



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tämä on alkuperäisen artikkelin rinnakkaistallenne (kustantajan versio).

Viite:

Ylinen, H., Arkko, J., Junell, P. & Sauramäki, J. 2020. Liikkuvat työkoneet tietoa tuottamassa. Teoksessa: S. Päällysaho, P. Junell, J. Latvanen, S. Saarikoski & S. Uusimäki (toim.) Seinäjoen ammattikorkeakoulu 2020: Osaamista strategian vahvuusaloilla. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja A. Tutkimuksia 33, 549 - 558.



LIKKUVAT TYÖKONEET TIETOA TUOTTAMASSA

Hannu Ylinen, DI, lehtori

SeAMK Tekniikka

Jarno Arkko, DI, lehtori

SeAMK Tekniikka

Pasi Junell, TkT, yliopettaja

SeAMK Tekniikka

Jyrki Sauramäki, Functional Safety and Data Security Manager

Epec Oy

1 JOHDANTO

Tutkimus- ja tuotekehityspanostukset ovat synnyttäneet Suomeen vahvan ”Liikkuvat työkonet” -liiketoimintaverkoston, jonka viimeisintä teknologiaa hyödyntävät tuotteet ovat saavuttaneet johtavan aseman useilla markkina-alueilla. Liikkuvilla työkoneilla tarkoitetaan kumipyörillä tai telaketjuilla maalla kulkevia koneita, jotka tekevät työsuoritteita eri kohteissa. Viimeisten vuosikymmenten aikana alan kilpailukykytekijät ovat muuttuneet ympäristö- ja työturvallisuusvaatimusten, automaation ja viimeisenä nopean digitalisaation vaikutuksesta. Panostukset osaamiseen ja tuotekehitykseen ovat nostaneet esimerkiksi suomalaiset metsä- ja kaivoskoneet markkinajohtajiksi eri puolilla maailmaa. Alan koulutus on kehittynyt markkinoiden ja yritysten tarpeita seuraten ja on ollut osaltaan tukemassa menestystä.

Ajoneuvotekniikka, ja työkonet sen yhtenä osa-alueena, on historiansa suurimman muutoksen alaisena. Ajoneuvojen verkottumisen ja osittaisen automaation avulla on mahdollista toteuttaa toimintoja ja ominaisuuksia, joita vielä vuosikymmen sitten ei osattu edes kuvitella. Tämän lisäksi voimansiirtojärjestelmät ovat voimakkaan muutoksen alaisena sähköisten voimansiirtojärjestelmien nopean yleistymisen myötä. (Rizzoni ym. 2019.)

Viime vuosina liikkuvia työkoneita valmistava teollisuus on saanut todistaa räjähdysmäisen nopeaa IoT-aaltoa (Internet of Things). Se on tarkoittanut koneiden ohjausjärjestelmien käytön aikana tuottaman datan laajamittaista keräämistä ja

analysointia. Tämän lisäksi koneet ovat kytkeytyneet verkkoon, jolloin reaaliaikainen monitorointi ja osin jopa etäohjaus ovat tulleet teknisesti mahdolliseksi. Monipuolinen anturointi mahdollistaa tulevaisuudessa myös autonomisia toimintoja. Artikkelissa kuvataan perusteita tekniikoista, jotka mahdollistavat tiedon keräämisen. Liikkuviin työkoneisiin liittyy aina oleellisesti toiminnan turvallisuus. Artikkelissa sisältyy myös katsauksen koneiden turvallisuuteen tähtäävistä suunnitteluperiaatteista. Tavoitteena on siis luoda yleiskatsaus liikkuvien työkoneiden kehityksen suunnasta.

Alan opetuksen täytyy seurata aikaansa uusimpien kehityskulkujen osalta. Ratkaisuna koneiden ohjausjärjestelmien opetuksen ajantasaistamiseen on kehitetty sarja opiskelijaprojekteja, joiden tarkoituksena on ollut tuottaa insinöörikoulutuksen tarpeisiin nykyaikainen opetuslaitteisto. Yhteistyökumppanina SeAMK Tekniikan kanssa on näissä projekteissa toiminut Epec Oy. Opiskelijaprojektit ovat toteutettu projektipaja-konseptilla. Artikkelissa kuvataan myös tämän yrittäjäyhteistyön vaiheita.

2 ANTURIT AUTOMAATION MAHDOLLISTAJINA

Jotta ajoneuvoista voidaan kerätä erilaisia tietoja, niihin on asennettava antureita. Ajoneuvoissa antureita on käytetty jo kauan välittämään tietoa esimerkiksi erilaisien akselien pyörintänopeuksista. Anturit mittaavat nopeasti, tarkasti ja luotettavasti, mutta toistaiseksi ne eivät täysin ole korvanneet ihmisen havainnointi- ja arviointikykyä. Ajoneuvon automaattisuus tai autonomisuus vaatii kehittyneitä anturitekniikkaa, sillä tällöin tarkoituksena on korvata ihmisen tekemät havainnot ja toimenpiteet automatiikalla. Koska automaattinen ajaminen tarkoittaa myös ajoneuvon omatoimista turvallisuudesta ja luotettavuudesta huolehtimista, on anturitiedon oltava korkealaatuista.

Ajoneuvojen anturit voidaan jakaa kahteen eri pääryhmään, ajoneuvon omaa toimintaa mittaaviin (proprioceptive) ja ulkoisia ärsykeitä mittaaviin (exteroceptive). Ajoneuvojen omaa toimintaa mittaavat anturit omaavat jo pitkän historian ja ovat teknologialtaan kehittyneitä ja edullisia. Ulkoisia ärsykeitä mittaavat anturit ovat viime aikoina kehittyneet huomasti, mutta joidenkin antureiden kalleus on edelleen niiden yleistymisen esteenä. (Kogut 2014.)

Ajoneuvon omaa toimintaa mittaavat anturit usein mittaavat jonkin asian liikettä tai paikkaa. Näistä tiedoista voidaan johdannaistietona ilmoittaa esimerkiksi ajo-

neuvon nopeus tai vaikkapa kuljettajan vaatima kiihtyvyys. Muita tärkeitä omaa toimintaa mittaavia antureita ovat kiihtyvyyssanturit ja gyroskoopit. Näillä antureilla voidaan mitata ajoneuvon liikkeen dynamiikkaa, eli kiihtyvyyden suuruutta ja suuntaa sekä kiertoliikkeen nopeutta ja suuntaa. Ajoneuvon liikkeen mittausta näyttelee tärkeää roolia myös automaattisessa ajossa.

Ulkoisia ärsykeitä mittaavat anturit mittaavat yleisesti myös jonkin asian paikkaa tai liikettä. Kamerajärjestelmät voivat myös havaita esimerkiksi erilaisia liikenne-merkkejä. Yksinkertaista kamerajärjestelmää voidaan käyttää myös esimerkiksi kaistaviivojen havainnointiin tai peruutuksen aputyökaluna. Stereokamerajärjestelmät koostuvat kahdesta kamerasta, jotka luovat binokulaarisen näköjärjestelmän. Kamerateat luovat siten stereokuvan, josta jokaisen pikselin etäisyys voidaan määritellä erikseen. Heikkoja puolia edellä mainituissa kamerajärjestelmissä ovat niiden toimivuus ainoastaan hyvissä valaistusolosuhteissa sekä stereokamerajärjestelmän mittatarkkuuden heikkeneminen etäisyyden kasvaessa. (Kogut 2014.)

Saatavilla olevasta valosta riippumattomia järjestelmiä ovat esimerkiksi infrapunakamerajärjestelmät ja erilaiset tutkajärjestelmät. Vaikkakin infrapunakamerajärjestelmä ei ole täysin ”immuuni” erilaisille ympäristöolosuhteille voidaan sen merkittävimäksi heikkoudeksi mainita sen huono resoluutio.

Täysin autonomisesti toimivan työkoneen täytyy pystyä keräämään ja analysoimaan dataa valtavasta määrästä erilaisia antureita. Analyysin perusteella ohjausjärjestelmän tulee kyetä muodostamaan kokonaiskuva ympäristöstä ja toteuttamaan toiminnot, jotka mahdollistavat koneen tehokkaan ja turvallisen käytön. Aikaa tähän ei ole kuin muutamia millisekunteja, joten ohjausjärjestelmässä on oltava riittävästi laskentatehoa. Kaiken lisäksi vikasietoisuuteen liittyvät vaatimukset edellyttävät koneen toimivan turvallisesti, vaikka jokin anturi tai osajärjestelmä vikaantuisi. (Costlow 2020.)

3 LIKKUVIEN TYÖKONEIDEN KONETURVALLISUUS

Liikkuvan työkoneen voidaan määritellä olevan kone, jota ohjataan itse koneessa olevasta ohjaamosta tai kauko-ohjauksella koneen ulkopuolelta. Koneessa itsessään on oltava jokin voimanlähde, ja se liikkuu esimerkiksi telaketjujen tai renkaiden välityksellä. Tämänkaltaisen koneen kuuluu koneasetuksen alaisuuteen, eli sen suunnittelussa tulee noudattaa Euroopan parlamentin ja neuvoston konedirektiiviä (2006/42/EY), joka on pantu täytäntöön Suomessa valtioneuvoston

koneiden turvallisuutta koskevalla asetuksella (A 12.6.2008/400). Liikkuva työkone muodostuu monista eri järjestelmistä ja rakenteista, joiden suunnittelussa tulee käyttää turvallisia suunnitteluperiaatteita. Koneiden turvallisessa suunnittelussa ja teknisissä ratkaisuissa auttavat erilaiset standardit. Koneen valmistaja on aina viime kädessä vastuussa koneen turvallisuudesta sitä käytettäessä.

Liikkuvien työkoneiden turvallisen suunnittelun lähtökohtana on yleisten suunnitteluperiaatteiden noudattaminen. Yleisiä turvallisuuteen tähtääviä suunnitteluperiaatteita on esitelty harmonisoidussa standardissa SFS-EN ISO 12100, josta löytyy ohjeita riskinarvioinnin suorittamiseen sekä riskien pienentämiseen. Riskien arvioinnin prosessi on tarkoitettu tehtäväksi koneen suunnitteluvaiheessa, jolloin se toteuttaa ajatusta riskien pienentämisestä luontaisilla turvallisilla suunnittelutoimenpiteillä. Luontaisesti turvalliset suunnittelutoimenpiteet ovat ensisijainen turvallistamiskeino. Jos edellä mainittu ei ole mahdollista, tehdään täydentäviä suojaustoimenpiteitä ja jos suojaaminenkaan ei ole ratkaisu, ohjeistetaan turvallista käyttöä. Standardi SFS-EN ISO 12100 myös määrittelee yleisesti koneiden ohjausjärjestelmien vaatimuksia.

Koneiden ohjausjärjestelmien turvalliseen toimintaan ottaa kantaa yleisten suunnitteluperiaatteiden muodossa harmonisoitu standardi SFS-EN ISO 13849-1. Standardin mukaan jokaiselle ohjausjärjestelmän turvallisuuteen liittyvälle toiminnolle on määriteltävä sen ominaisuudet, määriteltävä siltä toiminnolta vaadittava suoritustaso ja sen jälkeen dokumentoitava ne koneen tekniseen tiedostoon. Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien komponenttien luotettavuutta ja toimintaa määrittelee esimerkiksi standardit ISO 13851, ISO 13856-1 sekä ISO 13856-2. Erilaisten järjestelmien yhteistoiminnalla saavutettua turvallisuuskokonaisuutta kutsutaan nimellä toiminnallinen turvallisuus (SFS-EN 61508-4). Toiminnallisen turvallisuuden kokonaisuus voi esimerkiksi käsittää ohjausjärjestelmän, hydraulisen voimansiirron ja mekaanisen toiminnan osajärjestelmät. Näiden osajärjestelmien turvallisuus tulee huomioida siis erikseen, mutta myös yhdistelmänä kokonaisturvallisuuden (toiminnallisen turvallisuuden) takaamiseksi.

Ajoneuvojen verkottuminen ympäröivään maailmaan on yhtä aikaa sekä kiehtovaa että huolestuttavaa. Vaikka hyötyjä ei voi kiistää, aiheuttaa verkottuminen myös turvallisuusriskejä. Yhteydenpito muihin ajoneuvoihin (V2V, Vehicle-to-Vehicle) ja infrastruktuuriin (V2I, Vehicle-to-Infrastructure) altistaa ajoneuvot cyber-hyökkäyksille. Näihin turvallisuusuuhkiin täytyy varautua huolehtimalla tietoturvasta. Käytännössä tämä tarkoittaa salattua tiedonsiirtoa ja riittävää suojausta ajoneuvon ja ympäröivän maailman välillä. (Vattaparambil ym. 2020.)

4 TYÖKONETEKNIIKAN OPETUS SEAMKISSA

Työkonetekniikan opetuksella on pitkät perinteet SeAMKissa. Jo ennen ammattikorkeakoulua, Seinäjoen teknillisen oppilaitoksen perustamisvuosista saakka, on työkonetekniikka ollut mukana yhtenä painopistealueena. Varhaisimmassa vaiheessa kyseessä oli maatalouskonetekniikan teknikko-opinnot, jotka sitten ammattikorkeakoulu-uudistuksen myötä laajenivat auto- ja työkonetekniikan insinööriopintotutkukseksi. Nykyisin työkonetekniikkaan liittyvät opintojaksot on sijoitettu konetekniikan tutkinto-ohjelman auto- ja työkonetekniikan suuntautumisvaihtoehtoon.

Työkonetekniikka muodostaa auto- ja työkonetekniikkaa opiskelevien insinööriopiskelijoiden opintosuunnitelmassa oman moduulinsa. Se pitää sisällään viisi eri opintojaksoa, joiden avulla työkonealan tehtävissä tarvittavat tiedot ja taidot on tavoitteena juurruttaa opiskelijoiden osaamispääomaksi. Taulukossa 1 on esitetty työkonetekniikan moduulin rakenne.

Taulukko 1. Työkonetekniikan moduuli SeAMKin auto- ja työkonetekniikan opinnoissa.

Opintojakso	Opintopisteet
Hydraulitekniikka	3
Liikkuvat työkoneet	3
Hyötyajoneuvot	4
Maatalouskonetekniikka	4
Työkonetekniikan laboraatiot	2

Opinnot alkavat hydrauliiikan perusteista. Vaikka sähköiset käytöt valtaavat alaa, tulee hydrauliiikan avulla tapahtuva voimansiirto olemaan vielä pitkään tärkeä menetelmä. Perusteiden päälle rakennetaan soveltavaa osaamista. Tähän tähtäävät liikkuvien työkoneiden, hyötyajoneuvojen ja maatalouskonetekniikan kurssit. Maatalouskonetekniikka on pitänyt pintansa opintosuunnitelman uudistuksissa, sillä se tukee maakunnassa olevaa laajamittaista maatalouskoneteollisuutta. Opintojen loppuvaiheessa on vielä työkonetekniikan laboraatioiden kurssi, jossa teoriaosaamista syvennetään käytännön mittaus- ja tutkimustehtävillä. Lähes koko opintojen ajan rinnalla kulkee myös mahdollisuus syventää osaamista työkonetekniikan opiskelijaprojekteissa.

Työkonetekniikan osaamista tukee myös kaksi auto- ja työkonetekniikan kurssia, joissa opiskellaan sähköisten järjestelmien perusteita. Tämä osa-alue tulee varmasti tulevaisuudessa laajenemaan, sillä osaamistarpeet kasvavat nopeasti sähköisten voimansiirtojen ja ohjausjärjestelmien kehityksen myötä.

Työkonetekniikan opetuksessa tärkeässä roolissa on laboratoriossa tapahtuva opetus. Käytännön harjoituksia tukemaan on vuosien saatossa hankittu laaja laitekanta, joka mahdollistaa monipuoliset mittaukset. Yksi opetusta jo pitkään palvellut työkonete on Avant merkin pienkuormaaja (Kuva 1). Se toimii opetushavaintomallina hydrostaattisella ajo- ja työhydrauliikalla toteutetusta työkonesta. Perustehtävänsä lisäksi se on erilaisten projektien myötä varusteltu nykyaikaisella koneautomaatiolla. Tällaisia järjestelmiä edustavat mm. paikannus-, automaatti-ohjaus- ja täsmäviljelysovellukset. Uusimpana laajennuksena koneeseen liitettävä kaivulaite on varusteltu nykyaikaisella ohjausjärjestelmällä. Tämän opiskelijaprojektin etenemistä on kuvattu seuraavassa kappaleessa.



Kuva 1. Laboratorion Avant 520+ pienkuormaaja ja kaivulaite (Kuva: Roni Kuru 2020).

5 YRITYSYHTEISTYÖ OPETUKSEN VAUHDITTAJANA

Insinööriopiskelijoiden oppiminen tehostuu, kun opiskelu tapahtuu itse tekemällä. Tästä hyvä esimerkki on SeAMKissa syksyllä 2017 aloitettu yhteistyö Epec Oy:n

kanssa. Perinteisesti auto- ja työkonetekniikan opiskelijat ovat käyneet tutustumassa Epec Oy:n toimintaan liikkuvien työkoneneiden kurssilla. Vierailulla opiskelijat ovat saaneet hyvän yleiskuvan siitä, miten nykyaikainen koneenohjausjärjestelmä toimii ja millaisia vaiheita järjestelmän suunnittelussa ja valmistuksessa on.

Useat opiskelijat toimivat valmistuttuaan työkoneneita valmistavien yritysten palveluksessa. Vierailuilla heräsikin ajatus käynnistää Epecin ja SeAMKin välillä opetuksellinen yhteistyö, jonka tavoitteena olisi perehdyttää aiheesta kiinnostunut opiskelijaryhmä perusteellisesti koneenohjausjärjestelmän suunnitteluun ja toteutukseen. Yhteistyön myötä työkonetekniikan opetukseen saataisiin uutta, nykyaikaista sisältöä ja Epec taas saisi suoran yhteyden potentiaalisiin tulevaisuuden työntekijöihin.

Yhteistyöprojektin kick-off-palaveri järjestettiin hyvin nopeasti projektin alustavan suunnittelun jälkeen, jossa SeAMKin ja Epecin edustajat sopivat projektin perusasiat. Projekti päätettiin toteuttaa SeAMKin Tekniikan yksiköstä tutulla Projektipaja-konseptilla. Projektin kohteena olevaksi liikkuvaksi työkoneksi päätettiin ottaa auto- ja työkonetekniikan laboratorion Avant-kuormaaja. Tarkemmin projekti tuli koskemaan Avant-kuormaajaan kytkettävän kaivulaitteen hydraulikan sähköistämistä ja siihen liittyviä ohjausjärjestelmiä.

Projekti lähti vauhdikkaasti liikkeelle perehdytyksellä koneenohjausjärjestelmiin. Koulutuksen jälkeen opiskelijoilla oli tiedossa, mitä vaiheita projektiin kuuluu ja miten alkuvaiheessa edetään. Tutuiksi tulivat esimerkiksi toiminnallinen määrittely, arkkitehtuurisuunnittelu ja ohjausyksiköiden ominaisuudet. Ryhmä pääsi hyvin nopeasti yhteisymmärrykseen kaivurin toiminnoista ja tarvittavista toimilaitteista. Kun perusteet olivat hallinnassa, alkoi ohjelmointi. Vaihe alkoi ohjelmoinnin työkalujen ja menetelmien koulutuksella. Muutaman tunnin harjoittelun jälkeen ohjelmariivejä alkoi syntyä. Ohjelmoinnin rinnalla alkoivat kaivurin muutostyöt. Hydraulikan letkulinjoja muutettiin toimivimmiksi ja sähköiselle venttiilistölle valmistettiin paikka. Lisäksi valittiin sopivat ohjainvivut, painikkeet ja anturit sekä tehtiin tarvittavien osien tilaukset. Ryhmä jakoi tehtäviä niin, että jokaiselle riitti tekemistä joko mekaniikan, hydraulikan, sähköistuksen tai ohjelmoinnin parissa. Keväällä 2018 projektin ensimmäinen vaihe oli valmis (Kuva 2). Ohjelmakokonaisuuksien kaivurin ohjaukseen oli tehty ja asennustyöt olivat viimeistelyä vaille valmiita. Testaussuunnitelma oli myös dokumentoitu, joten senkin puolesta kaikki oli mallillaan. Ohjelman testaus toi esiin virheitä ja ne korjattiin. Käytännön testausvaihe toi vielä uusia käänteitä projektin kulkuun, mutta yllättävät tilanteet ja niiden mukanaan tuoma ongelmanratkaisu ovat usein oppimisen kannalta hedelmällisimpiä. Projektin ensimmäinen osa todettiin kaikin puolin onnistuneeksi. Opiskelijat saivat projektin myötä ison annoksen osaamista työkoneneiden ohjausjärjestelmistä ja projekti kartutti mukavasti opintopisteitä.



Kuva 2. Projektiryhmä sekä Jyrki Sauramäki (Epec) ja Hannu Ylinen (SeAMK) keväällä 2018 (Kuva: Johanna Korpela 2018).

Projektin toinen vaihe aloitettiin syksyllä 2018. Vaiheen tavoitteena oli valmistella kone käyttöön, ratkaista siinä esiintyneet ongelmat ja lisätä näyttöpäätte. Näyttöpäätteen tehtävänä koneessa on näyttää erilaisia ohjausarvoja, joiden perusteella voidaan tehdä esimerkiksi säätöjä koneen toimintaan. Uusi opiskelijaryhmä aloitti projektin ongelmanratkaisutehtävillä ja opettelemalla ohjainlaitteen ohjelmointia. Talven aikana ongelmat selätettiin ja näytön käyttöönoton vaatimat muutostyöt saatiin tehtyä. Projektin päätteeksi kone toimi suunnitellulla tavalla ja projektin toinen vaihe päätettiin keväällä 2019.

Syksyllä 2019 jatkettiin projektia kolmannella vaiheella. Projektin tavoitteena oli lisätä ohjausjärjestelmään IoT-ominaisuuksia. Koneeseen asennettiin anturointia, joka mahdollisti kerättävän datan syntyminen. Lisäksi koneeseen asennettiin yksi ohjainlaite lisää, joka mahdollisti paikkatiedon keruun, etäyhteyden muodostamisen ja kerätyn datan siirtämisen pilveen. Alkuvuodesta 2020 IoT-ominaisuudet oli onnistuneesti asennettu ja testaus saattoi alkaa.

Projektin jatkoa on jo suunniteltu. Alustavasti on suunniteltu kaivulaitteen anturointia ja varustelua 3D-koneohjausta silmällä pitäen. Myös puomistoon liitettävän työlaitteen ohjausmahdollisuuksien lisääminen on yksi mahdollinen kehityssuunta. Mahdollisuuksia on paljon ja tulevien laajennusten myötä moni opiskelija voi vielä tutustua työkonoiden ohjausjärjestelmiin.

6 POHDINTA

Suomen vienti nojaa pitkälti teknologiateollisuuden tuotteisiin. Yksi merkittävä osa-alue tätä tuoteryhmää ovat liikkuvat työkoneet. Suomalainen osaaminen tällä alueella on huippuluokkaa. Tämän on mahdollistanut työvoiman korkea osaaminen ja voimakkaat panostukset tuotekehitykseen.

Liikkuvien työkoneiden kehitys on ollut nopeaa. Nykyaikainen työkone on monen eri osajärjestelmän muodostama kokonaisuus, jonka toimintaa ohjataan sähköisillä ohjausjärjestelmillä. Ohjausjärjestelmät muodostavat digitaalisen verkoston, jossa koneen toimintojen toteuttamiseen vaadittava tieto liikkuu osajärjestelmästä toiseen. Ihmisen rooli työkoneen kuljettajana ja työtehtävien toteuttajana on edelleen tärkeä, vaikka automaation määrä kasvaakin nopeasti.

Kehitys ei kuitenkaan pysähdy, päinvastoin. Näköpiirissä on mm. koneiden autonomisten toimintojen lisääntyminen ja voimansiirtojen sähköistyminen ensin hybridi- ja myöhemmin täysin sähköisten järjestelmien kautta. Autonomia on mahdollista saavuttaa kehittyneellä anturoinnilla, joka tarkkailee niin koneen sisäisiä toimintoja, kuin myös ympäristön tapahtumia. Autonomisten toimintojen yhteydessä turvallisuuteen liittyvät tekijät korostuvat. Toiminnalliseen turvallisuuteen liittyvät tekijät täytyykin huomioida jo koneen suunnittelun alkuvaiheista saakka ja ikään kuin rakentaa sisään koneeseen.

Koneiden nopea tekninen kehitys voi johtaa helposti tilanteeseen, jossa koulutus ei pysy vauhdissa mukana; syntyy osaamisvajetta, joka voi pahimmillaan vaikuttaa yritysten kannattavuuteen. Keskustelut työkonevalmistajien kanssa ovat osoittaneet koulutukseen liittyvän paljon haasteita. Tulevien työtekijöiden osaamisen varmistaminen suunnitelmallisella koulutuksella on yksi alan menestystekijöistä.

Koulutusprosessien ja oppimisympäristöjen suunnitteluun liikkuvien työkoneiden toimintaympäristössä tulee kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Alan koulutusstrategian ja koulutusprosessien toteutuksen tulee perustua tutkimustietoon moniteknisten laitteiden kouluttamisessa huomioitavista asioista. Tätä tutkimustietoa on löydettävissä yleisellä tasolla, mutta soveltavaa tutkimusta liikkuvien työkoneiden toimintaympäristöön ei ole tarjolla. Tätä puutetta paikkaamaan on SeAMKissa aloitettu sarja tutkimuksia, joiden tavoitteena on tuottaa tietoa uusien opetusmenetelmien toimivuudesta. Näiden tutkimusten tavoitteena on kehittää työkonetekniikan oppimisympäristöjä, joiden avulla opiskelu on mielekästä ja tuloksellista.

LÄHTEET

A 12.6.2008/400. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta.

Costlow, T. 2020. Shifting design of autonomous architectures. [Verkkosivu]. SAE International. News 27.3.2020. [Viitattu 2.8.2020]. Saatavana: <https://www.sae.org/news/2020/03/shifting-design-of-autonomous-architectures>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta.

ISO 13851:2019. Safety of machinery: two-hand control devices: principles for design and selection. Geneva: International Organization for Standardization.

ISO 13856-1:2013. Safety of machinery: pressure-sensitive protective devices: part 1: General principles for design and testing of pressure-sensitive mats and pressure-sensitive floors. Geneva: International Organization for Standardization.

ISO 13856-2:2013. Safety of machinery: pressure-sensitive protective devices: part 2: General principles for design and testing of pressure-sensitive edges and pressure-sensitive bars. Geneva: International Organization for Standardization.

Kogut, G. 2014. Sensors. Teoksessa: W. Messner (ed.) Autonomous technologies: applications that matter. Warrendale, Pennsylvania: SAE International, 1 - 14.

Rizzoni, G., Ahmed, Q., Arasu, M. & Oruganti, P. S. 2019. Transformational technologies reshaping transportation: an academia perspective. SAE technical paper 2019-01-2620. doi:10.4271/2019-01-2620.

SFS-EN 61508-4. Sähköisten/elektronisten/ohjelmoitavien elektronisten turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Osa 4: Määritelmät ja lyhenteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 13849-1. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Vattaparambil, S., Koduri, R., Nandyala, S., & Manalikandy, M. 2020. Scalable decentralized solution for secure vehicle-to-vehicle communication. SAE technical paper 2020-01-0724. 10.4271/2020-01-0724