



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Janne Kapela

Robottiikan laboratorion kehitys

Opinnäytetyö
Syksy 2021
SeAMK Tekniikka
Insinööri (ylempi AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (Ylempi AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Automaatiotekniikka

Tekijä: Janne Kapela

Työn nimi: Robotiikan laboratorion kehitys

Ohjaaja: Juha Hirvonen

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 116

Liitteiden lukumäärä: 5

Työn tarkoituksena oli toteuttaa Seinäjoen ammattikorkeakoulun robotiikan laboratorion kehitysprojekti, joka piti sisällään uuden layoutin suunnittelun lisäksi Lean 5S -työkalun hyödyntämistä ja Lean-periaatteiden pilotoimista laboratorion siisteyden ylläpitoon ja jatkuvan kehittämisen ylläpitoon. Keskeisenä toimenpiteenä oli myös eri kerroksessa olevan Teollisen Internetin tuotantolinjaston siirtäminen robotiikan laboratorioon ja sen käyttöönottaminen siirron jälkeen.

Työn teoriaosuudessa käydään läpi toimintatutkimuksen sekä Lean-filosofian ja etenkin 5S-työkaluun liittyvää teoriaa. Tätä teoriaosuudessa esiin tuotua tietoa käytetään apuna käytännön toteutuksessa. Työssä kuvataan koko kehitysprojektin toteutus. Alussa toteutetaan nykytilanteen analyysi ja syvennyttään tutkimuksen kohteena olevaan ongelmaan ja sen jälkeen tehdään layout-suunnittelu ja muutokset aloitetaan. Muutosten kohteina ovat yksittäiset työpisteet, varastotilat sekä työkalujen ja materiaalien säilytys.

Työn tuloksena saatiin aikaan itsenäisesti suoritettavan laboratorioharjoituksen prosessimalli, laboratorion työpisteiden varauskalenteri, konkreettinen layoutin muutos sekä kattava lähiverkko laitteiden välistä kommunikointia varten. Tilasta saatiin luotua myös uusi mielenkiintoinen oppimisympäristö ja vierailukohde.

¹ Asiasanat: robotiikka, lean, 5S, kehitys, layout

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of technology

Degree programme: Master's Degree in Automation Technology

Author: Janne Kapela

Title of thesis: Development of a robotics laboratory

Supervisor: Juha Hirvonen

Year: 2021

Number of pages: 116

Number of appendices:5

The purpose of the thesis was to develop and upgrade the robotics laboratory of Seinäjoki University of Applied Sciences. The development activities included designing a new layout, utilizing the Lean 5S tool and piloting Lean principles to maintain laboratory cleanliness and continuous development. Another important measure was the relocation of the Industrial Internet production line and commissioning it in a new location.

The theoretical part covered principles of action research and the theory related to Lean philosophy and especially the 5S tool. Information presented in the theoretical part was used as an aid in practical implementation phase. The thesis discussed the realization of the whole development process of the robotics laboratory. The first analysis of current situation was executed and after that the new layout planning and other improvements were implemented. Changes to be made were targeted at individual workstations, storage facilities and the storages of tools and materials.

As the result of the thesis, a process model of an independent laboratory exercise was created. A reservation system was developed for the reservation of laboratory workstations. A comprehensive layout change was implemented in the laboratory space and cleanliness was improved by removing unused and old tools and materials from storages. The changes made to the robotics laboratory created a new and interesting learning environment and improved its usability.

¹ Keywords: robotics, Lean, 5S, layout planning, development

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	8
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	13
1 JOHDANTO	14
1.1 Työn tausta	14
1.2 Työn tavoite.....	15
1.3 Työn rakenne	15
1.4 Tutkimusmenetelmät.....	15
1.5 Yritysesittely	16
2 TUTKIMUKSELLINEN KEHITTÄMISTYÖ	19
3 KEHITTÄMISTUTKIMUS.....	21
3.1 Kehittämistyön vaiheet	21
3.2 Nykytilan kartoitus	22
3.3 Ongelmatilanteen analyysi	22
3.3.1 Mielle- ja käsitekartat	24
3.3.2 KJ-menetelmä.....	26
3.3.3 Kalanruotokaavio (Ishikawa diagram).....	27
3.4 Parannusehdotus ja interventio.....	27
3.5 Kokeilu	28
3.5.1 Projektin perustelut	29
3.5.2 Kehittämisprojektin tavoite	30
3.5.3 Toteuttamiseen tarvittavat tehtävät	30
3.5.4 Henkilöt.....	30
3.5.5 Aikataulu	30
3.5.6 Aineelliset resurssit	30
3.5.7 Taloudelliset resurssit	31
3.6 Arviointi ja seuranta.....	31

4	LEAN.....	32
4.1	Jatkuva parantaminen (Kaizen).....	33
4.1.1	Plan (suunnittele).....	35
4.1.2	Do (suorita).....	35
4.1.3	Check (Arvioi).....	35
4.1.4	Act (toteuta).....	35
4.2	Muda (hukka).....	35
4.2.1	Ylituotanto.....	36
4.2.2	Kuljetus.....	37
4.2.3	Tarpeettomat varastot.....	37
4.2.4	Laatuvirheet.....	38
4.2.5	Ylikäsittely.....	38
4.2.6	Tarpeeton liike työskentelyssä.....	39
4.2.7	Asiakkaan odotusaika.....	39
4.2.8	Mura (vaihtelu).....	40
4.2.9	Muri (ylikuormitus).....	40
4.3	Lean 5S.....	41
4.3.1	Seiri (sort, lajittele).....	42
4.3.2	Seiton (straighten, järjestä).....	45
4.3.3	Seiso (shine, puhdista ja huolla).....	48
4.3.4	Seiketsu (standardize, vakiinnuta).....	49
4.3.5	Shitshuke (sustain, ylläpidä).....	50
4.3.6	6S: työturvallisuus.....	52
5	Layout-suunnittelu.....	53
5.1	Layout.....	53
5.2	Layout-tyypit.....	54
5.2.1	Funktionaalinen layout.....	54
5.2.2	Tuotantolinja-layout.....	55
5.2.3	Tuotantosolu-layout.....	55
6	Robottiikan oppimisympäristön kehitys.....	56
6.1	Laboratorion historia.....	56
6.2	Robottiikan laboratorion varustus kehitysprojektin alussa.....	58

6.2.1	ABB-teollisuusrobottisolu	59
6.2.2	UR10-yhteistyörobottisolu	60
6.2.3	UR-5 -yhteistyörobottisolu.....	61
6.2.4	Mobiilirobotti Omron LD90	62
6.2.5	Konenäköympäristö	63
6.3	Tiedonhankinta ja ongelman analysointi	64
6.3.1	Syksyn 2020 kehityspalaveri.....	64
6.3.2	Kevään 2021 kehityspalaveri	65
6.3.3	Nykyisen layoutin ongelmat	65
6.3.4	Lähtötilanteen analyysi	67
6.4	Layout	71
6.4.1	Layoutin suunnittelu	71
6.4.2	Teollisen internetin tuotantolinjaston siirto	72
6.4.3	Layoutin muutokset.....	73
6.5	5S:n pilotoinnin aloitus	77
6.6	Lajittelu.....	79
6.7	Järjestely.....	82
6.7.1	Käytettävien kiinnitystarvikkeiden määrittely.....	82
6.7.2	Pneumatiikkatarvikkeiden määrittely.....	85
6.7.3	Sähkökomponenttien määrittely.....	87
6.7.4	Varastointi.....	90
6.7.5	Älykamerapisteen päivitys.....	93
6.7.6	Konenäköpisteen kameran kiinnityksen muutokset	96
6.7.7	ABB-robottisolun päivitys	97
6.8	Muut parannukset.....	99
6.8.1	Varauskalenteri	99
6.8.2	Microsoft Teams -ryhmä	100
6.8.3	Robotiikan laboratorion lähiverkon kehitys.....	101
6.9	Robotiikan laboratorio toteutettujen muutosten jälkeen.....	104
6.10	Kehitystyön aikana opittuja asioita	107
7	Yhteenveto	110
	LÄHTEET	113

LIITTEET	116
----------------	-----

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Seinäjoen ammattikorkeakoulun Framin kampus	16
Kuva 2. Havaintokuva varjotaulusta, jossa kaksivärisen vaahtomuoviin on leikattu työkaluille omat paikkansa.	47
Kuva 3. Havaintokuva työpisteestä ennen siivousta sekä sen jälkeen.	49
Kuva 4. Materiaalitekniikan laboratorio vuonna 2018	56
Kuva 5. Robotiikan laboratorio syksyllä 2018	57
Kuva 6. ABB IRB 2400-16 -teollisuusrobotti sekä työkaluasema työkaluineen	59
Kuva 7. UR10-yhteistyörobottisolu.....	60
Kuva 8. UR5-yhteistyörobottisolu.....	61
Kuva 9. Omron LD90 -mobiilirobotti.....	62
Kuva 10. Koneenäön oppimisympäristö: etualalla älykamerapiste ja taustalla profiiliskanneri ja siihen liittyvä kuljetinhihna.....	63
Kuva 11. Robotiikan laboratorio kehitysprojektin alussa toukokuussa 2021.....	67
Kuva 12. Varastohylly kehitysprojektin alussa keväällä 2021	68
Kuva 13. Tuotantolinjaston siirrossa apuna käytettiin pumppukärryä	72
Kuva 14. Robotiikan laboratorio TI-linjaston siirtämisen jälkeen ennen layout-muutoksen aloittamista.....	73
Kuva 15. Heilurivasaralaitteiston siirto	74
Kuva 16. TI-linjaston uusi sijainti robotiikan laboratoriossa.....	75
Kuva 17. Laboratorion ikkunaseinustalla olevat mikroskoopit ja muut kalusteet.....	76
Kuva 18. Avohylly ennen lajittelun aloitusta	79

Kuva 19. Avohyllyssä olevan tavaran lajittelua	80
Kuva 20. Tavaroiden yksityiskohtaisempaa lajittelua	80
Kuva 21. Tilasta poistettavaksi määritellyt tavarat lajittelun päättyessä	81
Kuva 22. Pientavaroiden säilytyslokerikot ennen ja jälkeen muutoksen	84
Kuva 23. Paineilmaliittimien käyttö robotin tarttujassa	87
Kuva 24. UR10-yhteistyörobotin riviliittimet oheislaitteiden ja antureiden kytkemistä varten .	89
Kuva 25. Varastointi robotiikan laboratoriossa ennen ja jälkeen muutoksen	91
Kuva 26. Konenäköharjoitusten harjoituskappaleiden säilytys.....	91
Kuva 27. Älykameran ohjauskeskus ennen ja jälkeen muutoksen.....	93
Kuva 28. Älykamerapisteen valokennon kiinnitys ennen ja jälkeen muutoksen.....	94
Kuva 29. Älykamerapiste ennen ja jälkeen muutoksen.....	95
Kuva 30. Konenäköpisteen kameran kiinnitys ennen ja jälkeen muutoksen	97
Kuva 31. Laboratorio ennen ja jälkeen layout-muutoksen	105
Kuva 32. Seinäjoen ammattikorkeakoulun uudistettu robotiikan laboratorio	105
Kuvio 1. Seinäjoen ammattikorkeakoulun painoalat opetuksessa ja TKI-toiminnassa.....	17
Kuvio 2. Seinäjoen ammattikorkeakoulun vahvuusalat painoalojen sisällä.....	18
Kuvio 3. Tutkimuksellisen kehittämistyön prosessimalli.....	20
Kuvio 4. Ongelman määrittelyn prosessi.....	23
Kuvio 5. Miro-sovelluksessa luotu havaintokuva käsitekartasta.....	24
Kuvio 6. Miro sovelluksessa luotu havaintokuva miellekartasta.....	25
Kuvio 7. Havaintokuva KJ-menetelmästä	26

Kuvio 8. Miro-web-sovelluksessa luotu havaintokuva kalanruotokaaviosta	27
Kuvio 9. Lean-talo Jeffrey Likerin kuvaamana ja QKK-Karjalainen Oy:n suomentamana.....	33
Kuvio 10. Havaintokuva PDCA-syklistä	34
Kuvio 11. Ylituotanto, tuotteita valmistettu tilausta suurempi määrä	37
Kuvio 12. Havaintokuva materiaalien turhasta kuljettamisesta	37
Kuvio 13. Havaintokuva tarpeettomasta varastoinnista	38
Kuvio 14. Havaintokuva laatuvirheestä tuotannossa	38
Kuvio 15. Havaintokuva tarpeettomasta työvaiheesta	39
Kuvio 16. Viivästykset ja odottelu	40
Kuvio 17. Kiintoavainsarjasta löytyy eri kokoisia kiintoavaimia, tyypillisesti koot ovat väliltä 6–22 mm.....	44
Kuvio 18. Erottelemalla tarpeelliset työkalut esimerkiksi yleisesti käytettyjen kuusioruuvien/ mutterien avainvälien perusteella, saadaan esillä olevien työkalujen määrää pienennettyä..	44
Kuvio 19. Lajittelun jälkeen jäljelle on jääneet enää ne työkalut, jotka ovat tehtävän työn kannalta oleellisia.	45
Kuvio 20. Esimerkki 5S-auditonilomakkeen tulosten visualisoinnista	51
Kuvio 21. Robotiikan laboratorion layout.....	53
Kuvio 22. Robotiikan laboratorion nykytilanne syksyllä 2020.....	58
Kuvio 23. Robotiikan laboratorion layout keväällä 2021	66
Kuvio 24. Yksinkertaistettu kaavio robotiikan laboratorion käyttöasteesta	69
Kuvio 25. Spagettikaavio työntekijän liikkeistä hänen etsiessään työhön tarvittavaa työkalua	70
Kuvio 26. Layout-suunnitelma TI-linjan siirrosta	72

Kuvio 27. Laboratorion layout-suunnitelman lopullinen versio	77
Kuvio 28. Protoiluun käytettävät alumiiniprofiilit sekä tarvikkeet	82
Kuvio 29. Vakioidut ruuvit ja mutterit.....	83
Kuvio 30. Ruuvien ja mutterien sijainti lokerikossa muutoksen jälkeen	85
Kuvio 31. Yleisimmin käytetyt pneumatiikkaliittimet	86
Kuvio 32. Vakioidut riviliittimet ja tarvikkeet	88
Kuvio 33. Yhteistyörobottien tulojen ja lähtöjen kytkennän päivitysehdotus	89
Kuvio 34. Varastokaappien hyllyjen nimeäminen.....	92
Kuvio 35. Keskuksen 3D-malli päivitettyillä komponenteilla.....	96
Kuvio 36. Kaaviokuva robotin ja kameran välisestä kommunikoinnista	98
Kuvio 37. Cognex-kameran kalibroitiruudukko.....	98
Kuvio 38. Näkymä robotiikan laboratorion varauskalenterista	100
Kuvio 39. Näkymä robotiikan laboratoriolle luodusta Microsoft Teams -ryhmästä	101
Kuvio 40. Robotiikan laboratorion lähiverkkokaavio.....	103
Kuvio 41. Robotiikan laboratorion layout ennen ja jälkeen muutoksen	104
Kuvio 42. Omron LD-90 -mobiilirobotin karttanäkymä	106
Kuvio 43. Itsenäinen laboratorioharjoitusten toteutuksen prosessimalli	107
Kuvio 44. Materiaalien varastointilomake.....	108
Kuvio 45. Yhteistyörobottien ohjelmistopäivityksen prosessikaavio	109

Taulukko 1.Kehittämistyön toimintasuunnitelman pohja.	29
Taulukko 2. Tutkimus- tai kehittämiskohteen kuvaus.....	29
Taulukko 3. Lista opinnäytetöistä, joissa toteutettu laboratorion kehitystä Lean 5S:n avulla .	78

Käytetyt termit ja lyhenteet

5S	Yksi Lean-toiminnan käytännön työkalu, jolla huolehditaan siisteyden ja järjestyksen kehittämisestä sekä sen ylläpidosta.
Kaizen	Tarkoittaa jatkuvaa systemaattista parantamista (eng. continuous improvement). Vastuu tuotteen ja toiminnan laadusta sekä kehitystyöstä on jokaisella työntekijällä
Layout	Tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa. Layout on pohjapiirustus tilasta.
Lean	Prosessijohtamisen malli, joka perustuu asiakaskeskeiseen arvon määrittelyyn, ja tarjoaa tämän arvon mahdollisimman tehokkaasti yhdistämällä hukkan poistamisen ja motivoituneen sekä toimintaan sitoutuneen työvoiman.
Muda	Toiminta, joka kuluttaa resursseja, mutta ei luo arvoa eli on hukkaa eng. waste
Mura	Toiminnan tai prosessin vaihtelu. Hukka, joka aiheutuu vaihtelusta laadussa, kustannuksissa tai toimituksessa.
Muri	Hukka tai stressi, joka aiheutuu ylikuormituksesta tai kohtuuttomuudesta.
PDCA-sykli	Jatkuvan parantamisen toimintamalli (Plan = suunnittele, Do = suorita, Check = arvioi, Act = vakiinnuta)

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Seinäjoen ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön laboratorioiden kehittäminen yli tutkinto-ohjelmaraajojen on ollut yksikön toimenpidesuunnitelmassa parin viime vuoden ajan. Kehitystarpeen taustalla on palaute opiskelijoilta sekä henkilöstöltä. Osassa laboratorioissa on yhdistettynä koneita ja laitteita, joilla on hyvin vähän synergiaa keskenään, ja joidenkin tilojen käyttöaste on huomattavasti pienempi kuin muiden. Laboratorioiden vastuut henkilöstön osalta ovat myös sirpaleiset ja selkeä vastuujako puuttuu. Opiskelijat haluaisivat viettää enemmän aikaa laboratorioissa ja suorittaa harjoituksia itsenäisemmin. Muutoksella on tarkoitus kasvattaa laboratorioiden käyttöastetta ja selkeyttää tilojen käyttöä. Etenkin robotiikan laboratorion näkökulmasta tarkoituksena on muokata tila vastaamaan paremmin tuotantoautomaation opetukseen ja yrityspilointiin sekä mahdollistaa opiskelijoiden laboratorioharjoitusten itsenäisempi suoritus.

Tällä hetkellä robotiikan laboratoriota hyödynnetään opetuksessa sekä TKI-toiminnassa. Laboratoriota käytetään insinöörikoulutuksessa ja yrityskohtaisissa koulutuksissa sekä maksullisen palvelutoiminnan menetelmätestauksessa. Robotteja käytetään pääsääntöisesti erikseen ja niiden käyttöaste on todella matala. Tila on myös osittain hyvin sekainen, sillä laboratorion layout ei ole vakiintunut kunnolla vuoden 2018 jälkeen, vaan tilaa on muokattu aina tarpeen mukaan. Ympäristön kehitys palvelee jatkuvan oppimisen koulutuksia sekä maksullista palvelutoimintaa. Tila toimii myös markkinointimielessä vierailukohteena ja on siksi tärkeässä roolissa oppilaitoksen näkyvyyden kannalta. Panostamalla laboratorioympäristöihin saadaan myös opiskelijavalinnoissa mahdollisesti kilpailuetua muihin ammattikorkeakouluihin verrattuna.

Tilan käyttöastetta on tarkoitus nostaa ja tarjota opiskelijoille jatkossa paremmat mahdollisuudet labraharjoitusten itsenäiselle suoritukselle. Tästä syystä tilan toimintaa tulee kehittää ja miettiä tilan käytön kannalta loogiset prosessit sekä kehityskohteet, jotka perustuvat havaittuihin puutteisiin ja esiin tulleisiin ongelmiin. Tämän opinnäytetyön tekijä toimii Seinäjoen ammattikorkeakoulussa TKI-asiantuntijana sekä robotiikan laboratorion vastuuhenkilönä.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on kehittää Seinäjoen ammattikorkeakoulun robotiikan laboratoriota vastaamaan paremmin muuttuneisiin olosuhteisiin ja tarjoamaan laadukkaampaa ja yrityslähtöisempää insinöörikoulutusta robotiikkaan liittyen. Yhtenä keskeisenä tavoitteena on selkeyttää laboratorion käyttöön liittyvää ohjeistusta sekä pyrkiä tukemaan kehitystoimenpiteiden avulla enemmän opiskelijoiden itsenäistä laboratoriotyöskentelyä. Suurimpia haasteita tilan käytössä ovat tällä hetkellä siisteys ja järjestelmällisyyden puute, jolloin yhtenä tavoitteena voidaan pitää Lean 5S-työkalun hyödyntämistä tilan siisteyden ylläpitämiseksi. Näiden lisäksi tilassa olevat varastointimahdollisuudet vaativat jatkokehitystä. Yhtenä suurena muutoksena on myös Teollisen internetin laboratoriolinjaston siirtäminen laboratorioon, ja siihen liittyen tilan layout tullaan toteuttamaan uusiksi.

1.3 Työn rakenne

Työn ensimmäinen luku pitää sisällään johdannon, jossa työn tausta ja tavoitteet tuodaan tiivistetysti ilmi. Samassa luvussa käsitellään myös tutkimukseen liittyvät tutkimusmenetelmät sekä kohdeyrityksen esittely. Luvuissa 2–5 perehdytään työn tieteelliseen viitekehykseen, jossa kirjallisuustutkimuksen avulla tuodaan esiin kehittämistutkimukseen, Lean-filosofiaan sekä layout-suunnitteluun liittyvää teoriaa. Luvussa kuusi teoreettisessa viitekehyksessä opitut asiat tuodaan käytäntöön, kun itse kehitystyön toteutus aloitetaan. Luvussa tehdään aluksi ongelma-tilanteenanalyysi ja kerätään taustatietoa laboratoriota käyttäviltä henkilöiltä. Tämän jälkeen varsinaisia muutoksia lähdetään toteuttamaan vaiheittain hyödyntämällä teoriassa esiintuotuja työkaluja sekä menetelmiä. Viimeisessä luvussa käydään läpi työn arviointia ja pohditaan työn tuloksista sekä mahdollisia tulevaisuuden kehitysmahdollisuuksia.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Työssä toteutetaan tutkimuksellinen kehittämistyö liittyen robotiikan laboratorion käyttöasteen ja käytettävyyden parantamiseen. Tutkimukselliseen kehitystyöhön liittyy oleellisesti käytännön ongelmien ratkaisu ja uusien ideoiden, tuotteiden tai palveluiden tuottaminen (Ojasalo ym., 2015, s. 19). Tutkimusmenetelmänä käytetään kehittämistutkimusta, joka vastaa yrityksissä tehtävää kehitystyötä. Kehittämistyö muuttuu tutkimukseksi, kun sen toteutus dokumentoidaan sekä siinä tuotetaan uutta tietoa tieteellisiä menetelmiä hyödyntäen (Kananen, 2012, s. 21). Tutkijan ollessa itse mukana kehittämiskohteen toiminnassa, kuten tässä opinnäytetyön

tapauksessa, muuttuu kehittämistutkimus toimintatutkimukseksi. Siinä toiminta, tutkimus ja muutos toteutuvat samanaikaisesti (Kananen, 2012, s. 41). Laboratorion käyttöön ja parantamiseen liittyvää taustatietoa kerätään myös ryhmähaastatteluiden avulla. Haastattelumuodoksi valittiin yksinkertaistettu teemahaastattelu, jossa jokainen kokoukseen osallistuva henkilö pääsi kertomaan oman mielipiteensä. Haastattelu toteutettiin järjestämällä laboratoriota käyttäville avainhenkilöille kehityspalaveri, jossa omia mielipiteitä pystyi tuomaan esiin. Ryhmähaastattelun avulla saatiin tiivistettyä tietoa tutkittavasta ongelmasta. Yhtenä tärkeänä tutkimusmenetelmänä kehitystyön aikana käytettiin havainnointia. Osallistuvasta havainnoinnista voidaan puhua, kun tutkija osallistuu itse tutkimustilanteeseen (mts. 95). Osallistuvan havainnoinnin etuna on, että tutkija pääsee syvemmin kiinni tutkittavaan ongelmaan ja saa sen avulla siitä paremman käsityksen (mts. 95). Havainnoinnin avulla kerättiin tilaan liittyvää ”hiljaista tietoa” sekä työtehtäviin ja niiden suorittamiseen liittyvää taustatietoa.

1.5 Yritysesittely

Seinäjoen ammattikorkeakoulu Oy (SeAMK) aloitti toimintansa vuonna 1992 Etelä-Pohjanmaalla (Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK), 2021-a). Ammattikorkeakoulussa opiskelee noin 5000 opiskelijaa ja se luokitellaan keskisuureksi ammattikorkeakouluksi (Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK), 2021-b). Framin kampus sijaitsee Kyrönjoen rannalla. Kuvassa 1 on näkymä Framin kampukselta.



Kuva 1. Seinäjoen ammattikorkeakoulun Framin kampus

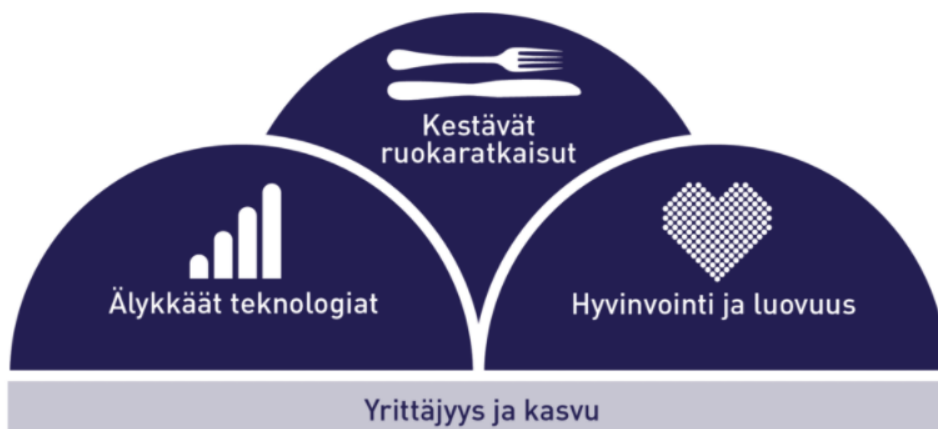
Ammattikorkeakoulussa on nykyisin 180 opettajaa ja yli 90 tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnan (TKI) asiantuntijaa sekä noin 100 muuta henkilökuntaan kuuluvaa (Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK), 2021-a).

Ammattikorkeakoulu on jakautunut neljään eri yksikköön:

- liiketoiminta ja kulttuuri
- ruoka
- sosiaali- ja terveysala
- tekniikka (Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK), 2021-c).

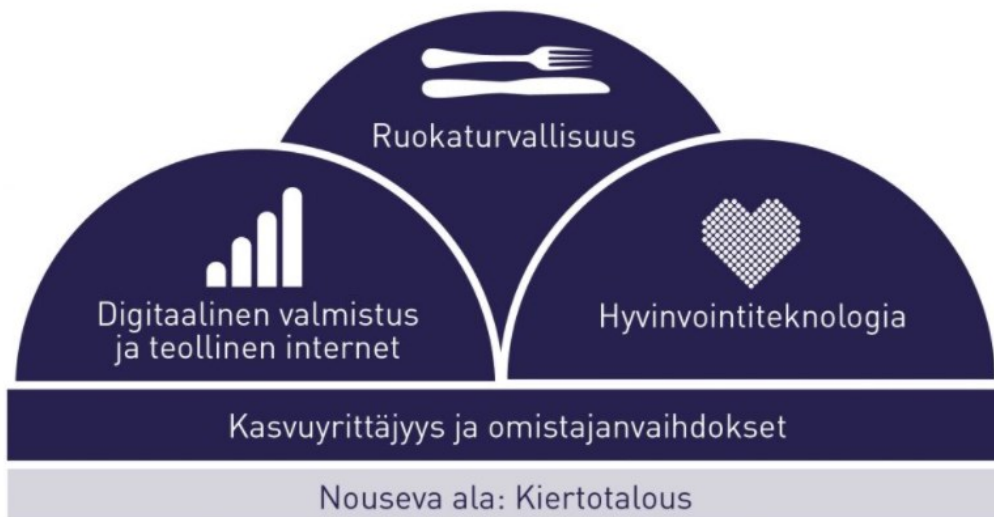
Opetustoiminnan lisäksi ammattikorkeakoulussa tehdään merkittävää alueellista kehittämistyötä tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnan avulla (TKI) (Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK), 2021-a). Alueen yritykset saavat toteutetuista hankkeista hyötyä omaan liiketoimintaansa ja sen kautta alueellinen elinkeinoelämä pysyy kehityksessä mukana.

Seinäjoen ammattikorkeakoulussa opetus- ja TKI-toimintaa suunnataan painoalojen mukaan, jotka ovat yhteneviä Etelä-Pohjanmaan korkeakoulustrategian ja maakuntastrategian painoalojen kanssa (Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK), 2021-d). Painoalat on havainnollistettu kuviossa 1.



Kuvio 1. Seinäjoen ammattikorkeakoulun painoalat opetuksessa ja TKI-toiminnassa (Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK), 2021-d).

Painoalojen sisältä löytyvät SeAMKin vahvuusalat, jotka ovat ruokaturvallisuus, digitaalinen valmistus ja teollinen internet, hyvinvointiteknologia sekä kasvuyrittäjyys sekä omistajanvaihdokset. (Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK), 2021-d).



Kuvio 2. Seinäjoen ammattikorkeakoulun vahvuusalat painoalojen sisällä (Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK), 2021-d).

Digitaalisen valmistuksen tutkimusryhmän tavoitteena on tuottavuuden parantaminen valmistavan teollisuuden yrityksissä (Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK), 2021-d). Tekniikan yksikössä digitaalisten ratkaisujen toteutus teollisuuteen on aloitettu yli 20 vuotta sitten. Digitaalinen valmistus ja teollinen internet -kärkialue on myös palkittu valtakunnallisesti.

Valtakunnallisen opiskelijapalautekyselyn (AVOP) perusteella Seinäjoen ammattikorkeakoulu valittiin vuonna 2020 Suomen parhaaksi ammattikorkeakouluksi (Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK), 2021-e). Tulosten perusteella SeAMKissa on Suomen paras opiskelijatytyväisyys sekä parhaimmat oppimisympäristöt.

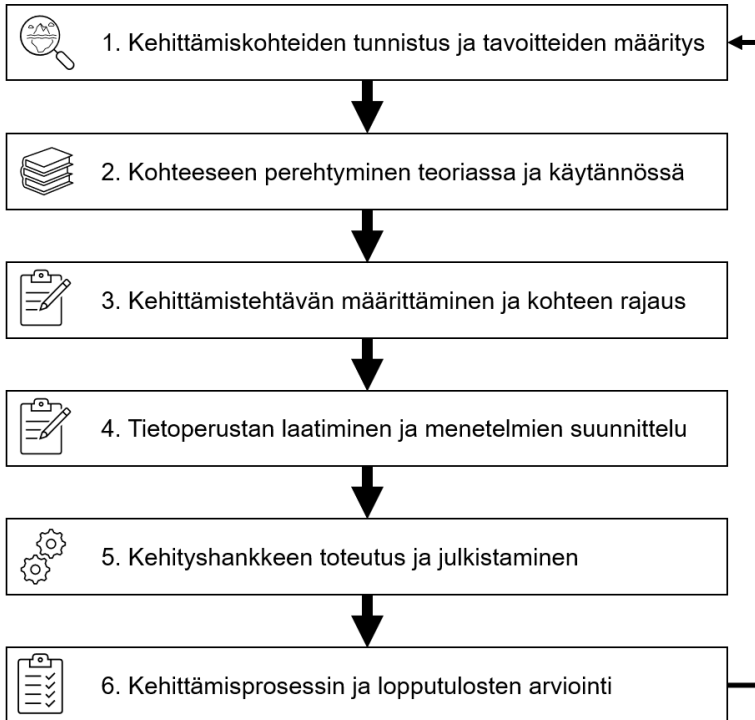
2 TUTKIMUKSELLINEN KEHITTÄMISTYÖ

Jatkuva kehitystyö on menestyvän liiketoiminnan perusedellytyksiä (Ojasalo ym., 2015, s. 12). Digitalisoituva globaali toimintaympäristö muuttuu nopeasti ja luo muutostarpeita yritysten päivittäisiin toimintoihin. Yritysten toiminnan perustana toimii tieto ja sen hallinta. Kasvavan tietomäärän avulla syntyy uusia palveluja sekä tuotteita ja tämän myötä kilpailu kiristyy (mts. 12). Pysyäksään mukana muutoksessa organisaation on oltava ketterä ja pystyttävä omaksumaan muutokset nopeasti. Jatkovaa kehittämistä tarvitaan yrityksissä esimerkiksi

- kasvun ja kannattavuuden parantamiseen
- uusien tuotteiden, liiketoimintamallien ja palveluiden kehittämiseen
- kestäväen organisaatorakenteen luomiseen ja henkilöstön motivointiin
- toiminnan ja prosessien kehittämiseen
- organisaatiossa havaittujen ongelmien ratkaisuun
- asiakastarpeiden ymmärtämiseen
- ennakkointiin (Ojasalo ym., 2015, s. 12).

Kehitystyön tukemiseksi yrityksistä löytyy usein oma T&K (tutkimus ja kehitys) -osasto tai henkilöstö, jonka tehtävänä on huolehtia edellä mainittujen asioiden kehittämisestä organisaatiossa (Ojasalo ym., 2015, s. 12). Esimerkiksi tuotekehitystiimin tehtävänä on huolehtia uusien tuotteiden kehittämisestä. Yliopistoissa sekä ammattikorkeakouluissa käytetään yleisemmin kirjainyhdistelmää TKI, johon sisältyy tutkimuksen ja kehityksen lisäksi myös innovaatiotoiminta.

Tutkimukselliseen kehitystyöhön liittyy oleellisesti käytännön ongelmien ratkaisu ja uusien ideoiden, tuotteiden tai palveluiden tuottaminen (Ojasalo ym., 2015, s. 19). Kehitystyön taustalla on usein tarve saada aikaan muutoksia, jotka liittyvät organisaation kehitystarpeisiin. Kehittämistyössä ei pelkästään ideoida ja selitellä havaittuja asioita vaan pyritään toteuttamaan muutokset käytännössä (mts. 19). Tieteellisen tutkimuksen ja tutkimuksellisen kehittämistyön selvin ero onkin lopullisessa päämäärässä. Tuotetaanko teoreettista tietoa tutkimuksen näkökulmasta vai pyritäänkö toteuttamaan uusia ratkaisuja sekä parannuksia käytännössä soveltamalla teoreettista tietoa. Tutkimuksellisen kehittämistyön prosessimalli on havainnollistettu kuviossa 3.



Kuvio 3. Tutkimuksellisen kehittämistyön prosessimalli (mukaillen Ojasalo ym., 2015, s. 24).

3 KEHITTÄMISTUTKIMUS

Kehittämistutkimus yhdistää kehittämisen ja tutkimisen, joiden taustalla on aina teoreettinen viitekehys. Siinä hyödynnetään tilanteesta riippuen erilaisia tutkimusmenetelmiä eli kyseessä on monimenetelmäinen tutkimusote (Kananen, 2012, s. 19). Laadullisen tutkimuksen tarkoituksena on ymmärtää ilmiöitä ja määrällisessä tutkimuksessa pääpaino on tiedon keräämisessä mahdollisimman monelta. Toiminta- ja kehittämistutkimus pyrkii sen sijaan konkreettiseen muutokseen (mts. 37).

Kehittämistutkimus vastaa organisaatiossa tapahtuvaa kehittämistyötä, jonka tavoitteena on toiminnan parantaminen. Kehittämisen kohteena voivat olla sisäiset tai ulkoiset prosessit, toiminnot, palvelut, asiat tai tuotteet (Kananen, 2012, s. 20). Kehittämistyö muuttuu tutkimukseksi, kun sen toteutus dokumentoidaan sekä siinä tuotetaan uutta tietoa tieteellisiä menetelmiä hyödyntäen (mts. 21). Tutkijan ollessa mukana kehittämiskohteen toiminnassa kehittämistutkimus kääntyy toimintatutkimukseksi (mts. 41). Tutkimuksen toiminnallisen osuus muodostuu tutkijan roolista, kehitettyjen ratkaisujen testaajana ja validoijana (mts. 42). Kehittämistutkimuksen tarkoituksena on kehittää jotain asiaa paremmaksi tai poistaa havaittu ongelma (mts. 44). Kehittämistyön onnistumisen varmistamiseksi kannattaa kehitystyöhön ottaa mukaan ne henkilöt, joihin kehittämisprosessi vaikuttaa. Tämä sitouttaa henkilöt kehitystyöhön ja muutosvastarinta vähenee (mts. 70).

3.1 Kehittämistyön vaiheet

Kehittämistutkimus voidaan jakaa selkeisiin vaiheisiin, jotka etenevät järjestyksessä. Nämä vaiheet ovat

1. nykytilan kartoitus
2. ongelmatilanteen analyysi
3. parannusehdotus ja interventio
4. kokeilu
5. arviointi
6. seuranta (Kananen, 2012, s. 52).

Seuraavissa luvuissa syvennyttään tarkemmin vaiheiden sisällä tapahtuviin toimenpiteisiin ja eri menetelmiin.

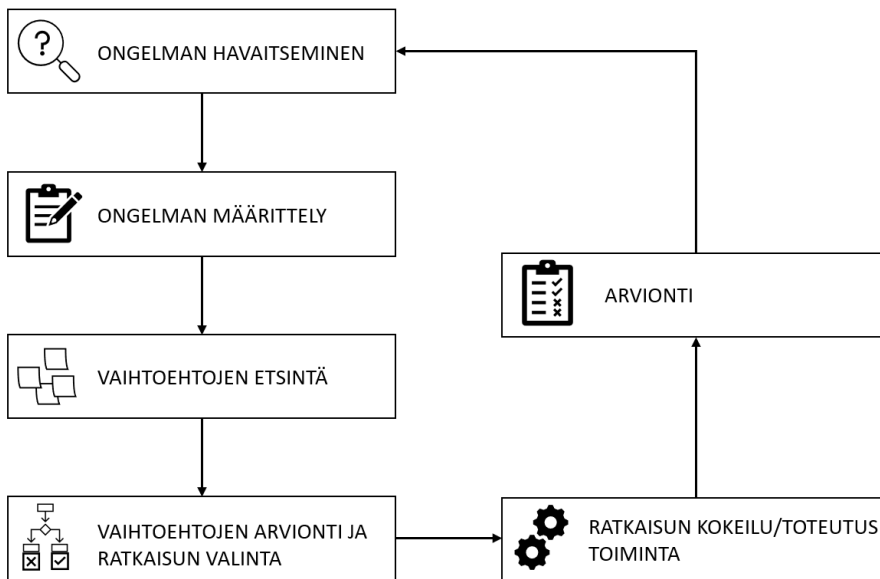
3.2 Nykytilan kartoitus

Tutkimustyön lähtökohtana on tutkimuksen kohteena olevaan ilmiöön perehtyminen. Tilanneanalyysin avulla pyritään saamaan käsitys ilmiöstä ja siihen vaikuttavista tekijöistä (Kananen, 2012, s. 55). Tutkittavan ilmiön rajaamisen ja määrittelyn avulla ilmiön ymmärtäminen ja haluttuunotto on helpompaa (mts. 55). Tutkimuksen kohteena oleva ilmiö voi olla organisaatio, yritys, prosessi, tuote tai yksityinen henkilö. Ilmiön kuvaus sitoo kohteen toimintaympäristöönsä. Tutkittavan kohteen kuvauksessa huomioidaan ilmiö sekä toimintaympäristö. Tutkimuskohteen kuvauksen laatu ja tarkkuus vaikuttavat myös suoraan tulosten soveltamiseen vastaavanlaisissa tapauksissa (mts. 55). Ongelman määrittelyyn sekä tilanteen kartoitukseen kannattaa varata riittävästi aikaa, ettei ongelmaan vaikuttavien tekijöiden analysointi jää vain pintapuoliseksi (mts. 53).

Lähtökohtana voidaan pitää kysymystä: Mistä tässä on kyse? Mikäli tutkittavaan ilmiöön liittyy henkilöitä, voidaan hyvänä tiedonlähteenä pitää niitä, jotka ovat tekemisissä tutkittavan ilmiön kanssa, tietävät siitä tai muuten liittyvät siihen välillisesti tai välittömästi (Kananen, 2012, s. 56). Asianomaisilta kerätyn tiedon avulla ilmiö ja siihen vaikuttavat tekijät hahmottuvat selkeämmin tutkijalle. Tutkimuskohteen ja ongelman jäsentämistä edesauttaa alan teorian, raportit ja tutkimukset. Niiden avulla tutkija ymmärtää tutkittavaa ilmiötä paremmin sekä saattaa löytää käytökelpoisia työkaluja tai toimintatapoja tutkimuksen tueksi (mts. 56).

3.3 Ongelmatilanteen analyysi

Ongelman määrittelyvaiheeseen on syytä varata riittävästi aikaa, sillä se vaikuttaa koko ongelman ratkaisuun. Pelkkä ongelman havaitseminen ei riitä, vaan ongelmaan liittyvät syyt täytyy myös saada selville (Kananen, 2012, s. 64). Kehittämiskohde kannattaa rajata tarkasti sekä tehdä erillinen projektisuunnitelma, sillä muutoksen toteutus vaatii taloudellisia ja ajallisia resursseja (mts. 63). Ratkaisun edellytyksenä on ongelmatilanteen syvällinen ymmärrys ja syy seuraussuhteiden tunnistaminen. Kehittämispöytäkirjan läpiviemistä helpottaa myös ajallinen rajaaminen, sillä ulkoisten tekijöiden vaikutus kasvaa ajan myötä. Käytännön työelämässä suurin haaste ei liity kehittämiskohteiden löytämiseen vaan, niiden toteutuksen priorisointiin (Kananen, 2012, s. 64). Tiivistettynä ensimmäinen tehtävä on ongelman määrittely ja sen jälkeen etsiä oikeat tutkimuskysymykset, jotka auttavat ongelman ratkaisussa. Ongelmaa määrittäessä voidaan esittää erilaisia kysymyksiä, kuten ”Mitä pitää tehdä?” (mikä on todellinen ongelma) ja ”Mitä tietoa tarvitaan ongelman ratkaisemiseksi?” (mts. 65).

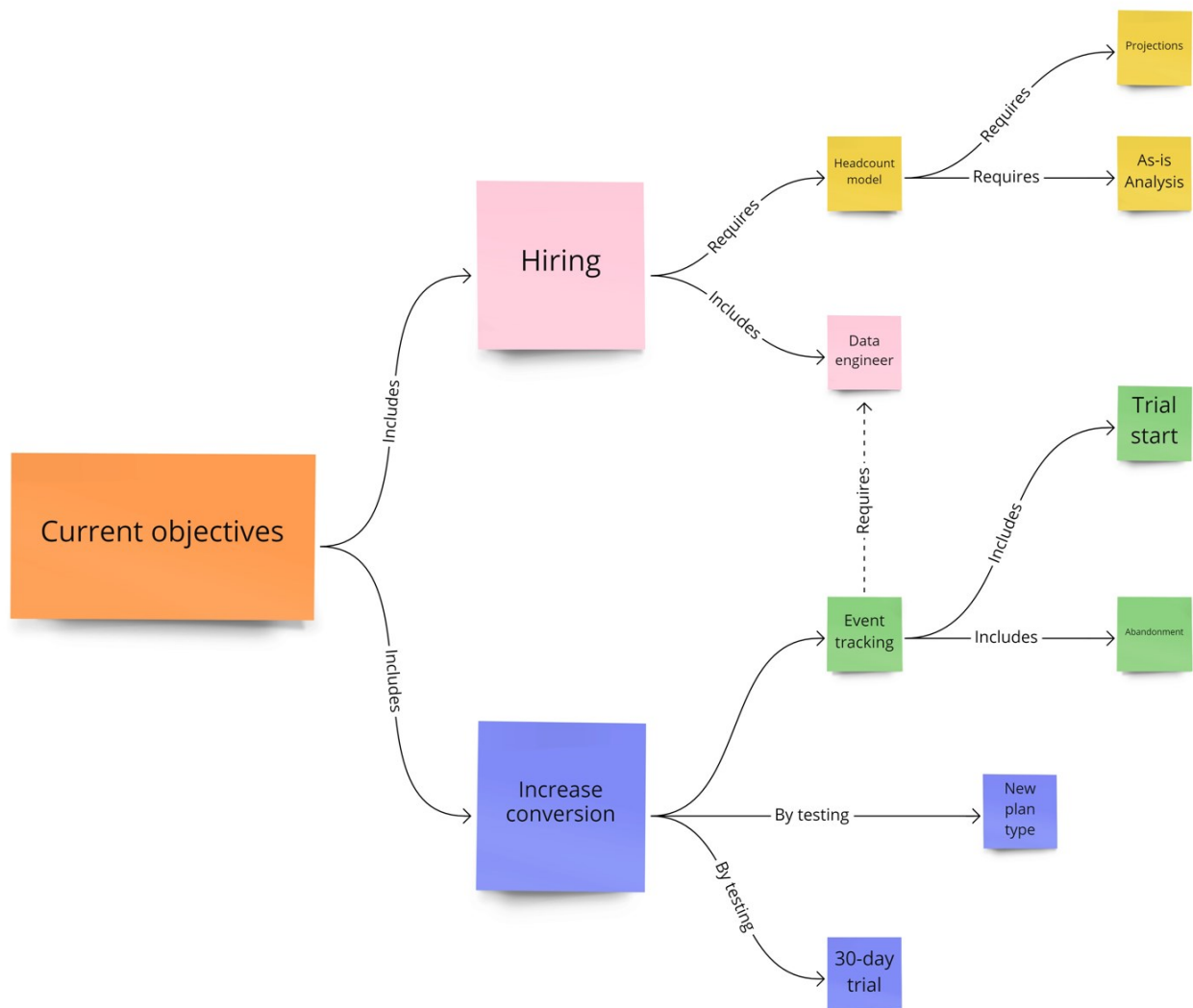


Kuvio 4. Ongelman määrittelyn prosessi (mukailten Kananen, 2012, s. 64).

Ongelman juurisyyn löytäminen tuottaa lähes aina haastetta ja siitä syystä ongelman määrittelyvaihetta ei kannata tehdä liian hätäisesti (Kananen, 2012, s. 66). Ensimmäinen havaittu ongelma ei välttämättä ole se todellinen ongelma. Siksi onkin tärkeää tarkastella ongelmaa eri näkökulmista. Kehittämistutkimuksen onnistumisen kannalta on tärkeää määrittää ongelmaa yhteisöllisesti. Silloin jokainen pääsee vaikuttamaan ja tuomaan omia näkemyksiään julki valittaessa kehittämisen tai parantamisen kohdetta. Toiminta lisää yhteenkuuluvuutta ja lisää sitoutuneisuutta hankkeen toteutukseen. Ongelman määrittelyyn voidaan käyttää useita erilaisia menetelmiä. Monet näistä työkaluista ovat visuaalisia ja helpottavat riippuvuussuhteiden hahmottamista.

3.3.1 Mielle- ja käsitekartat

Käsitekartta (concept map) on visuaalinen tapa kuvata tutkimuksen peruskäsitteet ja niiden väliset yhteydet. Esitystapa on hierarkkinen ja riippuvuudet esitetään nuolilla. Käsitekartat sekoitetaan usein miellekarttoihin (Mind Map), jotka ovat rakenteeltaan yksinkertaisempia assosiaatiokarttoja (Valli & Aarnos, 2018, käsitekartat tutkimusmenetelmänä -luku). Miellekartta on erinomainen työkalu, kun halutaan jäsenellä tai organisoida tietoa uudesta asiasta nopeasti ja visuaalisesti (Kananen, 2012, s. 66).



Kuvio 5. Miro-sovelluksessa luotu havaintokuva käsitekartasta (Miro, 2021-a).

Miellekartta on tehokas työkalu opetalla asioita ulkoa, sillä se mahdollistaa faktojen ja ajatusten organisoimisen samaan tapaan, miten aivot luonnollisestikin toimivat (Buzan, 2012, s. 17). Asioiden muistaminen ja palauttaminen mieleen on helpompaa ja nopeampaa verrattuna

perinteisiin muistiinpanotekniikoihin (mts. 17). Kaikilla miellekartoilla on yhtäläisiä piirteitä kuten värien käyttäminen tehostekeinona, piirtämisen aloittaminen keskeltä paperia ja tylsän informaation muuttaminen värikkääksi helposti muistettavaksi kokonaisuudeksi (mts. 16). Miellekartan luonnissa voi noudattaa Tony Buzanin kehittämää seitsemän portaista ohjeistusta. Nämä seitsemän askelta ovat:

1. aloita piirtäminen vaakasuoraan käännetyn paperin keskeltä
2. käytä piirustusta tai valokuvaa visualisoimaan keskellä olevaa pääsanaa
3. käytä värejä luodaksesi visuaalisia ärsykeitä aivoille
4. yhdistä sanat toisiinsa kartan keskeltä alkaen hierarkkisesti
5. piirrä sanoja yhdistävät viivat kaarevina suorien viivojen sijaan
6. käytä jokaisella rivillä vain yhtä avainsanaa
7. elävöitä karttaa valokuvilla tai piirustuksilla (Buzan, 2012, s. 25).

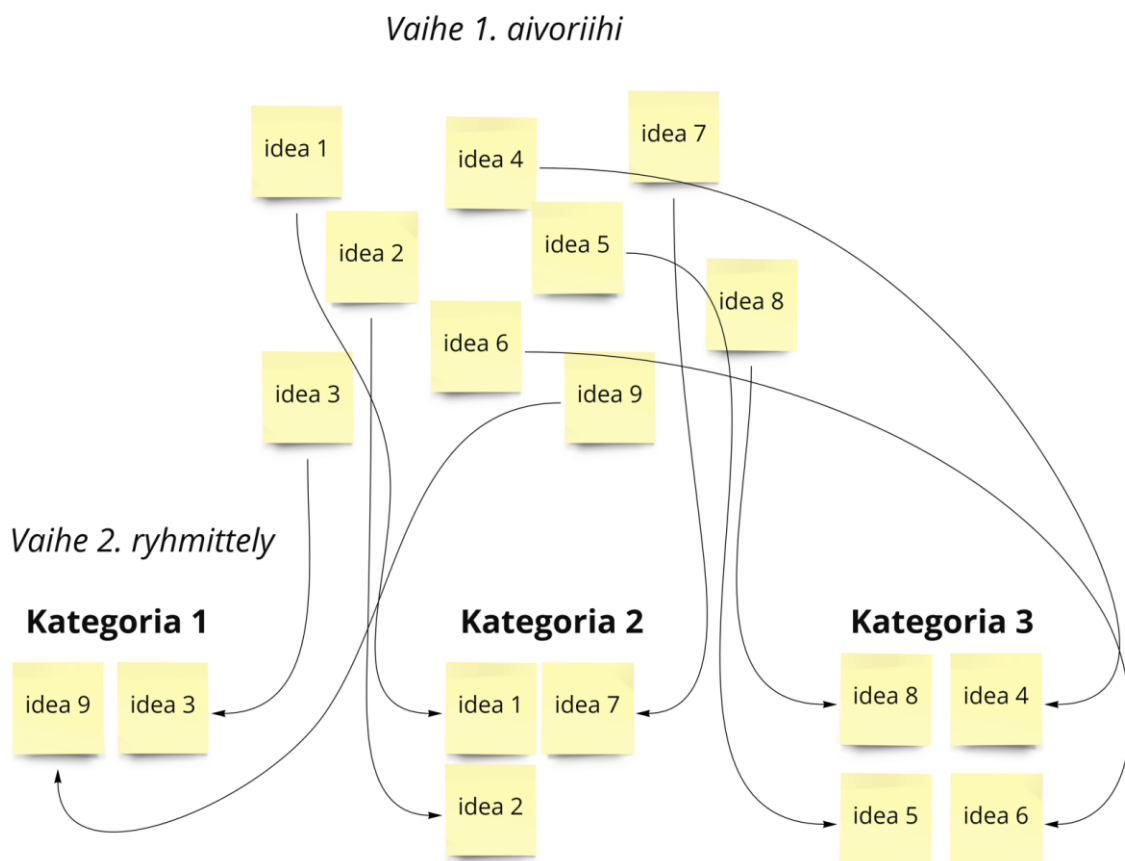


Kuvio 6. Miro sovelluksessa luotu havaintokuva miellekartasta (Miro, 2021-b).

Miellekarttoja luodaan perinteisesti paperille, mutta niiden luomiseen on olemassa myös useita ilmaisia sovelluksia. Näistä sovelluksista löytyy mahdollisuus piirtää käsitekarttoja digitaalisesti sekä toteuttaa niitä yhteistyössä muiden henkilöiden kanssa. Yksi näistä sovelluksista on web-pohjainen Miro.

3.3.2 KJ-menetelmä

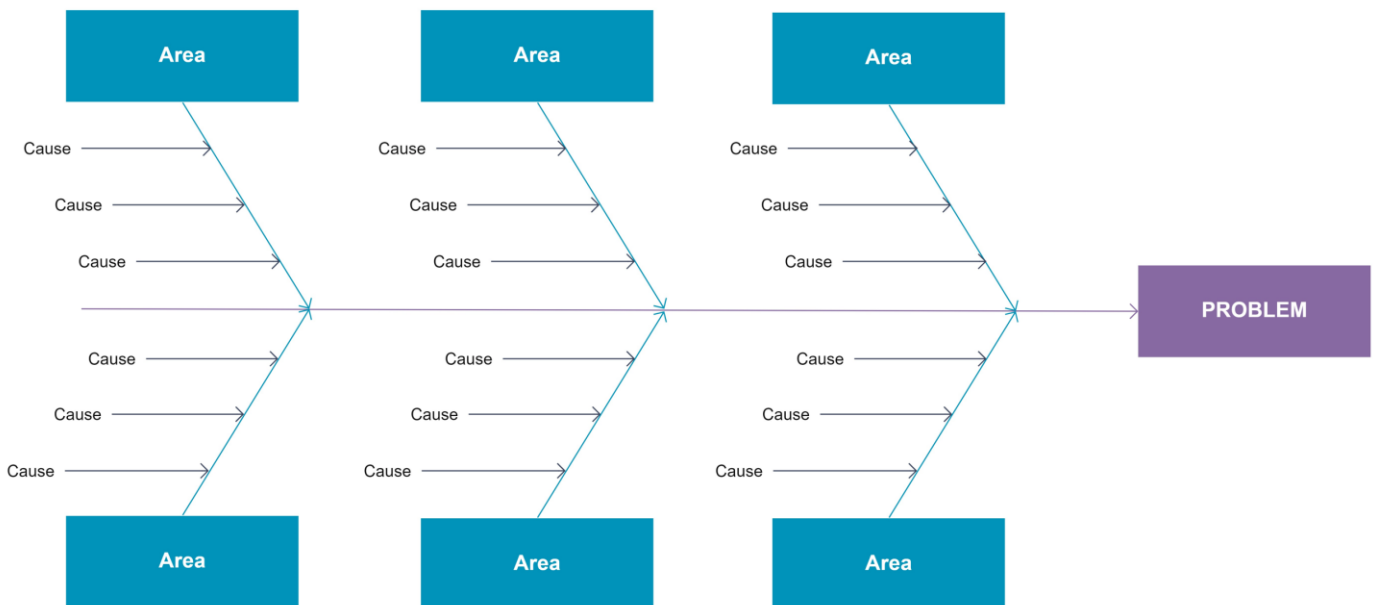
Menetelmän on kehittänyt japanilainen antropologi Kawakita Jiro, jonka mukaan menetelmä on myös nimetty. Menetelmää voidaan pitää käsitekartan jalostetumpana versiona (Kananen, 2012, s. 67). Menetelmän perusideana on kerätä ensimmäisessä vaiheessa aivoriihityöskentelyn avulla ilmiöön tai ongelmaan liittyviä tekijöitä esimerkiksi Post-it-lapuille. Seuraavassa vaiheessa laput kerätään, laitetaan seinälle ja ryhmitellään omiin kategorioihinsa. Samaa tarkoittavat asiat laitetaan samaan ryhmään ja ryhmät nimetään. Tämän jälkeen syntyneet ryhmät jaotellaan suurempiin pääryhmiin siten, että jäljelle jää vain 3–5 pääryhmää. Lopuksi jäljelle jääneiden pääryhmien väliset syy-seuraussuhteet kuvataan piirtämällä niiden välille nuolet ja saadusta kartasta luodaan sanallinen esitys.



Kuvio 7. Havaintokuva KJ-menetelmästä

3.3.3 Kalanruotokaavio (Ishikawa diagram)

Kalanruotokaaviota voidaan hyödyntää havainnollistamaan ongelmaan vaikuttavia tekijöitä ja seurauksia visuaalisesti, sitä voidaan käyttää myös tutkimusilmion hahmotuksen apuna (Kananen, 2012, s. 67). Mallin käyttö aloitetaan piirtämällä paperin keskikohtaan vasempaan tai oikeaan reunaan tutkittava ongelma eli kalan pää. Seuraavaksi valitaan ongelmaan liittyvät kategoriat, joiden alle ongelmaan liittyvät syyt kirjataan ylös. Kuviossa 6 on havainnollistettu kalanruotomallin rakennetta.



Kuvio 8. Miro-web-sovelluksessa luotu havaintokuva kalanruotokaaviosta (Miro, 2021-c).

3.4 Parannusehdotus ja interventio

Muutosprosessin toteutuminen edellyttää ratkaisua, joka poistaa ongelman. Lisäksi on selvitettävä eri interventioiden eli ratkaisuvaihtoehtojen vaikutukset ja riippuvuudet ongelmaan liittyen (Kananen, 2012, s. 74). Interventiolla tarkoitetaan tässä kontekstissa prosessiin liittyviä sisäisiä tekijöitä sekä niitä tekijöitä, joilla voidaan vaikuttaa näihin prosesseihin. Joskus interventio voi olla luonteeltaan sellainen, että siitä ei ole olemassa aikaisempaa kokemusta tai taustatietoa. Muutosprosessin toteutuksen haasteellisuus lisääntyy, jos joudutaan toteuttamaan useampia toimenpiteitä muutoksen aikaansaamiseksi. Myös näiden muutosten

yhteisvaikutuksien arviointi voi olla haastavaa. Haastetta voi lisätä myös muutossykli venyminen ja ilmiöön saattaa sen myötä vaikuttaa myös systeemin ulkopuoliset asiat. Henkilöiden motivointi on muutoksen toteutumisen kannalta tärkeää (Kananen, 2012, s. 74).

Ratkaisuvaiheeseen kuuluu olennaisesti eri vaihtoehtojen läpikäyminen ja sopivan ratkaisuvaihtoehdon valinta arvioimalla ja vertailemalla (Kananen, 2012, s. 75). Ratkaisun esittämisessä voidaan käyttää erilaisia visualisoituja havainnollistamismenetelmiä, kuten vuokaaviota ja erilaisia prosessikuvauksia. Ratkaisu esitetään niille henkilöillä, joita se koskee (mts. 74). Ratkaisu voidaan myös esittää tavoiteasetantana, jolloin tavoitteen on oltava mitattavissa ja sitä varten on laadittava mittari. Tavoitteita on kuitenkin turha asettaa, jos niiden toteutumista ei voida evaluoida (mts. 75). Asetettavien tavoitteiden tulee olla

1. mitattavia
2. yksiselitteisiä
3. hyväksyttäviä
4. keskeisiä
5. kattavia
6. realistisia
7. ristiriidattomia
8. vaikutettavissa olevia (Kananen, 2012, s. 75).

3.5 Kokeilu

Kehittämiprojektin läpiviemisessä käytännön työkaluna toimii toimintasuunnitelma (action plan), jonka kehittämissuunnitelman toteuttaminen vaatii (Kananen, 2012, s. 77). Toimintasuunnitelman pohja on esitettyinä taulukossa 1. Kehittämisen- tai tutkimuskohteen kuvaus toteutetaan taulukkoon 2. Kehittämistyön toimintasuunnitelmasta on löydyttävä vastaukset kysymyksiin, jotka on eritelty tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.

Taulukko 1. Kehittämistyön toimintasuunnitelman pohja (Kananen, 2012, s. 77).

Interventio tavoite: Mitä?	Tehtävät Miten? kuinka?	Henkilöt Kuka? Ketkä?	Aikataulu Aloitus	Aikataulu Lopetus	Kohteen sijainti Missä?	Resurssit Aineelliset	Resurssit taloudelliset

Taulukko 2. Tutkimus- tai kehittämiskohteen kuvaus (Kananen, 2012, s. 76).

Organisaatio				
Yksikkö				
Ongelma				
Ongelman kuvaus ja rajaus				
Ongelmaan vaikuttavat tekijät	Kuvaa ja määrittele tekijä	Keitä se koskee?	Miten tekijä liittyy henkilöön?	Interventio (toimenpide)
Tekijä 1				
Tekijä 2				
Tekijä 3				
Tekijä 4				
Tekijä 5				
Tekijä n				
	Kuvaa interventio	Intervention vaikutukset	Miten vaikutukset todennetaan (mittaus, tavoite)	
Interventio 1				
Interventio 2				
Interventio 3				

3.5.1 Projektin perustelut

Perustelut projektille löytyvät aikaisemmin toteutetusta lähtötilanneanalyysistä ja siinä tehdyissä ongelman määrittelyistä sekä rajauksista. Projektin perustelut ovat motivaation ja motivoinnin kannalta tärkeässä roolissa (Kananen, 2012, s. 77).

3.5.2 Kehittämisprojektin tavoite

Kehittämistyölle määritellään tavoite, johon pyritään vaikuttamaan. Tavoitteen kuvauksen on oltava yksiselitteinen, selkeä sekä mitattavissa oleva, kuten aikaisemmassa luvussa 3.4 todettiin. Tavoitteen saavuttamiseksi vaadittava interventio eli keinot ja menetelmät kuvataan myös tässä kohdassa (Kananen, 2012, s. 77).

3.5.3 Toteuttamiseen tarvittavat tehtävät

Toteutettava tavoite jaetaan toimenpiteisiin, joiden avulla tulokset saadaan saavutettua. Tässä kohdassa vastataan kysymykseen "miten" tai "kuinka". Toteutettavat toimenpiteet ovat tehtäviä, jotka ohjaavat tekemistä tavoitteiden saavuttamiseksi (Kananen, 2012, s. 78).

3.5.4 Henkilöt

Tehtävien ja toimenpiteiden toteutukseen tarvitaan toimijoita, jotka tekevät tavoitteiden saavuttamiseksi tarvittavat tehtävät. Tässä kohdassa määritellään henkilöt, jotka osallistuvat kehitystyöhön ja eri toimenpiteiden toteutukseen (Kananen, 2012, s. 78).

3.5.5 Aikataulu

Onnistuneen projektin yksi avainasioista on aikataulu ja siitä syystä projektin aloitus ja lopetusajankohdat määritellään. Monimutkaisimmissa projekteissa voidaan käyttää apuna projektinhallinnan työkaluja aikataulujen luonnissa esimerkiksi Microsoft Projectia (Kananen, 2012, s. 78).

3.5.6 Aineelliset resurssit

Kaikki projektiin liittyvät aineelliset resurssit eli toimitilat, työaika, erilaiset selvitykset ja tutkimukset sekä kokoukset tulisi arvioida ja käsitellä tässä kohdassa (Kananen, 2012, s. 78).

3.5.7 Taloudelliset resurssit

Kehittämishankkeen välilliset ja välittömät kustannukset tulee arvioida ja tarvittaessa tehdä hyötyanalyysi ja sen perusteella kannattavuuslaskelmat toteutukselle (Kananen, 2012, s. 78).

3.6 Arviointi ja seuranta

Toteutetun ratkaisun jälkeen arvioidaan projektilla saavutettuja tuloksia ja niitä verrataan aikaisemmin asetettuihin tuloksiin (Kananen, 2012, s. 81). Kehittämistavoitteiden arvioinnissa on kysymys siitä, päästiinkö tehdyillä toimenpiteillä aikaisemmin määriteltyihin tavoitteisiin. Arviointia voidaan toteuttaa tavoitteeseen määriteltyjen mittareiden suhteen tai jos tavoitteita ei ole asetettu, niin vertailemalla saatua muutosta alkutilanteeseen. Arvioinnin edellytyksenä ovat validit mittaukset ja mittaristo, jonka perusteella vertailu tehdään (mts. 81).

Konkreettiset tuotteisiin tai erilaisiin prosesseihin liittyvät parannukset ovat helpommin mitattavissa kuin henkilöstöön tai työympäristön sosiaalisiin prosesseihin liittyvät aineettomat muutokset (Kananen, 2012, s. 81).

4 LEAN

Lean (*lausutaan liin*) on Japanissa Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta kehitetty prosessi-johtamisen malli, jota sovelletaan tuotantoon (Kouri, 2009, s. 6). Alun perin Taichii Ohnon Japanin autoteollisuuden tarpeisiin kehittämään *Toyota Production Systemiin (TPS)* pohjautuva tuotantofilosofia on vakiinnuttanut asemansa monilla eri toimialoilla ja on nykyisin yleisimmin käytetty johtamisjärjestelmä.

Toimintaan sisältyy keskeisesti laatuajattelu ja toiminnan päämääränä on tuottaa asiakkaalle parempaa arvoa (Kouri, 2009, s. 6). Asiakas määrittelee tuotteen tai palvelun arvon eli sen mistä on valmis maksamaan. Tuotteissa arvo muodostuu seuraavista asioista:

- tuotteen laadusta
- tuotteeseen liittyvistä ominaisuuksista
- toimitusajasta
- toimitusvarmuudesta (Kouri, 2009, s. 6).

Toiminnan tavoitteena on tarjota asiakkaalle parasta mahdollista arvoa tuottajan omat tarpeet huomioiden. Tämä tarkoittaa siis virtaustehokkuuden eli asiakastyytyväisyyden sekä resurssitehokkuuden eli tuottajatytytyväisyyden maksimointia (Sixsigma, 2021). Kohdistamalla yrityksen voimavarat niihin toimintoihin, jotka lisäävät arvoa asiakkaalle, sekä kehittämällä toimintaa siellä missä arvo todellisuudessa syntyy, pystytään parantamaan asiakaslähtöisyyttä ja tuottamaan enemmän lisäarvoa asiakkaalle (Kouri, 2009, s. 6).

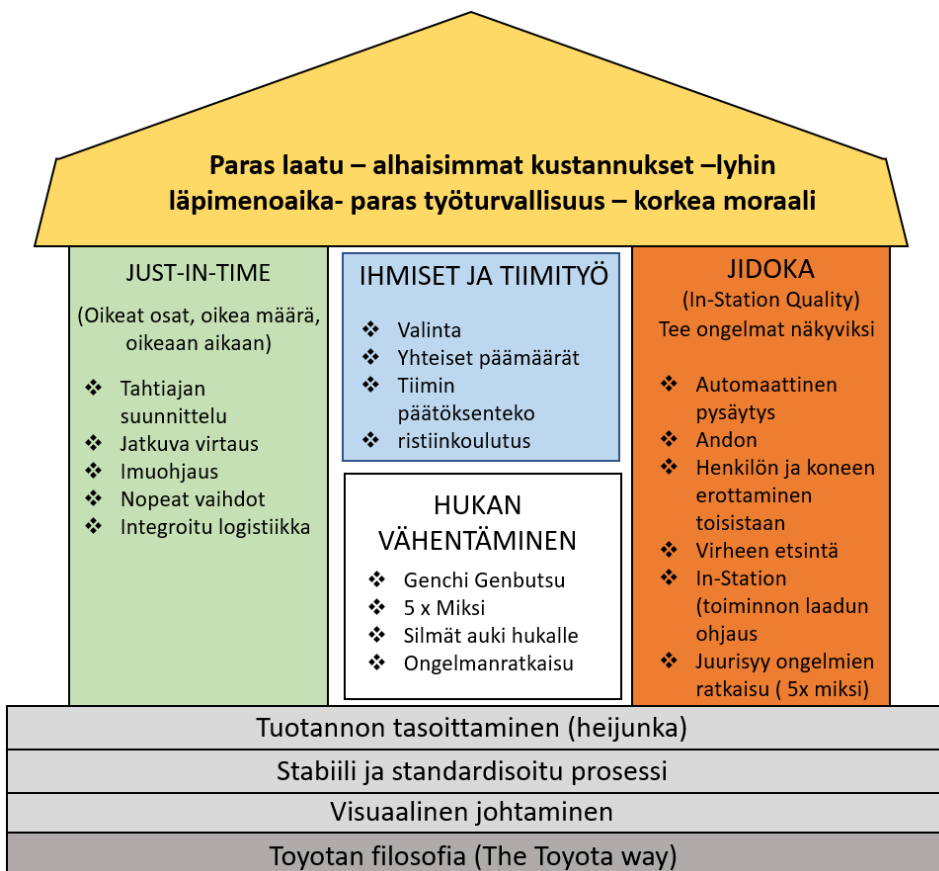
Kasvattamalla arvoa suhteessa toiminnan kustannuksiin pystytään parantamaan yrityksen kilpailukykyä (Kouri, 2009, s. 7). Lean-ajattelua toteuttavat yritykset ovat usein toimialallaan nopeimmin kasvavia ja kannattavimpia (mts. 6).

Lean-toiminnan tarkoituksena on

- tuottaa asiakkaalle parasta mahdollista arvoa mahdollisimman tehokkaasti
- tarjota työntekijöille mahdollisuus osallistua kehitysohjelmaan
- parantaa yrityksen kilpailukykyä

- tehdä oikeita asioita, oikeaan aikaan ja mahdollisimman tehokkaasti (Kouri, 2009, s. 7).

Kuviossa 9 on havainnollistettu Lean-ajatteluun sisältyvien periaatteiden ja työkalujen käyttöä talomallin avulla, jossa vakaan pohjan ja kivijalan muodostavat Toyotan filosofia, visuaalinen johtaminen, standardoidut prosessit ja tuotannon tasoittaminen. Ihmiset ja tiimityö ovat kaiken keskiössä.



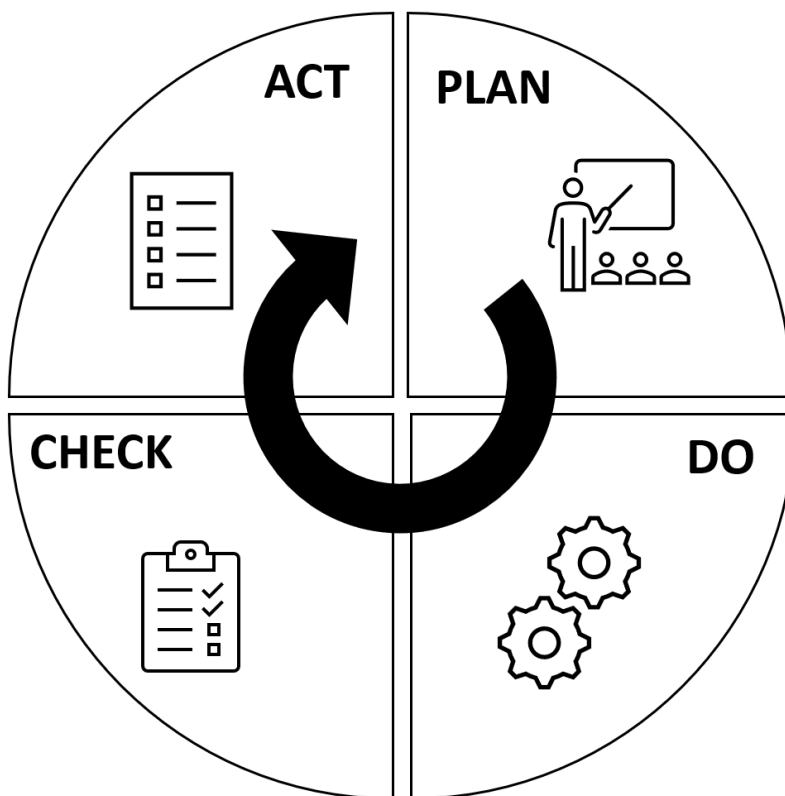
Kuvio 9. Lean-talo Jeffrey Likerin kuvaamana ja QKK-Karjalainen Oy:n suomentamana (muokailen Karjalainen, 2014).

4.1 Jatkuva parantaminen (Kaizen)

Kehitystoiminta Lean-toimintamallissa perustuu jatkuvaan ja systemaattiseen parantamiseen. (Kouri 2009, s. 14). Jokainen työntekijä on vastuussa toiminnasta, tuotteiden laadusta sekä niihin liittyvästä kehitystoiminnasta. Esiin tulevat ongelmat tulee nähdä tilaisuutena parantaa laatua, työturvallisuutta sekä työtehokkuutta (Kouri 2009, s. 14). Monille tuttu sanonta ”Jos se ei ole rikki, älä koske siihen” muuntuu Kaizen-filosofian mukaan muotoon ”jos se ei ole rikki,

sitä voi ja täytyy parantaa” (Sayer & Williams, 2012, s 182). Tärkeä on kuitenkin erottaa termit korjaaminen ja parantaminen toisistaan ja selventää, miten nämä eroavat käsitteellisesti (Majava & Piironen, 2021-b). Korjaaminen on olemassa olevan tason säilyttämistä tai laskeneen tason palauttamista nykyiselle tasolle. Parantamisessa pyritään siirtymään nykyisestä tasosta täysin uudelle tasolle eli nostamaan suorituskykyä (mt.). Korjaamiseen liittyen kysymys kuuluu, mikä on mennyt pieleen tai mitä on muuttunut. Parantamisessa mietitään mitä tulisi tehdä, että siitä tulisi vieläkin parempi (mt.).

Jatkuvaa parantamiseen liittyy olennaisesti PDCA-sykli (Plan, Do, Check, Act) (Kouri, 2009, s. 14). Menetelmä tunnetaan paremmin W. Edward Demingin laatuypyränä tai jatkuvan kehittämisen kehänä (Sayer & Williams, 2012, s. 185). PDCA-syklin rakenne on havainnollistettuna kuviossa 10.



Kuvio 10. Havaintokuva PDCA-syklistä

4.1.1 Plan (suunnittele)

Ensimmäisessä vaiheessa määritellään käsittelyn kohteena oleva ongelma tai asia (Sayer & Williams, 2012, s. 185). Vaiheessa tehdään suunnitelma muutoksen toteutukselle ja määritellään muutoksen taso. Vaiheessa myös määritellään muutokseen tarvittavat vaiheet ja huomioidaan riskit sekä pyritään ennustamaan kehityksen lopputulos (mts. 185).

4.1.2 Do (suorita)

Vaiheen tarkoituksena on toteuttaa suunnitteluvaiheessa määritellyt toimenpiteet erillisessä testiympäristössä tai pienemmässä mittakaavassa luomalla hallitut olosuhteet. Mittaustulokset raportoidaan ennen ja jälkeen muutoksen (Sayer & Williams, 2012, s. 185).

4.1.3 Check (Arvioi)

Arviointivaiheessa tarkastellaan toteutetun muutoksen vaikutuksia ennen ja jälkeen dokumentoitujen mittaustulosten avulla (Sayer & Williams, 2012, s. 185). Havaittaessa kehitystä verrattuna alkuperäiseen tilanteeseen, toteutetaan koejärjestely uudelleen vielä suuremmassa mittakaavassa. Muussa tapauksessa palataan takaisin vaiheeseen kaksi ja toteuttamaan koejärjestely uudelleen tarkastelemalla muita vaihtoehtoja sekä muuttamalla siihen liittyviä parametrejä.

4.1.4 Act (toteuta)

Viimeisenä vaiheena on käyttöönottaa hyväksi havaitut muutokseen johtavat parannukset, päivittää sen toteutukseen liittyvät dokumentit ja huolehtia niiden noudattamisesta (Sayer & Williams, 2012, s. 185).

4.2 Muda (hukka)

Lean-toimintamallissa tuottavuutta pyritään parantamaan poistamalla hukkia työtahdin kiristämisen sijaan (Kouri, 2009, s. 10). Hukalla tarkoitetaan yleisesti kaikkea turhaa lisäarvoa tuottamatonta työtä. Hukan eri muodot esiintyvät meille arkielämän eri asioissa. Aikaa hukataan jonottamalla kaupassa tai liikenteessä, etsimällä työhön tarvittavaa kadonnutta työkalua tai säilyttämällä kymmeniä vuosia käyttämättöminä olleita tavaroita (Sayer & Williams, 2012, s. 42).

Hukat vaikuttavat negatiivisesti tehokkaan työn tekemiseen ja niiden poistaminen myötä tuottavuus sekä laatu paranevat. On kuitenkin muistettava, että hukka on seuraus jostain, ei itse syy (Majava & Piironen, 2021-a).

Taichii Ohnon mukaan hukka jakautuu seitsemään eri luokkaan

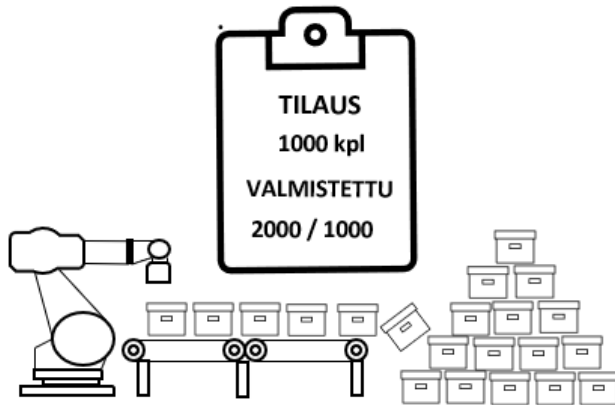
1. ylituotanto
2. kuljetus
3. tarpeettomat varastot
4. laatuvirheet
5. ylikäsittely
6. tarpeeton liike työskentelyssä
7. odottelu ja viivästyksset (Sayer & Williams, 2012, s. 42).

Näiden seitsemän hukan lisäksi on myös epävirallinen kahdeksas hukka, joka on työntekijöiden luovuuden ja osaamisen käyttämättömyys. Hyödyntämällä työntekijöiden tietämystä työvaiheiden ja menetelmien toiminnasta ja antamalla heidän osallistua kehitykseen saadaan kaikki potentiaali hyödynnetyksi (Kouri, 2009, s. 11).

Hukka jakautuu vielä näiden seitsemän luokan lisäksi kahteen eri tyyppiin sen perusteella, onko toiminta arvoa tuottamatonta, mutta jostain muusta syystä tarpeellista, vai onko toiminta täysin turhaa ja arvoa lisäämätöntä (Sayer & Williams, 2012, s. 43). Jälkimmäisestä eli kategorian 2 hukasta kannattaa päästä aluksi eroon ja sen jälkeen keskittyä ensimmäisen kategorian hukan minimointiin.

4.2.1 Ylituotanto

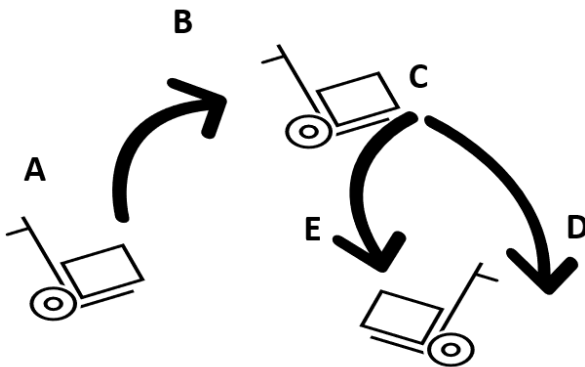
Ylituotannossa tuotteita valmistetaan todellista tarvetta enemmän varmuuden vuoksi tai ilman todellista tilausta (Kouri, 2009, s. 10). Tämä johtaa myöhemmässä vaiheessa muiden hukkien syntymiseen, kuten tarpeettomien varastojen syntymiseen. Hukkaa on tuottaa enemmän mitä asiakas todellisuudessa tarvitsee (Sayer & Williams, 2012, s. 42). Kuvio 11 havainnollistaa tilannetta, jossa ylituotantoa voi esiintyä.



Kuvio 11. Ylituotanto, tuotteita valmistettu tilausta suurempi määrä

4.2.2 Kuljetus

Eri tuotantovaiheiden välillä tapahtuva materiaalien ja tuotteiden turha liikuttelu ei tarjoa asiakkaalle lisäarvoa ja on siitä syystä selkeä hukka (Kouri 2009, s. 10). Ylimääräinen kuljettaminen lisää riskiä loukkaantua tai vahingoittaa tuotetta (Sayer & Williams, 2012, s. 42). Kuviossa 12 esitetään, miten tuotetta tai puolivalmistetta joudutaan kuljettamaan useamman eri työpisteen välillä.

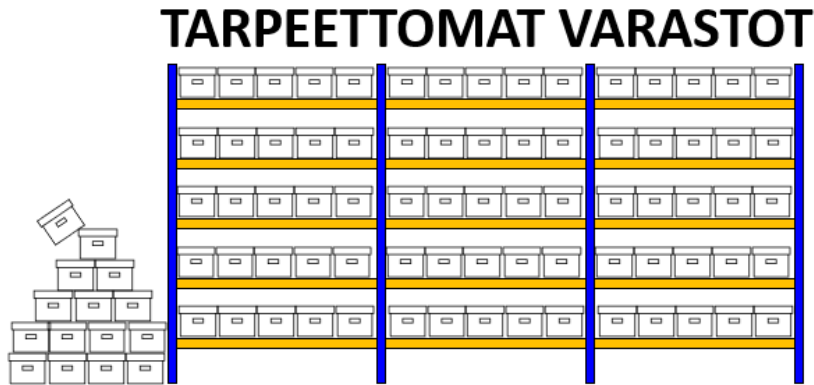


Kuvio 12. Havaintokuva materiaalien turhasta kuljettamisesta

4.2.3 Tarpeettomat varastot

Varastoimalla ylimääräisiä tai tarpeettomia tuotteita kasvatetaan kustannuksia. Turhat varastot myös piilottavat todellisia ongelmia sekä pidentävät läpimenoa kuluvaan aikaan (Kouri, 2009, s. 10). Ylimääräiset varastot vievät lattiatilaa ja niiden seuraaminen ja hallinta kuluttaa ylimääräisiä resursseja (Sayer & Williams, 2012, s. 43). Kuvio 13 havainnollistaa tilannetta, jossa

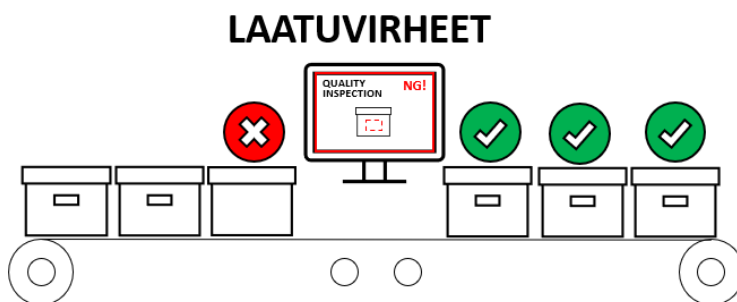
tavaraa joudutaan välivarastoimaan varsinaisten hyllypaikkojen ollessa täynnä. Tämä on suora seurausta ylituotannosta.



Kuvio 13. Havaintokuva tarpeettomasta varastoinnista

4.2.4 Laatuvirheet

Erilaiset laatuun liittyvät virheet, jotka kuluttavat materiaaleja tai kapasiteettia ja lopulta johtavat asiakastyytymättömyyteen (Kouri, 2009, s. 10). Jokainen tuote, palvelu tai prosessi, joka ei vastaa vaatimuksia, on hukkaa (Sayer & Williams, 2012, s. 43). Kuvio 14 havainnollistaa miten kuljetinhihnalla olevasta tuotteesta puuttuu tarvittava merkintä ja on siksi laatuvirhe.



Kuvio 14. Havaintokuva laatuvirheestä tuotannossa

4.2.5 Ylikäsittely

Ylikäsittely käsittää kaiken sen työn, mikä on asiakkaan näkökulmasta merkityksetöntä (Kouri, 2009, s. 10). Ylimääräinen prosessointi, mikä on seurausta riittämättömästä tekniikasta,

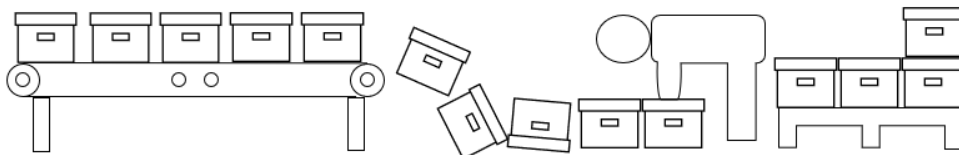
herkistä materiaaleista tai laatuvirheiden ennaltaehkäisystä on hukkaa (Sayer & Williams, 2012, s. 43). Esimerkkinä jäysteen tai valukappaleen muottiosien poistaminen.

4.2.6 Tarpeeton liike työskentelyssä

Kaikki se työntekijän liike, joka ei synnytä lisäarvoa itse tuotteeseen, luokitellaan hukaksi (Kouri, 2009, s. 11). Näitä ovat esimerkiksi

- käveleminen
- kumartuminen
- nostaminen
- vääntäminen
- kurottaminen
- säätäminen
- kohdistaminen (Sayer & Williams, 2012, s. 43).

Yksinkertainen esimerkki tarpeettomasta liikkeestä työssä on laatikoiden poimiminen kuljettimelta kuormalavalle, kuten kuviossa 15.

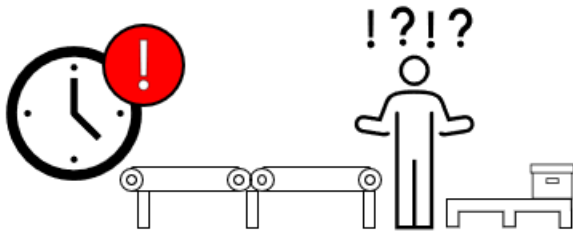


Kuvio 15. Havaintokuva tarpeettomasta työvaiheesta

4.2.7 Asiakkaan odotusaika

Viivästykset sekä turha odottelu ei synnytä lisäarvoa asiakkaalle ja on siksi hukkaa (Kouri, 2009, s. 11). Materiaalien loppuminen, laitehäiriöt ja konerikot sekä ylimääräinen työ lisäävät viivästyksiä. Kuviossa 16 on havainnollistettu yksinkertaisen esimerkin avulla viivästyksiä ja turhaa odottelua tuotannossa.

VIIVÄSTYKSET JA ODOTTELU



Kuvio 16. Viivästyksset ja odottelu

4.2.8 Mura (vaihtelu)

Mura on prosessin vaihtelua, joka aiheutuu laadun, kustannusten tai toimituksen vaihtelusta (Sayer & Williams, 2012, s 44). Mura pitää sisällään kaikki ne hukatut resurssit, jotka aiheutuvat siitä, kun laatua ei voida ennustaa (mts. 42). Se on kustannus, joka aiheutuu

- testauksesta
- valovonnasta
- eristämisestä
- työn uudelleen tekemisestä
- asiakas palautuksista
- ylityöstä
- äkillisestä matkustamisesta asiakkaan luokse
- mahdollisesta asiakkaan menetyksestä (Sayer & Williams, 2012, s. 44).

Vaihtelun ymmärtämiseksi ja vähentämiseksi tarvitaan avuksi tilastollisia menetelmiä ja työkaluja mutta ennen kaikkea dataa analysoitavaksi (Sayer & Williams, 2012, s. 44).

4.2.9 Muri (ylikuormitus)

Muri on ennen kaikkea ihmisten, mutta myös laitteiden tai järjestelmien, tarpeetonta tai kohtuutonta ylikuormittamista kapasiteettia ylittävillä vaatimuksilla (Sayer & Williams, 2012, s. 44). Se määrittelee, miten työt ja tehtävät ovat suunniteltu. Yksi Leanin tärkeimpiä oppeja on ihmisten kunnioitus. Huolehtimalla työn ergonomiasta ja työntekijöiden kuormituksesta työnantaja osoittaa kunnioitusta työntekijöitään sekä Leania kohtaan (Sayer & Williams, 2012, s. 44).

Tekemällä asioita periaatteella ”enemmän vähemmällä” voidaan aiheuttaa henkilöstön ylikuormitusta ja stressiä. Stressaantuneet ihmiset tekevät muita todennäköisemmin virheitä.

4.3 Lean 5S

Lean-toimintamallin mukaan työpiste, joka on siisti, hyvässä järjestyksessä sekä turvallinen on työntekijälle viihtyisä ja edesauttaa kehittämistyötä sekä parantaa tuottavuutta (Tuominen & Malmberg, 2010, s. 95). Siisti työympäristö aiheuttaa myös vähemmän tapaturmia, virheitä sekä hukkaa, samalla se luo hyvän vaikutelman asiakkaille ja vierailijoille.

5S on työkalu, jonka avulla tätä siisteyttä ja kurinalaisuutta voidaan ylläpitää systemaattisesti (Kouri, 2009, s. 26). Nämä viisi s-kirjainta tulevat japanin kielestä:

1. seiri (lajittele)
2. seiton (järjestä)
3. seiso (puhdistusta ja huolla)
4. seiketsu (vakiinnuta)
5. shitshuke (ylläpidä) (Kouri, 2009, s. 26).

Lähtökohtana on vähentää työvälineiden etsimistä ja siihen liittyvää turhautumista poistamalla turhat työvälineet ja jättämällä työpisteelle vain tärkeimmät työhön tarvittavat välineet (Kouri, 2009, 26). Tämän lisäksi työvälineille ja materiaaleille määritellään omat paikkansa ja ne palautetaan sinne käytön jälkeen (Tuominen & Malmberg, 2010, s. 95). Siisti ja selkeä työpiste ohjeineen nopeuttaa uuden työntekijän perehdyttämistä ja samalla myös paljastaa helpommin häiriötekijät tuotannossa. Toimintatapa rinnastetaan usein pelkkään siivoukseen, mutta sen taustalla on perustavan järjestyksen aikaansaaminen työympäristöön. (Stoor ym., 2020, s. 12). Lähtökohtana on, että jokainen työntekijä osallistuu järjestyksen ja siisteyden ylläpitoon (Kouri, 2009, s. 27).

5S:n käyttöönoton etuja ovat:

- työkalujen ja materiaalien etsintään kuluva aika vähenee
- liikkuminen työtilassa selkenee merkintöjen ja layoutin muutosten myötä
- visuaalisuus helpottaa ongelmien havaitsemista
- ensivaikutelma vierailijoiden silmissä paranee

- työturvallisuus parantuu
- selkeät merkinnät nopeuttavat toimintaa
- työmotivaatio lisääntyy toimivassa ympäristössä
- virheiden tekeminen vähenee ja laatu parantuu
- hukkaa syntyy vähemmän
- siistissä ympäristössä vuodot ja likaantuminen syyt on helpompi havaita (Moisio, 2012, s. 11).

5S ei ole pelkästään siivousohjelma vaan, osa Lea-toimintamallia, joka toimii yhtenä vaiheena hukkien esiin tuomisessa ja poistamisessa (Kouri, 2009, s. 27). Yksinkertaistettuna 5S on tehokas ja käytännönläheinen tapa puhdistaa toimintaympäristö ja tehdä siitä työturvallisempi (Sayer & Williams, 2012, s. 216). Toiminta voidaan jakaa karkeasti kahteen vaiheeseen

1. kaikesta ylimääräisestä eroon hankkiutuminen
2. järjestelmän luominen, jossa kaikille on oma paikkansa ja jossa tavarat palautuvat omalle paikalleen (Sayer & Williams, 2012, s. 216).

4.3.1 Seiri (sort, lajittele)

5S-prosessi aloitetaan turhien ja harvoin käytettyjen työkalujen, materiaalien ja muiden tavaroitten lajittelulla (Kouri, 2009, s. 27). Vuosien saatossa yritysten tiloihin muodostuu erilaisia välivarastoja, joihin rikkoontunutta tai tarpeetonta tavaraa varastoidaan väliaikaisesti (Stoor ym., 2020, s. 12). Nämä väliaikaiset varastot varaavat turhaan tilaa ja niiden läpikäymisen myötä vapautuu uutta työtilaa (mts. 12). Lajittelun apuna voidaan käyttää ”Red Tag” -menetelmää eri punalaputusta, jossa kaikki tarpeettomat työkalut, materiaalit ja muut tavarat merkitään punaisella lapulla (Tuominen & Malmberg, 2021, s. 30). Lappu pitää sisällään tiedon tavarahan hävittämiseen tai säilytykseen liittyen (mts. 95). Tilassa olevat tavarat voidaan jaotella karkeasti kolmeen eri kategoriaan:

- työpisteellä tarvittavat asiat (jakautuvat vielä usein käytettäviin ja harvemmin käytettäviin)

- palautettavat eli tilassa olevat työkalut, materiaalit tai muut tavarat, jotka kuuluvat toisaalle tai ovat lainattuja
- poistettavat eli kaikki se turha mistä hankkiudutaan eroon, joko kierrättämällä, myymällä tai viemällä kaatopaikalle (Sayer & Williams, 2012, s. 217).

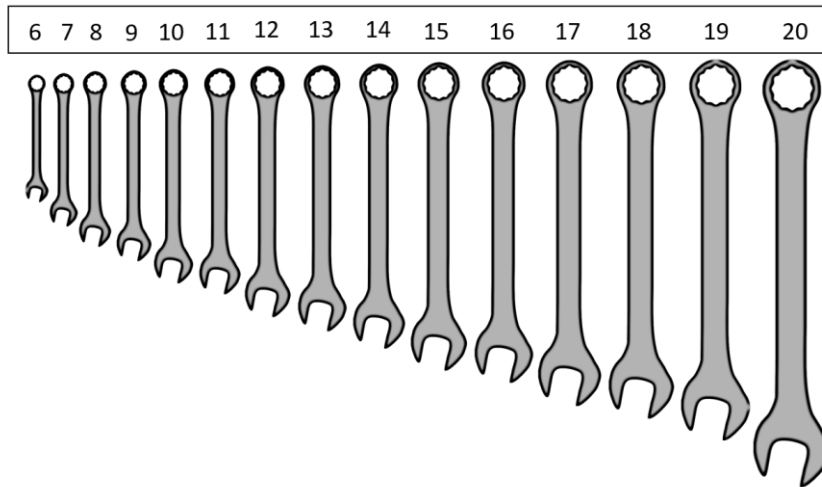
Päivittäin käytettävät työkalut säilytetään ainoastaan työpisteellä ja harvoin tai satunnaisesti tarvittavat työkalut siirretään keskeiseen säilytyspaikkaan, josta myös muut voivat niitä helposti hyödyntää (Stoor ym., 2020, s. 13).

Lajitteluvaiheen aikana käydään jokaisen tavarankohdalla läpi seuraavat kysymykset, kun määritellään tavarankohdan tarpeellisuutta:

- Tarvitaanko tavaraa nykyisen työtehtävän suorittamisessa?
- Kuinka monta kyseistä tavaraa todella tarvitaan?
- Milloin viimeksi kyseistä työkalua tai tavaraa on tarvittu?
- Milloin kyseistä tavaraa tai työkalua tarvitaan seuraavan kerran? (Scotchmer, 2008, s. 72).

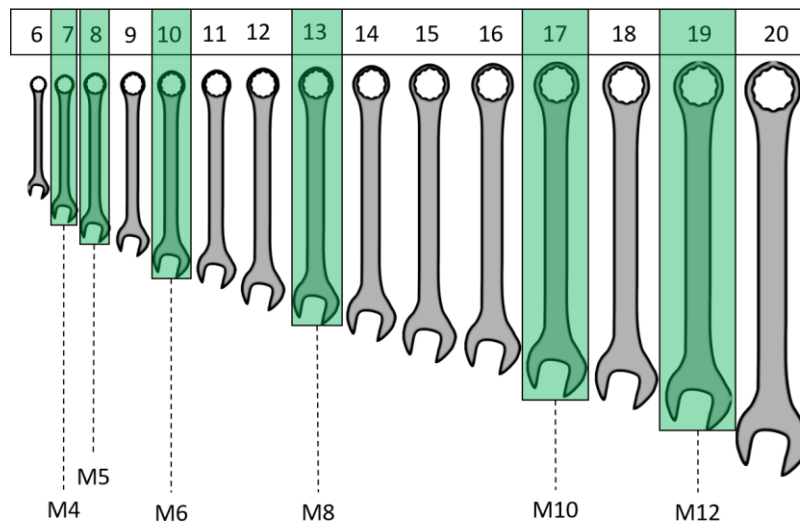
Toiminnan tavoitteena on poistaa työpisteestä kaikki ne tavarat, joita ei tarvita nykyiseen tuotantoon tai työtehtävän suorittamiseen (George ym., 2005, s. 207). Työpisteellä tarvittavien tavaroiden kappalemäärien arviointiin kannattaa hyödyntää ”one is best” -sääntöä eli jokaista työkalua tai tavaraa on vain yksi kappale (Scotchmer, 2008, s. 74). Työkalusarjaan kuuluu useita erilaisia ja kokoisia työkaluja mutta suurin osa niistä on kyseisen työtehtävän kannalta turhia eikä niitä tarvita (mts. 74). Kuvioissa 17–19 on havainnollistettu, miten lajittelemalla työkalut esimerkiksi yleisesti käytettyjen ruuvien ja mutterien avainvälien perusteella saadaan tarvittavien työkalujen määrä vähennettyä yli puolella alkuperäisestä.

Kiintoavaimen avainväli (mm)



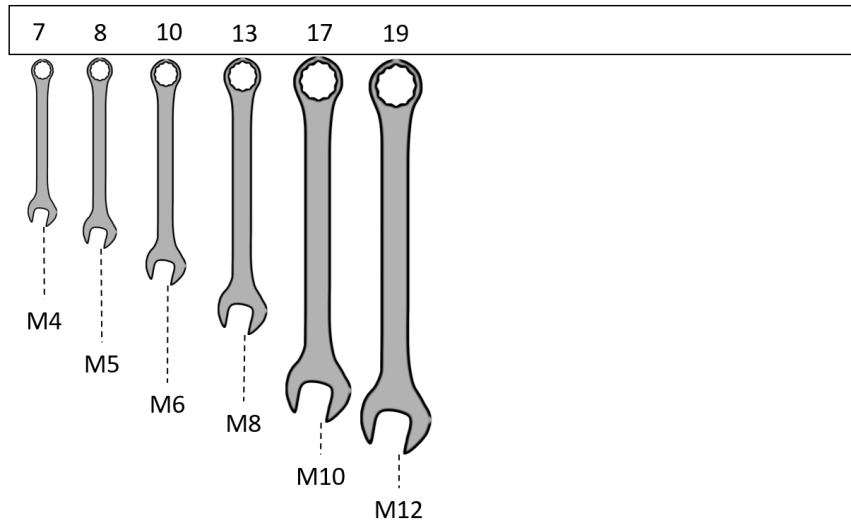
Kuvio 17. Kiintoavainsarjasta löytyy eri kokoisia kiintoavaimia, tyypillisesti koot ovat väliltä 6–22 mm.

Kiintoavaimen avainväli (mm)



Kuvio 18. Erottelemalla tarpeelliset työkalut esimerkiksi yleisesti käytettyjen kuusioruuvien/ mutterien avainvälien perusteella, saadaan esillä olevien työkalujen määrää pienennettyä.

Kiintoavaimen avainväli (mm)



Kuvio 19. Lajittelun jälkeen jäljelle on jääneet enää ne työkalut, jotka ovat tehtävän työn kannalta oleellisia.

Lajitteluvaiheen valmistuttua siirrytään toteuttamaan 5S:n seuraava vaihetta. Jos lajitteluvaihetta ei ole tehty kunnolla ja ylimääräistä tavaraa ei ole poistettu, seuraavaan vaiheeseen siirtyminen on turhaa (Tuominen & Malmberg, 2021, s. 35).

4.3.2 Seiton (straighten, järjestä)

Lajittelun jälkeen seuraavana vaiheena on jäljelle jääneiden tavaroiden järjestäminen. Toiminnan tarkoituksena selkeyttää tilaa siten, että jokainen tilaa käyttävä tietää, mistä tarvittava työkalu tai materiaali löytyy ja mihin se tulee palauttaa (George ym., 2005, s.208). Työkaluille, materiaaleille sekä tuotteille määritellään omat visuaaliset paikkansa ja ne merkitään. Järjestelemällä tavarat loogisesti saadaan helpotettua tavarankäyttöä ja sen pois laittamista mutta ennen kaikkea vältetään tavaroiden turhalta etsimiseltä (Tuominen & Malmberg, 2021, s. 35). 30-sekunnin säännön mukaan, etsimisessä kestää liian kauan, jos etsittävä ei löydy 30 sekunnissa (Scotchmer, 2008, s. 84).

Lajitteluvaiheessa keskityttiin hukan poistamisen näkökulmasta ylimääräisten varastojen minimointiin poistamalla kaiken ylimääräisen ja turhan tavarankäyttöä (Scotchmer, 2008, s. 81). Järjestelyvaiheessa tehtävillä muutoksilla ja toimenpiteillä pyritään taas vaikuttamaan ja minimoimaan loppuja kuutta hukan eri ilmentymää (mts. 82). Todella tehokas työkalu näiden hukkiin vähentämiseen on visuaalinen johtaminen (mts. 83).

Visuaalisen johtamisen tarkoituksena on tarjota informaatiota ja ohjeistusta työtehtävän suoriutumiseen liittyen mahdollisimman näkyvästi, siten että työntekijä voi maksimoida oman tuottavuutensa (Scotchmer, 2008, s. 83). Visuaalinen johtaminen ilmenee työpaikalla monessa eri muodossa

- liikennevaloina
- informaationäyttöinä
- visuaalisina kuvaajina
- erilaisina opasteina
- nimilappuina
- värikoodattuina merkintöinä (Morgan & Brenig-Jones, 2016, s. 174).

Visuaalisuuden avulla pystytään osoittamaan helposti jonkin työkalun tai materiaalin olevan poissa paikoiltaan tai puuttuvan kokonaan (Morgan & Brenig-Jones, 2016, s. 174). Informaationäytöillä esitetyn datan avulla työntekijät saavat tietoa suorituskyvystään ja mahdollisista laatuvirheistä. Tuotantotilan kulkuväylien ja varastopaikkojen lattiamerkinnät ovat myös osa visuaalisuutta.

Hyvä esimerkki visuaalisuudesta on työkalujen säilytykseen liittyvä varjotaulu (shadow board) (Scotchmer, 2008, s. 84). Työkalut ovat seinällä omalla paikallaan ja jokaisen työkalun taakse tauluun merkitään työkalun muoto. Työkalun ollessa käytössä taululla näkyy työkalun ääriviivat ja käytön jälkeen työkalu on helpompi palauttaa takaisin omalle paikalleen. Samalla se viestii myös muille työkalua tarvitseville, että kyseinen työkalu on jonkin muun käytössä. Työkaluvau-
nuissa käytettävä varjotaulu on havainnollistettu kuvassa 2.



Kuva 2. Havaintokuva varjotaulusta, jossa kaksiväriseseen vaahtomuoviin on leikattu työkaluille omat paikkansa.

Työpisteen visuaalinen organisointi voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin:

- rajaustoimenpiteet (rajataan työpisteet, kulkuväylät ja työvälineiden alueet rajaviivoilla)
- rajattujen alueiden nimeäminen (nimetään alue ja määritellään, mitkä välineet kuuluvat alueelle)
- työkalujen ja muiden tarvittavien välineiden merkintä (esineeseen merkitään nimi ja mille alueella se kuuluu) (George ym., 2005, s. 209).

Työpisteiden suunnittelussa pyritään vähentämään työntekijän tarpeetonta liikettä työnteossa (Tuominen & Malmberg, 2021, s. 38). Tarvittavat asiat järjestetään lähelle työntekijää siten, että usein käytössä olevat tavarat ovat olkapään ja kyynänpään välisellä korkeudella (mts. 45). Harvemmin käytettävät tavarat varastoidaan muualla (mts. 45). Työvaiheesta pyritään tekemään sulavia ja vähentämään työvaiheissa olevien toistokertojen määrää optimoimalla työvaiheita esimerkiksi järjestelemällä työpiste työvaiheen kulun mukaiseen järjestykseen (Scotchmer, 2008, s. 93). Prosessien välissä tapahtuvaa turhaa liikkumista voidaan vähentää optimoimalla tuotannon virtausta ja siinä olevien työpisteiden välistä liikennettä (mts. 88).

Järjestelyvaiheen sisältö yksinkertaistettuna on

1. kohteen tilan dokumentointi ennen ja jälkeen järjestelyn (valokuva)
2. kaikkien niiden materiaalien, työkalujen ja muiden tavaroiden tunnistaminen ja lajittelu, jotka määriteltiin lajitteluvaiheessa tarpeellisiksi
3. varastointiin liittyvien prosessien ja tilojen määrittely
4. varastojen ja työpisteiden säilytyspaikkojen suunnittelu
5. tunnistusjärjestelmä suunnittelu varastopaikkojen, työkalujen yms. säilytyspaikkojen tunnistamiseen
6. tavaroiden siirtäminen uusille määritellyille varastopaikoille
7. ohjeistuksen laatiminen ja uuden järjestelmä käytön opastus
8. aikaansaadun muutoksen arviointi (Tuominen & Malmberg, 2021, s. 45).

Koko yllä oleva ohjeistus kiteytyy yhteen lauseeseen. Kaikelle on paikkansa ja kaikki on takaisin paikoillaan myös käytön jälkeen.

4.3.3 Seiso (shine, puhdistusta ja huolla)

Puhdas ja siisti työympäristö edistävät laatua ja parantavat työturvallisuutta (Stoor ym., 2020, s.13). Siistissä työympäristössä on myös mielekkäämpi työskennellä ja hukkaa syntyy vähemmän, sillä turhia arvoa tuottamattomia työvaiheita on vähemmän. Työympäristön puhdistuksen lisäksi tämän vaiheen tavoitteena tarkastaa myös koneiden ja laitteiden huoltotarve (mts. 96). Työympäristön ja välineiden ollessa puhtaita havaitaan jatkossa nopeammin erilaiset vuodot ja ongelmat, jotka liittyvät työvälineisiin tai koneisiin (Sayer & Williams, 2012, s. 218). Kuvassa 3 on esitelty työpiste ennen ja jälkeen siivouksen. Kuvasta voi selkeästi havaita, miten työpisteen yleisilme muuttuu siivouksen ja järjestelyn jälkeen.



Kuva 3. Havaintokuva työpisteestä ennen siivousta sekä sen jälkeen.

Siivousalueiden määrittely ja siivoukseen liittyvän prosessin ja aikataulun laatiminen on myös tärkeää siisteyden ylläpitämiseksi (Tuominen & Malmberg, 2021, s. 56). Työntekijät vastaavat omasta työpisteestä sekä määritetyistä siivousalueista yhdessä muiden työntekijöiden kanssa. Yhdistämällä puhdistus ja tarkastus osaksi koneiden kunnossapitoa koneet ja laitteet pysyvät paremmassa kunnossa ja viat on helpompi havaita.

4.3.4 Seiketsu (standardize, vakiinnuta)

Edellisten vaiheiden aikana saatuja muutoksia on pystyttävä ylläpitämään, etteivät vaivalla tehdyt muutokset taannu takaisin alkuperäiseen tilaan (Tuominen & Malmberg, 2021, s. 61). Standardisoimalla aikaisemmassa vaiheessa toteutetut toimienpiteet saadaan luotua toimintatapa, jota noudattamalla tilanne pysyy hallittuna ja jatkuvana (mts. 63). Vaihe on aikaisempiin verrattuna paljon haastavampi, sillä siinä luodaan kokonaan uusi toimintatapa, miten työtä tullaan jatkossa toteuttamaan tehokkaasti (Scotchmer, 2008, s. 105). Tarkoituksena on myös luoda toimintamalli päivittäisten tehtävien toteutukselle, joka pitää sisällän myös 5S:n kolme ensimmäistä vaihetta ja niiden toimintojen ylläpidon (George ym., 2005, s. 210). Tavoite voidaan tiivistää yhteen lauseeseen ”tehdään oikeita asioita oikealla tavalla, jatkuvasti” (mts. 210). Käytännössä tämä tarkoittaa seuraavia asioita:

- määritellään ja dokumentoidaan paras mahdollinen työvaiheen suoritustapa
- dokumentoidaan ja vakioidaan prosessit ja ohjeistukset lajitteluun, järjestykseen ja puhdistukseen liittyen (työpisteen järjestys ja visuaaliset merkinnot, tavaroiden ja niiden määrän vaatimukset, aikataulut)
- dokumentoidaan prosessin vaiheet sekä työohjeet

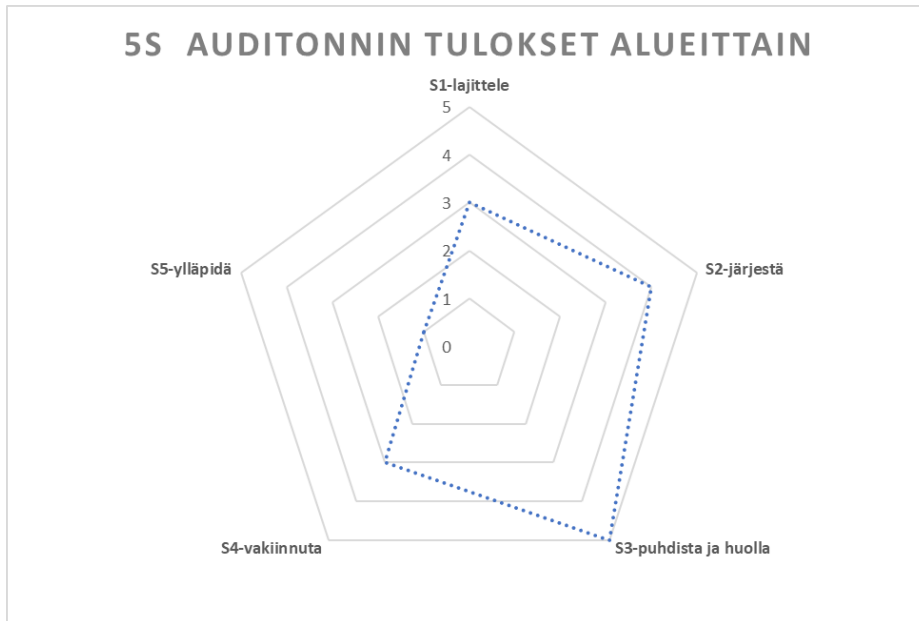
- kerätään työhön liittyvät dokumentit yhteen paikkaan kuten laitteiden käyttöohjeet (George ym., 2005, s. 211).

Työpisteen tulisi viestiä visuaalisuudellaan sekä ohjeistuksellaan uudelle työntekijälle mahdollisimman selkeästi tehtävästä työvaiheesta ja sen suoritustavasta sekä siihen tarvittavista välineistä sekä niiden sijainnista (Scotchmer, 2008, s. 84). Visuaalisuudessa voidaan hyödyntää värejä sekä nimilappuja usein käytetään myös valokuvia (mts. 119). Valokuvissa työpiste on kuvattu siinä tilassa missä se on siistinä ja järjestyksessä. Havaintokuvien tulisi sijaita silmien korkeudella työpisteellä, jolloin se kiinnittäisi parhaiten huomiota sekä muistuttaisi työpisteesseen liittyvistä standardeista ja velvoitteista.

4.3.5 Shitshuke (sustain, ylläpidä)

Viimeisin ja koko 5S-työkalun tärkein vaihe on ylläpitää aikaisemmassa vaiheessa luotua standardisoitua toimintatapaa (Scotchmer, 2008, s. 211). Jatkuvan menestyksen varmistamiseksi toimintaa on ylläpidettävä ja siihen on liityttävä tietynlaista kurinalaisuutta. Toiminnan säännöllisellä auditoinnilla voidaan mitata toiminnan tilaa ja puuttua tarvittaessa ongelmakohtiin (mts. 212). Tarkastuslistojen avulla voidaan helposti ylläpitää yksittäisen työpisteen tai osaston järjestystä. Tuomalla esiin tunnustusta tehdyistä parannuksista ja uusista ideoista pystytään ylläpitämään jatkuvan kehittämisen ilmapiiriä ja motivaatiota. Motivaatiota voidaan myös lisätä ottamalla siisteys ja järjestys osaksi palkitsemisjärjestelmää (Tuominen & Malmberg, 2021, s. 79).

Tärkeänä työkaluna toiminnan ylläpitämisessä toimii säännöllinen ja standardisoitu auditointi (Scotchmer, 2008, s. 113). Auditointilomakkeen kysymysten avulla nykytilasta saadaan visuaalinen esitys hyödyntämällä säteittäistä kaaviota (eng. radar chart) (mts. 116). Kaaviossa tulokset esitetään useammalla akselilla, jolloin eri vaiheiden kehitys ja puutteet voidaan havaita helposti. Auditointilomakkeessa voidaan hyödyntää yksinkertaistettua pisteytystä nollan ja ykkösen välillä ja vain muutamaa keskeisintä kysymystä jokaista aluetta kohden. Kuviossa 18 on havainnollistettu tulosten visuaalista esitystä, jossa jokaisen alueen suurin pistemäärä on 5. Kuten kuviossa voidaan havaita puhdistus ja huolto ovat hyvin hallussa mutta selvää haastetta on havaittavissa toimintavan ylläpidossa.



Kuvio 20. Esimerkki 5S-auditontilomakkeen tulosten visualisoinnista

Viimeisen vaiheen sisältö tiivistettynä

- vakioidaan kaikki työn kannalta oleellinen ja koulutetaan henkilöstö
- määritellään henkilöstön vastuut ja velvoitteet sekä huolehditaan, että ne ovat kaikille selkeät
- siisteyden, järjestyksen ja puhdistuksen sekä jatkuvan kehittämisen lisääminen osaksi palkitsemisjärjestelmää → työntekijöiden motivointi
- 5S-tulosten vaikutuksen esittely yrityksen henkilöstölle
- kannustavan palautteen antaminen työntekijöille
- tehtaan ja toimintatavan ylpeä esittely asiakkaille ja vierailijoille
- välitön puuttuminen standardisoitujen toimintatapojen rikkomuksiin
- 5S-ohjelman jatkuva ylläpito → jatkuva parantaminen
- 5S:n ja sen tulosten mukaan ottaminen johdon katselmuksiin (Tuominen & Malmberg, 2021, s. 79).

4.3.6 6S: työturvallisuus

Lean 5S-työkaluun on lisätty myös monien toimijoiden toimesta kuudes s-kirjain, joka pitää sisällään turvallisuuden (Kortejärvi 2018, s.18). Työympäristön vakioinnin ja siisteyden on havaittu vaikuttavan myös toiminnan turvallisuuteen ja siitä syystä se on loogista sisällyttää osaksi myös 5S-työkalua. Lean 5S onkin muuttunut joidenkin toimijoiden käytössä Lean 6S:ksi tai Lean 5S+Safetyksi. Muutoksella on haluttu korostaa turvallisuutta osana kehittämistoimia (mts. 18). Yleisenä haasteena onkin pidetty turvallisuusnäkökulman puuttumista suoritettavista kehitystoimista. Toimintamallin käyttöönoton on todettu parantavan työpisteen viihtyisyyttä ja sitä kautta myös turvallisuutta (mts. 19). Turvallisuusnäkökulman lisääminen 5S-malliin edellyttää työpisteiden kehityksen yhteydessä toteutettavaa vaaratekijöiden ja riskien arviointia.

Työturvallisuuden arvioinnissa kannattaa kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin

- loukkaantuminen estetään erilaisten suojien avulla
- pääsy vaarallisiin alueisiin aidataan (esim. robottisolut)
- tavaroita ei säilytetä kulkureiteillä
- työpisteiden ergonomia huomioidaan
- raskaiden esineiden säilytys huomioidaan ja kiinnitetään huomiota niiden pinoamiseen
- vaaralliset paikat merkitään asianmukaisin varoitusmerkinnöin
- vapaana pidettävät alueet pidetään esteettöminä (hätätiet, sammutusvälineiden säilytyspisteet yms.) (Tuominen & Malmberg, 2021, s. 45).

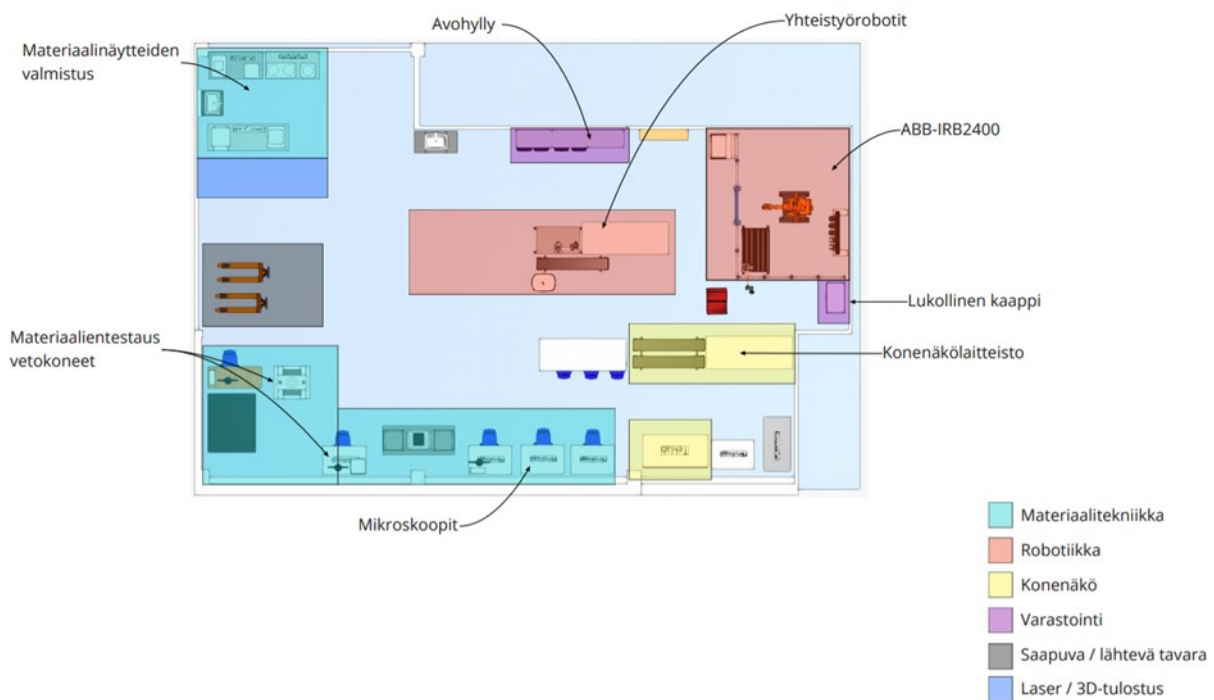
5 Layout-suunnittelu

5.1 Layout

Layoutilla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän eri fyysisten osien sijoittelua käytössä olevaan tilaan siten, että ne toteuttavat tuotannolle asetetut tavoitteet mahdollisimman hyvin (Martinsuo ym., 2016, tuotantoprosessin tekninen järjestely -luku). Pää tavoitteena on tehostaa materiaa-
liviirtausta sekä poistaa turhaa kuljetusta ja liikettä osastojen ja työpisteiden välillä. Layout suunnittelu kohdistuu seuraavien asioihin

- koneiden ja laitteiden sijoitteluun tuotantotilassa
- tilassa olevien kulkureittien määrittämiseen
- varastopaikkojen sijaintiin
- osaprosessien loogiseen sijoitteluun (Martinsuo ym., 2016, tuotantoprosessin tekni-
nen järjestely -luku).

Kuviossa 21 on esitettyä yksinkertaistettu layout-piirustus ilman mittatietoja



Kuvio 21. Robottiikan laboratorion layout

Hyvässä tuotannon layoutissa on huomioitu seuraavia asioita:

- työntekijöiden sekä vierailijoiden turvallisuus
- tehokas materiaalivirta, jossa tuotteita tai materiaaleja ei kuljeteta turhaan tai liian pitkiä matkoja
- tuotteen läpäisyajan minimointi
- työntekijöiden ylimääräisen liikkeen minimointi
- tilankäytön optimointi
- laadunvalvontaa edesauttava ympäristö (Logistiikan maailma, 2021).

5.2 Layout-tyypit

Tuotannossa käytettävä layout voidaan jakaa työnkulun ja laitteiden sijoittelun perusteella kolmeen eri layout-tyyppiin:

- funktionaalinen layout → paljon eri tuotteita mutta pienet tuotantomäärät
- tuotantolinja-layout → suuri määrä samankaltaisia tuotteita
- tuotantosolut → soveltuvat toistuvaan valmistukseen (Martinsuo ym., 2016, tuotantoprosessin tekninen järjestely -luku).

Nämä eri layout-tyypit esitellään tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.

5.2.1 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa tilassa olevat laitteet ja työpisteet ryhmitellään tehtävien samankaltaisuuden perusteella (Martinsuo ym., 2016, tuotantoprosessin tekninen järjestely -luku). Tuotantotilassa voi olla esimerkiksi koneistukseen, hitsaukseen ja pintakäsittelyyn liittyvät omat alueensa. Funktionaalisisella layoutilla tavoitellaan joustavuutta, sillä valmistus on usein yksittäis- tai piensarjatuotantoa (mt.). Funktionaalinen layout soveltuu hyvin pienen pajan tuotantoon sen joustavuuden vuoksi.

5.2.2 Tuotantolinja-layout

Tuotantolinjassa työpisteet sekä koneet ja laitteet järjestetään valmistettavan tuotteen työnkulun mukaiseen järjestykseen (Martinsuo ym., 2016, tuotantoprosessin tekninen järjestely - luku). Tuotantolinja on yleensä suunniteltu tietyn tuotteen tai tuoteperheen valmistukseen, näissä valmistusmäärät ovat suuria. Tuotantolinjaa on vaikea investoinnin jälkeen muuttaa, joten sen valinta vaatii tarkan strategisen perustelun. Työnkulun ollessa selkeää ja yhdenmu- kaista massatuotantoa on automaatiosta suuri apu (mt.).

5.2.3 Tuotantosolu-layout

Tuotantosolussa työpisteet ja laitteet on sijoitettu ryhmään, joka on erikoistunut tietyn tuotteen/komponentin valmistukseen tai tietyn työvaiheen suoritukseen (Martinsuo ym., 2016, tuotantoprosessin tekninen järjestely -luku). Esimerkiksi tuotteen osa tai pääkokoontana voidaan toteuttaa solussa, jossa eri työvaiheissa valmistetut komponentit kootaan valmiiksi tuotteeksi (mt.). Tuotantosolua voidaan pitää funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjan välimuotona. Tuotantolinjaan verrattuna solu on joustavampi sekä funktionaalista-layouttia tehokkaampi vaihtoehto. Peruseriaatteena on yksinkertaistettu materiaalivirta ilman välivarastoja (mt.).

6 Robotiikan oppimisympäristön kehitys

Tämän kehitystyön kohteena on Seinäjoen ammattikorkeakoulussa Framin kampuksen A-talossa sijaitseva robotiikan laboratorio, joka on viime vuosien aikana ollut muutoksen kohteena investoinneista sekä kasvaneesta opetustarjonnasta johtuen. Tässä luvussa käydään läpi kehitysprojektin vaiheet ja kerrotaan, mitä käytännössä projektin aikana tapahtui.

6.1 Laboratorion historia

Laboratorion historia selittää omalta osaltaan kehitystyön tarvetta. Nykyinen robotiikan laboratorio toimi ennen vuotta 2018 materiaalitekniikan laboratoriona, jossa oli myös konenäön oppimisympäristö. Tila toimi myös välivarastona opiskelijaprojektien ja tietohallinnon tavaroille. Tilassa säilytettiin myös paljon ylimääräistä tavaraa. Kuvassa 4 on näkymä materiaalitekniikan laboratorion muuttamista robotiikan laboratorioksi.



Kuva 4. Materiaalitekniikan laboratorio vuonna 2018

Vuoden 2018 aikana robotiikan laboratorion kehittäminen tuli aiheelliseksi, kun Etelä-Pohjanmaan liiton rahoittamassa Mixed Reality and Collaborative Robotics -hankeessa investoitiin mobiili- ja yhteistyörobotiikkaan. Investoidut laitteet tarvitsivat oman ympäristön ja etenkin

mobiilirobottia varten oli saatava alue missä sen toimintaa voitiin demonstroida. Tähän aikaan robotiikan opetuksessa käytettiin ainoastaan ABB:n teollisuusrobottisolua, joka sijaitsi myös Framin A-talon eri luokkatilassa. Hankkeen yhtenä toimenpiteenä oli kehittää yhteistyörobotiikan demonstraatioympäristö ja sen myötä päätettiin materiaalitekniikan laboratoriosta luoda uusi robotiikan laboratorio, jossa yhdistyisivät jatkossa mobiili- ja yhteistyörobotiikka sekä perinteinen teollisuusrobotiikka. Suunnittelun avuksi laboratoriotilasta luottiin 3D-malli sekä siellä olevat keskeiset koneet ja laitteet mallinnettiin. Luodun mallin avulla pystyttiin toteuttamaan erilaisia layout-suunnitelmia, joiden avulla ideaa oli helpompi havainnollistaa muulle henkilöstölle.

Tilan muutokset aloitettiin kesällä 2018 ja ne saatiin valmiiksi virallisesti syksyllä 2018. Muutokset pitivät sisällään ABB:n robottisolun siirtämisen, ylimääräisten tavaroiden läpikäymisen ja lajittelun sekä yhteistyörobottien työpisteiden kehityksen. Kuvassa 5 on havainnollistettu, miltä laboratoriotila näytti syksyllä 2018 tehdyn muutoksen jälkeen.



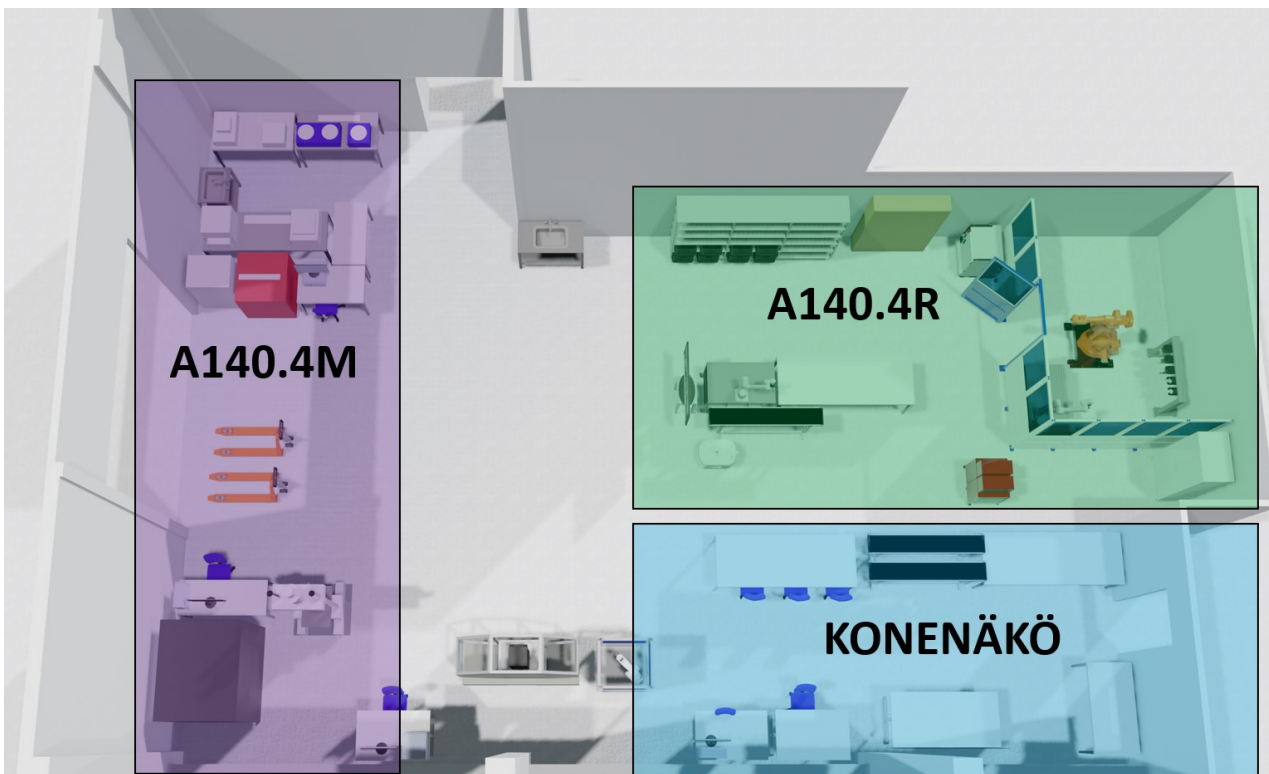
Kuva 5. Robotiikan laboratorio syksyllä 2018

Vuosien 2018–2020 aikana tilaa on hyödynnetty lähinnä TKI-asiantuntijoiden toimesta erilaisen yhteistyörobotiikan demonstraatioiden toteutukseen ja laitteiden esittelyyn alueen pk-yrityksille. Opetusta uusilla yhteistyöroboteilla ei vielä silloin toteutettu. Hankkeen päätyttyä keväällä 2020 jäi tilan kehitys ja ylläpito vähemmälle opinnäytetyön tekijän siirtyessä asiantuntijaksi seuraavaan hankkeeseen. Samaan aikaan robotiikan koulutusta lisättiin ja tämä lisäsi tarvetta tilan jatkokehitykselle. Tilaan oli saatu luotua uudenlainen oppimisympäristö, mutta

sen käyttö oli vielä vähäistä ja siisteyden ylläpidossa oli toivomisen varaa. Tilassa oli myös edelleen materiaalitekniikan opetuslaitteistoa, jolla on hyvin vähän synergiaa robotiikan laboratorion kanssa.

6.2 Robotiikan laboratorion varustus kehitysprojektin alussa

Robotiikan laboratorio on jaettu lukujärjestysteknisesti kahteen eri tilaan A140.4R ja A140.4M. Samassa laboratoriossa siis toteutetaan materiaalitekniikan opetusta sekä robotiikan laboratorioharjoituksia. Materiaalitekniikan opetusta järjestetään ovesta katsoen laboratorion oikeassa reunassa ja robotiikan opetusta vasemmalla reunassa. Näiden lisäksi laboratoriotilassa on myös oma ympäristönsä konenäön opetusta varten, johon on investoitu uutta teknologiaa vuoden 2020 lopussa. Opetuksen lisäksi robotiikan laboratoriota käytetään maksullisessa palvelutoiminnassa tarjoamalla erilaista menetelmätestausta yritysten tarpeisiin. Kuviossa 22 havainnollistetaan, miten laboratoriotila on jaettu lukujärjestysteknisesti useampaan osaan ryhmittelemällä laitteet laboratoriotilan eri osiin.



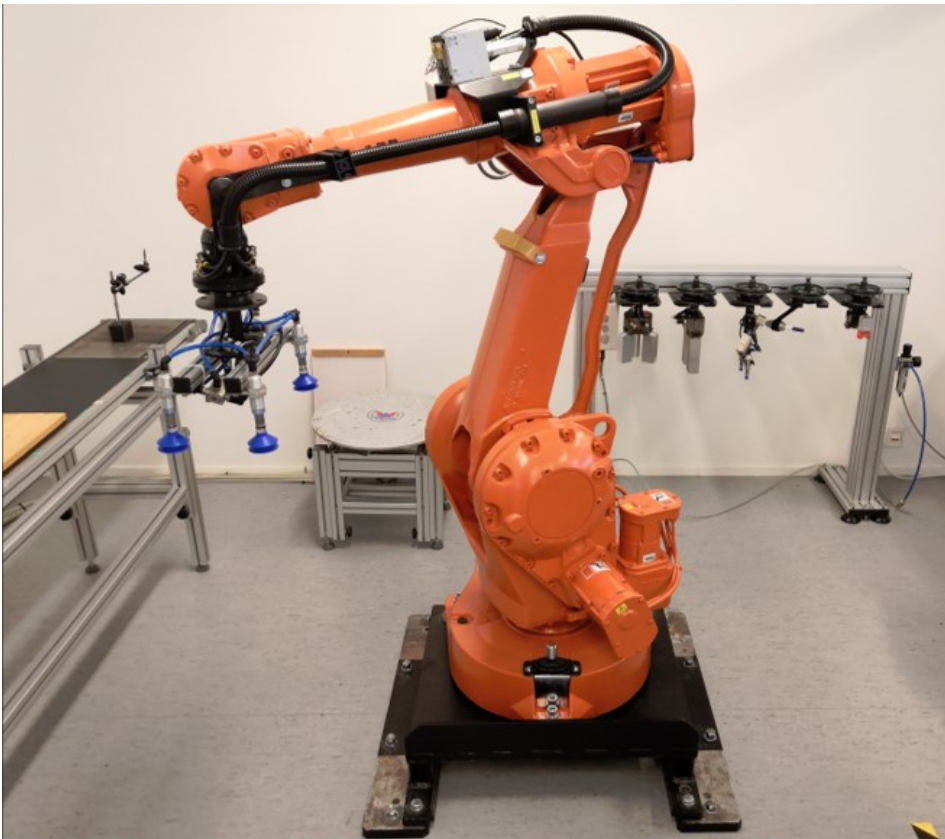
Kuvio 22. Robotiikan laboratorion nykytilanne syksyllä 2020

6.2.1 ABB-teollisuusrobottisolu

Robottisolussa toimii kuusiakselinen ABB IRB 2400-16 -teollisuusrobotti, jonka ulottuvuus on 1,55 m ja nostokyky 16 kg. Robotti on varustettuna IRC5-ohjauksella ja 5.x RobotWare -versiolla. Robotissa on myös ulkoinen akseli, jota käytetään kuljettimen servomoottorin ohjauksessa. Robotista on lisäksi ABB:n valmistama työkalunvaihtaja sekä seuraavat tarttajat:

- kolmisormitarttuja (Schunk PZN 100)
- kaksisormitarttuja (Schunk PGN 125)
- imukupitarttuja pieni (2 imukuppi)
- imukupitarttuja iso (4 imukuppia)
- magneetitarttuja.

Kuvassa 6 on esiteltyä ABB-teollisuusrobottisolua, jossa taustalla näkyy työkaluteline työkaluineen.



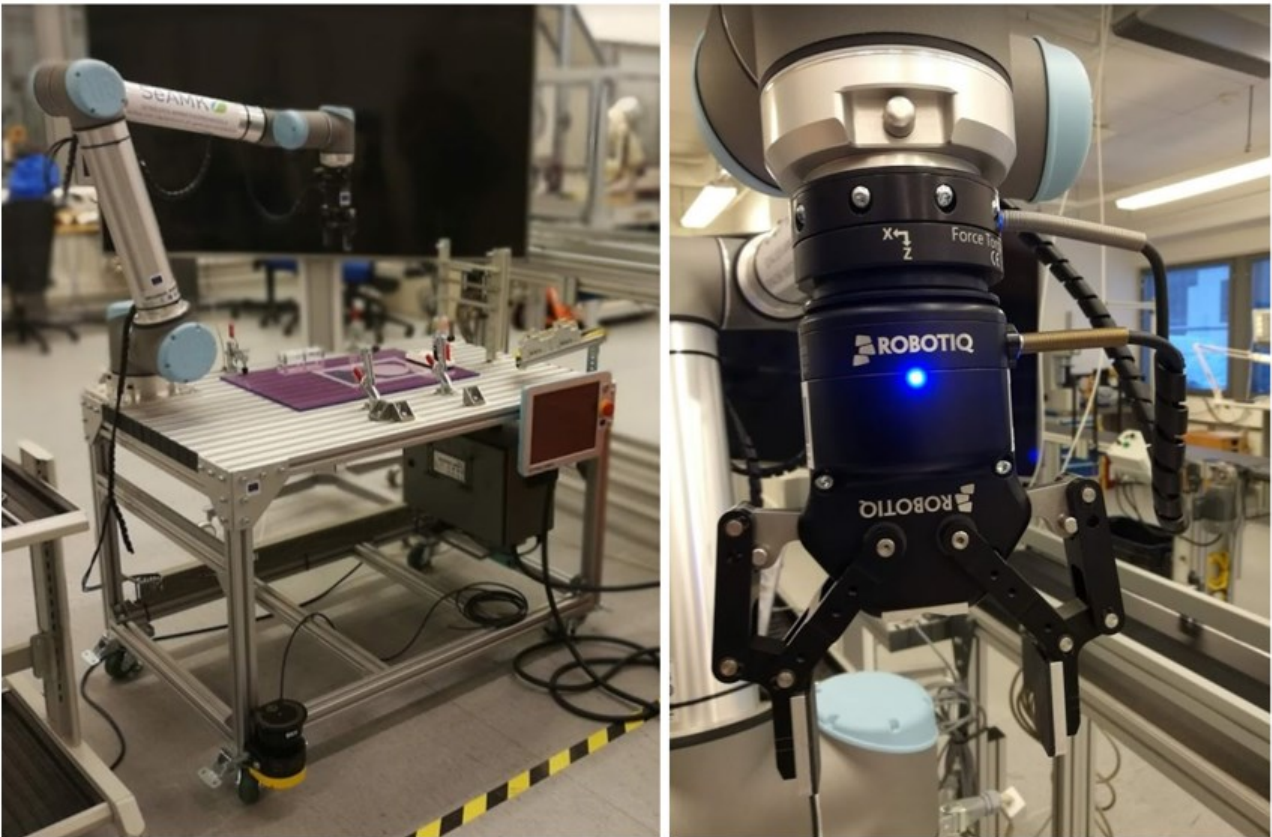
Kuva 6. ABB IRB 2400-16 -teollisuusrobotti sekä työkaluasema työkaluineen

6.2.2 UR10-yhteistyörobottisolu

Robottisolun muodostavat Universal Robotsin UR10-yhteistyörobotti sekä alumiiniprofilista rakennettu pyörillä oleva pöytä. Kuusiakselisen yhteistyörobotin ulottuvuus on 1,3 metriä ja sen nostokyky on 10 kg. Robotti on varustettu vanhemmalla CB3-sarjan käyttöjärjestelmällä. Robottia käytetään myös hitsauksessa osana konetekniikan opetusta. Robottiin on hankittu myös seuraavat lisävarusteet:

- Robotiq FT300 voima-anturi
- Robotiq WristCam (älykamera)
- Robotiq 2F-85 -kaksisormitarttuja (sähköinen tarttuja 85 mm:n avautumalla)

Yhteistyörobottisolu ja siihen kuuluvat lisävarusteet on esitelty kuvassa 7. Oikeanpuoleisessa kuvassa on robottiin hankitut lisävarusteet ja vasemmassa yleisnäkymä koko työpisteestä.



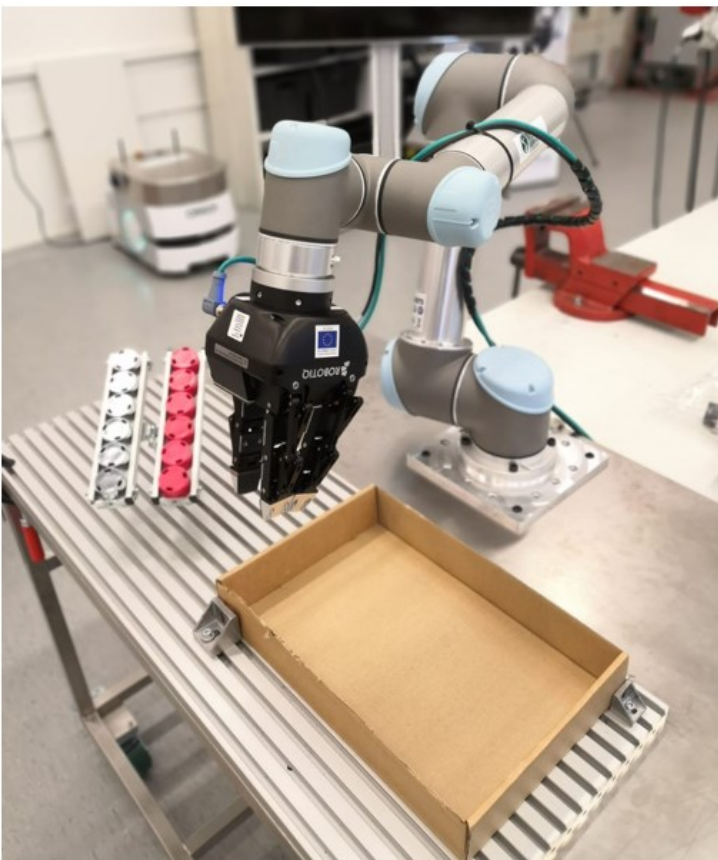
Kuva 7. UR10-yhteistyörobottisolu

6.2.3 UR5-yhteistyörobottisolu

Robottisolu on varustettu Universal Robotsin UR5-yhteistyörobotilla, joka on kiinnitetty ruostumattomasta teräksestä valmistettuun pyörillä olevaan pöytään. Robotin ulottuvuus on 850 mm ja sen nostokyky on 5 kg. Tämä robotti on myös varustettu vanhemmalla CB3-sarjan käyttöjärjestelmällä. Robottiin on hankittu seuraavat lisävarusteet

- Robotiq 3-finger gripper (sähköinen kolmisormitarttuja)
- oma valmistettu 3D-tulostettu imukupitarttujan runko
- 4 kpl Feston valmistamia imukuppeja sekä ejektoria

Robotiq:n valmistamia työkaluja on mahdollista vaihtaa yhteistyörobottien välillä, sillä molempien robottien työkalun kiinnityslaippa on samankokoinen. Oheislaitteiden ja jigien kiinnittämistä varten robotin pöydän päälle kiinnitetään erillinen alumiiniprofiililevy. Yhteistyöroboteissa olevat työkalut ovat yhteensopivia ja niitä voidaan siirtää yhteistyörobottien välillä. Kuvassa 8 oleva yhteistyörobotti on varustettu sähköisellä kolmisormitarttujalla.



Kuva 8. UR5-yhteistyörobottisolu

6.2.4 Mobiilirobotti Omron LD90

Tilasta löytyy myös Omronin LD 90 -mobiilirobotti, joka hankittiin samaan aikaan yhteistyörobottien kanssa. Robotti pystyy kuljettamaan maksimissaan 90 kg:n painoista kuormaa. Robotin päälle on rakennettu opiskelijaprojektina kotelo, jonka kannessa on erilaisia kierrereikiä oheslaitteiden kiinnitystä varten sekä kiinnityspaikka sivuilla oleville laser-skannereille. Kuvassa 9 on esitettyä Omron LD 90 -mobiilirobotti ja sen päällä opiskelijaprojektia varten suunniteltu kiinnitysalusta.



Kuva 9. Omron LD90 -mobiilirobotti

6.2.5 Konenäköympäristö

Konenäköympäristö muodostuu kolmesta erillisestä työpisteestä

- profiiliskanneri
- konenäkökamerapiste
- älykamerapiste

Profiiliskannerissa ja älykamerapisteessä käytetään kappaleiden kuljettamiseen kuljetinhihnaa, johon on aikaisemmin lisätty kuljettimen nopeuden säädön sekä suunnan vaihdon mahdollistava taajuusmuuttajaohjattu ohjausjärjestelmä. Uusien investointien myötä myös konenäköympäristöön tehtiin muutoksia. Kuvassa 10 on havainnollistettua konenäköpisteen rakennetta ennen tehtyjä muutoksia.



Kuva 10. Konenäön oppimisympäristö: etualalla älykamerapiste ja taustalla profiiliskanneri ja siihen liittyvä kuljetinhihna

6.3 Tiedonhankinta ja ongelman analysointi

Tutustuminen kehityksen kohteena olevaan robotiikan laboratorioon ja siihen liittyviin haasteisiin aloitettiin syksyllä 2020 mutta osa ongelmista on tullut jo aikaisemmin opinnäytetyöntekijän tietoon hänen työskennellessään robotiikan laboratoriossa erilaisten hankkeiden parissa. Tilaan on tehty jo erilaisia pienimuotoisia kehitystoimenpiteitä ennen varsinaisen kehitysprojektin aloitusta.

6.3.1 Syksyn 2020 kehityspalaveri

Tilan kehittämistä ja siihen liittyviä toimintatapoja mietittiin jo syksyllä 2020 ennen varsinaisen kehitysprojektin aloitusta. Ensimmäisenä toimenpiteenä oli saada vahvistusta havaituille ongelmille ja saada myös muiden tilaa käyttävien henkilöiden mielipide tilasta ja sen käytöstä. Tilan kehityksen taustatiedon keräykseksi järjestettiin 7.9.2020 palaveri, johon osallistui laboratorioita käyttäviä asiantuntijoita. Palaverin tarkoituksena oli kerätä laboratorion käyttöön liittyviä epäkohtia ja mahdollisia parannusehdotuksia sekä tiedustella mielipiteitä tulevan kehittämisprojektin aloittamisesta. Pidetyin palaverin pohjalta saatiin vahvistus siitä, että myös muut tilaa käyttävät olivat havainneet samanlaisia epäkohtia. Palaverissa esiin nousi seuraavia havaintoja

- Tilaan tuotaviin uusiin tavaroihin tulisi tehdä merkintä, mitä ne ovat ja kuka niistä vastaa (yritysten testikappaleet, projektityöt yms.).
- Osa laboratorioharjoituksista suoritetaan itsenäisesti, joten laitteiston varausta varten tarvitaan varauskalenteri (tällä hetkellä muut eivät tiedä, onko laite vapaana vai varattuna).
- Tilassa säilytetään paljon turhaa tavaraa, jota ei olla käytetty moneen vuoteen
- Yleisimmin käytettäviä työkaluja puuttua ja niiden etsimiseen kuluu ylimääräistä aikaa (esim. kokojen 10 ja 13 kiintoavaimet, pikkuräikkä sekä kuusiokoloavaimet).
- Tavaroita viedessä pois tilasta (lainaus) ja uusia tuodessa täytyisi informoida laboratoriovastaavaa asiasta (nyt tavaraa poistuu tietämättä ja se haittaa esim. opetuksen valmistelua).
- Siisteyden ylläpitäminen on haastavaa eikä sitä ole ohjeistettu.

Keskeisimpinä ongelmina esiin tulivat laboratorion siisteys sekä kommunikointiin liittyvät haasteet. Pidetyin kehityspalaverin jälkeen ehdotusta kehitysprojektin toteuttamiseksi alettiin valmistella.

6.3.2 Kevään 2021 kehityspalaveri

Tekniikan yksikön tilankäyttöön ja laboratorioden käyttöasteen nostamiseen liittyen pidettiin 5.5.2021 palaveri yksikön johtajan toimesta. Palaveriin osallistui tekniikan yksikön opettaja sekä asiantuntijoita. Tekniikan yksikön laboratorioden kehitys oli määritelty osaksi yksikön toimenpidesuunnitelmaa ja laboratorioden kehitys oli tarkoitus aloittaa jo syksyllä 2020. Maailmanlaajuisen koronaviruspandemian aiheuttamien poikkeusolosuhteiden vuoksi kehityksen aloitusta lykättiin keväälle 2021.

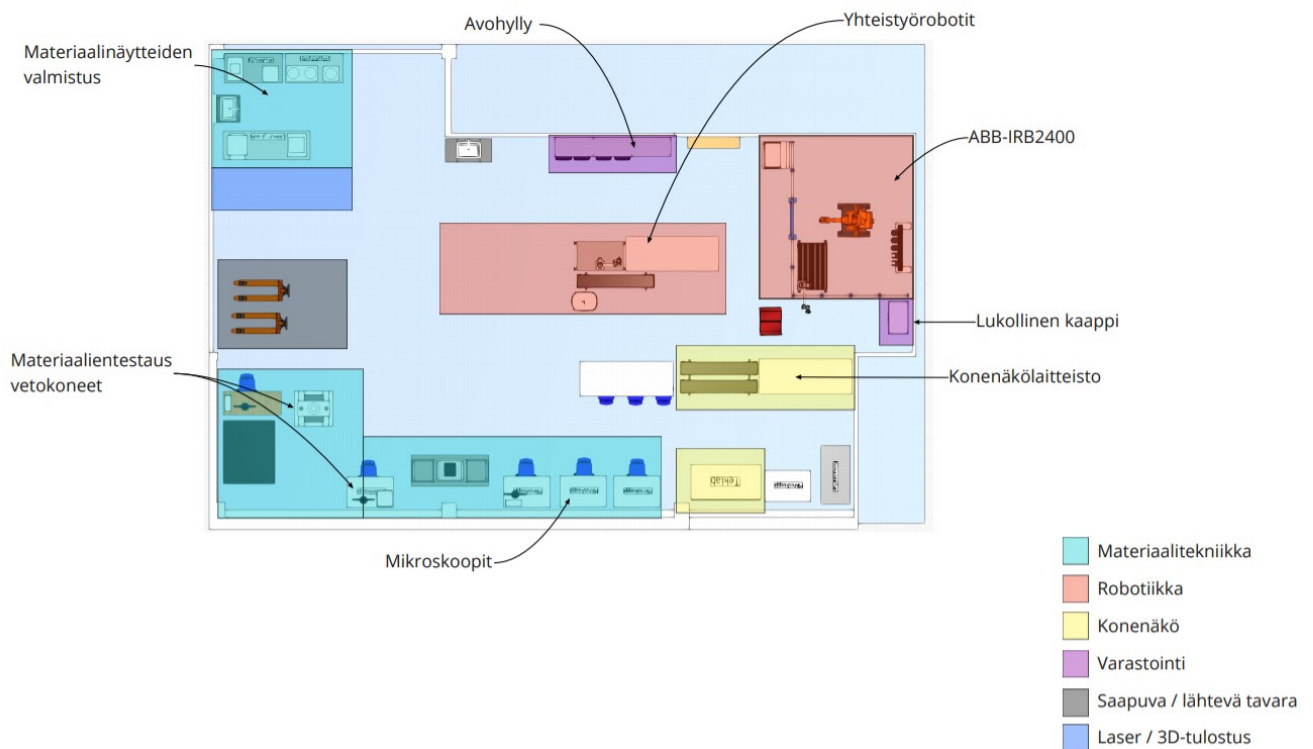
Palaverissa käsiteltiin yleisesti Seinäjoen ammattikorkeakoulun Framin A-talon kampuksella olevia tekniikan yksikön laboratoriota sekä niiden käyttöasteita. Tavoitteena oli saada jatkossa tiettyjen laboratorioden käyttöastetta nostettua. Yhtenä näistä laboratoriodista oli robotiikan laboratorio. Palaverissa käytiin myös läpi muutosehdotusta, joka vaikutti merkittävästi tulevan robotiikanlaboratorion kehitykseen. Siinä ehdotettiin robotiikan laboratorion muuttamista teollisuusautomaation laboratoriodiksi siirtämällä tilaan toisessa kerroksessa olevan teollisen internetin laboratorion (TI-laboratorio) tuotantolinjasto. TI-laboratorio on pienikokoinen tuotantolinjasto, joka on pitkään sijainnut omassa tilassaan ja sitä on suurimmaksi osaksi käytetty vierailukohteena. Uuden tuotantosolun siirtäminen lisää robotiikan laboratorion käyttömahdollisuuksia valtavasti ja tarjoaa nykyisten robottien sekä konenäkölaitteistojen kanssa paremman synergian. TI-linjaston siirtäminen osaksi robotiikan laboratoriodia vapauttaa myös luokkatilan uutta XR-laboratoriodia varten. Tähän asti XR-laitteet ovat sijainneet TI-laboratorion kulmauksessa. Palaverissa kaikki olivat yksimielisiä toteutettavasta layout-muutoksesta ja siihen liittyviä jatkotoimenpiteitä alettiin suunnitella.

6.3.3 Nykyisen layoutin ongelmat

Nykyisen layoutin suurimpana vahvuutena, mutta myös heikkoutena, on sen puute. Tilaa pidetään helposti muokattavana ja tavaroilla ei ole varsinaista omaa paikkaansa. Tämä mahdollistaa helposti tilan uudelleen organisoimisen. Eniten ongelmaa tämä aiheuttaa mobiilirobotille, jonka käyttäminen edellyttää tilan skannaamista robotilla käytettäväksi kartaksi. Kartta täytyy

opettaa joka kerta uudelleen, kun jotain suurempia muutoksia on tilassa tehty. Vakioimaton layout on myös haastava siisteyden näkökulmasta, sillä tavarat palautuvat harvoin oikeille paikoilleen, jos niille ei ole vakioituja ja erikseen ositettuja paikkoja. Tilassa on myös materiaali-testaukseen liittyvää laitteistoa, mikä omalta osaltaan vaikuttaa tilan käyttöön. Nykyisessä layoutissa robotit toimivat itsenäisinä soluina ja kommunikointi ja yhteistyö muiden laitteiden kanssa on vähäistä.

Tavaroiden säilytys ja varastointi on nykyisen layoutin yksi suurimmista ongelmakohtista. Tilassa on vain yksi avohylly tavaroiden varastoimista varten. Näissä hyllyissä olevista tavaroista yli puolet voidaan kuitenkin hävittää tai varastoida muualla. Robotiikan laboratorion layout kehitysprojektin alkuvaiheessa on esitettyä kuviossa 23.



Kuvio 23. Robotiikan laboratorion layout keväällä 2021

6.3.4 Lähtötilanteen analyysi

Kehityspalaverissa esille tulleiden asioiden lisäksi tilaan liittyi myös monia teknisiä ongelmia, jotka hidastivat työntekoa. Osa tilassa olevista laitteista oli eri aliverkossa kuin muut laitteet, ja tämä aiheutti kahdenlaisia ongelmia. Laitteiden välinen kommunikointi ei ollut mahdollista, ja jotta yksittäiseen laitteeseen sai tietokoneella lähiverkon kautta yhteyden, piti tietokoneen verkkoasetuksiin tehdä muutoksia.



Kuva 11. Robottiikan laboratorio kehitysprojektin alussa toukokuussa 2021.

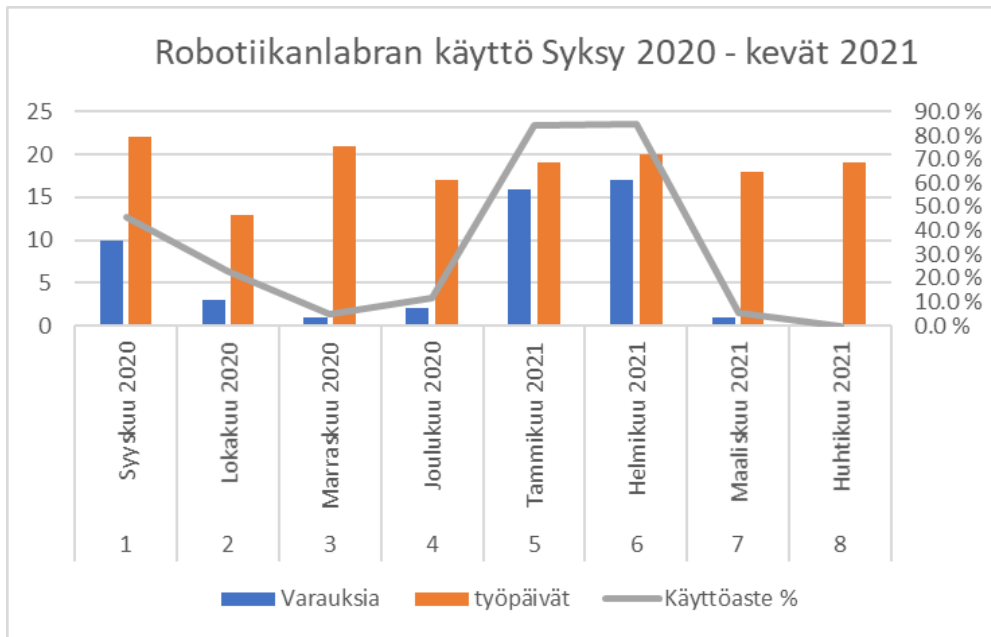
Kuten kuvasta 11 voidaan havaita, oli tilassa paljon erilaisia kalusteita ja etenkin kuvassa näkyvät isot valkoiset työpöydät, jotka olivat kooltaan 2,4 m x 0,8 m olivat tilaan liian isoja.



Kuva 12. Varastohylly kehitysprojektin alussa keväällä 2021

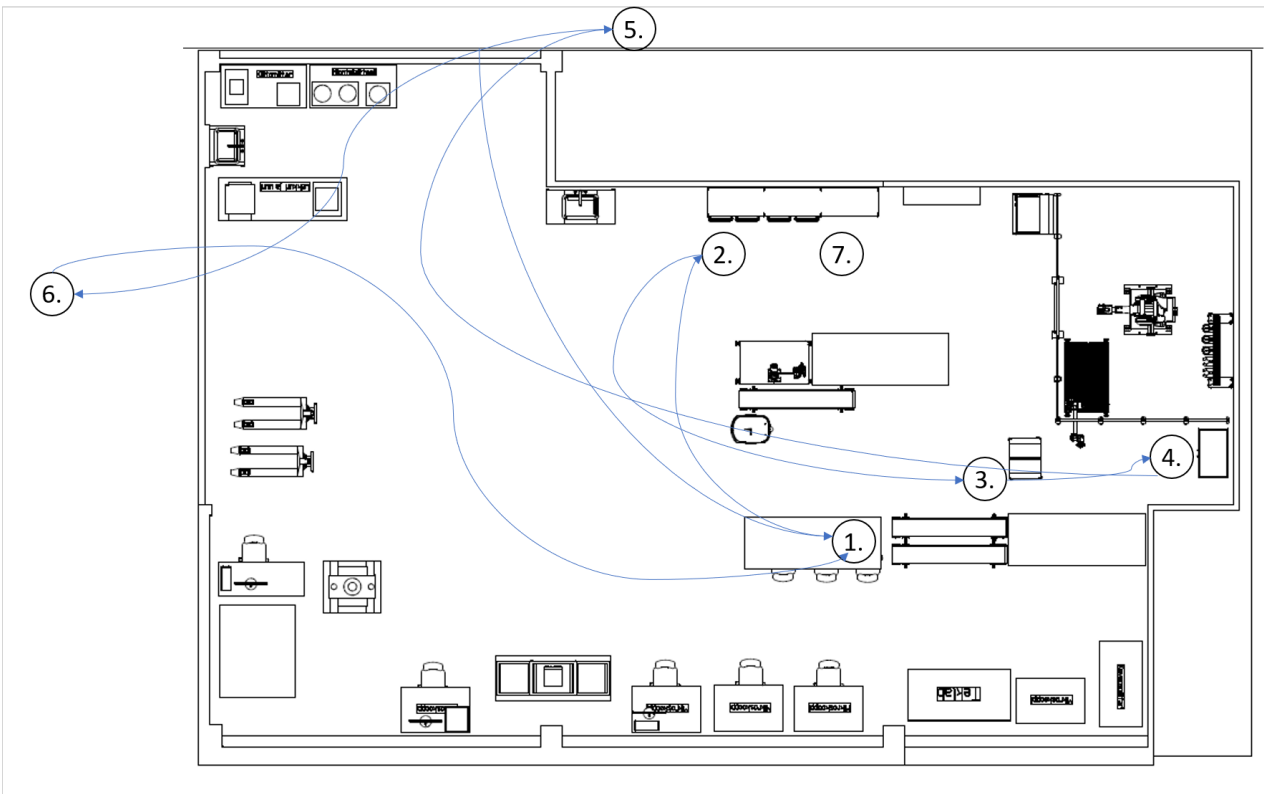
Tilassa tavaroiden varastointi oli toteutettu kuvassa 12 näkyvällä tavalla. Varastohylly on peräisin aikaisemmasta vuoden 2018 tehdystä muutoksesta, ja siihen oli jo valmiiksi varastoitu tavaraa, jonka käytöstä ja poistamisesta ei ollut varmuutta. Vähitellen hyllyyn on kertynyt uutta tavaraa. Yhteistyörobotteihin liittyvät varusteet ja tavarat olivat valmiina mustissa muuttolaatikoissa, joka oli yksi aikaisemmin toteutetuista parannuksista. Varastoinnissa oli myös haasteita etenkin opiskelijoiden laboratorioharjoitusten materiaalien säilytykseen ei ollut määritettyä varastointitilaa. Erilaiset muutostyöt tai testaukset olivat myös haastavia ja tuhlasivat paljon työntekijän aikaa. Syynä tähän oli tarvittavien materiaalien puuttuminen ja usein työn suorittamiseksi joutui tarvittavaa työkalua tai osaa lähteä ostamaan erikseen kaupasta saadakseen työn tehdyksi. Tämä aiheutti paljon turhaa liikkumista paikasta toiseen. Tilasta puuttui myös paljon työkaluja, joita tarvitaan erilaisten sähköisten ja mekaanisten muutostöiden toteutukseen. Saadakseen tarvittavan työn tehtyä ajallaan pääsi usein helpoimmalla, jos toi mukanaan omat työkalut tai teki tarvittavan työn kotona.

Kuviossa 24 on havainnollistettu robotiikan laboratorion käyttöasteetta laskemalla tilan varauksien määrän päivissä ja suhteuttamalla sen kuukausittaiseen työpäivien lukumäärään. Kuvajasssa ei huomioida, miten monta tuntia päivässä tila on varattuna vaan riittää, että tilassa on ollut varaus kyseisenä päivänä. Kuten kuvaajasta voidaan nähdä, ajoittuvat tilan varaukset vain parin kuukauden ajalle ja muuten laboratorion käyttö on vähäistä.



Kuvio 24. Yksinkertaistettu kaavio robotiikan laboratorion käyttöasteesta

Kuviossa 25 on havainnollistettu työntekijän liikettä hänen etsiessään tarvitsemaansa työkalua. Numerolla yksi on merkitty varsinainen työn suorituspaikka. Numero 5 kuvaa Frami A -rakennuksen muita laboratoriotiloja ja paikka 6 on Framin E-talossa sijaitseva konelaboratorio. Paikat 2, 3 ja 4 ovat laboratorion sisäisiä varastohyllyjä tai työkaluvaunuja. Kuten kuvasta voidaan havaita, kuluu yhden työkalun etsimiseen todella paljon ylimääräistä aikaa ja turhaa liikkumista paikasta toiseen. Tämän perustella havaittiin, että joitakin työvälineitä ja kiinnitystarvikkeita tulisi hankkia lisää ja mahdollisesti vakioida käytettävät komponentit jatkossa.



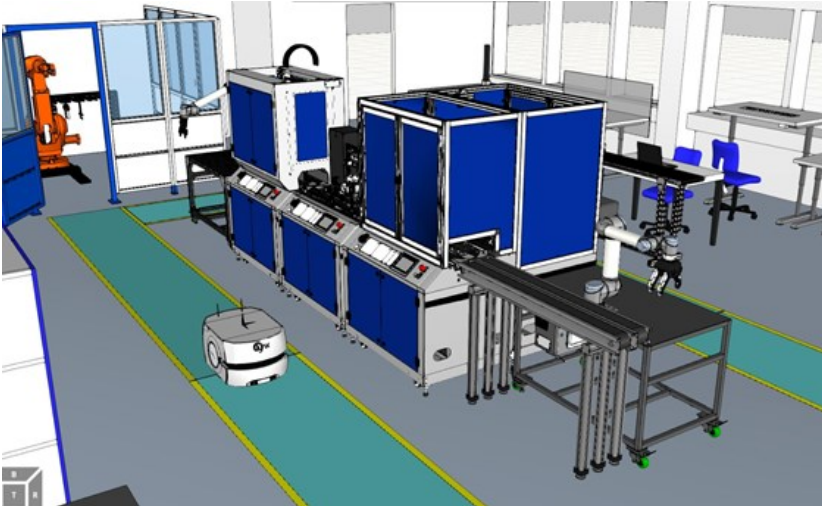
Kuvio 25. Spagettikaavio työntekijän liikkeistä hänen etsiessään työhön tarvittavaa työkalua

6.4 Layout

Tilan muutosta varten aloitettiin erillinen kehitysprojekti, jonka tarkoituksena oli saada aikaisemmin esiin tulleet epäkohdat korjattua ja muuttaa myös nykyistä robotiikan laboratoriota modernimmaksi ja toimivammaksi kokonaisuudeksi. Layoutin suunnittelussa ja valinnassa hyödynnettiin sivulla 53 esiteltyjä hyvän layoutin kriteerejä ja layout-tyyppejä. Opinnäytetyön tekijä toimi muutoksen vastuuhenkilönä ja sitä toteutettiin yhdessä tilaa käyttävien muiden asiantuntijoiden ja opettajien kanssa.

6.4.1 Layoutin suunnittelu

Layoutin esisuunnittelu toteutettiin hyödyntämällä Visual Components -simulointiohjelmistoa ja aikaisemmin sovelluksella luotua 3D-mallia robotiikan laboratorion tilasta, se oli tehty 2018 toteutetun muutoksen yhteydessä. Suunnittelun aluksi 3D-mallia muokattiin vastaamaan tilan nykyistä layoutia ja siihen mallinnettiin tarvittavat mallista puuttuvat komponentit. Muokattuun malliin tuotiin TI-linjaston 3D-malli ja sen avulla etsittiin mahdollisia sijoituspaikkoja linjastolle. Laboratorioiden muutoksia koskevassa palaverissa käytiin läpi myös tiettyjen koneiden siirtämisestä toiseen tilaan. Tämän tiedon pohjalta suunnittelussa huomioitiin myös näiden laitteiden siirrostä muodostuva lisätila. Toteutetun layout-suunnitelman pohjalta tulevaa muutosta esiteltiin robotiikan laboratoriotilaa käyttäville asiantuntijoille sekä opettajille. 3D-mallin avulla myös muut saivat käsityksen, miten tila tulisi muuttumaan kyseisen muutoksen myötä. Layoutia suunniteltaessa ideoitiin myös, miten tilassa olevat yhteistyörobotit voitaisiin liittää osaksi tuotantolinjaa tulevaisuudessa.



Kuvio 26. Layout-suunnitelma TI-linjan siirrosta

6.4.2 Teollisen internetin tuotantolinjaston siirto

Layoutin muutostyöt aloitettiin viikolla 31/2021, elokuussa ennen koulujen alkamista. Tarkoituksena oli saada muutostyöt valmiiksi tulevaa lukukautta varten. Ensimmäisenä vaiheena oli siirtää Frami A220.1 -luokkatilassa sijaitseva Feston valmistama TI-linjasto, kerrosta alemmaksi robotiikan laboratoriotilaan. Tuotantolinjasto muodostuu standardikokoisista moduuleista, joten siirtotyö onnistui nopeasti, sillä linjaston rakenteessa oli huomioitu siirrettävyys kytkentöjen sekä mekaanisten komponenttien osalta. Ainoastaan koonpanoaseman kuljetin jouduttiin purkamaan, sillä se ulottui robottisolun ulkopuolelle eikä mahtunut sen vuoksi hissiin. TI-linjaston siirtoprosessia on havainnollistettu kuvassa 13.



Kuva 13. Tuotantolinjaston siirrosta apuna käytettiin pumppukärryä

Linjasto siirrettiin kokonaisuudessaan robotiikan laboratorioon, jonka jälkeen tilan muita muutoksia mietittiin tarkemmin. Siirron myötä vanhasta Teollisen internetin laboratoriotilasta vapautui lisätilaa tulevan XR-laboratorion käyttöön. Linjaston siirtämisen jälkeen robotiikan laboratoriossa näytti kuvan 14 mukaiselta.



Kuva 14. Robotiikan laboratorio TI-linjaston siirtämisen jälkeen ennen layout-muutoksen aloittamista

6.4.3 Layoutin muutokset

Linjastoa sovitettiin 3D-mallin mukaiseen sijaan keskelle laboratoriota. Kokeilun jälkeen tuli kuitenkin siihen tulokseen, että laboratorion keskusta tullaan pitämään jatkossa tyhjänä mobiilirobotin käytön mahdollistamiseksi sekä siistimmän yleisilmeen aikaansaamiseksi. TI-linjasto on myös strategisesti tärkeä markkinointi- ja vierailukohde, joten sen sijoittamista tilaan täytyi miettiä myös näistä näkökulmista. TI-linjasto haluttiin sijoittaa tilaan keskeiselle paikalle, josta löytyisivät tarvittavat paineilman- ja virransyöttöpisteet valmiiksi. Lattialla olevien paineilmaletkujen ja virtakaapelien määrä haluttiin minimoida.

Tähän tarkoitukseen sopiva paikka sijaitti suoraan vastapäätä laboratorion ovea ikkunaseinustalla. Seinältä löytyi myös valmiiksi paineilmaliitännät sekä suoraan yläpuolelta katosta löytyi virtakisko sähköliitännöjää varten. Ennen tuotantolinjaston siirtämistä kyseiseen paikka jouduttiin tekemään muutostoimenpiteitä jo tilassa olevien laitteiden sijoittelussa. Materiaalintestaukseen liittyvä heilurivasaralaitteisto siirrettiin pois nykyiseltä paikaltaan. Heilurivasaran poistamisesta tilasta oli keskusteltu jo aikaisemmissa palavereissa, joten se siirrettiin mahdollisimman lähellä ulko-ovia odottamaan uudelleensijoitusta. Kuvassa 15 on havainnollistettu heilurivasaralaitteiston siirtoa kuvasarjan avulla.



Kuva 15. Heilurivasaralaitteiston siirto

Heilurilaitteiston siirron jälkeen päätettiin siirtää seuraavaksi myös kaikki muut tilassa olevat ylimääräisiksi luokitellut laitteet ja kalusteet ulko-ovien eteen helpottamaan uuden layoutin hahmotusta. Kun ylimääräisten laitteiden siirto oli valmis, siirrettiin tuotantolinja omalle paikallensa ikkunoiden eteen. TI-linjaston uusi sijainti ikkunoiden edessä on havainnollistettuna kuvassa 16.



Kuva 16. TI-linjaston uusi sijainti robotiikan laboratoriossa

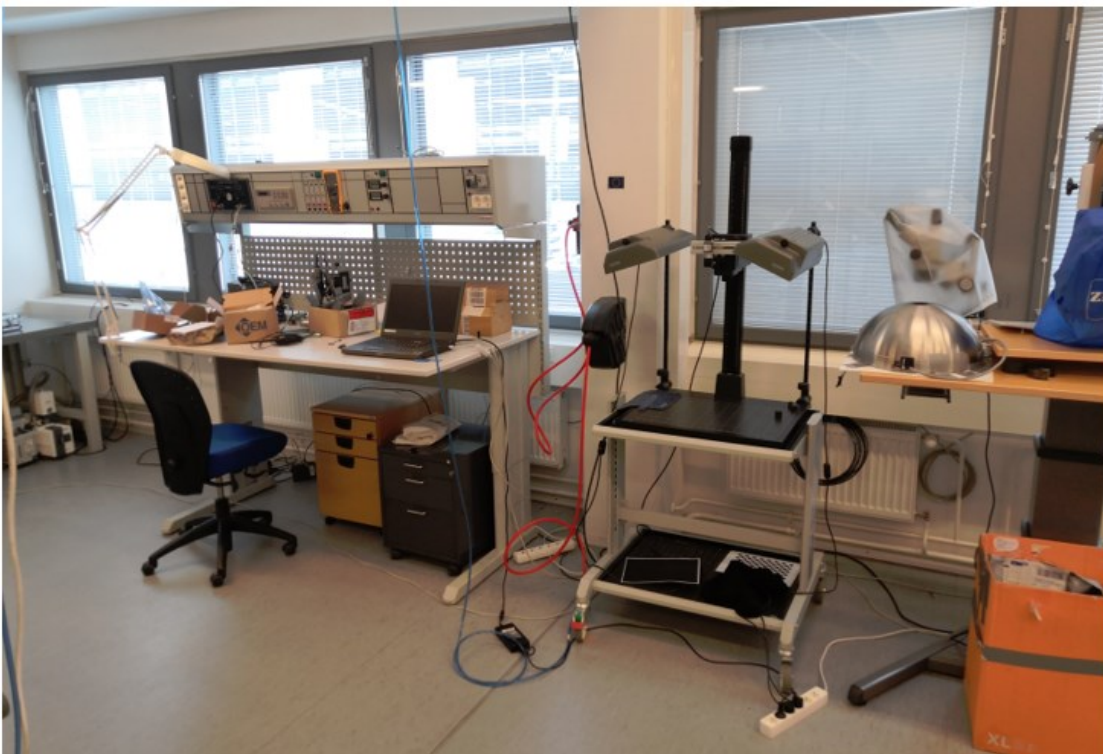
TI-linjaston siirron jälkeen suunniteltiin muiden työpisteiden ja varastoinnin sijoitusta. Aluksi kokeiltiin yhteistyörobottien siirtämistä TI-linjaston molempiin päihin tuotantolinja-layoutin mukaisesti. Yhteistyörobottien yhdistämisestä osaksi TI-linjastoa oli ollut jo aikaisemmin puheen aiheena ja tekniset rajapinnat integraatiolle olivat olemassa. Robottien siirron jälkeen kuitenkin havaittiin, että linjaston alue oli liian ahdas ja etenkin linjaston taakse päästäkseen joutui kiertämään pidemmän matkan. Mobiilirobotin yhdistämisestä osaksi TI-linjaston toimintaa oli myös suunniteltu aikaisemmin ja tässä layoutissa linjaston kiertäminen ei olisi onnistunut. Robotteja käytetään myös paljon itsenäisesti laboratorioharjoitusten toteutuksessa, joten tuotantolinja-layoutin heikkoutena oli robottien yksittäiskäyttö. Robotiikan laboratorion laitteisto voidaan jakaa karkeasti neljään eri kategoriaan

- robotiikka
- konenäkö
- teollisuus 4.0 ja teollinen internet
- materiaalitekniikka.

Tämän pohjalta tultiin siihen tulokseen, että laboratorio jaetaan eri osiin tehtävien samankaltaisuuden perusteella kuten funktionaalisessa layoutissa. Materiaalitekniikan laitteet olivat suurimalta osaltaan jo valmiiksi omalla paikallaan lähellä isoja ulko-ovia, joten niiden sijaintia ei

lähdetty muuttamaan. Osa laitteistosta tarvitsi voimavirtapistokkeen sekä vesiliitäntän ja tästä syystä niiden paikan muuttaminen olisi aiheuttanut ylimääräistä työtä. Kevään palaverissa oli puhuttu myös näiden laitteiden siirtämisestä myöhemmin täysin uuteen luokkatilaan ja tästäkin syystä laitteet päätettiin jättää nykyiselle paikalleen. Varsinaiset muutustyöt siis kohdistuivat yhteistyörobottien, konenäkölaitteistojen ja varastohyllyjen sijaintiin ja varustukseen.

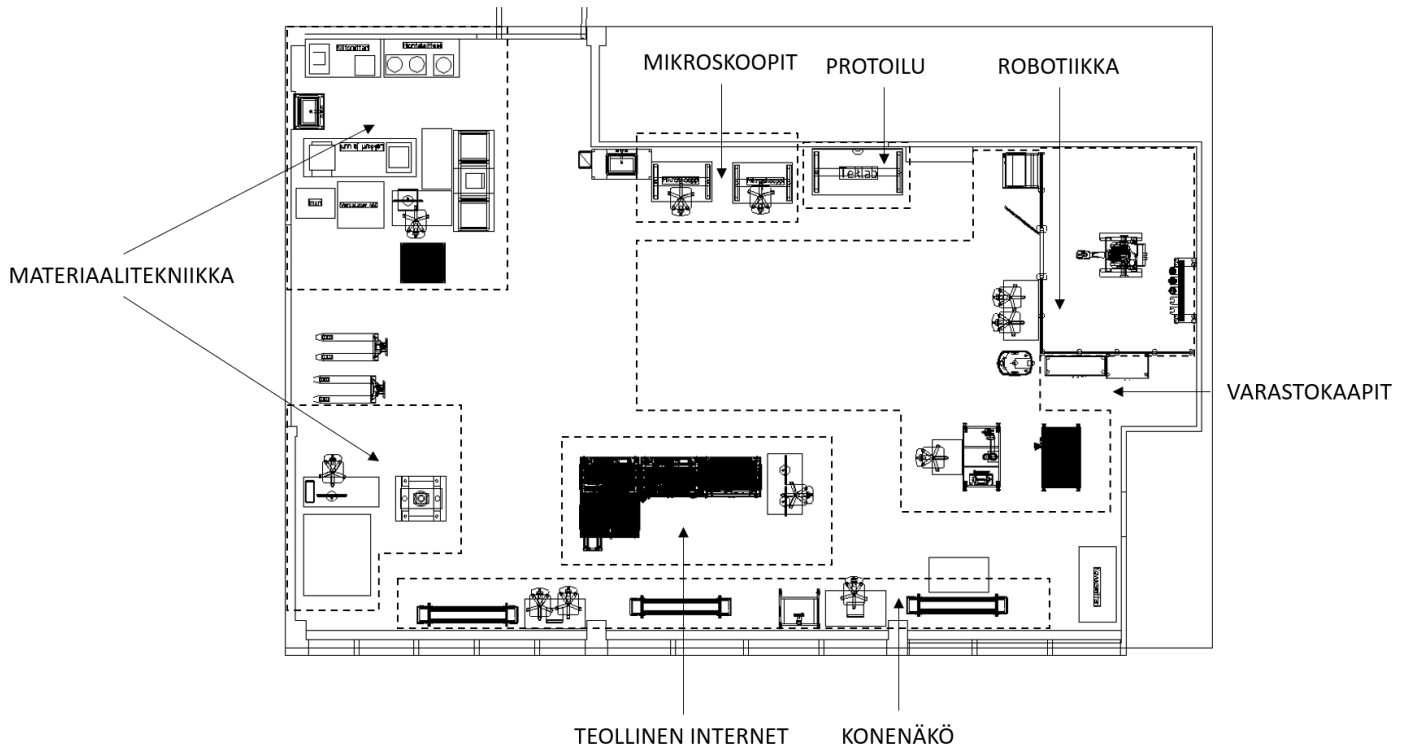
Konenäkölaitteiden käyttämä alue oli aikaisemmin ollut haasteellinen etenkin lattialla olevien ylimääräisten verkkokaapeleiden ja jatkojohtojen vuoksi. Kannettavat tietokoneet ja kamera-järjestelmät tarvitsivat useita sähköpistokkeita. Ikkunoiden alla oli valmiiksi alumiiniset kaapelikourut, joihin oli asennettu useampia pistorasioita sekä myös verkkokaapeleille kytkentärasiat. Tällä ikkunaseinustalla sijaitsivat materiaalitestauksessa käytettävät mikroskoopit, joiden käyttö oli satunnaista. Suunnitelmana oli siirtää konenäkölaitteisto mikroskooppien tilalle ja mikroskoopit siirrettäisiin väliaikaisesti toiselle reunalle laboratoriota odottamaan päätöstä niiden jatkokäytöstä. Kuvassa 17 on esitetty ikkunaseinällä olevat laitteet ja kalusteet ennen layoutin muutosta.



Kuva 17. Laboratorion ikkunaseinustalla olevat mikroskoopit ja muut kalusteet

Suunnitelmana oli järjestää laitteet funktionaalisen layoutin mukaisesti omiin ryhmiinsä, mutta esimerkiksi konenäköympäristöön kuului useita erilaisia työpisteitä. Lopullisessa layout-

suunnitelmassa muodostettiin karkea aluejako käyttötarkoituksen mukaan ja yksittäisen työpisteen layout tuotantosolu-layoutin mukaisesti. Kuviossa 27 on havainnollistettu alueiden jakoa luodun layout-suunnitelman avulla.



Kuvio 27. Laboratorion layout-suunnitelman lopullinen versio

6.5 5S:n pilotoinnin aloitus

Tilan layout-muutoksen toteuttamiseksi oli tila ensin siivottava ja samalla eroteltava siellä oleva ylimääräinen ja käyttökelpoinen tavara. Tilan siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseksi haluttiin käyttöönottaa 5S-työkalu. Toteutuksen tueksi kerättiin erilaisia hyviä käytänteitä muista opinäytetöistä, joissa oli toteutettu vastaavanlaisia 5S-työkalun käyttöönottoja eri yrityksissä. Selvitystyön perusteella seuraavanlaisia havaintoja nousi esiin

- laitteiden dokumentoinnista huolehtiminen: ohjeet, sähkökuvat sekä muut dokumentit ajantasaisiksi (Koskinen, 2014).
- koneturvallisuuden sekä työturvallisuuden huomioiminen osana kehitystoimia (Koskinen, 2014).

- ylimääräisen tavaran huutokauppaaminen ja niistä saatujen rahojen käyttäminen kehitystyön kustannuksiin (Korhonen, 2020).
- koneille ja tarvikkeille omat selkeästi merkityt paikkansa (Korhonen, 2020).
- lattiateippaukset selkeyttämään alueiden jakoa sekä määrittelemään koneiden, roska-astioiden sekä lavapaikkojen sijaintia (Pentti, 2014).
- avohyllyjen korvaaminen lukituilla peltikaapeilla (Pentti, 2014).
- auditointityökalun laatiminen siisteyden arviontiin (Pentti, 2014).
- työvälineiden vakiointi ja värikoodaus (Heikkinen, 2020).
- työ kesken -lomake → informoidaan muita käyttäjiä, että työpiste on varattuna (Lahti, 2020).
- varastokaappien sekä sisällä olevien hyllyjen numerointi (Lepistö, 2016).
- laminoidut ohjeet työpisteisiin (Korhonen, 2020).
- jatkuvan parantamisen tilannetaulut laboratoriotilaan (Korhonen, 2020).

Kerättyjen hyvien käytänteiden avulla saatiin kirjallisen teoriapohjan tueksi myös todellisia käytännön toteutuksia. Vertailtuja opinnäytetöitä oli yhteensä 6 ja ne liittyivät opetusympäristöjen kehittämiseen. Taulukossa 3 on listattuna vertailussa mukana olleet opinnäytetyöt.

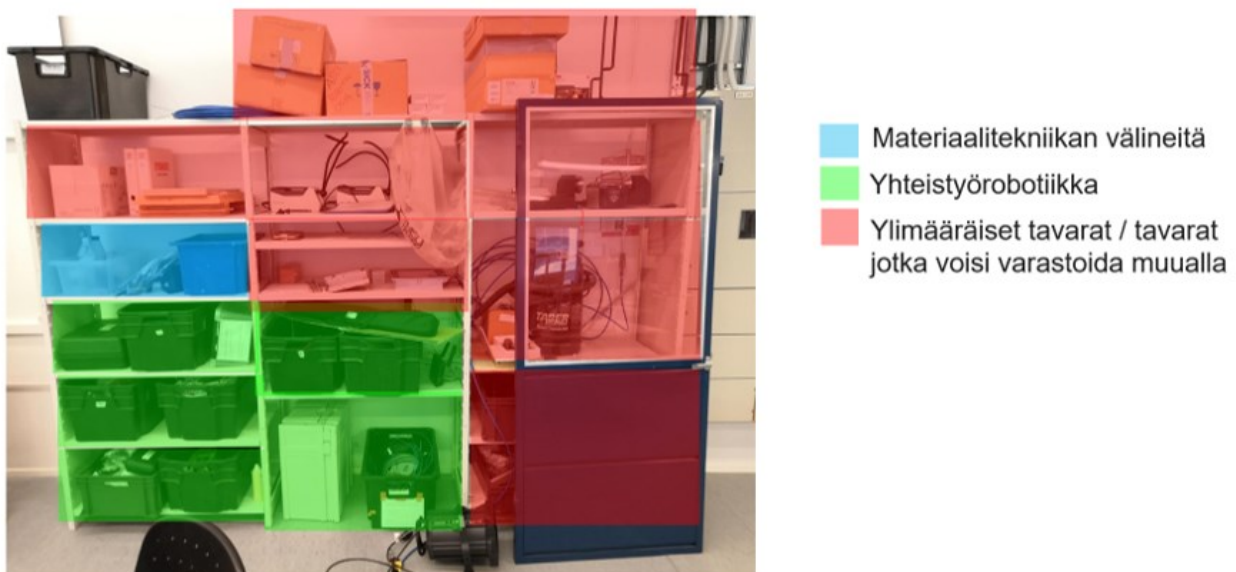
Taulukko 3. Lista opinnäytetöistä, joissa toteutettu laboratorion kehitystä Lean 5S:n avulla

Opinnäytetyön nimi	Lähdeviite	Ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan oppimisympäristön kehittäminen	Korhonen, 2020	Savonia
Lean-ajattelun soveltaminen AMK-opetuslaboratorioympäristössä	Koskinen, 2011	HAMK
Sähköosaston oppimisympäristön kehitys	Heikkinen, 2020	Savonia
Applying the lean 5S method to laboratories and prototype shops	Pentti, 2014	Turun AMK
5S-menetelmän käyttöönotto analyysilaboratoriossa	Lahti, 2020	SeAMK
5S:n käyttöönotto SeAMKin autolaboratorioon	Lepistö, 2016	SeAMK

6.6 Lajittelu

Tilaan oli vuosien saatossa kertynyt paljon ylimääräistä tavaraa. 5S:n mukainen lajitteluvaihe toteutettiin jakamalla aluksi tavarat karkeasti säilytettäviin ja tilasta poistettaviin tavaroihin. Ensimmäisinä poistettavina kohteina olivat tilassa olevat isot työpöydät, jotka haluttiin korvata jatkossa pienemmillä pöydillä. Avohyllyssä olevat tavarat lajiteltiin aluksi avohyllyyn ja hyllyjen sisältö nimettiin teipillä. Hyllyn oikeaan reunaan varattiin oma alueensa tavaroille, jotka olivat selkeästi tilasta poistettavaa tai tarvittiin, jonkun muun mielipide ennen kuin tavarasta voitiin luopua. Tämä helpotti prosessia, sillä poistettavaksi määritellyt tavarat oli selkeästi merkitty. Henkilöstöä informoitiin tarkistamaan hyllyn sisältö ja ilmoittamaan, jos siellä oli jotain sellaista mikä tulisi säästää.

Kuvassa 18 on havainnollistettu hyllyssä oleva sisältö karkeasti jaoteltuna kolmeen eri kategoriaan ennen lajitteluvaiheen aloittamista. Kuten kuvasta voidaan havaita, hyllyssä oli paljon sellaista tavaraa, joka voitiin poistaa tai varastoida muualla.



Kuva 18. Avohylly ennen lajittelun aloitusta

Kaikkien tavaroiden tilanteen ollessa selvillä toteutettiin tavaroiden poistaminen hyllystä, sillä avohyllystä haluttiin luopua ja hankkia tilalle lukolliset kaapit. Hyllyssä olevat tavarat lajiteltiin karkeasti käyttötarkoituksen mukaan eri pinoihin ja lastattiin kuormalavoille, jotka siirrettiin väliaikaiseen sijaintiinsa ulko-ovien eteen. Tavaroiden lajitteluvaihetta on havainnollistettu tarkemmin kuvassa 19.



Kuva 19. Avohyllyssä olevan tavaran lajittelua

Kun tavarat saatiin lajiteltua karkeasti, käytiin vielä yksittäiset lavat ja laatikot läpi yksi kerrallaan. Jokaisen yksittäisen tavaran kohdalla mietittiin tarkkaan sivulla 43 esitetyt kysymykset liittyen tavaran säilytyksen ja sen tärkeyteen. Molempien lajittelukierrosten jälkeen hyllyssä oleva tavara oli vähentynyt niin, että se olisi mahtunut alkuperäisessä avohyllyssä yhteen hyllylohkoon. Tavaroiden yksityiskohtaisempaa lajitteluvaihetta toteutettiin kuvan 20 mukaisesti tyhjentämällä laatikon sisältö yksi kerrallaan lattialle ja lajittelemalla siinä olevat tavarat.



Kuva 20. Tavaroiden yksityiskohtaisempaa lajittelua

Osa poistettavasta tavarasta oli täysin turhaa ja vanhentunutta. Tilassa oli myös paljon vanhoja projektitöitä tai hankkeisiin liittyvää materiaalia. Materiaalit olivat jääneet tilaan hankkeen tai projektin päättymisen jälkeen, sillä niiden säilytykselle ei ollut määritelty tarkempia säilytysai-koja tai paikkoja. Hyllyssä oli myös vanhentunutta tekniikkaa, jotka kierrätettiin SER-jätteeksi. Tilassa pitkään käyttämättöminä olleet suuremmat koneet ja laitteet päätettiin huutokaupata. Kuvassa 21 on havainnollistettu, miten paljon ylimääräistä tavaraa tilassa todellisuudessa oli. Varastointiin käytetyn avohyllyn rungot ja hyllylevy näkyvät myös kuvassa.



Kuva 21. Tilasta poistettavaksi määritellyt tavarat lajittelun päättyessä

6.7 Järjestely

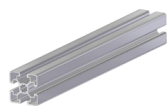
Tilassa olevien tavaroiden lajittelun jälkeen vuorossa oli työpisteiden ja työvälineiden järjestely. Työpisteet siirrettiin aikaisemmin luodun layout-suunnitelman mukaisesti määritellyille paikoilleen. Tämän jälkeen jäljelle jääneiden materiaalien, koneiden ja laitteiden sekä työkalujen säilytys ja käyttö määriteltiin. Yksittäisiä työpisteitä muokattiin paremmin opetukseen sopivimmaksi ja niissä pyrittiin pitämään vain työn kannalta oleelliset työkalut ja tarvikkeet.

6.7.1 Käytettävien kiinnitystarvikkeiden määrittely

Aikaisemmin haasteena oli oikean tyyppisten ja kokoisten ruuvien puuttuminen. Oikean mittaisen ruuvien löytyminen oli haastavaa ja liian pitkää ruuvia jouduttiin lyhentämään tai lähteä ostamaan läheisestä kaupasta. Rakennettaessa väliaikaisia kiinnittimiä, tarttuvia tai runkoja koneaköympäristöön tai robottien käyttöön hyödynnetään suurimmaksi osaksi alumiiniprofiileja. Profiilit kiinnitetään toisiinsa alumiinisten kulmapalojen avulla, jotka kiinnitetään alumiiniprofiiliin keskelle olevaan uraan tarkoitukseen sopivalla t-uramutterilla. Ruuvien ollessa liian pitkä ei kulmakiinnike kiristy kunnolla. Tästä syystä kulmien kiinnitykseen käytettävien ruuvien täytyy olla juuri oikean mittaisia. Tilasta löytyvät alumiiniprofiilit, kulmakiinnikkeet sekä t-uraruuvit listattiin ja kiinnitystarvikkeet vakioitiin niiden perusteella.

SeAMK 

Alumiiniprofiilit ja tarvikkeet

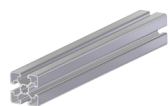


Alumiiniprofiili BSB 20x20

Easy systems

Ura: slot 6

Tuotekoodi: 201005

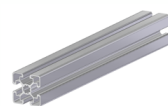


Alumiiniprofiili BSB 30x30

Easy systems

Ura: slot 8

Tuotekoodi: 201010



Alumiiniprofiili BSB 45x45 L

Easy systems

Ura: slot 10

Tuotekoodi: 201020



T-uramutteri M5

Easy systems

Ura: slot 10

Tuotekoodi: 096H10530



T-uramutteri M6

Easy systems

Ura: slot 10

Tuotekoodi: 096H10630



T-uramutteri M8

Easy systems

Ura: slot 10

Tuotekoodi: 096H10830



Alumiinikulma 18x18

Easy systems

Ura: slot 6

Tuotekoodi: 093W203N06S01



Alumiinikulma 27x27

Easy systems

Ura: slot 8

Tuotekoodi: 093W303N08



Alumiinikulma 42x42

Easy systems

Ura: slot 10

Tuotekoodi: 093W421N10



T-uramutteri M4

Easy systems

Ura: slot 6

Tuotekoodi: 096H06410



T-uramutteri M5

Easy systems

Ura: slot 8

Tuotekoodi: 096H08515



T-uramutteri M6

Easy systems

Ura: slot 8




Tuotekoodi: 096H08615

Kuvio 28. Protoiluun käytettävät alumiiniprofiilit sekä tarvikkeet

Kuviossa 28 on listattuna tilasta löytyvät alumiiniprofiilit sekä niihin liittyvät tarvikkeet. Alumiiniprofiileja löytyy kolmea eri kokoa 20x20, 30x30 ja 45x45. Profiileissa oleva ura on myös kaikissa leveydeltään eri kokoinen, joten käytettävä t-uramutteri määräytyy uran koon mukaan. Lisäksi eri uriin on saatavissa eri kierteellä olevia muttereita. UR10-yhteistyörobotin pöydän kansi on rakennettu 45x45-alumiiniprofiilista ja siihen on mahdollista kiinnittää helposti erilaisia lisätarvikkeita. Tästä syystä suurinta koon 10 t-uramutteria löytyy useammalla eri kierteellä, sillä mahdollistetaan mahdollisimman monipuolisesti eri kokoisten kappaleiden kiinnitys.

SeAMK

Ruuvit ja mutterit

					
Kuusiokoloruuvi M4x16	Kuusiokoloruuvi M5x16	Kuusiokoloruuvi M5x20	Kuusiokoloruuvi M6x16	Kuusiokoloruuvi M6x20	Kuusiokoloruuvi M8x20
IKH	IKH	IKH	IKH	IKH	IKH
Avainkoko: 3	Avainkoko: 4	Avainkoko: 4	Avainkoko: 5	Avainkoko: 5	Avainkoko: 6
Tuotekoodi: PKK00401	Tuotekoodi: IP799	Tuotekoodi: PKK05020	Tuotekoodi: IP805B	Tuotekoodi: IP806B	Tuotekoodi: IP812B
					
Mutteri M4	Mutteri M5	Mutteri M6	Mutteri M8		
IKH	IKH	IKH	IKH		
Tuotekoodi: PMP04000	Tuotekoodi: PMP05000	Tuotekoodi: PMP06000	Tuotekoodi: PMP08000		
					
Aluslaatta M4	Aluslaatta M5	Aluslaatta M6	Aluslaatta M8		
IKH	IKH	IKH	IKH		
Tuotekoodi: IP114	Tuotekoodi: IP115	Tuotekoodi: IP116	Tuotekoodi: IP117		

Kuvio 29. Vakioidut ruuvit ja mutterit

Kuviossa 29 on havainnollistettuna vakioidut ruuvit ja mutterit. Yleisimpiin kiinnitystarpeisiin riittävät maksimissaan 20 mm pitkät ruuvit. Aikaisemmin käytössä oli kuusiokoloruuvien lisäksi perinteisiä kuusioruuveja. Ruuvien valikoimaa haluttiin kaventaa ja siitä syystä päädyttiin vakiomaan käytettäväksi ruuveiksi pelkästään eri kokoisia kuusiokoloruuveja.

Ruuvien ja muttereiden säilytystä varten oli jo aikaisemmin hankittu oma lokerikko, joka oli kiinnitetty työkaluvaunun takaseinään yhdessä kahden muun vastaavanlaisen lokerikon kanssa. Näissä kahdessa muussa lokerikossa säilytettiin sähkötarvikkeita sekä pneumatiikka-komponentteja. Kuvan 22 vasemmanpuoleisessa kuvassa on pientarvikelokerikot ennen muu-
tosta. Ruuvien ja mutterien lokerikko sijaitsi alun perin oikeassa yläkulmassa. Ongelmana oli,

että osaan lokeroihin oli haastavaa ulottua ilman erillistä koroketta. Lokerikkojen järjestystä päätettiin muuttaa siten, että eniten käytetyt lokerikot tulisivat alareunaan, jolloin niiden sisältö oli helposti nähtävissä. Kuvassa 22 oikealla on kuvattuna lokerikkojen sijainti tehdyn muutoksen jälkeen. Ruuvit ja mutterit sijaitsevat nyt työkaluvaunun takaseinän oikeassa alareunassa.



Kuva 22. Pientavaroiden säilytyslokerikot ennen ja jälkeen muutoksen

Ruuvien ja mutterien sijoittamisesta lokerikkoon luotiin myös selkeä järjestelmä. Ruuvit ja mutterit jaoteltiin pienempiin lokeroihin siten, että yhtä kokoa löytyy aina yhdestä pystysarakkeesta. Ruuvien koko kasvaa siirryttäessä vasemmalta oikealle. Lokerikko toimii kuten taulukko, jossa pystyrivillä on ruuvien koko ja vaakariveillä eri kiinnitystarvikkeita kyseistä kokoa. Ensimmäiseltä riviltä löytyvät mutterit ja aluslevyt ja seuraavilta kuusiokoloruuvit. Kuviossa 30 on havainnollistettu, miten mutterit ja ruuvit on sijoitettu säilytyslokerikkoon. Samaan lokerikkoon varastoitiin myös alumiiniprofiilien t-uramutterit ja alumiinikulmat. Järjestelyn jälkeen ruuvien ja muttereiden löytäminen oli huomattavasti helpompaa ja myös muut tilaa käyttävät asiantuntijat ymmärsivät varastointiin käytetyn logiikan helposti. Muutos auttaa myös jatkossa ruuvien palautumista takaisin omalle paikalleen käytön jälkeen.



Kuvio 30. Ruuvien ja mutterien sijainti lokerikossa muutoksen jälkeen

6.7.2 Pneumatiikkatarvikkeiden määrittely

Laboratoriossa käytetään etenkin robottien tarttujien rakennuksessa sekä muutoksissa jonkin verran erilaisia ja kokoisia paineilimaliittimiä sekä letkuja. Yleisimmin liittimiä käytetään maksullisessa palvelutoiminnassa rakennettaessa menetelmätestausta varten alipainetarttuvia. Välillä asiakas tuo mukanaan valmiin tarttujan, jota käytetään osana testausta. Näiden tarttujien kytkemiseksi osaksi olemassa olevaa robottia tarvitaan usein erilaisia ja eri letkukoolle olevia liittimiä. Liittimien hankintaa varten yleisimmin käytettävät liittintyyppit ja koot listattiin. Robottien tarttujien kanssa käytetään yleisimmin kahta eri letkukokoa, joiden halkaisijat ovat 4 ja 6 mm. Tämän perusteella valikoitiin myös käytettävät komponentit. T- ja Y-haarojen avulla voidaan rakentaa tarttujaan haaroitettuja paineilmakekanavia. Jatkoliittimien avulla tarttujasta voidaan tehdä helposti irrotettava ja liitettävä. Laboratoriossa käytettävässä UR10-yhteistyörobotissa robotin käsivarteen tuleva paineilmaletku on halkaisijaltaan 6 mm. Välillä tarttujissa käytetään 4 mm:n halkaisijalla olevia imukuppeja ja tarttujassa olevia pienemmällä halkaisijalla olevia letkuja ei pysty suoraan liittämään robotissa valmiiksi olevaan suurempaa kokoa olevaan paineilmaletkuun. Tähän ratkaisuna voidaan hyödyntää jatkoliittimiä, joissa toisessa päässä on

6 mm:n liitäntä ja toisessa päässä 4 mm:n liitos. Kuviossa 31 on havainnollistettu yleisimmin laboratoriossa käytettävät pneumatiikkaliittimet. Listauksen avulla voidaan jatkossa helpommin ostaa tarvittavia komponentteja, kun ne on vakioitu käyttötarkoitukseen sopivalla tavalla.

Pneumatiikkaliittimet



T-haara 4 mm

Festo QSMT-4

Tuotekoodi: 130782



Y-haara 4 mm

Festo QSMY-4

Tuotekoodi: 130786



Tulppa 4 mm

Festo QSC-4H

Tuotekoodi: 153267



Jatkoliitin 4 mm

Festo QS-4

Tuotekoodi: 153031



T-haara 6 mm

Festo QSMT-6

Tuotekoodi: 153367



Y-haara 6 mm

Festo QSMY-6

Tuotekoodi: 153372



Tulppa 6 mm

Festo QSC-6H

Tuotekoodi: 153268



Jatkoliitin 6 mm

Festo QS-6

Tuotekoodi: 153032



Jatkoliitin 6 mm → 4 mm

Festo QS-6-4

Tuotekoodi: 153037

Kuvio 31. Yleisimmin käytetyt pneumatiikkaliittimet

Kuvassa 23 on havainnollistettu, miten kuvion 31 paineilialiittimiä hyödynnetään robottien tarttujien käytössä. Kuvassa 23 UR10-yhteistyörobottiin on kytketty alipainetarttuja, joka on varustettu neljällä imukupilla. Tarttujan runko on valmistettu 3D-tulostamalla ja teknologia tarjoaakin uudenlaisia mahdollisuuksia tarttujien suunnittelulle jatkossa. Tarttujassa olevat imukupit on jaettu kahteen kahden imukupin alueeseen, joita ohjataan robotin lähtöihin kytketyillä ejektoreilla, jotka luovat kappaleiden tarttumiseen tarvittavan alipaineen. Letkujen liittämiseksi toisiinsa on hyödynnetty 6 mm:n halkaisijalla olevia t-haaraisia liittimiä, joista yksi kanava on tulpattuna. Tulpattuun kanavaan on mahdollista lisätä jatkossa lisää imukuppeja.

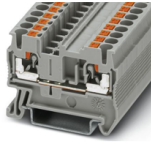


Kuva 23. Paineilmaliittimien käyttö robotin tarttujassa

6.7.3 Sähkökomponenttien määrittely

Tilassa oleviin robotteihin tehdään välillä myös erilaisia sähköisiä muutoksia esimerkiksi liitetäessä kaksi robottia keskustelemaan keskenään. Kommunikaatio hoidetaan usein hyödyntämällä I/O-kommunikaatiota eli robotissa olevia 24 voltin tasajännitteellä toimivia tuloja ja lähtöjä. Robotissa tuloihin kytketään robotille tulevat signaalit, esimerkiksi anturit, ja lähtöihin toimilaitteet, joita robotti ohjaa. Kytkentöjen toteuttamiseksi tarvitaan ohjauskaapeleita sekä riviliittimiä, joihin johtimet kytketään. Laboratoriossa on aikaisemmin käytetty useamman eri valmistajan riviliittimiä, sillä niitä on tilattu eri henkilöiden toimesta tarpeen mukaan. Haasteina useamman valmistajan eri mallisten riviliittimien käytössä on niihin liittyvien oheistarvikkeiden yhteensopimattomuus. Tästä syystä myös jatkossa hankittavat ja käytettävät riviliittimet vakioitiin. Aikaisemmin käytettiin ruuviliitännällä varustettuja riviliittimiä, mutta haasteena oli sopivan kokoisen ruuvimeisselin löytäminen. Riviliittimien valinnassa yhdeksi kriteeriksi valittiin johtimen kiinnittäminen ja avaaminen ilman ruuvimeisseliä. Kuviossa 32 on havaintokuva vakioidusta riviliittimistä ja niihin liittyvistä oheistarvikkeista.

Riviliittimet



Peruskytkennät

Phoenix Contact
PT 2,5 - CLIPLINE

<https://www.sahkonumerot.fi/1964408>

Päätylevy:
D-ST 2,5



<https://www.sahkonumerot.fi/1963521>



Jännitteenjako (24 V / 0V)

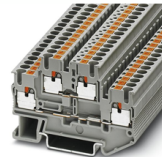
Phoenix Contact
PT 2,5-QUATTRO

<https://www.sahkonumerot.fi/1964414>

Päätylevy:
D-ST 2,5-QUATTRO



<https://www.sahkonumerot.fi/1963839>



2-kerrosriviliitin

Phoenix Contact
PTTB 2,5

<https://www.sahkonumerot.fi/1964417>

Päätylevy:
D-PTTB 2,5



<https://www.sahkonumerot.fi/1904002>



Hyppyliitin (silta riviliittimien yhdistämiseen)

Phoenix Contact
FBS 2-5

<https://www.sahkonumerot.fi/1963789>



Päättypuristin

Phoenix Contact
CLIPFIX 35-5

<https://www.sahkonumerot.fi/1963133>

Merkintä:
KLM 3-L kilvenpidin



<https://www.sahkonumerot.fi/1964984>



Päättypuristin

Phoenix Contact
E/NS 35 N

<https://www.sahkonumerot.fi/1963129>

Merkintä:
KLM-A kilvenpidin

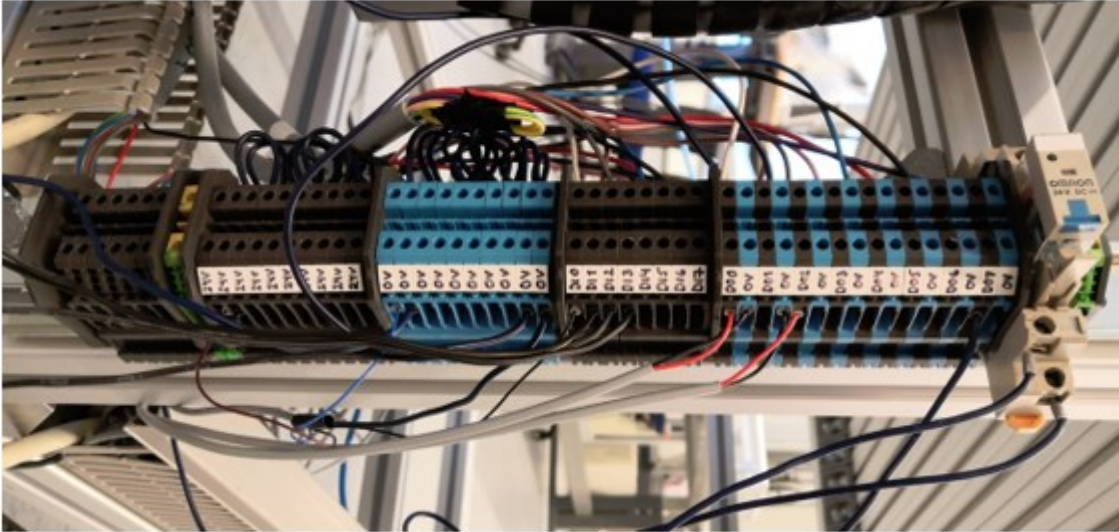


<https://www.sahkonumerot.fi/1963767>

Kuvio 32. Vakiodut riviliittimet ja tarvikkeet

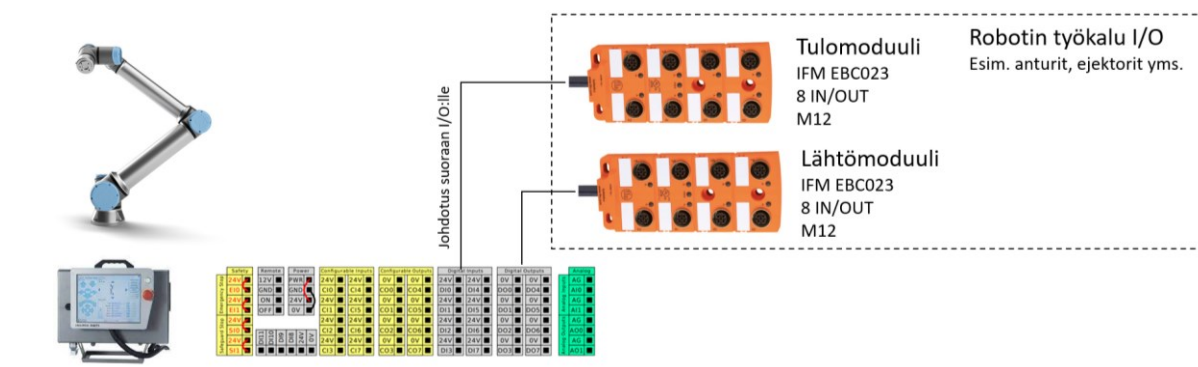
Käytettäväksi riviliittimiksi valikoitiin Phoenix Contactin PT-sarjan riviliittimet. Kyseinen riviliitin on käytössä useammassa automaatiojärjestelmää valmistavissa yrityksissä ja osaksi siitä syystekin laboratoriotilaan haluttiin komponentteja, jotka ovat myös alueen yritysten käytössä. Opinnäytetyön tekijällä oli myös käytännön kokemusta valituista riviliittimistä jo aikaisemmilta vuosilta toimiessaan automaatio suunnittelijana edellisissä työpaikoissa. Riviliittimien vakioinnilla varmistetaan jatkossa laboratoriossa olevien laitteiden yhteneväisyys ja helpompi muokattavuus.

Yhteistyörobotien tulojen ja lähtöjen kytkemiseen liittyen tehtiin myös ehdotus investointia varten. Kuvassa 24 on UR10-yhteistyörobotin nykyinen riviliittinkisko tulojen ja lähtöjen kytkemistä varten. Robotin keskuksen sisällä olevat tulot ja lähdöt on tuotu riviliittimille robotin pöydän reunaan. Tulot ja lähdöt haluttiin tuoda helpommin saataville, ettei tarvitse käydä erikseen kytkemässä tarvittavia antureita tai toimilaitteita robotin ohjauskeskuksen sisälle. Alkuperäiset liittimet robotin keskuksessa olivat hyvin pieniä ja niitä ei ollut suunniteltu toistuvaan johtojen kytkemiseen ja irrottamiseen.



Kuva 24. UR10-yhteistyörobotin riviliittimet oheislaitteiden ja antureiden kytkemistä varten

Riviliitinkiskon korvaamiseksi suunniteltiin käytettäväksi standardisoitua M12-liittimillä varustettuja tulo- ja lähtömoduuleja. Vastaavanlaisia moduuleja käytetään nykyisin automaatiolaitteissa osana modulaarista suunnittelua. Moduulin avulla voidaan uusia antureita tai toimilaitteita kytkeä helposti vakioidun pistoliittimien avulla. Kuviossa 33 on kaaviokuva, miten toimilaitteet ja anturit voitaisiin jatkossa kytkeä helpommin osaksi yhteistyörobotteja. Kuvan 24 riviliitinkiskon korvaaminen tulo- ja lähtömoduulien avulla toisi robottisolun käyttöön modulaarisuutta sekä myös siistimmän ulkoasun. Laboratorioharjoitusten näkökulmasta uusien toimilaitteiden tai antureiden kytkeminen osaksi robottia olisi myös turvallisempaa perinteisiin riviliittimiin verrattuna.

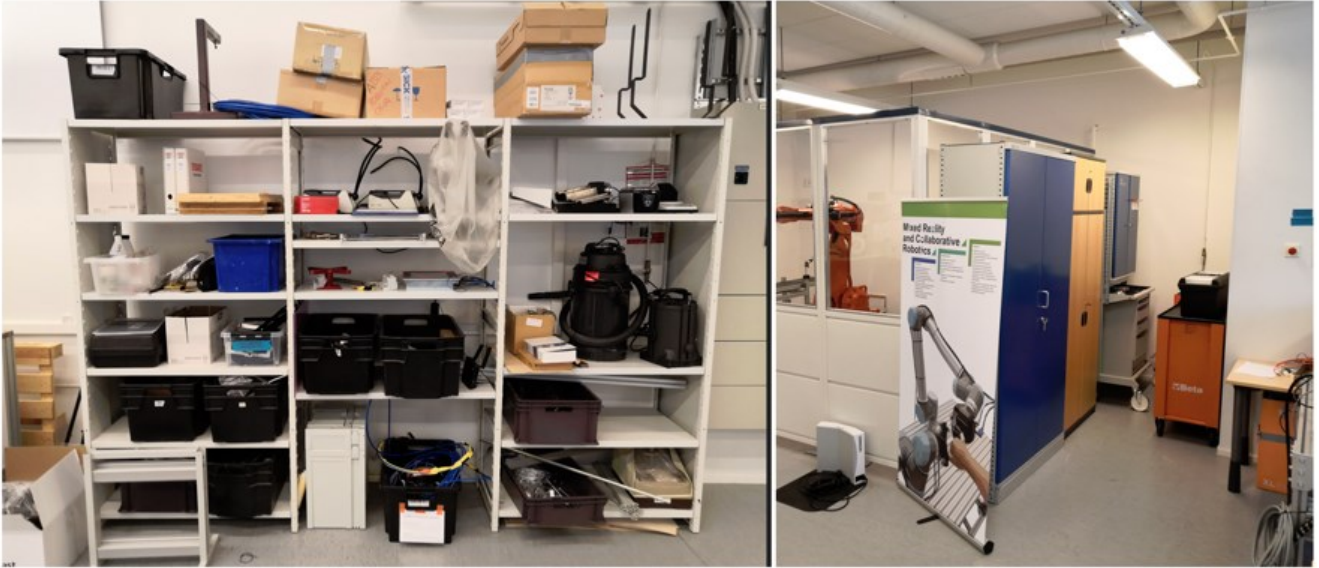


Kuvio 33. Yhteistyörobottien tulojen ja lähtöjen kytkennän päivitysehdotus

6.7.4 Varastointi

Tavaraa varastoitiin ennen muutosta pelkästään tilassa olevassa avohyllyssä. Avohyllyn käytön haittana oli sen epäsiisteys. Hyllyssä olevat tavarat olivat epäsiististi ja välillä tilaa esitellessä oli hyllyä siistittävä tai peitettävä sen edusta väliaikaisesti jollain. Alun perin ennen lajitteluvaiheen toteutusta suunnitelmana oli hankkia tilaan muutama lukollinen peltikaappi tavaroiden säilyttämistä varten. Tekniikan yksikön TKI-tiimillä on käytössä oma varastotilansa neljännessä kerroksessa, jossa osaa robotiikan laboratorioon liittyvää kalustoa säilytetään. Tavaroiden kuljettaminen kerroksesta toiseen oli kuitenkin työlästä ja vaati yleensä useamman käynnin varastossa. Varastoon pääsivät vain TKI-tiimin jäsenet, joten opettajilla ei ollut mahdollista hakea varastosta tavaraa. Tästä syystä päätettiin kysyä, olisiko mahdollista saada robotiikan laboratorion vieressä olevaa varastotilaa käyttöön. Varastossa säilytettiin käytössä poistettuja automaatiolaitteistoja, kuten vanhoja logiikoita ja näyttöpaneeleita. Varastotilan hyödyntämisestä osana robotiikan laboratoriota keskusteltiin automaatiolaboratoriosta vastaavan opettajan kanssa ja varaston siirtämisestä robotiikan laboratorion käyttöön oltiin samaa mieltä.

Viereisen varaston tyhjentäminen on vielä kesken johtuen muihin laboratoriotiloihin kohdistuvista muutoksista. Varastotila tullaan kuitenkin ottamaan käyttöön vuoden 2021 loppuun mennessä. Kuvassa 25 on havainnollistettu robotiikan laboratorion varastoinnin tilannetta ennen ja jälkeen muutoksen. Kuvassa vasemmalla avohyllyssä olevat mustat muuttolaatikot tullaan jatkossa varastoimaan laboratorion vieressä olevassa varastotilassa. Kuvassa 25 oikealla on tilassa olevat nykyiset varastointitilat. Sinisessä peltikaapissa säilytetään TI-linjaston varaosia sekä dokumentaatiota ja puisessa kaapissa ovat konenäköön liittyvät tarvikkeet.



Kuva 25. Varastointi robotiikan laboratoriossa ennen ja jälkeen muutoksen

Laboratoriotilan kehitys jatkuu vielä tämän työn valmistumisen jälkeen ja tarkoituksena on saada materiaalitekniikan laitteiden käyttämä tila osaksi robotiikan laboratoriota vielä vuoden 2021 loppuun mennessä. Tätä muutosta varten on alustavasti mietitty varastokaappien hankintaa, sillä etenkin konenäkötarvikkeiden investoinnin myötä niille tarvitaan lisää kaappitilaa. Laboratorioharjoitusten säilytystä varten olisi myös hyvä saada oma erillinen kaappi, josta opiskelijat voisivat noutaa tarvitsemansa harjoitusmateriaalit. Nykyisin laboratorioharjoitusten materiaaleja säilytetään kuvan 26 mukaisesti laatikoissa, jotka ovat työpisteiden pöydillä tai kuljettimien alla.

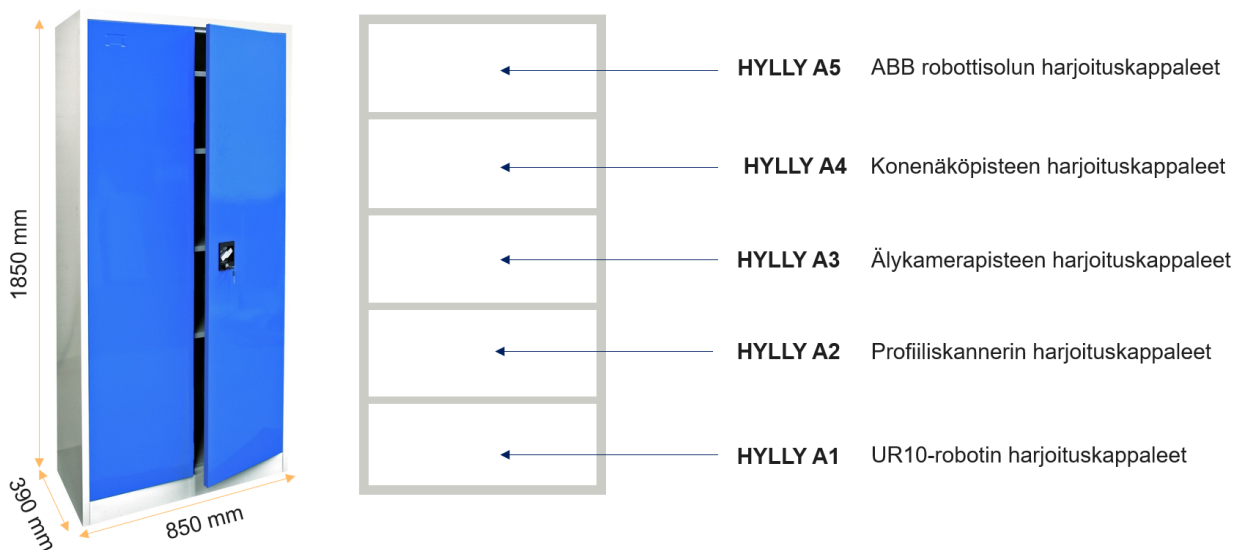


Kuva 26. Konenäköharjoitusten harjoituskappaleiden säilytys

Kuviossa 34 on havainnollistettuna ehdotusta, miten lukollisia peltikaappeja voitaisiin hyödyntää harjoitusmateriaalien säilytyksessä. Kaapissa olevat hyllyt nimetään alhaalta ylöspäin esimerkiksi A1–A5. Eri työpisteisiin liittyvät harjoitusmateriaalit säilytettäisiin omalla hyllyllänsä, jolloin työohjeessa voitaisiin ohjeistaa tarvittavien harjoituskappaleiden noutaminen kaapista X hyllyltä A1. Työn suorituksen jälkeen opiskelija palauttaisi käyttämänsä harjoituskappaleet takaisin omalle paikalleen, jolloin työpisteet pysyisivät siistinä ja seuraava harjoituksen tekijä tietäisi mistä tarvittavat materiaalit löytyvät. Järjestelmän avulla tila pysyisi paremmin siistinä, sillä säilytettäville tavaroille olisi kaikkien tietämä oma merkitty paikkansa.

SeAMK

Varastokaappi 1. Harjoitus ja projektityömateriaalit konenäkö



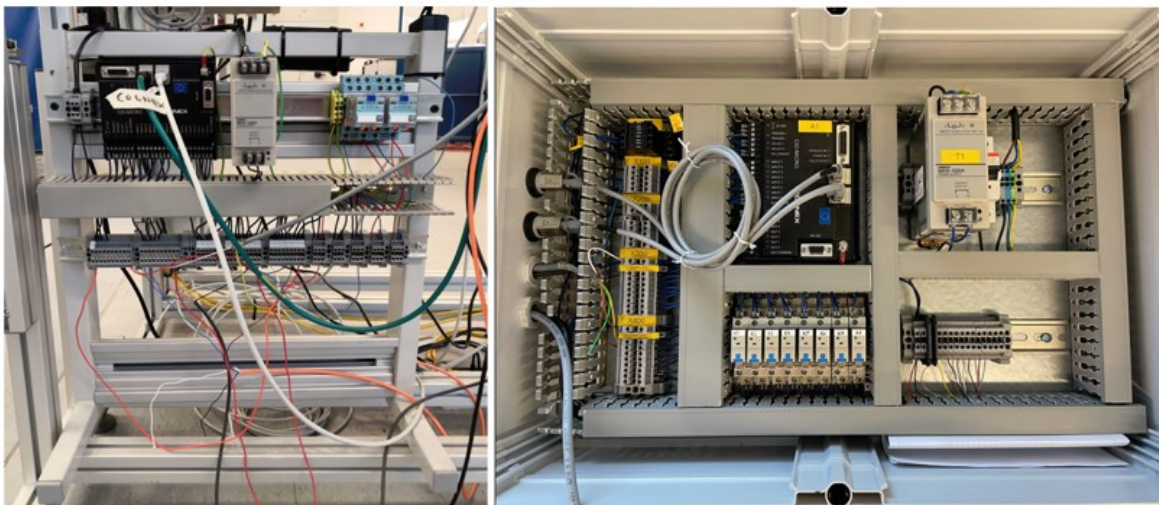
Kuvio 34. Varastokaappien hyllyjen nimeäminen

Varastokaappien investointi tullaan mahdollisesti toteuttamaan vuoden 2021 loppuun mennessä tai vasta vuoden 2022 aikana. Tilanteeseen vaikuttaa se, miten nopeasti muiden laboratorioiden muutostyöt etenevät syksyn aikana.

6.7.5 Älykamerapisteen päivitys

Vuoden 2020 aikana tekniikan yksikön konenäkölaitteistoa päivitettiin investoimalla uuteen kamerateknologiaan sekä valaistusratkaisuihin. Aikaisempi älykamera oli hankittu vuonna 2014, joten sen päivittäminen oli aiheellista. Investoinnin taustalla oli lisääntynyt konenäön kiinnostus alueen yrityksissä sekä opetuksessa. Älykameran ohjauskeskus päätettiin myös modernisoida ja tehdä siitä modulaarisempi ja siistimpi kokonaisuus. Kuvassa 27 vasemmalla oleva kuva on vanhasta älykameran ohjauskeskuksesta ennen muutoksen toteuttamista. Kameran ohjauskeskuksen osat olivat alkuperäisessä toteutuksessa sijoitettu ilman kotelointia teräksiseen runkoon. Vanhakin ohjauskeskus oli ratkaisultaan toimiva, mutta koteloimattomana sen siisteydessä oli haasteita eikä se ollut opetuksen näkökulmasta toimiva.

Ohjauskeskus päätettiin rakentaa kokonaan uusiksi ja sitä varten hankittiin sopivan kokoinen kotelo. Keskukseen lisättiin riviliittimien, virtalähteen ja IO-yksikön lisäksi myös kahdeksan kappaletta releitä. IO-yksikön lähtöjen maksimivirta oli vain 500 mA, joten se rajoitti ohjattavia toimilaitteita. Tästä syystä IO-yksikön lähdöt kytkettiin ohjaamaan erillisiä releitä, joiden läpi pystyttiin syöttämään suurempia virtoja. Keskukseen lisätyt releet näkyvät kuvassa 27 keskuksen alaosassa. Uuden kamerakeskuksen kehityksen taustalla oli pyrkimys rakentaa modulaarinen ja mobiili keskus, jonka voisi viedä myös laborioritilan ulkopuolelle. Keskukseen tehtiin riittävä määrä kaapeliläpivientejä sekä verkkokaapeleille asennettiin liittimet keskuksen kylkeen. Keskusta voidaan käyttää sekä vanhan Cognex ISM1403- ja uuden Cognex 9912C -älykameran kanssa.



Kuva 27. Älykameran ohjauskeskus ennen ja jälkeen muutoksen

Ohjauskeskuksen lisäksi kameran sekä antureiden kiinnitystä varten teetettiin konelaboratoriolla uudet kiinnikkeet. Alkuperäisten kiinnikkeiden ongelmana oli niiden säätömahdollisuuksien puute sekä kiinnitysmahdollisuudet. Kiinnikkeet olivat ohutlevyn paloja, joihin oli porattu kaksi kiinnitysreikää. Kuten kuvasta 28 voidaan havaita, oli aikaisemmassa kiinnitysraudassa mahdollista kiinnittää anturi vain kahdelle eri korkeudella kiinnitysrautaan porattujen reikien avulla. Anturin kulmaa ei myöskään voinut säätää. Uudelle kiinnitysraudalle annettiin vaatimuksena portaaton korkeuden ja kallistuskulman säätö. Kuvassa 28 oikealla on valokuva uudesta anturin kiinnitysraudasta. Anturin säätöä haluttiin myös helpottaa ja pyrkiä eroon tarpeesta käyttää työkalua. Niinpä korkeutta säätävä ruuvi korvattiin sormiruuvilla ja samoin anturin kallistuksen kiinnitys toteutettiin siipimuttereilla. Jatkossa anturin paikkaa ja kallistuskulmaa pystyy säätämään ilman työkaluja.



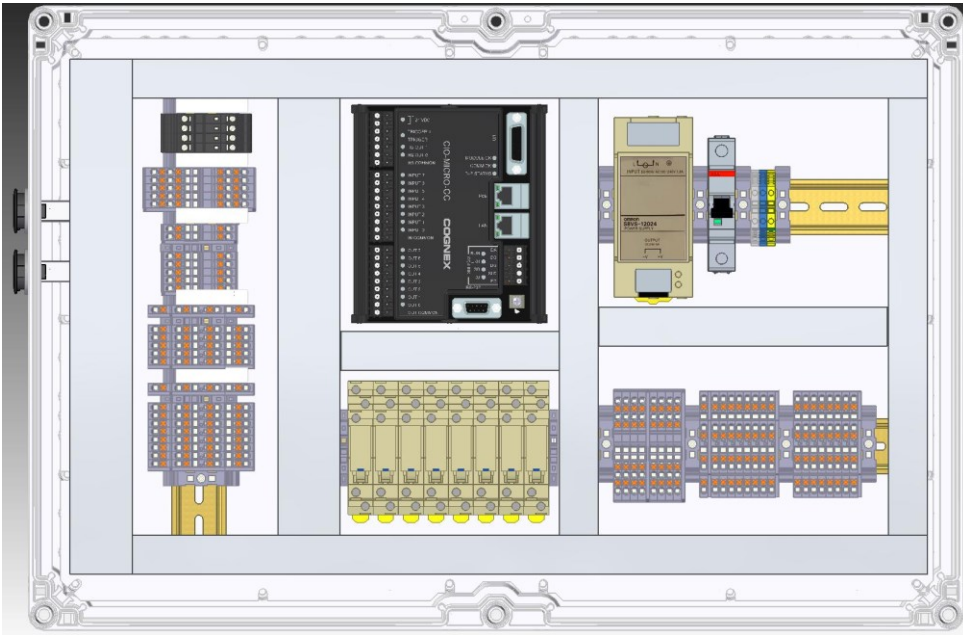
Kuva 28. Älykamerapisteen valokennon kiinnitys ennen ja jälkeen muutoksen

Kuvassa 29 on havainnollistettu älykamerapisteen rakennetta ennen ja jälkeen muutostöiden. Kuten kuvasta voidaan havaita, rakenteesta on tullut muutoksen jälkeen paljon siistimpi ja laitteiston käyttäminen on helpottunut.



Kuva 29. Älykamerapisteen ennen ja jälkeen muutoksen

Älykamerapisteen ohjauskeskusta päätettiin vielä kehittää paremmaksi testausvaiheen aikana havaittujen puutteiden ja ongelmien vuoksi. Käytetyt riviliittimet olivat vanhoja ja osassa niistä kiristysruuvit olivat hajonneet. Alkuperäisen oletuksen mukaan kameran virransyöttö olisi pitänyt hoitua verkkokaapelin välityksellä, mutta vasta kytkentävaiheessa havaittiin, että kyseisen kameran virrantarve oli suurempi kuin verkkokaapelin välityksellä pystyttiin tarjoamaan. Tästä syystä kameran virransyötölle täytyi lisätä omat riviliittimensä sekä kaapelille oli tehtävä uusi läpivienti. Uusia toimilaitteita kytkettäessä havaittiin myös, että 24 VDC:n virransyötön riviliittimiä oli liian vähän ja johtimia jouduttiin kytkemään useampia samaan riviliittimeen. Näistä seikoista johtuen päätettiin koko sähkökeskuksen rakennetta muuttaa sekä korvata kaikki keskuksessa olevat riviliittimet uusilla paremmin tarkoitukseen sopivimmilla riviliittimillä. Samalla antureiden kytkemisen helpottamista varten päätettiin pilotoida jo aikaisemmin tässä opinnäytetyössä esiin tuotua M12-tulomoduaalia. Osat on tilattu ja keskus tullaan päivittämään vuoden 2021 loppuun mennessä uusilla komponenteilla. Päivitetyt keskuksen 3D-malli ja löytyy kuvista 35.



Kuvio 35. Keskuksen 3D-malli päivitettyillä komponenteilla

6.7.6 Konenäköpisteen kameran kiinnityksen muutokset

Konenäkökamerapiste oli myös muutoksen kohteena kameroiden kiinnitykseen liittyen. Alkuperäinen kiinnitys oli toteutettu alumiiniprofililla ja siinä oli vain yksi kiinteä kiinnityspaikka kameralle. Ongelmana oli myös se, että kamera oli kiinnitetty runkoon siten, että kameran kuvaa katseltaessa oli se ylösalaisin. Tämä vaikeutti välillä kuvan hahmottamista tietokoneen ruudulla. Uusi kiinnitys haluttiin toteuttaa siten, että kameran kuva muodostuisi jatkossa tietokoneen ruudulle oikein päin. Kiinnitysrautaan haluttiin myös mahdollisuus toisen kameran lisäämiselle. Vaatimusten mukainen kiinnitysrauta toteutettiin konelaboratorion toimesta ja siihen oli mahdollista kiinnittää useampi kamera raudassa olevan uran avulla. Kuvassa 30 on havainnollistettuna, miten kamera oli aikaisemmin kiinnitetty ja kuinka kiinnitysrauta yksinkertaistui muutoksen jälkeen. Vaikka muutos oli yksinkertainen, paransi se laitteen käytettävyyttä huomattavasti. Kameran kiinnityksessä hyödynnettiin samanlaisia sormiruuveja kuin älykamerapisteellä.

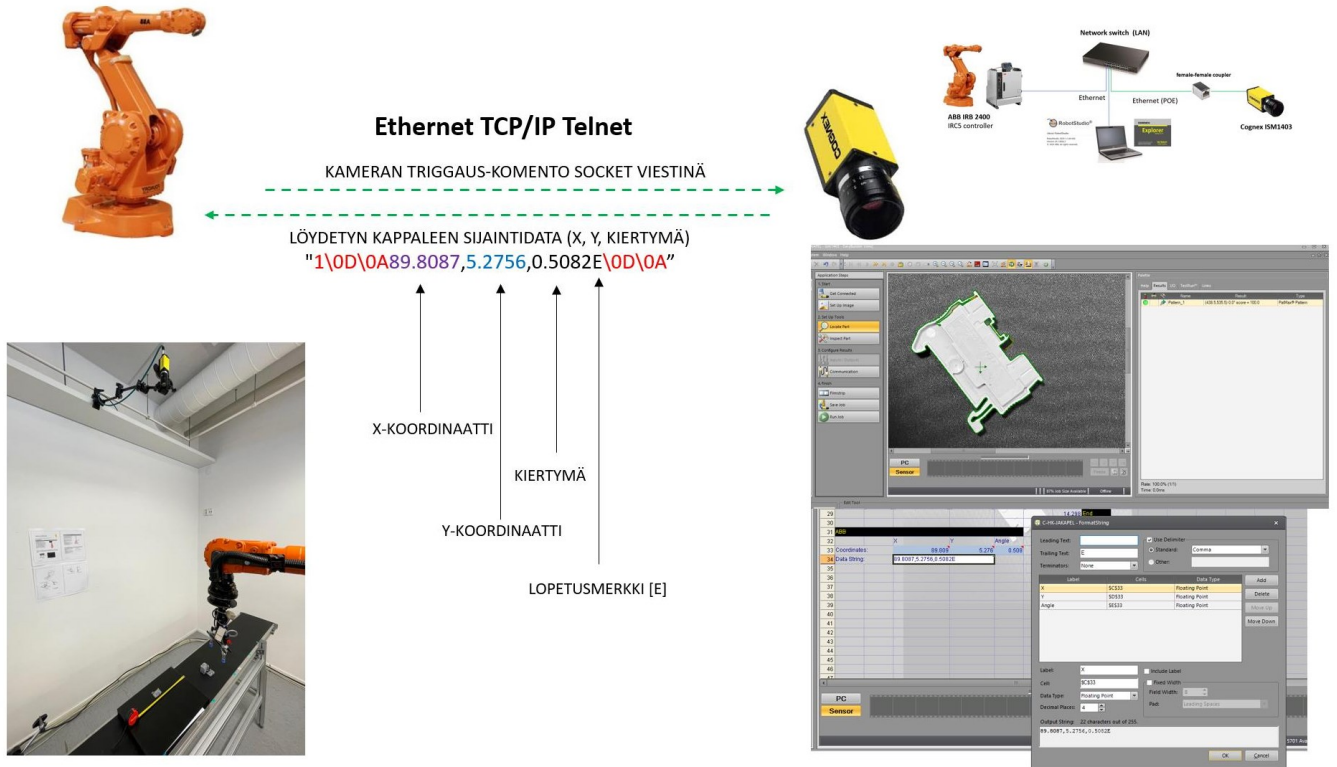


Kuva 30. Konenäköpisteen kameran kiinnitys ennen ja jälkeen muutoksen

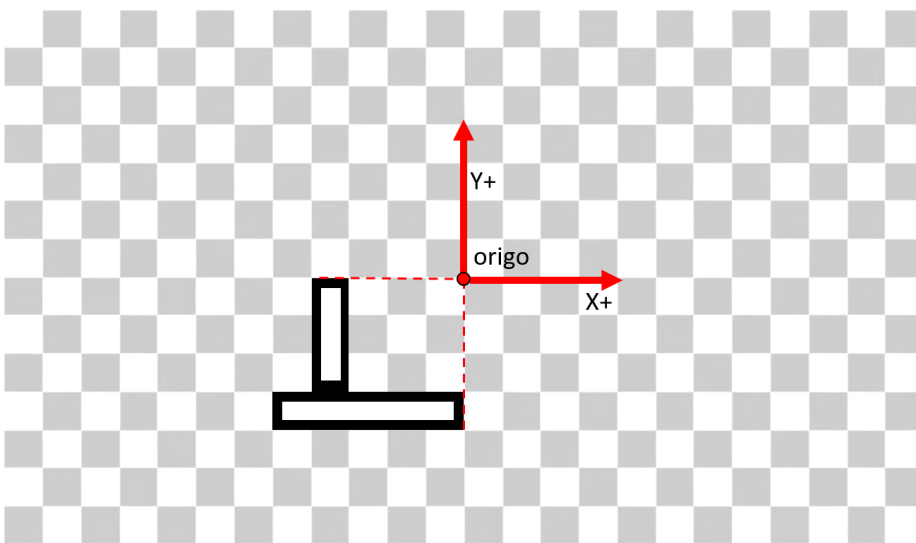
6.7.7 ABB-robottisolun päivitys

Konenäköinvestointien myötä vanha älykamera jäi ylimääräiseksi ja se päätettiin liittää osaksi ABB:n teollisuusrobottia. Robottisolun käyttöä saatiin tämän myötä tehostettua ja luotua aivan uudenlaisia harjoituksia opetukseen. Kameran lisääminen robottiin mahdollistaa myös jatkossa erilaisen testaustoiminnan liittyen robotin ja konenäköjärjestelmän yhteistoimintaan. Nykyaikaisessa teollisuusrobotiikassa konenäköä käytetään yleisesti etenkin kappaleiden poiminnassa ja laadunvalvonnallisissa tehtävissä. Kommunikointia varten robotille rakennettiin oma aliohjelma, jonka avulla robotti ja kamera viestivät toisilleen. Kamerassa on käytössä asiakaspalvelin -malliin perustuva Telnet-protokollaa. Kamera toimii palvelimena, johon asiakas eli tässä tapauksessa robotti yhdistää. Yhteyden luonnin jälkeen robotti ja kamera pystyvät viestimään keskenään rajapintadokumentaatioissa määritellyllä tavalla. Kuviossa 36 tätä tiedonsiirtoa on havainnollistettu tarkemmin. Robotti pyytää kameraa ottamaan aluksi kuvan ja kuvan ottamisen jälkeen kamera palauttaa robotille merkkijonon, jonka rakenne on määritelty kameralle luodussa ohjelmassa. Tässä tapauksessa merkkijono sisältää tunnistetun kappaleen keskipisteen x-, y-koordinaatit sekä kiertymän pilkulla eroteltuina. Robotin aliohjelma paloittelee saadun merkkijonon pilkkujen kohdalta ja tallentaa saadut tiedot robotin muuttujiksi. Tietojen avulla robotti pystyy poimimaan kappaleen edellyttäen, että kalibroituvaiheessa kameran ja robotin nollakohdat on opetettu samaan paikkaan. Kameran opetuksessa käytetään kuvion 37 mukaista kalibroitiruudukkoa, jossa origo eli nollakohta muodostuu ruudukossa olevan suorakaiteiden leikkauspisteeseen. Pidempi suorakaide määrittää x-akselin ja lyhyempi y-akselin.

X-akselin positiivinen suunta on oikealle ja y-akselin ylös. Robotilla koordinaatisto tulee opetta siten, että kalibroitikuvan nollakohtaan muodostuu myös robotin koordinaatiston nollakohta.



Kuvio 36. Kaaviokuva robotin ja kameran välisestä kommunikoinnista



Kuvio 37. Cognex-kameran kalibroitiruudukko

6.8 Muut parannukset

Näiden aikaisemmin mainittujen muutosten lisäksi toteutettiin tilan varaamista ja ylläpitämistä helpottavia parannuksia, jotka esitellään tässä luvussa. Tärkeimpinä muutoksina olivat tilan varausjärjestelmän toteutus, Microsoft Teams -ryhmän perustaminen laboratorion viestintää ja ylläpitoa varten sekä laboratorion sisäverkon muutostyöt.

6.8.1 Varaukscalenteri

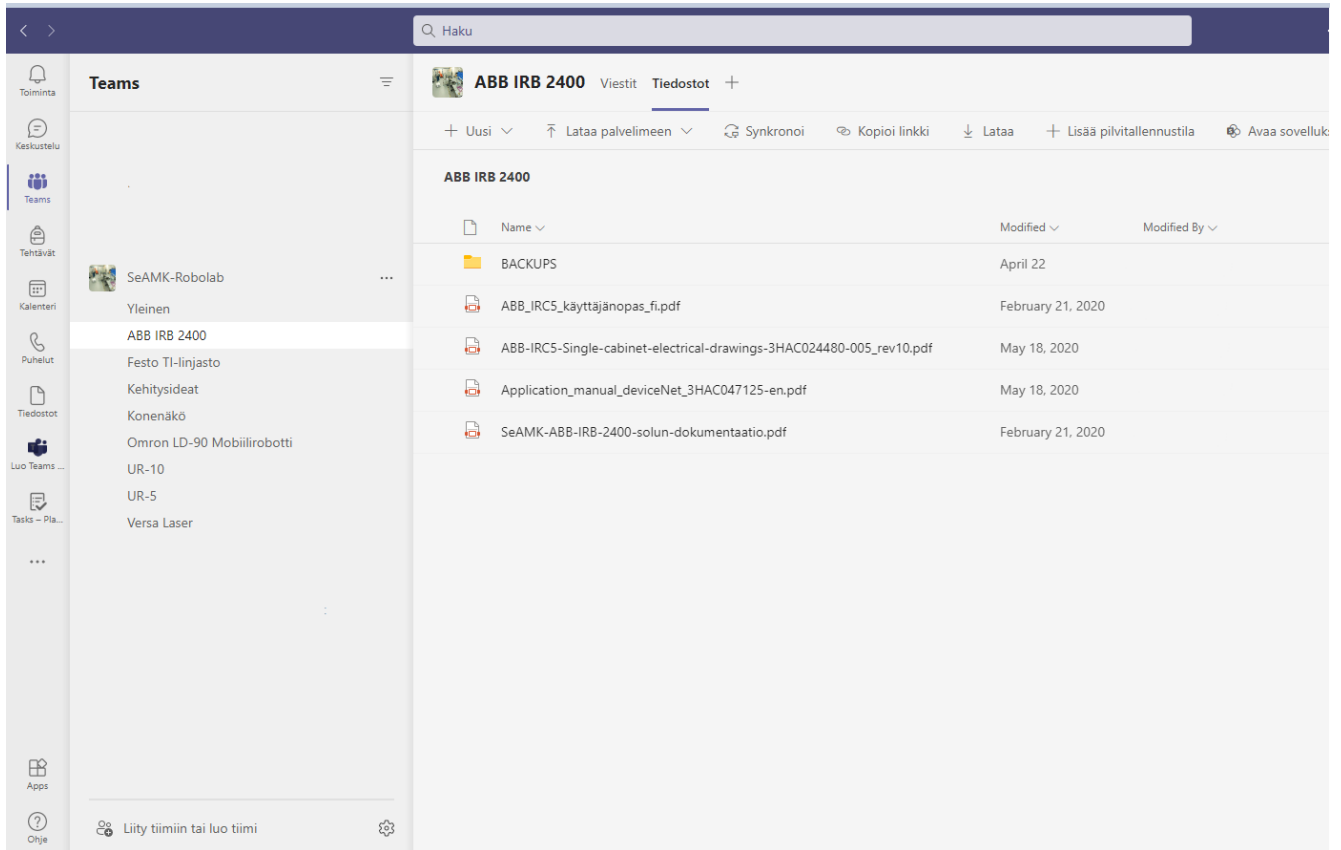
Syksyllä 2020 pidetyssä kehityspalaverissa yhdeksi parannettavaksi alueeksi esiin nousi laboratoriossa olevien laitteiden varaaminen sekä laitteen varaustilanteen näkyminen myös muille laboratorion käyttäjille. Aikaisemmin muulla henkilöstöllä ei ollut tietoa siitä mitkä laitteet laboratorion olivat varattuna esimerkiksi opiskelijoiden toimesta. Välillä saattoikin tulla tilanteita, joissa samaa laitetta oli tullut käyttämään kaksi henkilöä ja vasta paikan päällä selvisi, että laite oli varattu toisen henkilön käyttöön. Laboratoriossa olevien laitteiden varauksessa päätettiin hyödyntää samanlaista järjestelmää, mitä käytettiin jo henkilöstön käytössä olevien yhteisten ajoneuvojen varauksessa. Tilalle luotiin tietohallinnon toimesta oma kalenteri Outlookiin nimellä Robotiikan laboratorio, A140.4R. Kalenterin käyttö- ja muokkausoikeudet jaettiin laboratoriota käyttäville asiantuntijoille sekä opettajille. Varaukscalenteria käytetään siten, että kursilla opettaja antaa kurssilaisille väliaikaisen käyttöoikeuden kalenteriin ja sen jälkeen opiskelija voi itse tehdä varauksen kalenterista. Varauksessa tuodaan selkeästi ilmi, mikä työpiste tai laite halutaan varata. Oletuksena on, että jos kalenterissa ei ole erikseen varausta on laite varattavissa. Kalenterin käyttövelvoite on myös hankkeissa toimivilla asiantuntijoilla, joiden on myös merkittävä omat kalustovarauksensa kalenteriin. Kalenteriin merkitään myös erilaiset vierailut, jolloin koko laboratorio varataan. Kuviossa 38 on näkymä varaukscalenterista ja sinne tehdyistä merkinnöistä. Seuraavana kehityssakeleena on saada lukujärjestykseen merkityt tilavaraukset automaattisesti näkymään varaukscalenteriin Peppi-järjestelmästä. Teknisesti tämä ei ole haastavaa, mutta koska myös muiden laboratoriotilojen muutokset tulevat jatkossa vaikuttamaan tiloihin ja niiden numerointiin päätettiin odottaa, että laboratorion käyttö selkeytyy.

← Robottiikan laboratorio, A140.4R							
	maanantai	tiistai	keskiviikko	torstai	perjantai	lauantai	sunnuntai
WEEK 38	20. syys	21 11.30 Konenäkökamera harkka; Robottiikan laboratorio, A140.4R 18.00 Konenäkö labratyö	22 16.00 konenäkö labra	23 12.00	24	25	26
	27	28	29 10.00 Konenäkökameratyö; Robottiikan laboratorio, A140.4R	30	1. loka 13.00 Opetusta: ABB, mobiilirobotti ja yhteistyörobotit varattu	2	3
WEEK 39	10.00 Opetusta: ABB, mobiilirobotti ja yhteistyörobotit varattu 16.00 Opetusta: ABB, mobiilirobotti ja yhteistyörobotit varattu						

Kuvio 38. Näkymä robottiikan laboratorion varauskalenterista

6.8.2 Microsoft Teams -ryhmä

Syksyn 2020 kehityspalaverissa tuotiin esiin haasteet kommunikointiin liittyen. Kommunikointiin liittyvinä haasteina oli etenkin tavaroiden tuominen ja vieminen laboratoriosta. Välillä tilaan tuotiin tai sieltä vietiin tavaraa, josta ainoastaan itse asianomainen tiesi. Tämä aiheutti ongelmia muille laboratorion käyttäjille, kun tilasta puuttuikin yllättäen jokin omaan opetukseen liittyvä olennainen tavara tai materiaalia. Kommunikoinnin parantamiseksi, mutta myös samalla laitteisiin liittyvän dokumentoinnin ylläpitämiseksi, päätettiin perustaa laboratoriota varten oma Teams-ryhmä. Ryhmään kutsuttiin kaikki ne opettajat ja asiantuntijat, jotka jollain tavalla liittyivät tilan käyttöön. Kaikille tilassa oleville laitteille luotiin oma kanavansa, johon kyseiseen laitteeseen liittyvä tiedotus ja keskustelu keskitettiin. Kanavien Tiedostot-välilehdille tallennettiin myös kyseisen laitteen käyttöön liittyvät tarpeelliset dokumentit kuten sähkökuvat, käyttöohjeet, rajapintadokumentaatiot sekä tallennettiin laitteiden varmuuskopiot. Kuviossa 38 on näkymä ABB-teollisuusrobottisolun kanavasta ja sen Tiedostot-välilehdellä olevista tiedostoista. Kuvion 39 vasemmassa reunassa näkyvät ryhmään luodut kanavat. Yleinen kanava toimii laboratorion yleiseen keskusteluun liittyvänä kanavana, ja kehitysideat kanavalle on kerätty esimerkiksi tämän opinnäytetyön aikana esiin tulleita kehitysideoita. Teams-ryhmän käyttöön ottaminen on helpottanut laboratorioon liittyvän tiedonvälityksen reaaliaikaisuutta ja tärkeiden tiedostojen löytäminen on helpottunut huomattavasti aikaisempaan verrattuna.



Kuvio 39. Näkymä robotiikan laboratoriolle luodusta Microsoft Teams -ryhmästä

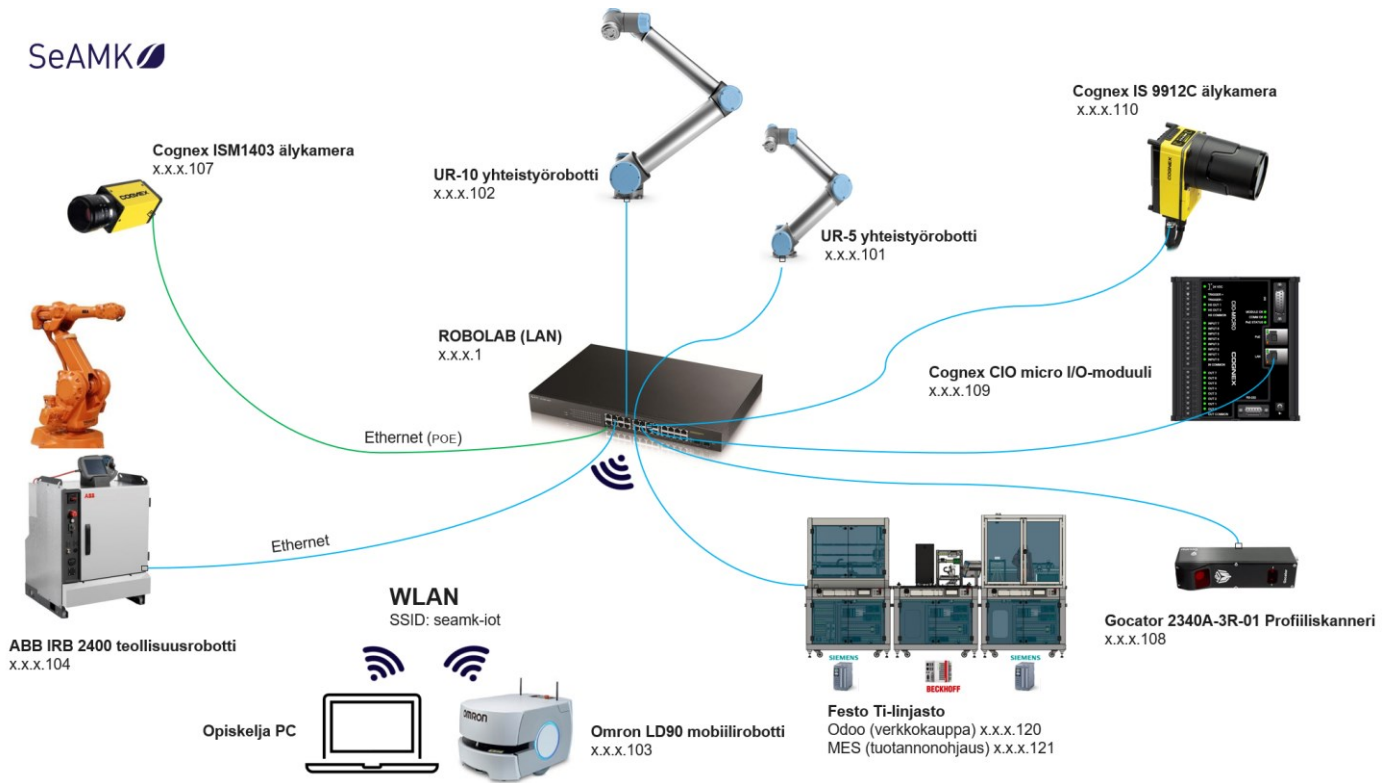
6.8.3 Robotiikan laboratorion lähiverkon kehitys

Laboratoriossa osa laitteista kommunikoi omissa IP-alueessaan ja yhdistäessään laitteeseen ja sitä käyttäekseen oli tietokoneen verkkoasetuksia muutettava. Ongelmaksi tämä muodostui etenkin opiskelijoiden harjoitustöissä, sillä verkkoasetusten muokkaaminen tietokoneelle vaati järjestelmänvalvojan oikeudet, joita opiskelijoilla ei ole. Näitä oikeuksia ei ollut myöskään kaikilla opettajilla tai asiantuntijoilla oletuksena, vaan ne täytyi erikseen pyytää tietohallinnolta. Tämä mutkisti laitteiden kanssa toimimista ja aiheutti tietyissä tilanteissa jopa turhautumista. Laitteet eivät pystyneet myöskään kommunikoimaan keskenään.

Ratkaisuksi tähän ongelmaan päätettiin rakentaa laboratoriotilaan oma tarkoitukseen sopiva lähiverkko, johon kaikki tilassa olevat laitteet kytketään. Ideana oli, että liittymällä verkkoon pystyisi yhdestä pisteestä yhdistämään kaikkiin tilassa oleviin laitteisiin. Tilaan saatiin tietohallinnon toimesta oma kytkin, johon robotit ja konenäkölaitteet kytkettiin. Laitteille määriteltiin

omat IP-osoitteensa ja ne listattiin erilliseen IP-listaan, joka tallennettiin robotiikan laboratorion Teams-ryhmään, jolloin tieto oli helposti löydettävissä ja päivitettävissä. Mobiilirobotin käyttöä varten ja liittämiseksi osaksi robotiikan laboratoriota tarvittiin WLAN-reititin. Robotti kytkettiin tähän reitittimeen ja samaa langatonta verkkoa pystyi hyödyntämään myös omassa kannettavassa tietokoneessa. Langallisesta sekä langattomasta verkosta on pääsy myös ulkoverkkoon, joka mahdollistaa jatkossa myös robottien keräämän datan lähetyksmahdollisuuden pilvipalveluun analysoitavaksi. Kuviossa 40 on havainnollistettu, miten tilassa olevat laitteet on kytketty lähiverkkoon.

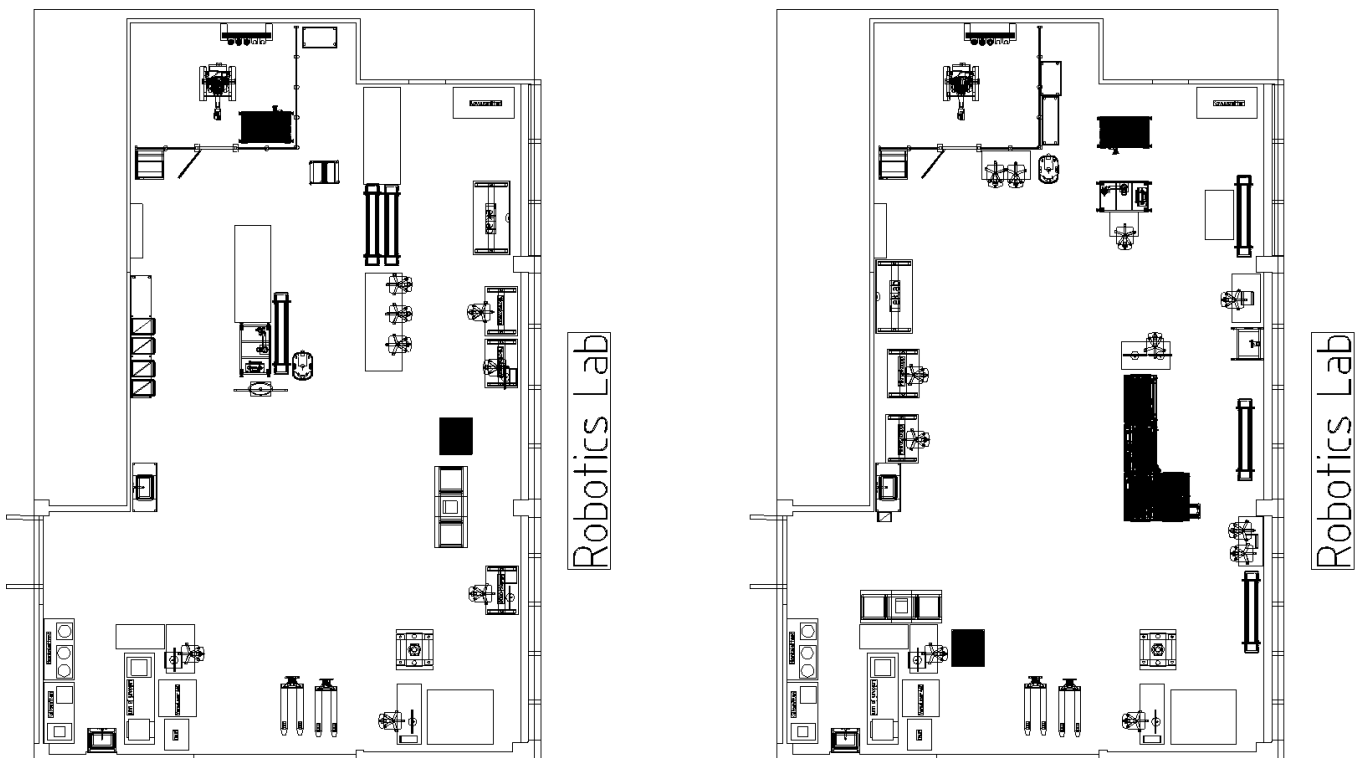
Laboratoriotilassa ikkunoiden alapuolella olevassa johtokourussa oli valmiiksi asennettuina useampia verkkopistorasioita. Näitä rasioita ei ollut kuitenkaan kytketty toisesta päästä mihinkään, jolloin niistä ei päässyt verkkoon. Tietohallintoa pyydettiin liittämään nämä rasiat osaksi luotua lähiverkkoa, jolloin ikkunaseinustalla olevat laitteet saatiin suoraan kytkettyä seinällä oleviin rasioihin ilman erillisten verkkokaapeleiden vetämistä kytkimeltä seinustalle. Rakennusvaiheessa ilmeni muutamia ongelmia liittyen verkon rakenteeseen ja sen toimintaan osana laboratorioharjoitusten toteutusta. Suurin haaste oli saada lopulta konenäköpisteellä olevat koneet kirjautumaan EPEDU-toimialueeseen. Toimialuetta tarvitaan kirjautumiseen koulun koneille opiskelija- tai työntekijätunnuksilla. Ilman yhteyttä toimialueeseen ei tietokoneelle pysty kirjautumaan sisään. Syynä tähän oli robotiikan laboratorion lähiverkon rakenne, ja se ei ollut kytkettynä kyseiseen toimialueeseen. Tätä varten jouduttiin vielä aikaisemmin luotua kytkentää muokkaamaan siten, että ikkunaseinustalle asennettiin erillinen konfiguroitavissa oleva kytkin, johon määriteltiin tietyt portit, jotka olivat yhteydessä EPEDU-toimialueeseen. Tämän muutoksen myötä työpisteillä olevista koneista oli pääsy molempiin verkkoihin.



Kuvio 40. Robotiikan laboratorion lähiverkkokaavio

6.9 Robotiikan laboratorio toteutettujen muutosten jälkeen

Toteutettujen muutosten jälkeen laboratoriotilan käyttöä on pilotoitu robotiikan ja konenäön kursseilla syksyn aikana. Opiskelijat ovat varanneet itse tarvitsemansa työpisteen varauskalenterista ja päässeet suorittamaan laboratorioharjoitukset heille parhaiten sopivimpaan aikaan. Etenkin työn ohessa opiskeleville tämä itsenäinen harjoitusten suoritus tarjoaa joustavuutta opintoihin ja kurssien suorittamisesta tulee mielekkäämpää. Laboratoriossa on käynyt vierailmassa syksyn aikana tiede- ja kulttuuriministeri Antti Kurvinen, Eduskunnan sivistysvaliokunta sekä Etelä-Pohjanmaan vientikilta. Toteutetun layout-muutoksen myötä tilasta on tullut myös mielenkiintoinen vierailukohde, jossa yhdistyvät robotiikka, konenäkö sekä teollinen internet. Kuviossa 41 ovat rinnakkain alkuperäinen sekä päivitetty laboratoriotilan layout. Kuten kuvioista voidaan havaita, muutoksen jälkeen laboratorion keskelle on muodostunut paljon avointa tilaa kuten tavoitteena olikin.



Kuvio 41. Robotiikan laboratorion layout ennen ja jälkeen muutoksen

Laboratoriotilan alkuperäinen tilanne sekä tilanne toteutetun muutoksen jälkeen on nähtävissä kuvassa 31. Kuten kuvasta voidaan havaita, oli laboratorion keskusta täynnä tavaraa ja oli siksi ahdas. Uudessa layoutissa keskusta on vapaa ja luo tilaan avaruutta sekä siistimmän yleisilmeen.



Kuva 31. Laboratorio ennen ja jälkeen layout-muutoksen

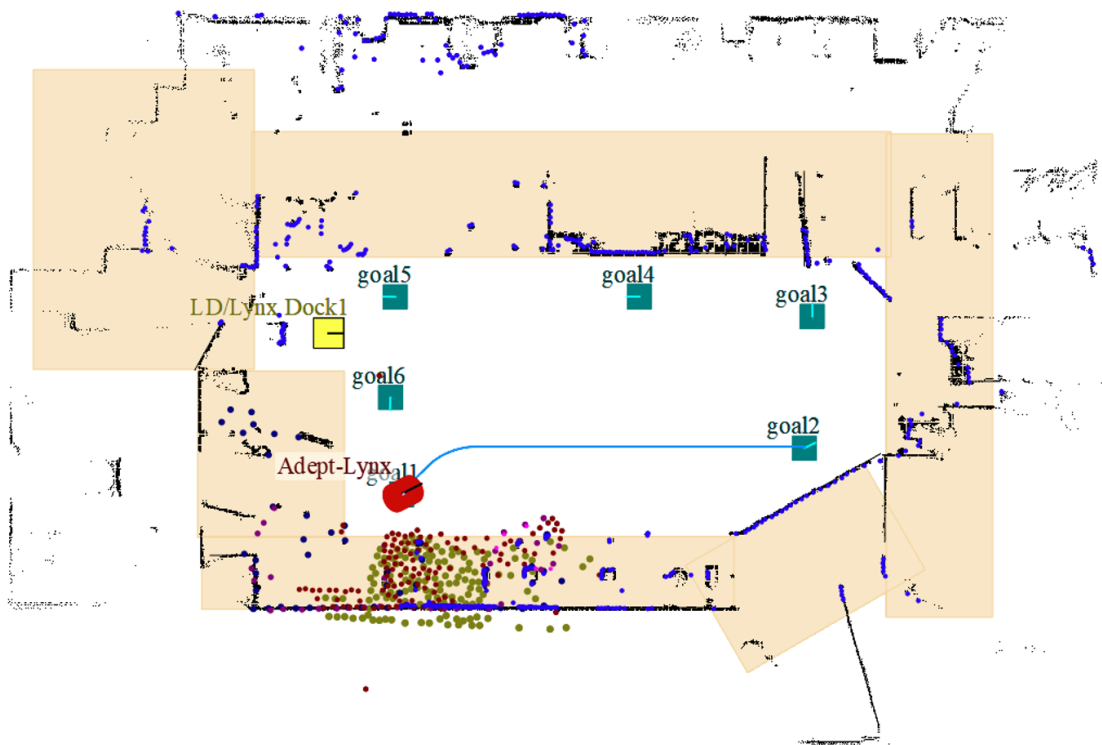
Yleiskuva uudistetusta laboratoriosta löytyy kuvasta 32.



Kuva 32. Seinäjoen ammattikorkeakoulun uudistettu robotiikan laboratorio

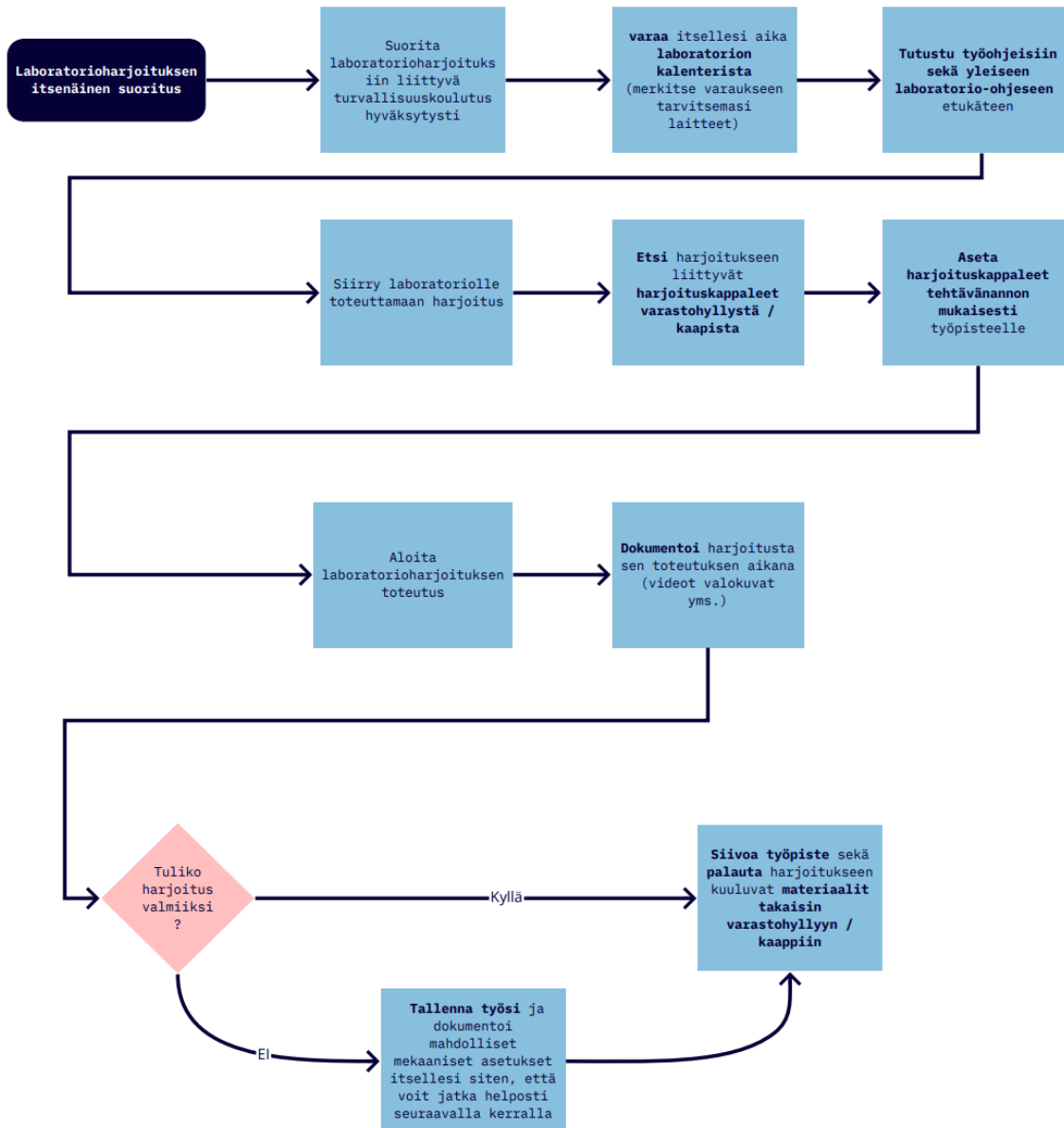
Yhtenä tarkoituksena oli luoda tilan keskelle vapaa alue aikaisemmin yhteistyörobottien kanssa investoitua mobiilirobottia varten. Mobiilirobottia on aikaisemmin pystytty käyttämään vain pienessä tilassa ja tutustumaan sen käytön perusteisiin opetuksessa. Nykyisen muutoksen myötä

robotilla on enemmän liikkumatilaa laboratorioissa ja sen käyttöä on helpompi harjoitella uudistetussa tilassa. Jatkossa mobiilirobotin käyttöä voidaan myös laajentaa TI-linjaston kanssa tekemällä mahdollisia muutoksia linjaston rakenteeseen. Mobiilirobotille luotua liikkumatilaa havainnollistetaan tarkemmin kuviossa 42 esitellyssä karttanäkymässä. Mobiilirobotille voidaan määrittää alueita sekä maaleja. Aluemäärittäyksillä voidaan estää robotin siirtyminen alueelle tai sallia se. Robotin pysähdyspaikat määritellään karttaan merkityillä maaleilla. Robotin toiminta maalin kohdalla pystytään ohjelmoimaan sekä erilaisia reittejä voidaan tehdä lisäämällä halutut maalit niihin. Robotti liikkuu tilassa siinä olevan tutkan avulla sekä hyödyntäen sille opetettua karttaa.



Kuvio 42. Omron LD-90 -mobiilirobotin karttanäkymä

Laboratorion muutoksen aikana kehitettiin myös itsenäisen laboratorioharjoituksen suorituksen prosessimalli. Malli kuvaa miten ideaali laboratorioharjoitusten itsenäinen suoritus tulisi toteuttaa. Luotu prosessimalli on esiteltynä tarkemmin kuviossa 43.



Kuvio 43. Itsenäinen laboratorioharjoitusten toteutuksen prosessimalli

6.10 Kehitystyön aikana opittuja asioita

Toteutetun kehitystyön aikana opittiin paljon uudenlaisia toimintatapoja sekä työkaluja, joita voidaan jatkossa hyödyntää myös muiden laboratoriotilojen kehityksessä. Tavaroiden säilytykseen tulee jatkossa kiinnittää enemmän huomiota ja määrittellä säilytettäville ja tilasta poistettaville tavaroille omat prosessinsa. Opiskelijaprojektien ja hankkeiden materiaalien säilytyksen maksimiaika kannattaa määrittellä ja tuoda selkeästi ilmi myös muille. Määritetyn päivämäärän jälkeen poistetuksi määritellyt tavarat kannattaa poistaa tilasta, tällöin ylimääräisiä välivarastoja ei pääse enää syntymään. Luomalla edellytykset varastoinnille ja määrittämällä tavaroille omat paikkansa tavaroiden palautumisen todennäköisyys kasvaa. Tavaroiden tuodessa tai niitä

pois vietäessä olisi jatkossa hyvä informoida laboratoriosta vastaavaa henkilöä ja hyväksyttää toteuttava muutos ennen sen toteuttamista.

Tilaan tuotaviin opiskelijaprojektien tai hankkeiden materiaaleihin pitää jatkossa lisätä erillinen tietolomake, josta selviää, mihin kyseiset materiaalit kuuluvat, kuka niistä vastaa ja milloin ne on tuotu tilaan. Lomakkeen avulla myös muut tilaa käyttävät tietävät, mihin kyseiset materiaalit liittyvät, eikä niitä vahingossa poistetta tilasta siivouksen yhteydessä. Varastointipäivämäärän avulla voidaan päätellä materiaalien säilytykseen kulunutta aikaa ja mahdollisuuksia tavaran poistamiseen tilasta. Tähän tarkoitukseen käytettävän lomake on havainnollistettu kuviossa 44.



HANKKEISIIN TAI OPETUKSEEN LIITTYVÄÄ MATERIAALIA

Hankkeen / projektin nimi _____

Materiaalien lyhyt kuvaus _____

Mihin materiaalit liittyvät?

- Maksullinen palvelutoiminta
- Opetus
- TKI
- Opinnäytetyö / projektipaja

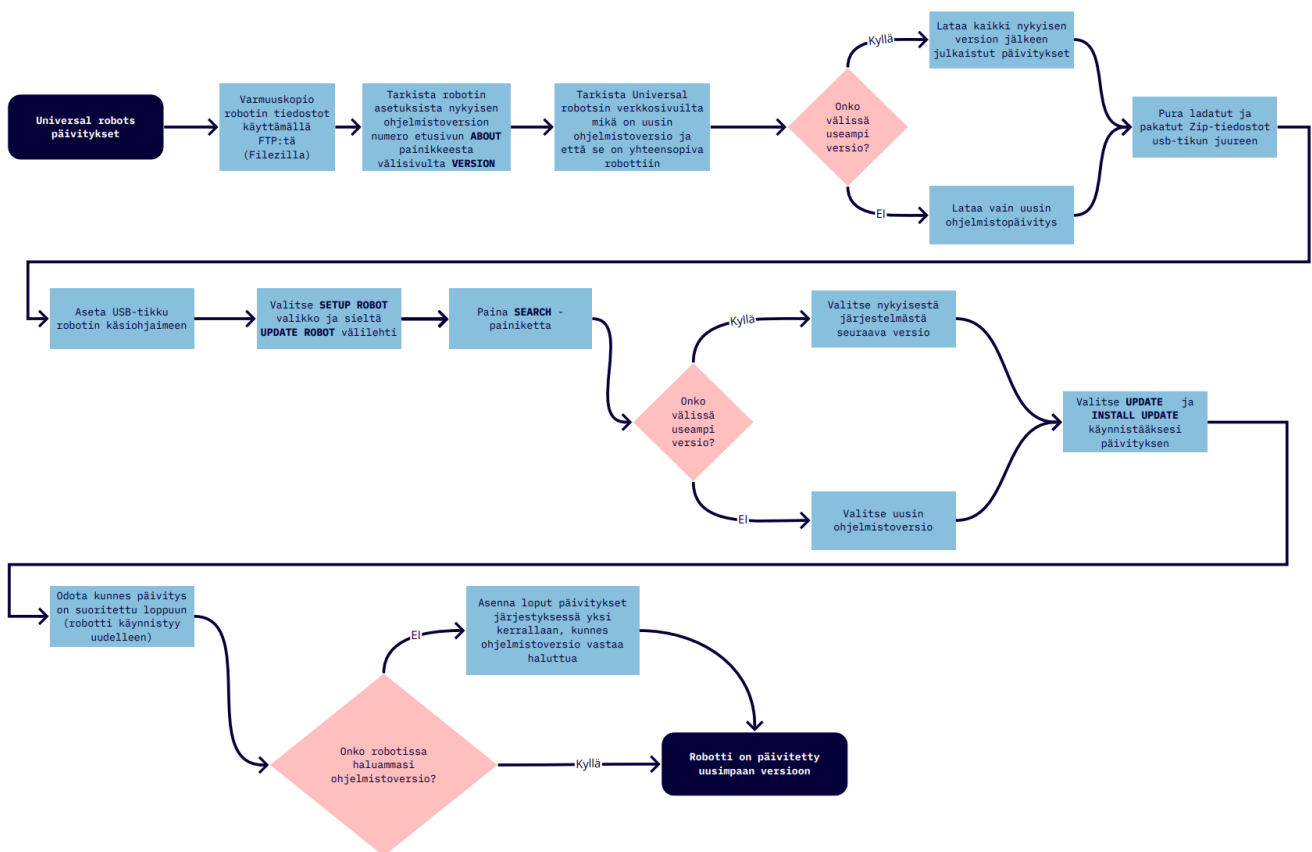
Vastuhenkilöt _____

Päivämäärä _____ /20 _____



Kuvio 44. Materiaalien varastointilomake

Robottien ja muiden laitteiden ohjelmistopäivitykset kannattaa suorittaa suunnitellusti ja keskitetysti. Samalla on suositeltavaa toteuttaa myös laitteisiin luotujen ja tallennettujen ohjelmien ja harjoitustiedostojen säännöllinen poistaminen. Kehitystyön aikana jouduttiin päivittämään yhteistyöroboteihin 5 eri käyttöjärjestelmää, sillä päivityksille ei ollut määritetty vastuuhenkilöä tai ajankohtaa. Jatkossa robottien päivitykset tullaan tekemään keväällä viimeisten kurssien jälkeen ja samalla myös roboteihin luodut ohjelmat poistetaan. Näin saadaan pidettyä myös robotin tallennustila siistinä. Yhteistyörobottien päivitystä varten luotiin erillinen prosessinsa sekä ohjeistus. Yhteistyörobottien päivityksen prosessikaavio on nähtävissä kuviossa 45 sekä tarkemmin liitteessä 4.



Kuvio 45. Yhteistyörobottien ohjelmistopäivityksen prosessikaavio

7 Yhteenveto

Seinäjoen ammattikorkeakoulun tekniikan yksikössä sijaitseva robotiikan laboratorio oli pitkään ollut toiminnan kehittämisen ja uuden layoutin tarpeessa. Robotiikan sekä konenäön opetusta oli lisätty uusien kurssien myötä. Opiskelijoilta saadun palautteen perusteella laboratorion harjoituksia olisi hyvä päästä suorittamaan myös omalla ajalla. Laboratoriossa oli robotiikan ja konenäön lisäksi myös materiaalitekniikan opetukseen liittyvää laitteistoa. Tämän laitteiston kanssa oli kuitenkin hyvin vähän synergiaa. Kevään 2021 laboratorioita koskevassa kehityspalaverissa tuotiin ilmi laboratoriotilan uudelleen organisoiminen. Materiaalitekniikan opetusta varten suunniteltiin viereisen luokkatilan muutosta ja sen myötä lisätilaa vapautui uuden tuotantoautomaation laboratorion käyttöön. Tilaan haluttiin vielä siirtää toisessa kerroksessa oleva Feston valmistama Teollisen Internetin tuotantolinjasto. Linjaston siirtäminen teki uudesta laboratoriotilasta yhtenäisen kokonaisuuden, jossa yhdistyvät teollinen internet, robotiikka sekä konenäkö. Linjan siirron myötä myös uudelle XR-laboratoriolle saatiin oma tilansa vanhasta Teollisen internetin laboratorion tilasta.

Tämän työn tavoitteena oli toteuttaa robotiikan laboratorion layout-muutos sekä parantaa laboratorion valmiuksia laboratorioharjoitusten itsenäiselle suorittamiselle. Työn keskeisimpänä toimenpiteenä oli siirtää Teollisen Internetin tuotantolinjasto osaksi laboratoriota ja käyttöönottaa se uudessa ympäristössä. Linjaston siirto toimi myös koko layoutin kannalta ratkaisevana komponenttina, jonka sijainti vaikutti myös muiden ympäristössä olevien laitteiden sijoitteluun. Layout-muutos mahdollisti samalla koko laboratorion kokonaisvaltaisen siivouksen sekä ylimääräisestä tavarasta eroon pääsemisen. Yksittäisiä konenäön ja robotiikan työpisteitä päivitettiin ja luotiin uudenlaisia mahdollisuuksia laitteiden käytölle. Laboratoriotilaan tehtiin myös mittava aliverkon suunnittelu ja muutostyö, joka mahdollistaa tilassa olevien laitteiden välisen kommunikoinnin. Tilaan tehtiin myös lukuisia pienempiä muutoksia Lean 5S -työkalun avulla, jonka taustaa ja käyttöä käydään tarkemmin läpi teoreettisessa viitekehityksessä. Kehitystyön päätteeksi tilasta saatiin luotua selkeämpi ja paremmin hallittava kokonaisuus.

Opinnäytetyö oli melko laaja ja pelkästään robotille tehdystä konenäkörajapinnasta olisi saanut oman tutkimuksensa. Tehtävä muutos vaikutti kuitenkin voimakkaasti ympäristöön, jossa opinnäytetyön tekijä toimii laboratoriovastaavana. Tästä syystä opinnäytetyön tekeminen oli mielekästä ja sen toteuttaminen onnistui oman työn ohella. Kehitysprojekti loi mahdollisuudet toteuttaa asioita, joiden toteuttamisesta oli jo pitkään puhuttu, mutta joille ei ollut aiemmin löytynyt aikaa tai resursseja. Kehitysprojektissa yhdistyivät hyvin tekijän aikaisempi

automaatioinsinöörin työkokemus ja uutena syvällisempänä aiheena Lean-filosofia ja siihen liittyvät työkalut ja niiden hyödyntäminen. Kirjallisuutta Lean ja 5S:n toteutukseen tuli ostettua ja sitä on tarkoitus hyödyntää myös jatkossa vastaavanlaisten muutosten toteutuksessa. Opinnäytetyön toteutus innosti myös Lean 5S -työkalun mukaisen siisteyden ja järjestyksen käyttöönottamisen opinnäytetyön tekijän omassa autotallissa.

Toteutetussa kehitystyössä onnistuttiin hyvin ja tilan layoutista saatiin toimiva. Teollisen Internetin tuotantolinjaston siirtäminen tilaan on luonut tilasta täysin uudenlaisen esittelykohteen vierailijoille. Aikaisemmin TI-linjasto oli yksinään suosittu vierailukohde ja muiden laboratorioiden esittely on jäänyt sen varjoon. Nyt laitteiden ollessa samassa tilassa, tulevat linjaston sekä tilassa olevien muiden laitteiden välinen yhteys paremmin esiin. Tilassa on käynyt vierailemassa syksyn 2021 monia arvovaltaisia vieraita kuten Eduskunnan sivistysvaliokunta, Tiede- ja kulttuuriministeri sekä Etelä-Pohjanmaan vientikilta. Uudistetun layoutin ansiosta tila on helpompi pitää siistinä ja keskellä oleva tyhjä tila tekee tilasta avoimemman. Uusittujen aliverkkojen avulla kaikki tilassa olevat laitteet on kytketty samaan verkkoon. Tämä mahdollistaa laitteiden välisen kommunikoinnin jatkossa. Verkosta pääsee myös ulkoverkkoon, mikä mahdollistaa tulevaisuudessa datan keräämisen tilassa olevista laitteista ja sen analysoinnin esimerkiksi tekoälyn avulla. Yksittäisten työpisteiden käytettävyyttä saatiin parannettua muokkaamalla työpisteiden rakennetta ja opetuslaitteistojen osia. Varastointiin ja protoiluun käytettävien osien vakiointiin panostaminen on luonut myös tilan käyttöön selkeyttä ja vähentänyt turhaa etsimistä. Luodun varausjärjestelmän avulla laboratorion työpisteiden varaaminen ja varausten tilan seuranta on helpottunut. Opinnäytetyöksi määritelty kehitystyö on saatu päätökseen mutta tilan kehitys jatkuu edelleen ja vuoden 2021 mennessä myös muiden laboratoriotilojen muutosten pitäisi olla valmiita. Materiaalitekniikan laitteiston siirtyminen tilasta vapauttaa jatkossa lisätilaa esimerkiksi pienelle työpajalle. Tämä kuitenkin tulee selviämään tarkemmin seuraavien kuukausien aikana.

Laboratorion muutos mahdollistaa tulevaisuudessa uudenlaisten oppimiskokonaisuuksien toteuttamisen. Roboteissa olevat rajapinnat mahdollistavat robottien välisen yhteistyön tekemisen ja liittämällä siihen mukaan myös TI-linjasto voidaan laboratoriotilaan luoda kokonaan uusi tuotantolinjasto, johon kaikki laboratoriossa olevat laitteet kuuluvat. TI-linjasto on pitkään ollut vain esittelykäytössä ja se onkin insinööriopintoja aloittavalle hieno referenssikohde automatisoidusta tuotantolinjastosta. Linjaston sisältämään tekniikkaan tutustutaan myös opintojen aikana. Tulevaisuudessa opintoja voisi yhdistää vielä enemmän käytäntöön hyödyntämällä

linjastoa ja liittää siihen esimerkiksi erilaisia kehitystehtäviä. Tilassa olevista roboteista on saatavissa valtavasti erilaista dataa avoimien rajapintojen kautta, mutta sen keräämistä ei ole vielä toteutettu. Tulevaisuudessa myös roboteista voitaisiin kerätä dataa, jota voitaisiin hyödyntää osana opetusta. ABB:n robottisolun modernisoiminen on tullut myös ajankohtaiseksi ja sen toteutukseen tarvittavat komponentit on jo hankittu. Toteutuksen ajankohta on vielä päättämättä. Tarkoituksena on poistaa osa robottisolua ympäröivästä turva-aitauksesta ja korvata se turvalaserskannerilla. Muutoksen myötä robottisolusta tulee avoimempi sekä modernilla turvratkaisulla varustettu. Tämä luo jälleen laboratoriolle uudenlaista modernia ilmettä. Laboratorio tulee jatkossa tarjoamaan muutosten myötä entistä monipuolisempia mahdollisuuksia robotiikan ja konenäön opetukselle ja maksullisen palvelun testaustoiminnalle.

LÄHTEET

- Buzan, T. (2012). *The ultimate book of mind maps*. HarperCollins
- George, M., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean six sigma pocket toolbox*. George group.
- Heikkinen, T. (2020). *Sähköosaston oppimisympäristön suunnittelu*. Savonia. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/333153/Heikkinen_Tatu.pdf
- Kananen, J. (2012). *Kehittämistutkimus opinnäytetyönä: Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas*. Jyväskylän ammattikorkeakoulu
- Karjalainen, T. (2014). *Lean – teesien maailma*. Quality knowhow Karjalainen Oy.
- Korhonen, J. (2020). *Kone- ja tuotantotekniikan oppimisympäristön kehittäminen*. Savonia. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/338907/Korhonen_Jouni.pdf
- Kortejärvi, P. (2018). *Lean Safety työkirja*. Työturvallisuuskeskus. https://ttk.fi/files/6395/Lean_Safety_Tyokirja_201804.pdf
- Koskinen, J. (2011). *Lean-ajattelun soveltaminen AMK-opetuslaboratorioympäristössä*. Hämeen ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/33365/Joni_Koskinen.pdf
- Kouri, I. (2009). *Lean: Taskukirja*. Teknologiainfo Teknova
- Lahti, K. (2020). *5S-menetelmän käyttöönotto analyysilaboratoriossa*. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/343486/Lahti_Karoliina.pdf
- Lepistö, J. (2016). *5S:n käyttöönotto SeAMK autolaboratorioon*. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/109510/5S-SeAMK.pdf>
- Logistiikan maailma. (2021). *Tuotannon layout*. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>
- Majava, T., & Piirainen, A. (2021-a). *Leanpodi jakso 1 – Trendiliinaus* [podcast]. Lean podi. <https://www.leanpodi.fi/podcast/leanpodi-jakso-1/>
- Majava, T., & Piirainen, A. (2021-b). *Leanpodi jakso 3 – Jatkuva parantaminen* [podcast]. Lean podi. <https://www.leanpodi.fi/podcast/leanpodi-jakso-3/>
- Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P., & Lyly-Yrjänäinen, J. (2016). *Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa*. Edita.

- Miro. (2021-a). *Concept Map Template*. <https://miro.com/templates/concept-map-maker/>
- Miro. (2021-b). *Collaborative mind mapping*. <https://miro.com/mind-map/>
- Miro. (2021-c). *Fishbone diagram template*. <https://miro.com/templates/fishbone-diagram/>
- Moisio, J. (2012). *5S & muut perus-Leantyökalut työolosuhteiden helpottajana ja tuottavuuden tukena*. Qualitas Fennica Oy. <https://docplayer.fi/65791183-5s-muut-perus-leantyokalut-tyoolosuhteiden-helpottajana-ja-tuottavuuden-tukena.html>
- Morgan, J., & Brenig-Jones, M. (2016). *Lean six sigma for dummies* (3rd edition). John Wiley & Sons Ltd
- Ojasalo, K., Moilanen, T., & Ritalahti, J. (2015). *Kehittämistyön menetelmät*. SanomaPro.
- Pentti, O. (2014). *Applying the Lean 5S method to laboratories and prototype shops*. Turun ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80580/Pentti_Os-kari.pdf
- Sayer, N. J., & Williams, B. (2012). *Lean for dummies* (2nd edition). John Wiley & Sons Inc.
- Scotchmer, A. (2008). *5S Kaizen in 90 minutes*. Management Books 2000.
- Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK). (2021-a). *Seinäjoen ammattikorkeakoulun toiminta*. <https://www.seamk.fi/seamk-info/organisaatio/seamkin-toiminta/>
- Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK). (2021-b). *Seinäjoen ammattikorkeakoulun info: kampus*. <https://www.seamk.fi/seamk-info/kampus/>
- Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK). (2021-c). *Seinäjoen ammattikorkeakoulun info: organisaatio*. <https://www.seamk.fi/seamk-info/organisaatio/>
- Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK). (2021-d). *Seinäjoen ammattikorkeakoulun strategia ja laatu*. <https://www.seamk.fi/seamk-info/organisaatio/strategia-ja-laatu/>
- Seinäjoen ammattikorkeakoulu (SeAMK). (2021-e). *SeAMK – Paras ammattikorkeakoulu opiskelijalle*. <https://www.seamk.fi/hakijalle/seamk-paras-korkeakoulu-opiskelijalle/>
- Sixsigma. (2021). *Mitä Lean on*. <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>
- Stoor, T., Kilponen, T., & Jokinen, T. (2020). *5S on tehokkaan ja turvallisen työympäristön perusta*. Oulun ammattikorkeakoulu, konetekniikan osasto. <https://www.oamk.fi/images/Hankkeet/Potkua/lean-erikoisnumero.pdf>
- Tuominen, K., & Malmberg, L. (2010). *Lean - kohti täydellisyyttä: Itsearviointin oppi- ja työkirja: mikä erottaa menestyjät keskinkertaisista?* Readme.fi.

- Tuominen, K., & Malmberg, L. (2021). *Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen - 5S: Mikä erottaa menestyjät keskinkertaisista?* Oy Benchmarking Ltd.
- Valli, R., & Aarnos, E. (2018). *Ikkunoita tutkimusmetodeihin: 1, metodin valinta ja aineistonkeruu: vinkkejä aloittelevalle tutkijalle*. PS-kustannus.

LIITTEET

Liite 1. Robotiikan laboratorion uudistettu layout

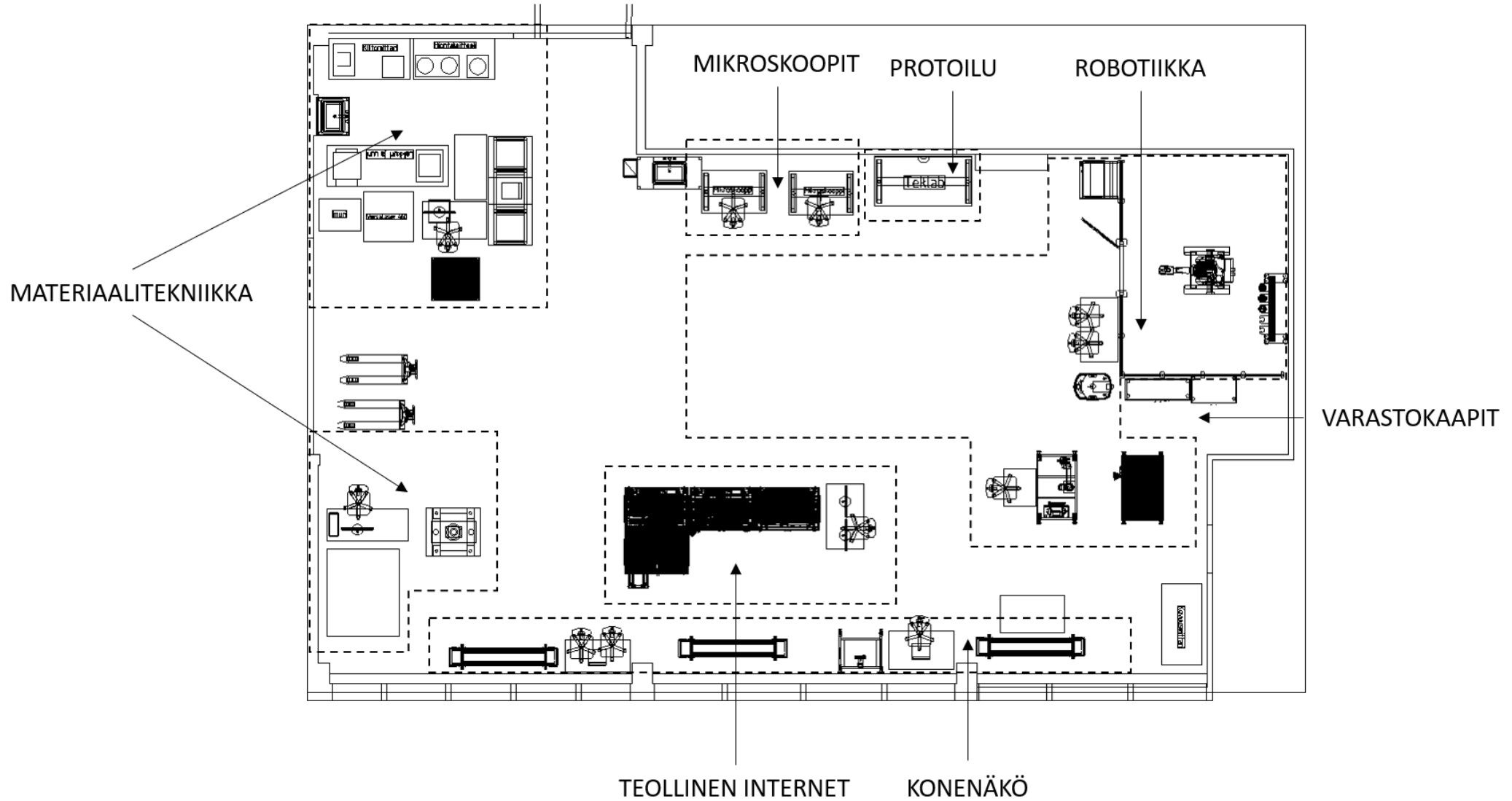
Liite 2. Itsenäisesti toteutettavan laboratorioharjoituksen prosessimalli

Liite 3. Materiaalin säilytyksen esitietolomake

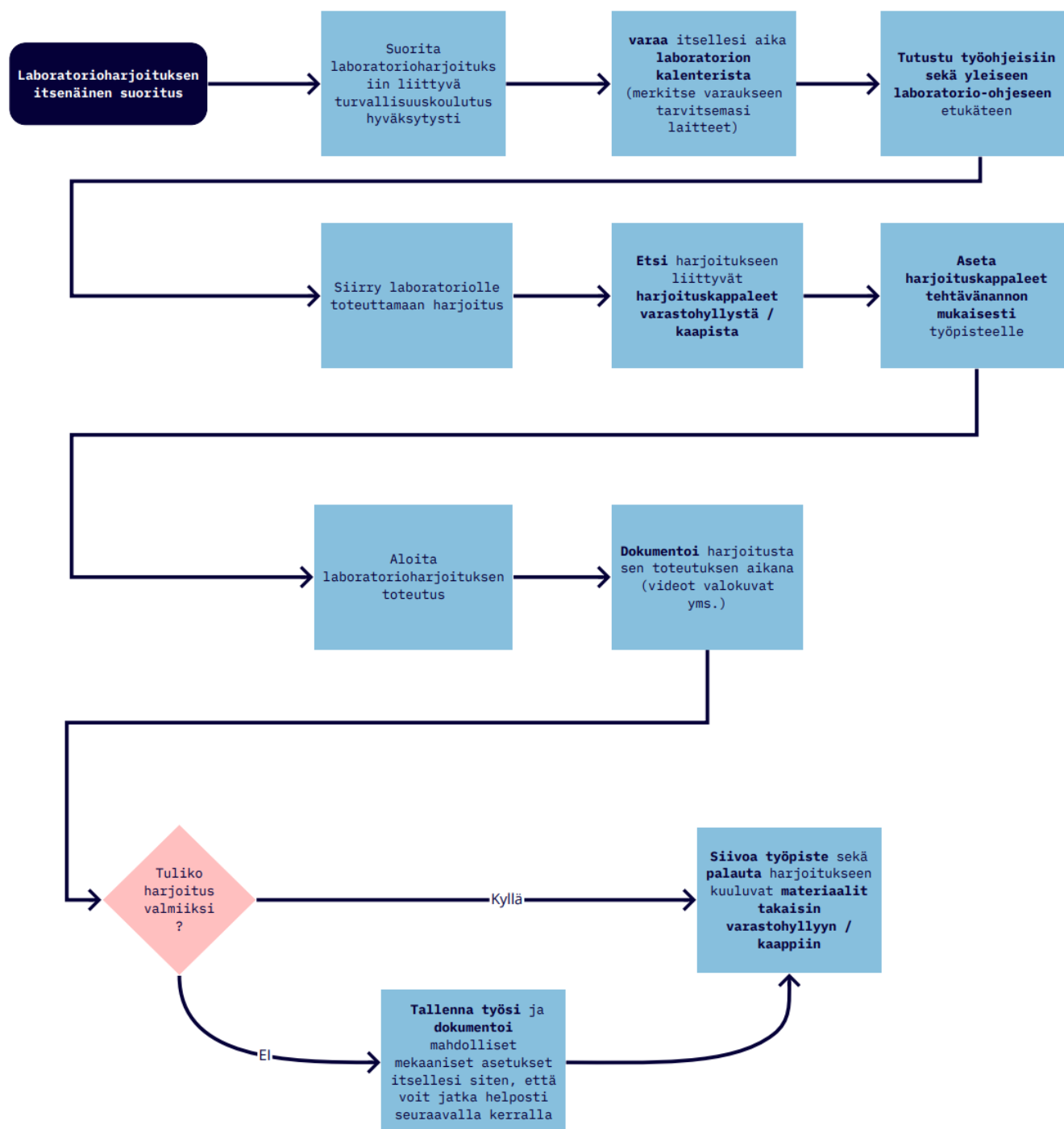
Liite 4. Yhteistyörobottien ohjelmistopäivityksen prosessi

Liite 5. Työpisteen varauksen infolomake

Liite 1. Robottiikan laboratorion uusi layout



Liite 2. Laboratorioharjoitusten itsenäisen suorituksen prosessimalli



Liite 3. Materiaalin säilytyksen esitietolomake



HANKKEISIIN TAI OPETUKSEEN LIITTYVÄÄ MATERIAALIA

Hankkeen / projektin nimi _____

Materiaalien lyhyt kuvaus _____

Mihin materiaalit liittyvät?

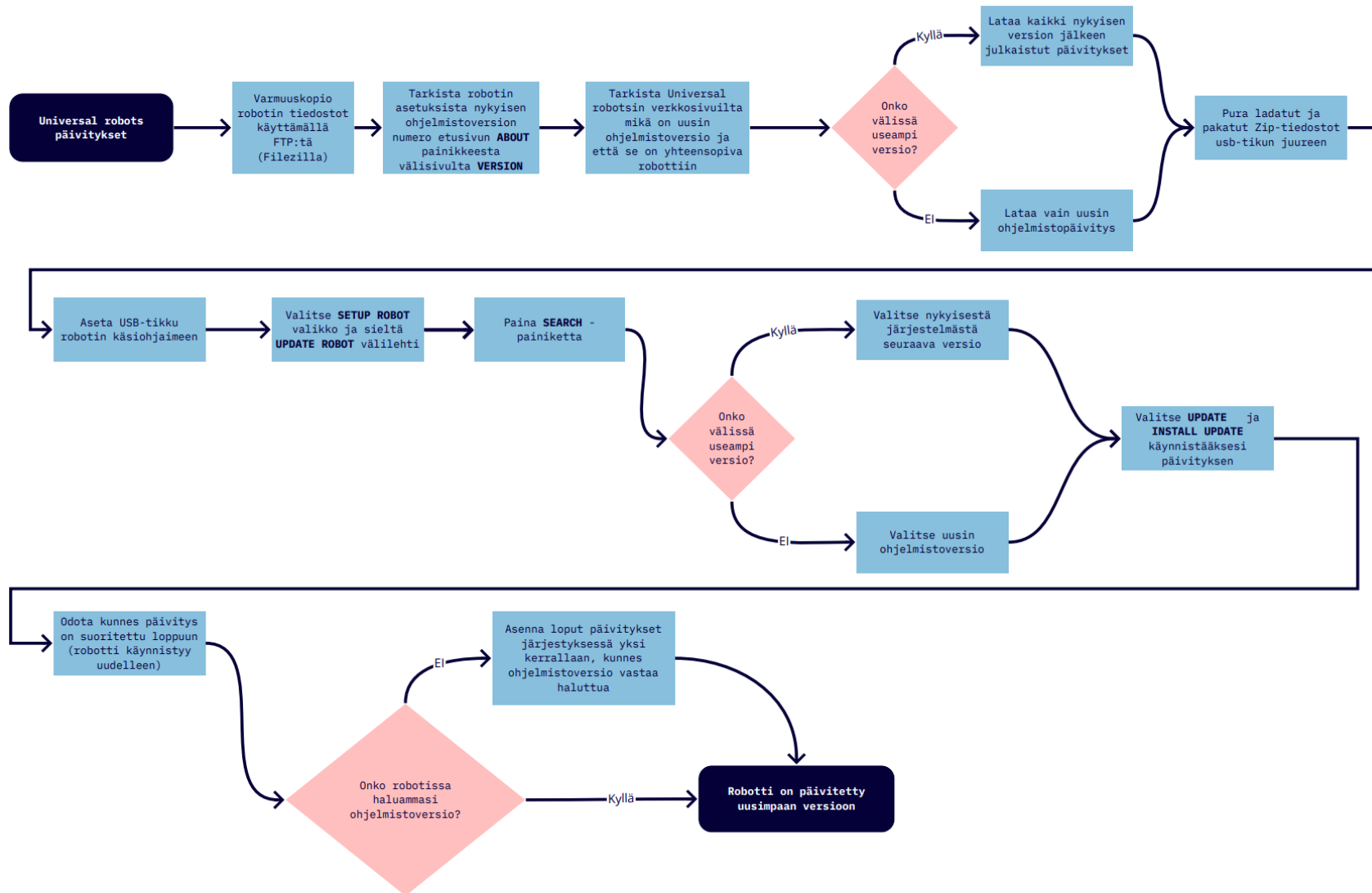
- Maksullinen palvelutoiminta
- Opetus
- TKI
- Opinnäytetyö / projektipaja

Vastuhenkilöt _____

Päivämäärä _____ /20_____



Liite 4. Yhteistyörobottien ohjelmistopäivityksen prosessi



Liite 5. Työpisteen varauksen infolomake



TYÖPISTE VARATTU

Hankkeen / projektin nimi _____

Työpiste varattuna

Aloitus _____ . _____ /20 _____ KLO _____ : _____

Lopetus _____ . _____ /20 _____ KLO _____ : _____

Varauksen tekijä _____

HUOMIO!

ÄLÄ TEE MUUTOKSIA LAITTEEN KYTKENTÖIHIN TAI OHEISLAITTEIDEN
PAIKOITUKSIIN. KAIKKI PALAUTETAAN TAKAISIN PAIKALLEEN
VARAUKSEN PÄÄTTYÄ

