parantamiseksi. Ohjeet muuttuvat
käyttäjän tekemien toimintojen mukaan. Sovellusta on mahdol-
lista hyödyntää myös laitteiden käyttökoulutuksessa.



Kuva 3. Näkymä valmiista VR-sovelluksesta.

4 KYSELYTUTKIMUS VR:N KÄYTÖSTÄ MESSUILLA

Mobiili VR/AR pk-teollisuudessa -hankkeen puitteissa toteutettiin maaliskuussa 2020 sähköpostitse kyselytutkimus 86 yritykselle. Kyselyyn vastasi 26 yrityksen edustajaa eli n. kolmasosa: Andritz, Bronto Skylift, Cimcorp, Fastems, Finn-Power, Forsfood, Fortaco Group, Junttan, Kone Hissit, Logset, Lännen Tractors, Metos, MSK Cabins, Outotec, Patria, Pellon, Pesmel, Ponsse, Raute, Sleipner, Trans Tech, Valmet ja Wärtsilä. Kiitämme kaikkia vastanneita.

4.1 VR skaalautuu ja tekee mahdollottomasta mahdollisen helposti ja edullisesti

Kyselyn pohjalta merkittävimmät virtuaalitodellisuuden tuomat edut messu- ja esittelykäytössä olivat edullisuus, helppous, innovatiivisuus, joustavuus, mahdollistavuus, muokattavuus ympäris-

tön osalta sekä muunneltavuus tuotteiden osalta, monipuolisuus, siirrettävyys, skaalautuvuus, todenmukaisuus ja visuaalisuus.

Muita mainittuja ominaisuuksia olivat erottuvuus kilpailijoista tai kilpailuetu, hyödynnettävyys, interaktiivisuus, intuitiivisuus, kokemuksellisuus, mielenkiintoisuus, markkinoitavuus, realistisuus, riskittömyys, sovellettavuus, tuoreus, vapaus, vuorovaikutteisuus asiakkaan ja myyjän välillä, ymmärrettävyys sekä ympäristöystävällisyys.

Virtuaalitodellisuus tuo vastaajien mielestä lisäarvoa ilman suuria kustannuksia ja riskejä, joita liittyy koneiden ja laitteiden kuljetukseen, pystytykseen, purkuun, vakuutuksiin ja vartiointiin. Pieni messuosasto on halpa, helppo rakentaa ja purkaa, ja se on tarvittaessa helposti uudelleen järjesteltävissä. Kustannussäästöt ovat erityisen merkittävät, jos esiteltävät laitteet ovat suuria, raskaita tai arvokkaita, ja messut sijaitsevat etäällä. Koneiden siirto, rahti, kokoaminen, käyttökuntoon laitto, vakuuttaminen, säilytys ja purkaminen vievät henkilöresursseja ja aiheuttavat taloudellisia sekä fyysisiä riskejä. Lisäksi messujen ajan ne ovat pois niille suunnitellusta tuotantokäytöstä. Tarvittava logistiikka on pientä, sillä laitteisto kulkee messuesittelijöiden mukana. Tällä on erityisen suuri merkitys, kun messut ovat ulkomailta.

Erilaisia ratkaisuja voidaan virtuaalitodellisuuden avulla esitellä laajemmalla skaalalla ja helposti ymmärrettävässä muodossa. Kokonaisia teollisuuslinjoja, useita konemalleja ja niiden eroja voidaan esitellä erilaisissa sovelluksissa ja toimintaympäristöissä. Voidaan myös esitellä tuotteita, joita ei vielä edes ole fyysisenä olemassa, mutta VR-mallista asiakas pystyy hahmottamaan valmiin tuotekokonaisuuden jo suunnitteluvaiheessa ja oikeassa realistisessa toimintaympäristössään. Myös uusia ominaisuuksia, joita aidoissa, fyysisissä koneissa tai laitteissa ei vielä ole, voidaan markkinoida VR-mallia käyttäen.

VR mahdollistaa tuotteen esittelyn, jos sitä ei sellaisenaan voida todellisina messutiloissa esittää. Niissä voi olla ominaisuuksia, jotka ovat vaikeita näyttää esimerkiksi vaadittavien suojausten, pakokaasujen tai muiden haittojen takia. Esiteltävät osat voivat olla vaarallisia, ulospäin näkymättömiä tai muutoin saavuttamattomissa. Parhaassa tapauksessa yksittäisessä tilaisuudessa voidaan esitellä koko yrityksen tuotevalikoima tai vaikkapa suuria varasto- ja pakkauslinjakokonaisuuksia. Esiteltävät linjastot saattavat olla jopa niin isoja, ettei niitä voida pystyttää koeajoon edes valmistajan omiin tiloihin. Esimerkiksi 200 metrin pituinen paperikone ei mahdu messuhalliin, mutta VR mahdollistaa senkin esittelyn hyvin realistisesti oikeassa kontekstissaan. Laite tai kone voidaan nähdä tuotannossa, eikä vain messuosastolla kokonaisuudesta täysin irrallisena.

Esiteltävän koneen tai laitteen VR-malli voi olla hyvinkin realistinen ja interaktiivinen, ja sitä voidaan käyttää kuten oikeaakin laitetta. Mallilla voidaan simuloida esimerkiksi näkyvyyttä ohjaamosta ulos eri työkoneisiin liitettynä. Teknisiä ratkaisuja voi tarkastella monipuolisesti esim. pultinkannoista koko ajoneuvojärjestelmän toimivuuteen.

VR-ympäristöä testaavilla asiakkailla on paljon erilaisia ajatuksia ja näkökulmia laitteistojen kehittämiseen liittyen. Ympäristön avulla voidaan myös testata asiakkaiden esiin nostamia ajatuksia ilman oikeaa prototyyppiä, ja se tarjoaa mahdollisuuden eri käyttäjäryhmien tarpeita ajatellen joustavasti rakennettuihin eritasoisin näkymiin. Myös ympäristöä voidaan vapaasti muokata, ja esiteltäviin tuotteisiin on mahdollista tehdä asiakaskohtaisia räätälöintejä, kuten väritys, lisälaitteet, tuotevariaatiot, logot jne. Virtuaalimallia voidaan hyödyntää samanaikaisesti eri tapahtumissa, joiden mahdollinen päällekkäisyys ei ole ongelma, mikäli fyysisten koneiden tai laitteiden saatavuus messuille on heikko tai rajoitettu. VR-mallit mahdollistavat myös kokonaan uudet tapahtumapaikat, mikä osaltaan laajentaa potentiaalista asiakaskuntaa.

Hyvin toteutettu VR-sovellus toimii vetonaulana messuilla ja tuo yritykselle näin kilpailuetua. Tekniikka on monien asiakkaiden näkökulmasta uusi ja mielenkiintoinen, ja sen avulla voidaan lisäksi luoda messuosastolle tunnelmaa ja asiakkaille muistiin jääviä kokemuksia. VR mahdollistaa myös suoran palautteen saannin asiakkaalta. Esittelijän on helpompi vakuuttaa asiakas, sillä virtuaalitodellisuuden avulla tuotteen toiminta havainnollistuu paremmin kuin tekstin, kuvan tai videon avulla. VR myös vähentää ympäristöhaittoja, mikä vaikuttaa positiivisesti yrityksen hiilijalanjälkeen ja julkisuuskuvaan.

4.2 Virtuaalitodellisuuden messu- ja esittelykäyttö vaatii myös kehitystä

Osalle yrityksistä virtuaalitodellisuus ei korvaa täysin tuotetta esittely- ja markkinointimielessä, joskin tuottaa lisäarvoa markkinointirepertuaariin. Kyselyn tulosten pohjalta ei myöskään täysin uskottu fyysisten mallien korvaamiseen virtuaalisilla aivan lähiaikoina, sillä oikeat tuotteet vetävät vierailijoita paremmin. Konseptit ”touch and feel” ja ”seeing is believing” eivät toteudu VR-malleissa. Osassa yrityksistä koetaan, että asiakas haluaa nähdä laitteen materiaalit, valmistustavan ja laadun fyysisesti. Joidenkin mielestä VR on käyttökelpoinen teknologia, jos hygieniaan ja VR-lasien päähän pukemiseen saadaan kehitystä. Asiakkaat tulevat messuille myös tapaamaan ihmisiä, ja vaikka virtuaalitodellisuus mahdollistaakin virtuaaliset tapaamiset, se ei täysin vastaa aitoa kokemusta.

Virtuaalitodellisuus ei ole vielä ”valmis” teknologia. Vaikka teknologiaa on kehitelty jo 1950-luvulta lähtien, nykymalliset VR-lasit saapuivat kuluttajamarkkinoille vasta 2010-luvun puolivälissä. Yritykset näkevät virtuaalitodellisuuden käytössä markkinointiin erilaisia parannus- ja kehityskohteita. Näistä mainittiin seuraavat: etäkäyttö, helppokäyttöisyys, hygienia, käyttöönoton nopeus, käytännöllisyys, messuosaston suunnitteluresurssien tarve,

esiteltävä sisältö itsessään sekä sen tuotantokustannukset, pahoinvointi, teknologian vierastaminen, erilaiset teknologiset näkökohdat, teknologiatrendeihin liittyvät kehityskohdat, visuaalisuus, VR-lasien päähän pukemisen vastenmielisyys ja VR-teknologiaa koskevat tulevaisuuden odotukset.

Helppokäyttöisyyttä halutaan VR-tekniikan operoimisessa, jotta esittelytilaisuuteen ei tarvita asiantuntijaa. Jos sellaista tarvitaan, teknisen tuen tulee olla saatavilla koko messujen ajan. Helppokäyttöisyys, käytettävyys ja toimintavarmuus VR-tekniikan operoimisessa ovat tärkeitä. Liikkuminen VR-mallin sisällä tulee olla mahdollisimman yksinkertaista. VR-esitysten tulisi olla niin selkeitä, että kuka tahansa myyntihenkilö voisi tehdä esityksen yhdessä asiakkaan kanssa.

Suunnitteluresurssien tarve on yksi isoimmista pullonkauloista. Messuosaston mitoitus, layout, ominaisuudet ja VR-laitteiden määrä ja sijainnit sekä käytettävyys vaativat oman konseptoinnin. VR vaatii vielä paljon esityötä ennen messuja.

Messukäyttöön toivotaan kevyempiä ja langattomia VR-laseja. Niiden päähän pukemisen tulee helpottua ja käytettävyyden yleensäkin parantua. Samoin laitteiden asennus tulee olla nopeampaa. Yleisön määrä rajaa VR:n käyttömahdollisuuksia, sillä kaikki eivät tapahtuman aikana ehdi pukea VR-laseja. Ongelmana on myös saada esitys etenemään loogisesti ja järkevästi. Asiakkaan tulee keskittyä olennaiseen, jotta hän hyötyisi esityksestä mahdollisimman paljon. VR-lasien ja ohjaimien kehitys parantaa selvästi käyttökokemusta.

Useamman ihmisen ryhmien saaminen samaan VR-ympäristöön ovat myös toivottuja asioita. Olisi myös hyvin tärkeää, että myyntihenkilö on saman mallin sisällä esittelemässä tuotetta, vastaa kysymyksiin ja opastamassa asiakasta. Jos lasit ovat vain asiakkaan käytössä, niistä ei saada kaikkea hyötyä irti. Tarvitaan

myös sovelluksia, joissa esittelijä voi aktiivisemmin olla mukana ja ohjata esitystä ja asiakasta siirtymissä. Jos esiteltävät järjestelmät ovat fyysisesti isoja ja esittelyn aikana tehdään pitkiä siirtymiä, liikkumisen toimivuus on oleellisen tärkeää. Jos esittelijä on kokonaan ilman laseja, hän ei voi osallistua esitykseen riittävästi. Tarvitaan myös isoja rinnakkaisnäyttöjä tai videoseiniä, jotta myös muut voisivat seurata esityksiä, sillä kaikilla asiakkailta ei VR-laseja ole. Syynä tähän voi olla VR-lasien päähän pukemisen vierastaminen niiden aiheuttaman huonon olon takia tai hihnojen sekoittaessa kampauksen, teknologian pelko, ohjainten käytön hankaluus tai vain lasien riittämättömyys.

Sisällön tulisi olla selaimella verkon yli käytettävissä eikä laitesidottua, mutta kuitenkin riittävän hyvälaatuista. Toivotaan visuaalisesti ja tarinallisesti näyttävämpää VR-materiaalia, sillä jos kilpailijat esittelevät samankaltaista tuotetta samalla tavalla, ei kilpailijoista erotuta. Tietoliikenneyhteyksien nopeuksiin toivotaan parannusta ja videotykkien, VR-järjestelmien ja näyttölaitteiden tarjontaa halutaan tarjottavan jo messujärjestäjien puolesta.

Haasteena on myös saada useampi messuvieras sujuvasti samaan VR-ympäristöön, kuten vierailijaryhmä pääsee messuilla fyysisen koneenkin ympärille. On myös haaste palvella asiakkaita, kun messuosastolla on yhtä aikaa esimerkiksi kymmeniä asiakkaita ja liian vähän myyntihenkilöitä. Asiakkaan tiloissa tapahtuvissa esityksissä virtuaalitodellisuutta voitaisiinkin varmasti hyödyntää tulevaisuudessa tehokkaammin. Siellä voidaan keskittyä vain yhteen asiakkaaseen kerrallaan ja voidaan esim. näyttää asiakkaan tuotantotiloissa miltä kone siellä asennettuna voisi näyttää. Osassa yrityksistä tutkitaan, miten VR-tekniikoita voidaan tulevaisuudessa hyödyntää etänä.

Osaa vastanneista AR kiinnostaa tällä hetkellä enemmän. Joidenkin mielestä VR:n uutuudenviehätys alkaa olla ohi, koska VR on arkipäiväistynyt. Toiset puolestaan kokevat, että pitäisi keksiä

jotakin uutta, koska VR ”on jo keksitty”, eikä VR enää kiinnosta messukävijöitä kuten aiemmin. Toisaalta koetaan myös, että VR-tekniikan kehittyessä ja tulella tutummaksi, se tulee yleisty-
mään messukäytössä ja olemaan lähes pakollista.

Jotkut löytävät VR:n hyötyjä mieluummin tuotekehityksessä, kos-
ka siinä vaiheessa voidaan kehittää tuotetta jo ennen työkalujen
ja prototyyppin valmistusta. Eräs ydinkysymys, johon etsitään vas-
tauksia, on se, mitä lisäarvoa ja kestäväää toteutusta VR:n avulla
pystytään tuottamaan.

Myös hygienia on iso haaste, erityisesti koronapandemian aikana.
Ihmiset eivät halua laittaa iholleen laitetta, joka on ollut toisen
ihmisen ihokosketuksessa. Hygienian täytyy siis kehittyä.

4.3 Yhteenveto

Merkille pantavia asioita kyselytutkimuksen tuloksissa olivat mm.
se, että yksikään yritys edustaja ei moittinut VR-laseissa olevaa
kohtuullisen kapeaa näkökenttää tai matalaa resoluutiota, vaikk-
ka ne ovat. Myöskään täysin virtuaalisia verkossa järjestettäviä
messutapahtumia ei vielä mainittu, mutta koronaviruspandemia
tuonee tähän muutoksen. Yhdysvalloissa on jo useita yrityksiä,
joiden toimiala on virtuaalimessujen järjestäminen tai niihin
liittyvien ohjelmistotuotteiden myynti.

Kustannussäästöt ja logistiikan helppous mainittiin lähes poikk-
leikkana VR:n etuina. Myös skaalautuvuus ja asioiden mahdol-
listaminen koettiin merkittävinä etuina. Riskit mainittiin vain ker-
ran, mutta useampienkin VR-lasien kuljetus tuottaa vähemmän
taloudellisia ja henkilövahinko- ym. riskejä kuin kalliin, painavan,
suuren ja/tai herkästi rikkoutuvan laitteiston rahti. Myös ympäris-
töystävällisyys mainittiin vain kerran, vaikka on selvää, että VR:n
käyttö vähentää tuotteiden rahtauksen tarvetta ja messujen ol-
lessa täysin virtuaalisia myös ihmisten matkustustarve vähenee.

Yksi tulevista trendeistä on todennäköisesti fyysisen laitteen ja sen virtuaalisen kaksosen samanaikainen toiminta, joskaan tässä kyselyssä se ei noussut esiin. Tällä tarkoitetaan mahdollisuutta ajaa toiseen fyysiseen paikkaan asennettua laitteistoa virtuaalimallin avulla siten, että virtuaalimallin ja aidon fyysisen mallin tulot ja lähdöt ovat kytkettynä toisiinsa. Lisänä voisi olla reaaliaikainen videoyhteys VR-mallin yhteyden lisäksi.

Useat vastanneista toivoivat myyjän pääsyä mukaan VR-kokemukseen asiakkaan kanssa, ja tähän tarjoavat mahdollisuuden lukemattomat kollaboratiiviset VR-ohjelmistot, joiden avulla useampi käyttäjä pääsee VR-laseilla verkkoyhteydellä samaan 3D-ympäristöön, ja voi nähdä toistensa avatar-hahmot sekä keskustella toistensa kanssa. Tämä on selvä vinkki ohjelmistokehittäjille, jotka tekevät yrityksille VR-ohjelmistoja tuote-esityksiin: esittelijä on saatava mukaan virtuaalihahmona itse VR-malliin, jossa hän voi sekä esitellä tuotetta ja sen ominaisuuksia, että antaa ohjeita ohjelmiston käytöstä. Parasta on, jos esimerkiksi ohjainlaitteen käyttöohjeet ovat nähtävissä sen digitaalisen kaksosen mukana itse sovelluksessa. Käytön helppous oli ehdottomasti merkittävin kehitystoive.

5 LOPUKSI

Luodun sovelluksen tarkoituksena oli tarjota konkreettinen esimerkki, miten pk-yritys voi hyödyntää virtuaalitodellisuutta omien tuotteiden esittelyssä messuilla. VR-lasien kustannukset ovat laskeneet teknologian kehittyessä ja kilpailun kasvaessa. Pelkkien VR-lasien hinnat ovat noin 500 - 1 000 € riippuen valmistajasta ja ominaisuuksista. Näiden lisäksi tarvitaan riittävän tehokas tietokone sekä näytönohjain, jossa on VR-tuki. Pelikannettavat ovat tähän tarkoitukseen erinomaisia. Yhteenlaskettuna

investoinnin hinnaksi muodostuu noin 2 000 € riippuen valituista laitteista. Investoituja laitteita voidaan messukäytön lisäksi hyödyntää myös muihin käyttötarkoituksiin ja silloin hankinnasta saadaan enemmän hyötyä. Monet suunnitteluohjelmat tukevat jo valmiiksi virtuaalitodellisuutta ja suunnittelua voidaankin tehostaa entisestään tutkimalla suunnittelussa olevia malleja virtuaalitodellisuudessa tuotekehitysvaiheessa. Näin välttyään ylimääräisiltä kustannuksilta.

Virtuaalitodellisuus on arkipäiväistynyt kuluttajien keskuudessa ja osana suurten teollisuusyritysten toimintaa. Teknologiaa kuitenkin hyödynnetään toistaiseksi todella vähän messukäytössä kone- ja laitevalmistajien toimesta. Pk-yritysten kilpailukyvyyn kannalta virtuaalitodellisuus luo uusia mahdollisuuksia.

KIITOKSET

Artikkeli on valmistettu osana Mobiili VR/AR pk-teollisuudessa -hanketta. Haluamme kiittää hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta Etelä-Pohjanmaan liittoa (EAKR).

LÄHTEET

Ellman, A. & Tiainen, T. Diffusion of innovation: Case of co-design of cabins in mobile work machine industry. *Computers* 8 (2), 39.

Gartner. 2020. [Verkkosivu]. [Viitattu 14.4.2020]. Saatavana: <https://www.gartner.com/en/information-technology/research/hype-cycle>.

Grand View Research. 2017. Virtual Reality market size, share & trends analysis report by device, by technology, by component, by application (aerospace & defense, commercial, consumer electronics, industrial & medical), by region, and segment forecasts, 2018 - 2025. [Verkköjulkaisu]. [Viitattu 26.5.2020]. Saatavana: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/virtual-reality-vr-market>.

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2009. Konetekniikan perusteet. 7. uud. p. Helsinki: WSOY oppimateriaalit.

Unity Technologies. 2020a. Plans and pricing. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.3.2020]. Saatavana: <https://store.unity.com/#plans-business>

Unity Technologies. 2020b. Unity's interface. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.3.2020]. Saatavana: <https://docs.unity3d.com/Manual/UsingTheEditor.html>

Unity Technologies. 2020c. Asset workflow. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.3.2020]. Saatavana: <https://docs.unity3d.com/Manual/AssetWorkflow.html>

Unity Technologies. 2020d. Creating gameplay. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.3.2020]. Saatavana: <https://docs.unity3d.com/Manual/CreatingGameplay.html>

Unity Technologies. 2020e. Scenes. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.3.2020]. Saatavana: <https://docs.unity3d.com/Manual/CreatingScenes.html>

Unity Technologies. 2020f. GameObjects. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.3.2020]. Saatavana: <https://docs.unity3d.com/Manual/GameObjects.html>

Valve Corporation. Ei päiväystä. SteamVR unity plugin. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.3.2020]. Saatavana: https://valvesoftware.github.io/steamvr_unity_plugin/

10-VUOTIAAT DIGITAALISET KAKSOSET

Toni Luomanmäki, insinööri (ylempi AMK), AmO,
projektipäällikkö
SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTOA

Digitaaliset kaksoiset ovat nuoresta iästään huolimattaan olleet viime vuosina valmistavan teollisuuden, tutkimuksen ja mediankin piirissä korostuneesti esillä. Vielä nykyäänkin digitaalisten kaksosten määritelmä hakee jossain määrin paikkaansa, ja sitä käytetään hyvin monenlaisissa yhteyksissä kuvaamaan erilaisia digitaalisia ratkaisuja. Koko maailman digitalisoituessa voimakkaasti viimeisten vuosien aikana on samaa tapahtunut myös teollisuudessa. Kasvanut massaräätälöinnin ja edelleen joustavuuden ja tehokkuuden tarve on toiminut ajurina tuotannollisten toimien kehittämisessä digitalisaation tuomia mahdollisuuksia soveltamalla. Industry 4.0 -kehys on tuonut oman visionsa modernista ja älykkäästä tuotannosta, jota kohti edelläkävijäyritykset ovat suunnanneet omaa tuotannon kehittämistoimintaansa.

Nykyaikana valmistavan teollisuuden tuotantoihin ja tuotteiden elinkaarien vaiheisiin liittyy poikkeuksetta digitaalisia ratkaisuja ja toimintoja aina suunnittelusta tuotteen jätteeksi päätymiseen asti. Digitaalisten kaksosten katsotaan myös liittyvän tuotteiden elinkaarenhallintaan ja erilaisten tuotantojärjestelmien toiminnan analysointiin ja optimointiin liiketoimintanäkökulma huomioiden. Tässä artikkelissa pohditaan digitaalisen kaksosen määritelmää sen historian ja tutkimustiedon, sekä case-esimerkin näkökulmasta ja pyritään tuomaan esille digitaalisen kaksosen ydintarkoitus.

2 DIGITAALISTEN KAKSOSTEN LYHYT HISTORIA

Digitaalinen kaksonen -termillä on lyhyt historia, ja sen määritelmä jalostuu vielä nykyaikanakin. Määritelmän keskeneräisyydestä johtuen, sitä käytetään hyvin monessa yhteydessä kuvaamaan erilaisia digitaalisia ratkaisuja. Epävirallisesti digitaalinen kaksonen -konseptin on esitellyt Barricellin, Casiraghin ja Foglin (2019) mukaan Michael Grieves vuonna 2002 hänen PLM-aiheisessa esityksessään otsikolla "Conceptual Ideal for PLM". Digital twin -termi esiintyi virallisesti ensimmäisen kerran vuonna 2010 NASAn teknologisessa tiekarttadokumentaatiossa (Shafto 2010). Dokumentissa kuvataan digitaalista kaksosta monitahoiseksi simulaatioksi, jossa yhdistyvät parhaat saatavilla olevat fysiikkamallit, sensoridatat ja laivuehistoria ja joka peilaa sen oikeaa, lentävää kaksosta. Shafto (2010) kuvaa digitaalisen kaksosen sovellusesimerkkejä seuraavasti:

1. Digitaalisen kaksosen avulla voisi lentää tulevia lentoja ennen niiden varsinaista toteutumista.
2. Digitaalisen kaksosen avulla voisi tarkkailla oikeaa lentoa ja lentovälineen tilaa.
3. Digitaalisen kaksosen avulla voidaan analysoida mahdollisia vika- ja virhetilanteita, joita lento voi kohdata kohteessa, ja pyrkiä välttämään ja ennakoimaan niitä.
4. Digitaalisen kaksosen avulla voidaan tutkia tehtävänäikaisten lentoparametrien muutosten vaikutusta lentovälineen suorituskykyyn ennen päätöksentekoa.

NASAn määritelmän ja sovellusesimerkkien valossa digitaalisten kaksosten tarkoitus nähdään nykyään hyvin samanlaisina kuin 10 vuotta sitten, joskin sovellusympäristö on nykyään painottunut

valmistavaan teollisuuteen, josta nousee omat erikoispiirteensä digitaalisiin kaksosiin. Digitaalisella kaksosella on tavoitteena saavuttaa mm. ennakoituvuutta, varmuutta, optimointia, turvallisuutta, suorituskykyä ja läpinäkyvyyttä. Euroopassa teollisuuden omaksumista konseptiin vauhditti erityisesti Industry 4.0 -visio, jonka juuret ovat Saksan hallituksen käynnistämässä High-tech strategy -ohjelmassa, ja sen tuloksena vuonna 2011 esitelty Industrie 4.0 -kehys (I-SCOOP, [viitattu 6.4.2020]).

2010-luvun puolella välissä myös yritykset olivat omaksuneet digital twin -termin, ja sitä käytettiin markkinointitarkoituksissa hyvin monitahoisesti. Osalla oli selkeä ajatus siitä, mikä digitaalisten kaksosten perusajatus oli, ja niiden innovatiivista näkökulmaa osattiin hyödyntää omissa tuotteissa. Toisaalta oli myös yrityksiä, joilla ei välttämättä ollut niin selkeää käsitystä digitaalisten kaksosten perusajatuksista, mutta yritysten oli kyettävä olemaan ajan hermolla ja käytettävä termiä hyvinkin löyhästi kuvaamaan yksinkertaisimpiakin digitaalisia tuotteita tai ratkaisuja. Nykyään tilanne alkaa olla kuitenkin jo se, että teollisuus ja tutkimus näkevät digitaaliset kaksoset melko samansuuntaisesti.

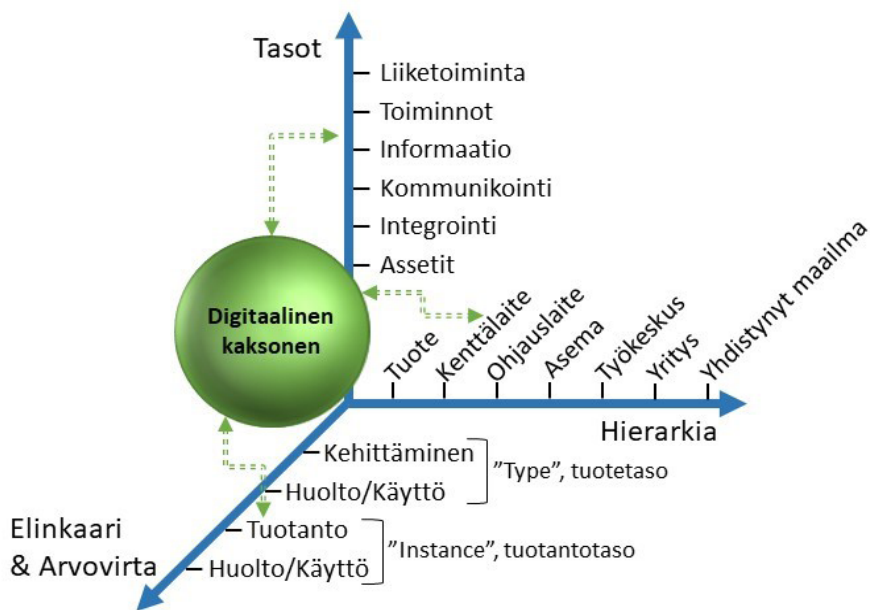
3 MITÄ DIGITAL TWIN OIKEASTAAN TARKOITTAÄ

Kuten aiemmin todettiin, digitaalinen kaksonen -termiä on käytetty ja käytetään edelleen hyvin monissa yhteyksissä. Tässä kappaleessa pyritään löytämään rajausta siihen, mitä digitaalinen kaksonen todella tarkoittaa ja mitä se ei ole.

3.1 Mikä tekee digitaalisen kaksosen

Deuterin ja Pethigin (2019) mukaan tulevaisuudessa koneet ja tehtaot voidaan liittää ylätasoon järjestelmiin liittä ja valvo -peri-

aatteella ilman nykyään vaadittavaa työstä integraatiota. Heidän mukaansa pelkkä teknologinen verkottuminen ei kuitenkaan riitä tuottavuuden kasvattamiseksi, vaan tarvitaan myös arvoketjujen horisontaalista verkottumista. Teollisuus 4.0 -vision mukaista verkottumista, standardisointia ja toiminnan rakennetta kuvataan Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI4.0) -mallissa. Kuviossa 1 kuvataan digitaalisen kaksosen asemoitumista RAMI 4.0 -mallissa. (Reference Architectural Model 2018.)



Kuvio 1. Digitaalisen kaksosen aseointi RAMI 4.0 -kehyksessä (perustuu Reference Architectural Model, 2018; Deuter & Pethig 2019).

Kuten kuviosta 1 voidaan todeta, digitaalinen kaksosen liittyy usein valmistavan teollisuuden yrityksessä hyvin moniin toimintoihin ja liiketoiminnan tasoihin. Keskeistä digitaalisen kaksosen määrittelyssä on se, että digitaalisella kaksosella on aina yhteys johonkin fyysiseen, reaali maailman komponenttiin, jonka toimintaa digitaalinen kaksosen peilaa. Autiosalon ym. (2020) mukaan digitaalisen kaksosen päätarkoitus on toimia yksittäisenä informaation lähteenä sen reaali maailman vastineelle.

Heidän mukaansa digitaalinen kaksonen linkittää eri järjestelmät tuotetasolle, ja sitä hyödynnetään jäsentämään, seuraamaan ja hyödyntämään dataa. Keskeinen kysymys digitaalisen kaksosen määrittelyssä on myös, mahdollistaako digitaalinen kaksonen reaali maailman vastineensa ohjauksen. Autiosalon ym. (2020) mukaan fyysinen tuote on digitaalisen kaksosen määrittelyssä niin keskeinen asia, että sillä erottaudutaan normaalista simulatiosta. He kuvaavat yhteyttä digitaalisen kaksosen ja reaali maailman vastineen kanssa termillä ”coupling”, joka mahdollistaa kaksisuuntaisen yhteyden ja edelleen reaali maailman vastineen ohjauksen.

Digitaalisilla kaksosilla on ainakin kaksi mahdollista elinkaarta. Ensimmäisessä digitaalinen kaksonen syntyy reaali maailman vastineen suunnitteluvaiheessa ja tuotteen valmistuttua kaksoset jatkavat vuorovaikutuksessa fyysisen tuotteen elinkaaren ajan. (Barricelli ym. 2019.) Tämä vaihtoehto kuvaa hyvin tuotteen elinkaarenhallintaan (PLM) rakennettua digitaalista kaksosta, joka koostuu mm. tuotteen 3D-suunnittelusta, lujuustarkastelusta, tuotteen ohjauksen suunnittelusta ja simuloinnista, tuotteen valmistuksen suunnittelusta ja simuloinnista ja tuotannon suunnittelusta ja simuloinnista. Tuotteen valmistuksen aikana ja sen jälkeen eri vaiheet tuottavat digitaaliseen kaksoseen dataa, jonka perusteella koko prosessia voidaan optimoida ja monitoroida. Toisessa vaihtoehdossa Barricelli ym. (2019) mukaan digitaalisen kaksosen elinkaari alkaa siten, että olemassa olevalle reaali maailman järjestelmälle rakennetaan digitaalinen kaksonen Teollisuus 4.0 -teknologioita soveltaen. Myös tässä tapauksessa kaksoset jatkavat datan vaihtoa koko elinkaarensa ajan.

Digitaalisen kaksosen tarkka määrittely on mahdotonta, koska se on konseptina vielä kehitysvaiheessa ja vailla selkeitä standardeja. Joka tapauksessa tietynlaista konsensusta aiheesta on syntynyt niin tutkimuksessa kuin teollisuudessaakin, joskin eri toimialat ja sovellukset tuovat oman näkökulmansa asiaan.

Yhtenä näkökulmana Autiosalo ym. (2020) nostavat sen ajatuksen, että digitaalinen kaksonen ei ole teknologiaa, vaan enemmänkin idea tai filosofia, jota voidaan toteuttaa monilla erilaisilla teknologioilla. Heidän mukaansa digitaalinen kaksonen tulisi luokitella enemmänkin semanttiselle, kuin teknologiselle tasolle. Näistä syistä digitaalista kaksosta tulisi ajatella enemmän konseptina reaali maailman kaksosen kehitykselle, riippumatta siitä syntykö lisäarvoa seurannan, data-analytiikan, optimoinnin tai jonkun muun teknologisen toimenpiteen ansioista.

3.2 Mitä se ei ole

Vaikka digitaalisen kaksosen tarkka määrittely lienee mahdotonta, on siitä olemassa kuitenkin sellainen konsensus, että voidaan poissulkea tiettyjä, helposti digitaalisiksi kaksosiksi miellettyjä esimerkkejä. Taulukossa 1 esitetään valmistavan teollisuuden suunnittelun näkökulmasta erilaisia teknologisia sovelluksia, jotka eivät pääsääntöisesti ole artikkelin käsityksen mukaan digitaalisia kaksosia ja pohditaan myös sitä, mikä niistä tekisi niitä.

Taulukko 1. Teknologiasta digitaaliseksi kaksosiksi.

Teknologia	Miksi ei ole digitaalinen kaksosen	Miten tekisi siitä digitaalisen kaksosen
Tuotteen 3D-malli	Vaikka 3D-mallista olisikin rakennettu vastaava fyysinen tuote, kummankaan elinkaari ei vaikuta toisiinsa.	3D-malli osana tuotteen elinkaarenhallintajärjestelmää, johon dataa kertyy koko tuotteen elinkaaren ajan ja sitä hyödynnetään 3D-suunnittelussa.
Valmistuksen CAM-simulaatio	Työstökoneen ohjelman offline-suunnittelun ja simuloinnin perusteella työstetty kappale ei linkity takaisin suunnitteluvaiheeseen.	Työstetty kappale voidaan automaattisesti tarkkuusmitata, ja tuloksista on takaisinkytkentä niin suunnitteludataan kuin työstökoneeseen. Lisäksi työstökoneen tilaa ja dataa voidaan esittää visuaalisesti.
Tuotannon simulaatio	Perinteisellä tuotannon simuloinnilla pyritään arvioimaan järjestelmän käyttäytymistä tulevaisuudessa tai simuloidaan menneisyyttä historiadatan avulla. Järjestelmän reaaliaikaista nykytilaa ei ilmenetä simulaatiossa, tai suunnitteluvaiheessa olevan järjestelmän simulointia ei liitetä sen reaali maailman kaksoseseen sen valmistuttua.	Järjestelmän suunnitteluvaiheen simulaatioon voidaan liittää fyysinen ohjausjärjestelmä, jonka ohjausta voidaan kehittää ja testata simulointimallia vasten. Dataliikenne on kaksisuuntaista simulointimallin ja ohjausjärjestelmän välillä. Lisäksi valmiin reaali maailman järjestelmän suorituskykyä voidaan seurata IoT-ratkaisuilla ja tehdä takaisinkytkentä simulointimalliin, joka ilmentää oikean järjestelmän tilaa.
Järjestelmän suorituskyvyn mitta- ja visualisointisovellus	Vaikka ohjelmisto seuraa ja visualisoi jonkun systeemin tilaa reaaliaikaisesti, siitä ei ole kuitenkaan takaisinkytkentää oikeaan järjestelmään. Digitaalisen kaksosen edellyttämä ohjausnäkökulma puuttuu.	Ohjelmistosta tulisi olla reaali maailman järjestelmään ohjaus esimerkiksi data-analytiikan perusteella.

Kuten taulukosta 1 voidaan todeta, digitaalisen kaksosen muodostaa yleensä selkeä takaisinkytkentä joko digitaalisesta tai reaali maailman kaksosesta toiseen. Lisäksi olennaista on nykytilassa tapahtuva reaaliaikainen tiedonsiirto molempiin suuntiin, johon perustuvaa ohjausta tapahtuu vähintään toiseen suuntaan. Tästä seuraavaa suljettua kiertoa (closed loop) voidaan kutsua sen kaikkine liitännöineen, rajapintoineen ja ilmiöineen digitaalisiksi kaksosiksi.

4 TUOTANTOSOLUN SIMULAATIO VAI DIGITAALINEN KAKSONEN

SeAMK Tekniikalla on pitkät perinteet tuotannon simulointien toteuttamisesta yrityksille ja simulointiteknologian hyödyntämisestä laaja-alaisesti myös TKI- ja opetustoiminnassa. Vaikka perinteistä tuotannon simulointia ei voidakaan artikkelin näemyksen mukaan kutsua puhtaaksi digitaalisiksi kaksosiksi mm. reaali maailman linkityksen puuttuttua, on nykyaikaisissa simulointityökaluissa kuitenkin sellaisia ominaisuuksia, jotka mahdollistavat hyvin monipuolisesti erilaisten teollisuuden toimintojen mallintamisen ja simuloinnin. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna nykyaikainen simulointiteknologia ja sillä toteutetut simulaatiot voivat sisältää esim. työntekijäresurssin, autonomisen mobiilirobotin tai fysiikkamallinnuksella tarkennetun materiaalivirran tarkastelut. Nämä ovat jo sen suuntaisia ominaisuuksia, että digitaalisen ja reaali maailman välinen raja hälvenee entisestään, jolloin nykyaikaisista tuotannon simuloinneista voisi olla mahdollista käyttää termiä digitaalinen kaksonen. Lisäksi nykyaikaisissa simulointityökaluissa virtuaalitodellisuuteen siirtyminen onnistuu helpoimmillaan muutamaa painiketta painamalla, mikä tuo simulaatiot edelleen lähemmäksi todellista ympäristöä.

Artikkelin kirjoitushetkellä SeAMK Tekniikassa oli käynnissä yksi simulointitoimeksianto, jossa oli tarkoituksena simuloida

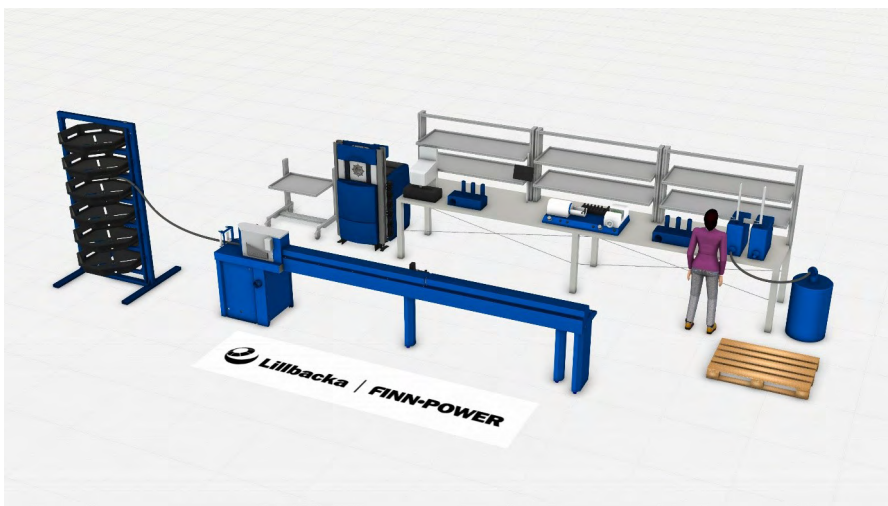
hydrauliletkuasennelmien kokoonpanolinjan toimintaa 3D-ympäristössä. Simulointi toteutettiin moderneja letkuliitinpuristimia valmistavalle Lillbacka Powerco Oy:lle, jolla on yli 40 vuoden kokemus letkuliitinpuristimien valmistuksesta. Simuloinnin tavoitteena oli selvittää pääsääntöisesti ihmisen toteuttaman, eri resursseja hyödyntävän kokoonpanoprosessin virtausta eri tuotanto-ohjelmilla ja layouteilla. Lisäksi 3D-simulaation sivutuotteena syntyy usein lähes automaattisesti erilaista visualisointiaineistoa, kuten renderöidyt kuvat tai simulointiajoista tuotetut videot. Koska yrityksellä ei usein ole omaa ohjelmistolisenssiä, simuloinneista tuotetut videot ja kuvat antavat keinoja yritykselle viestiä oman projektin tuloksia tai tavoitteita sidosryhmilleen myös simulointiprojektin jälkeen. Simulointiteknologia mahdollistaakin tehokkaan viestimisen eri sidosryhmien välillä hyvin teknisistäkin asioista.

Simuloinnin määrittelyvaiheessa todettiin, että tuotanto-ohjelma ja simuloinnin parametrit (vaiheajat, tuotantolaitteiden asetukset, tuotantotapa, eräkoot, tuoteresepti) tuli olla määriteltävissä Excel-tiedostoon. Data luettaisiin aina ennen simulaation ajamista simulointimalliin. Kokoonpanon työkierto avattiin 33 eri vaiheeseen, joille pystyi määrittelemään vaiheajat. Lisäksi oli mahdollista määritellä tuoteresepti siten, että tuotteen rakentuminen pystyttiin määrittelemään 14 eri työvaiheen kautta haluttuun järjestykseen, koska osalla tuotteista saattoi olla erilainen kokoonpanoprosessi. Lisäksi Excel-tiedosta pystyttiin määrittelemään tuotantotapa (one-piece flow/batch flow).

Simulointimalli päätettiin toteuttaa Visual Components -ohjelmistolla, koska visuaalisuus oli tärkeää ja ohjelmiston 3D-ominaisuudet ovat verrattain erinomaiset. Lisäksi ohjelmiston Python-API mahdollistaa täysin yksilöllisten ratkaisujen toteuttamisen simulaatioon. Simulaation rakennettiin ylätason ohjaus, joka lukee datan malliin, käsittelee sen ja kohdistaa parametrit oikeille resursseille. Ylätason ohjaus huolehtii myös ihmisresurssimallin ohjauksesta oikeille työpisteille oikeassa järjestyksessä.

Ihmisenresurssin ohjaus toteutettiin niin, että ihmismalli löytää aina kokoonpanopisteen riippumatta siitä, missä se on ja osaa kävellä sinne. Tämä mahdollistaa vaihtoehtoisten layouttien testaamisen ja optimoinnin joustavasti siten, että simulaatiomallissa työpisteiden ja resurssien paikkaa voi muuttaa vapaasti ja siitä huolimatta ihmisenresurssi kulkee mallissa tuotanto-ohjelman ja tuotereseptien mukaisesti.

Simulointimallin avulla selvitettiin mm. tuotannon läpimenoaikoja eri tuotanto-ohjelmilla ja -tavoilla. Visual Components -ohjelmistolla pystytään visualisoimaan myös erilaista dataa statistiikkatyökalujen avulla. Tuotantotavan vaikutuksia todennettiin lisäarvoa tuottamattoman ja tuottavan työn seurannalla. Lisäksi laskettiin mm. ihmisenresurssin kävelymatkaa one-piece flow ja batch production -tuotantotavoilla. Esimerkiksi batch production -tuotantotavalla ihmisenresurssin kävelymatka tuotantoprosessissa oli vain noin 30 % one-piece flow -tuotantotapaan verrattuna. Kuviossa 2 on kuvakaappaus simulointimallista.



Kuvio 2. Kuvakaappaus kokoonpanosolun simulaatiomallista.

Simulointiprojektin aikana syntyi ajatus jatkokehitysmahdollisuudesta layout-optimoinnin suhteen. Olisi mielenkiintoista

soveltaa esimerkiksi geneettisiä algoritmeja tai neuroverkko- ja optimaalisen layoutin ratkaisemiseksi siten, että siirtyminen eri resurssien välillä olisi mahdollisimman lyhyt ja edelleen läpimeno mahdollisimman suuri. Osassa simulointiohjelmistoja on jo nykyaikana sisäänrakennettuna erilaisia optimointityökaluja, mutta myös avoimien rajapintojen ansiosta ohjelmistojen ulkopuolisia ratkaisuja voidaan implementoida osaksi simulointimallia. Tämän tyylistä lähestymistapaa tullaan kokeilemaan jossakin vaiheessa, joko tämän tai jonkun muun projektin yhteydessä.

5 LOPUKSI

Digitaaliset kaksoset ovat tulleet jäädäkseen siitäkin syystä, että ne ovat älykkään tuotannon mahdollistavia rakennuspalikoita, jotka mahdollistavat sellaisen joustavuuden ja tuottavuuden, mitä nykyajan massaräätälöintivaatimukset asettavat liiketoiminnalle. Oli kyse sitten digitaalisesta kaksosesta tai kyberfyysisestä järjestelmästä, on keskeistä tiedostaa, että kyse ei ole pelkästään teknologiasta, vaan enemmänkin ajattelutavasta, miten valmistavan teollisuuden toimintaa voidaan teknologian avulla kehittää koko tuotteen elinkaaren ajan.

Digitaaliset kaksoset skaalautuvat hyvin myös pk-sektorille, sillä toteutuksen ei tarvitse kattaa heti koko liiketoimintaa ja sen digitaalista kaksosta, vaan voidaan aloittaa hyvin pienin askelin tuotannon digitalisoinnissa. Lopulta kyse ei ole myöskään siitä, onko kyseessä digitaalinen kaksonen vai jokin muu termi, vaan siitä, että tiedostaa olemassa olevien teknologioiden mahdollisuudet ja osaa orientoitua niiden moderniin soveltamiseen omassa toiminnassaan.

Artikkeli on valmisteltu osana Mixed Reality and Collaborative Robotics -hanketta, ja haluamme kiittää hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta Pirkanmaan ja Etelä-Pohjanmaan Liittoja.

LÄHTEET

Autiosalo, J., Vepsäläinen, J., Viitala, R. & Tammi, K. 2020. A feature-based framework for structuring industrial Digital Twins. [Verkkójulkaisu]. IEEE Access 8, 1193 - 1208. [Viitattu 7.4.2020]. Saatavana: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8887161>

Barricelli, B., Casiraghi, E. & Fogli, D. 2019. A survey on Digital Twin: Definitions, characteristics, applications, and design implications. [Verkkójulkaisu]. IEEE Access 7, 167653 - 167671. [Viitattu 6.4.2020]. Saatavana: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8901113>

Deuter, A. & Pethig, F. 2019. The Digital Twin theory. [Verkkolehtiartikkeli]. Industrie 4.0 management, 27 - 30. [Viitattu 6.4.2020]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/330883447_The_Digital_Twin_Theory

I-SCOOP. Ei Päiväystä. Industry 4.0: the fourth industrial revolution: guide to Industrie 4.0. [Verkkosivu]. [Viitattu 6.4.2020]. Saatavana: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>

Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI4.0). 2018. [Verkkójulkaisu]. Berlin: Plattform Industrie 4.0. Viitattu [7.4.2020]. Saatavana: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/rami40-an-introduction.html>

Shafto, M. 2010. DRAFT modeling, simulation, information technology & processing roadmap. [Verkkójulkaisu]. Washington: NASA. [Viitattu 6.4.2020]. Saatavana: https://www.nasa.gov/pdf/501321main_TA11-MSITP-DRAFT-Nov2010-A1.pdf

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUSARJA – PUBLICATIONS OF SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

A. TUTKIMUKSIA - RESEARCH REPORTS

B. RAPORTTEJA JA SELVITYKSIÄ - REPORTS

C. OPPIMATERIAALEJA - TEACHING MATERIALS

Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarjojen aiemmin ilmestyneet julkaisut löytyvät SeAMKin verkkosivuilta

<https://www.seamk.fi/yrityksille/julkaisut/>

ja Theseus-verkkokirjastosta **<https://www.theseus.fi>**

Seinäjoen ammattikorkeakoulun kirjasto

Kalevankatu 35, 60100 Seinäjoki

p. 040 830 0410

kirjasto@seamk.fi

ISBN 978-952-7317-25-9 (verkkojulkaisu)

ISSN 1797-5573 (verkkojulkaisu)

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES