

Factory Cockpitin hyödyntäminen TAMK Fieldlabin tuotannonohjauksessa

Joni Möykkymäki

OPINNÄYTETYÖ
Lokakuu 2024

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

MÖYKKYMÄKI, JONI:

Factory Cockpitin hyödyntäminen TAMK Fieldlabin tuotannonohjauksessa

Opinnäytetyö 32 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Lokakuu 2024

Opinnäytetyössä tutkittiin Fastems Factory Cockpit -järjestelmän mahdollisia hyötyjä tuotannon johtamisessa sekä esiselvitystä järjestelmän käyttöönotosta Tampereen ammattikorkeakoulun (TAMK) Fieldlabin tiloihin. Factory Cockpit tarjoaa edistyneitä ominaisuuksia, joita voidaan soveltaa tuotannonohjauksessa, mikä tekee siitä houkuttelevan vaihtoehdon TAMKille, erityisesti jo käytössä olevien Fastemsin järjestelmien integrointimahdollisuuksien vuoksi.

Opinnäytetyö perustuu Fastemsilta ja Tasowheelilta saatuihin tietoihin, jotka tarjoavat tietoa järjestelmän käytöstä käytännössä. Tutkimuksessa keskityttiin Factory Cockpitin käyttöönoton vaatimukseen, sen tarjoamiin hyötyihin sekä erilaisten tuotantoprosessien optimointimahdollisuuksiin. Lisäksi käsitellään tiedolla johtamista sekä lean-ajattelua.

Tutkimuksen tulokset osoittavatkin, että Factory Cockpit -järjestelmä tarjoaa merkittäviä hyötyjä tuotannon johtamisessa, erityisesti reaaliaikaisen datan visuaalisen esittämisen avulla, mikä helpottaa tiedonsaantia, läpinäkyvyyttä ja päätöksentekoa. Järjestelmän käyttöönotto TAMK Fieldlab:ssa on sujuvaa olemassa olevien MMS- ja WCO-järjestelmien ansiosta, mikä mahdollistaa tuotantodatan tehokkaan siirtämisen ja optimoinnin järjestelmään. Opinnäytetyön tulokset viittaavatkin siihen, että Factory Cockpit -järjestelmää voisi hyödyntää myös opetusvälineenä TAMKin tuotantotekniikan opetuksessa, tarjoten käytännön kokemusta visuaalisesta tuotannon johtamisjärjestelmästä ja sen optimointimahdollisuuksista tuotannossa. Lisäksi järjestelmä voisi edistää laajempaa yhteistyötä yhdistämällä Tampereen yliopiston (TAU) ja Tampereen seudun ammattiopiston (Tredu) tuotantokoneet saman järjestelmän alle.

Asiasanat: Factory Cockpit, tuotannonohjaus, tiedolla johtaminen, lean-ajattelu, digitalisaatio

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

MÖYKKYMÄKI, JONI:

Utilizing the Factory Cockpit in Production Control at TAMK Fieldlab

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 0 pages
October 2024

This thesis investigated the potential benefits of the Fastems Factory Cockpit system in production management, along with a feasibility study on its implementation in Tampere University of Applied Sciences (TAMK) Fieldlab facilities. Factory Cockpit offers advanced production control features, making it an attractive option for TAMK, particularly due to existing integration capabilities with Fastems systems.

The thesis was based on information obtained from Fastems and Tasowheel providing practical insights into the system's usage. The study focused on the requirements for implementing Factory Cockpit, its benefits, and optimization possibilities for various production processes. Additionally, it discussed data-driven management and lean thinking.

The findings indicate that the Factory Cockpit system significantly enhances production management, particularly through visual representation of real-time data, facilitating information accessibility, transparency, and decision-making. Integration into TAMK Fieldlab is streamlined due to the existing MMS and WCO systems, enabling an efficient transfer and optimization of production data within the system. The thesis suggests that Factory Cockpit could also serve as an educational tool in TAMK's production engineering education, offering practical experience with visual production control systems and their optimization capabilities. Furthermore, the system could foster greater collaboration by integrating Tampere University's (TAU) and Tampere Vocational College's (TREDU) production machines under a unified system.

Key words: factory cockpit, production management, data-driven management, lean thinking, digitalization

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TUTKIMUKSEN TAUSTA	7
	2.1 TAMK Fieldlab nykytila.....	7
	2.2 Automaattioratkaisu ja Fastems ja Machinometrics	7
3	OHJAUSJÄRJESTELMÄT	9
	3.1 MES	9
	3.2 FMS	10
	3.3 MMS.....	10
	3.4 WCO	11
	3.5 Factory Cockpit	12
4	TIETOJOHTAMINEN	14
	4.1 Data, informaatio ja tieto	14
	4.2 Lean-ajattelu	15
5	SELVITYS FACTORY COCKPITIN KÄYTTÖÖNOTTOA VARTEN	16
6	FACTORY COCKPIT -JÄRJESTELMÄ TUOTANNONOPTIMOINNIN JA TIETOJOHTAMISEN TYÖKALUNA	17
	6.1 Visuaaliset näkymät	17
	6.2 Mittarit	22
7	DIGITALISAATION VAIKUTUS TUOTANNOSSA	25
8	CASE STUDY	27
	8.1 Tasowheel Oy	27
	8.2 Factory Cockpit Tasowheelillä.....	27
9	POHDINTA	29
	LÄHTEET	30

LYHENTEET JA TERMIT

MES	Tuotannonohjaus, (Manufacturing Execution System)
MESA	Manufacturing Enterprise Solutions Association
FMS	Joustava tuotantojärjestelmä, (Flexible Manufacturing System)
MMS	Tuotannonohjausjärjestelmä, (Manufacturing Management Software)
WCO	Tuotantosolun operaatiot, (Work Cell Operations)
MTBF	Keskimääräiset vikaantumisvälit, (Mean Time Between Failures)
MTTR	Keskimääräiset korjausajat, (Mean Time To Repair)
OEE	Kokonaistehokkuus, (Overall Equipment Efficiency)
APS	Tuotannonsuunnittelujärjestelmä, (Advanced Planning and Scheduling)
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä, (Enterprise Resource Planning)
KPI	Suorituskyvyn tai tehokkuuden avainmittari, (Key Performance Indicator)
API	Ohjelmointirajapinta, (Application Programming Interface)
Lean	Johtamisfilosofia, jossa keskitytään tehokkuuden maksimointiin ja jatkuvaan parantamiseen.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia Fastems Factory Cockpitin mahdollisesti tuomia hyötyjä tuotannon johtamisessa, sekä esiselvitystä järjestelmän käyttöönotosta TAMK Fieldlabin tiloissa.

Tarkoituksena on tutkia Factory Cockpitiä, joka on uudehko ja jatkuvasti kehitettävä analytiikka ohjelmisto konepajoille, jota voidaan hyödyntää mm. tiedolla johtamisen työkaluna. Tämä valikoitui TAMKille, koska Fieldlabissa on tällä hetkellä Fastemsin MMS WCO -tuotannonohjaus järjestelmä, jonka integrointi Factory Cockpitiin pitäisi olla suhteellisen yksinkertainen prosessi. Tulevaisuudessa suunnitelmana on yhdistää TAMK, TAU ja Tredu tuotantokoneet Factory Cockpit järjestelmään.

Opinnäytetyössä kerätään aineistoa Fastemsin pitämistä esityksistä kyseisestä järjestelmästä sekä Tasowheel Oy:n vierailulta, missä järjestelmä on otettuna jo käyttöön. Näiden avulla selvitetään käyttöönoton selvittelyä sekä järjestelmän tuomista hyödyistä ja ominaisuuksista tuotantoon.

Opinnäytetyössä keskitytään erityisesti Factory Cockpit -järjestelmään, sen käyttöönoton vaatimukseen sekä järjestelmän ominaisuuksiin ja hyötyihin. Lisäksi tarkastellaan järjestelmän erilaisia tunnuslukuja ja niiden hyödyntämistä tiedolla johtamisessa. Tutustutaan erilaisiin järjestelmiin mitä TAMK Fieldlabissa on ja miten digitalisaatio on vaikuttanut tuotannon puolella ajansaatossa.

2 TUTKIMUKSEN TAUSTA

2.1 TAMK Fieldlab nykytila

TAMK Fieldlab on innovatiivinen kokeilu- ja oppimisympäristö, joka mahdollistaa Industry 4.0 -teknologian kokeilut. Tämä ympäristö tarjoaa laadukkaita resursseja ja mahdollisuuksia yrityksille, opiskelijoille ja henkilökunnalle edistämään innovaatioita ja vastaamaan teollisuuden muutostarpeita. TAMK Fieldlabin tavoitteena on luoda alusta, jossa voidaan kehittää ja testata uusia tuotantomenetelmiä, prosesseja ja teknologioita kokeiluympäristössä. Tarjoten täten teoreettista osaamista sekä käytännön taitojen kehittämistä. (TAMK FieldLab n.d)

Fastems MMS WCO -järjestelmän asennus TAMK Fieldlabin tiloihin viime vuoden puolella on merkittävä askel kohti edistyksellistä tuotannon opetusta. Järjestelmään on liitetty kymmenen kuormituspistettä pääosin 1-tason liitännällä, joista viisi konetta on tarkoitus liittää 2-tason liitäntä ja yhteen 4-tason liitäntä. Näihin kuormituspisteisiin kuuluu lastuavia CNC-koneita, koordinaattimittakone, erilaisia robotteja ja vannesaha.

Tämä avaa uusia mahdollisuuksia monipuolisen kokeilun ja kehittämisen tuotanto- ja automaatioprosesseissa. Esimerkiksi järjestelmän avulla pystytään simuloimaan ja optimoida tuotannon prosesseja, mikä tukee alan innovaatiota ja parantaa kilpailukykyä.

2.2 Automaattioratkaisuja Fastems ja Machinematics

Fastems Oy Ab on johtava toimittaja joustaville automaattioratkaisuille metalliteollisuudessa. Tällä perheomisteisella yhtiöllä on jo yli 40 vuoden kokemus monista eri työstökone- ja ohjelmistomerkeistä, joita on asennettuna globaalisti tuhansia. Fastemsin tehtävänä on auttaa teollisuuden valmistajia parantamaan tuottavuuttaan ja kannattavuuttaan luomalla kilpailukykyistä ja kestäväää valmistusta. Toimittamalla paletti- ja robottiautomaattioratkaisuja, jotka ovat varustettuina tuotannon suunnittelu- ja toteutusohjelmistolla, MMS:llä. Lisäksi tarjoten ratkaisuja itsenäisten työstökoneiden tuotannon ja resurssien suunnittelun

automatisoimiseksi ja tukemalla järjestelmiä laajalla palveluvalikoimalla. (Fastems n.d.4). Fastemsin digitaalisten tuotteiden joukosta löytyy uusin ohjelmisto, Factory Cockpit, joka tukee älykästä tuotannonhallintaa. Tämä järjestelmä tarjoaa kattavan näkymän tehtaan toimintoihin ja mahdollistaa tuotannon tehokkuuden parantamisen reaaliaikaisen datan avulla. TAMK onkin kiinnostunut hankkimaan kyseisen järjestelmän Fieldlab-tiloihinsa, mikä mahdollistaisi oppimaan ja tutkimaan syvällisempää tuotannon johtamista.

MachineMetrics on yhdysvaltalainen yritys, mikä on perustettu vuonna 2015. Tämä yritys myös valmistaa markkinoille saman tyyppistä järjestelmää, mitä Factory Cockpit on. Keskittyen teollisen internetin (IoT) ratkaisuihin teollisuudessa. Tarjoten alustan, joka mahdollistaa tuotannon reaaliaikaista seuranta ja analytiikkaa, näin auttaen valmistajia optimoimaan koneiden toimintaa ja lisäämällä tuottavuutta datan perusteella. (MachineMetrics 2021)

3 OHJAUSJÄRJESTELMÄT

3.1 MES

MES (Manufacturing Execution System) kutsutaan yleisesti tuotannonohjausjärjestelmäksi, johon on yhdistettynä erilaisia hallintakomponentteja. Se tarjoaa yhteisen käyttöliittymän ja tietojen hallintajärjestelmän. MES-konsepti syntyi teollisuuden tarpeesta täyttää markkinoiden vaatimukset reagoitakyvyn, laadun, standardien noudattamisen, kustannusten ja aikarajojen näkökulmasta. Näin ollen MES-toiminnot ovat ensisijaisesti suunnattuja valmistustoimintoihin, jotka ovat yritysten pääasiallinen lisäarvon lähde. (Saenz de Ugarte, Artiba & Pellerin 2009, 525)

MESA (Manufacturing Execution Solutions Association) -organisaatio aloitti MES-standardoinnin yhdessä markkinoiden tärkeimpien toimijoiden kanssa ja identifioi 11 keskeisintä toimintoa, jotka vastaavat monenlaisten valmistusympäristöjen tarpeita. Nämä toiminnot ovat:

- Toiminta/yksityiskohtainen aikataulus
- Prosessinhallinta
- Dokumenttien hallinta
- Tietojen keruu ja hankinta
- Työvoiman hallinta
- Laadunhallinta
- Tuotantoyksiköiden lähettäminen
- Ylläpidon hallinta
- Tuoteseuranta
- Suorituskyvyn analysointi
- Resurssien kohdentaminen ja status (Saenz de Ugarte ym. 2009, 526-527)

3.2 FMS

Vuoden 1960 puolivälissä kilpailu markkinoilla kiristyi, ja vuosien 1960–1970 aikana kustannukset olivat ensisijainen huolenaihe, kunnes myöhemmin laatu nousi etusijalle. Markkinoiden muuttuessaan yhä monimutkaisemmiksi toimitusnopeudesta tuli asiakkaille tärkeä tarve. Laadittiin uusi strategia, muokattavuus. Yritysten on sopeuduttava toimintaympäristöönsä ollakseen joustavampia toiminnassaan ja täyttääkseen erilaisia markkinasegmenttejä. Näin ollen FMS innovaatio liittyi osaksi kilpailukyvyn saavuttamiseen. Ketterä valmistaja on nopein markkinoilla, joka toimii alhaisimmilla kokonaiskustannuksilla ja kykenee saamaan positiivista asiakaspalautetta. FMS on yksinkertaisesti yksi tapa, jonka avulla valmistajat voivat saavuttaa tämän ketteryyden. (Shivanand, Benal, Koti 2006, 22)

FMS- järjestelmä on asetelma koneista, jotka ovat yhteydessä samaan kuljetusjärjestelmään. Kuljetin kuljettaa työkappaleet koneille lavoilla tai muilla liitännäiskäytöksillä, jotta työkoneen rekisteröinti on tarkkaa, nopeaa ja automaattista. Keskuksietokone ohjaa koneita ja kuljetusjärjestelmää. FMS:ää kutsutaan joustavaksi, sillä se pystyy käsittelemään samanaikaisesti erityyppisiä osia työasemilla ja tuotantomääriä voidaan säädellä vaihtuvan kysynnän mukaan. (Shivanand ym. 2006, 23)

FMS- järjestelmä koostuu kolmesta peruskomponentista, joita ovat työasemat, automaattinen materiaalinkäsittely-, varastointijärjestelmä ja tietokoneohjausjärjestelmä. Työasemiin kuuluu esimerkiksi koneistuskeskukset, lastaus- ja purkuasemat, kokoonpanotyöasemat ja tarkastusasemat. Automaattinen materiaalinkäsittely- ja varastointijärjestelmä pystyy kuljettamaan työkappaleita itsenäisesti työasemien välillä tarpeen mukaan ja tarvittaessa varastoimaan niitä väliaikaisesti. Tietokoneohjausjärjestelmä ohjaa esimerkiksi jokaisen työaseman toimintaa, jakaa ohjauskäskyjä, huolehtii tuotannonohjauksesta sekä suorituskyvyn seurannasta ja raportoinnista. (Shivanand ym. 2006, 23–24)

3.3 MMS

Fastemsin MMS- järjestelmä on teollisuuden edistyksellisin tuotannon suunnittelu- ja toteutusohjelmisto, joka pysyy jatkuvasti askeleen edellä automaattisesti

laskemalla optimoidun tuotantovirran sekä tarvittavat resurssit (NC-ohjelmat, koneet, työkalut, kiinnikkeet ja materiaalit) tilausten perusteella. MMS asettaa automaattisesti aikataulutuksen jokaiselle työpisteelle ja koneelle, seuraten ja sopeutuen muutoksiin reaaliajassa. (Fastems n.d.3)

Tuotannonohjausjärjestelmällä on neljä eri kytkentätasoa. Tason yksi liitännät eivät suoraan yhdistä työstökoneita järjestelmään, mutta mahdollistavat tuotannon suunnitelmaa sekä työjonojen hallintaa. Tason kaksi liitännällä pystytään valvomaan statusta. Tason kolme liitännä mahdollistaa NC-ohjelmien siirron työstökoneen ja järjestelmän välillä sekä työkalujen tarkistuksen. Tason neljä liitännän avulla pystytään siirtämään työkalujen tietoja suoraan työstökoneille. (Fastems n.d.1)

3.4 WCO

Fastemsin digitaalisen valmistuksen portfolion osana WCO laajentaa tuotannon ohjausta ja aikataulutusta myös yksittäisille työstökoneille tai manuaaliasemille. Ohjelmistolla pystytään yhdistämään ja integroimaan erilaisia ei-automatisoituja laitteita tai toimintoja, joko itsenäisenä ratkaisuna tai FMS:n hallinnan alla. WCO:n avulla itsenäiset koneet ja ei-automatit toiminnot ovat nyt osa automaatiojärjestelmää ilman fyysistä integraatiota. (Fastems n.d.2)

Modernin tuotantotilan tavoitteena on tehostaa tehokkuutta ja tuottavuutta. Tuotannonohjaus toimii digitaalisena hermostona yhdistämällä eri tuotantoprosessin osatekijät, kuten koneet, laitteet, henkilöstön ja varaston. Tarjoten reaaliaikaista seurantaa ja hallintaa, mahdollistaen datavetoisen päätöksenteon ja prosessien optimoinnin. (Fastems n.d.2)

WCO:n avulla saadaan tarjottua johdolle tehokkaita työkaluja tuotannosuunnitteluun, tilauskapasiteetin arviointiin, pitkän aikavälin tilausennusteisiin ja yleisnäkymään tuotannosta. Mahdollistaen resurssien joustavan kohdentamisen eri koneistuskeskuksille ja täyden läpinäkyvyyden tulevista sekä menneistä tapahtumista. Tuotannon puolelle tästä on tehty käyttäjäystävällinen käyttöliittymä, josta pääsee näkemään priorisoidut työlisterit, helpon pääsyn ajan tasalla oleviin työohjeisiin ja resurssitarpeiden ja puutteiden näkyvyyden. (Fastems n.d.2)

3.5 Factory Cockpit

Fastems Factory Cockpit on tuotannon analytiikka- ja tiedolla johtamisen työkalu, joka kerää reaaliaikaista dataa tuotantotoiminnoista muodostaen kattavan tilannekuvan tuotannon eri vaiheista. Tämä mahdollistetaan yhdistämällä koneet ja tuotannon tietojärjestelmät, kuten ERP tai MES. Näin kerätty tieto visualisoidaan, analysoidaan ja muutetaan toiminnan kannalta oleellisiksi avainmittareiksi, kuten koneiden käyttöaste, käytettävyys ja kokonaistehokkuus (OEE). Vikatila-analyysejä unohtamatta, joista voidaan mainita keskimääräiset vikaantumisvälit (MTBF) ja keskimääräiset korjausajat (MTTR). Ymmärtämällä koneiden tehokkuuden ja erityisesti häviöt ja niiden syyt suhteutettuna kapasiteettiin, voidaan alkaa tehdä parannuksia.

Factory Cockpitin avulla voidaan tehokkaasti vertailla tuotantosuunnitelmia ja toteutuneita tuotantoaikoja, mikä parantaa tuotannon tehokkuuden mittaamista. Järjestelmä tuottaa raportteja, jotka kuvaavat tilausten toimitusvarmuutta ja etenemistä sekä läpimenoaikoja. Raportit sisältävät erittelyt yksikkö-, prosessi-, asetus- ja odotusajoista, mikä auttaa optimoimaan tuotantoprosesseja ja parantamaan kokonaistehokkuutta.

Lisäksi ohjelmisto muuntaa olemassa olevat resurssikohtaiset tuotantosuunnitelmat vuoro- ja päiväkohtaisiksi tavoitteiksi. Se laskee myös palautteen, joka osoittaa, kuinka hyvin näihin tavoitteisiin on päästy. Tämä auttaa seuraamaan ja parantamaan tuotantosuunnitelman tehokkuutta ja tarkkuutta ja motivoimaan työntekijöitä.

Samalle alustalle integroidut ja tehokkaasti analysoidut tuotantotiedot varmistavat reaaliaikaisen tiedon saatavuuden, yhdenmukaisuuden ja läpinäkyvyyden kaikille osapuolille. Tämä tukee päätöksentekoa ja johtamista. Reaaliaikainen data auttaa sekä tuotannon suunnittelussa että tavoitteiden asettamisessa, mahdollistaen nopean reagoinnin virheisiin ja odottamattomiin tapahtumiin. Tämä mahdollistaa myös paremman kommunikaation ja tiedon jakamisen sekä sisäisesti että ulkoisten kumppaneiden kanssa, lisäten joustavuutta ja reagointikykyä, mikä on kriittistä nykyaikaisen teollisuuden kilpailukyvyssä. Lisäksi tiedon läpinäkyvyys parantaa asiakastytyväisyyttä ja luottamusta entisestään.

Tämä luo pohjan kulttuuriselle muutokselle kohti jatkuvaa parantamista ja innovaatiota, sillä päätökset perustuvat faktoihin ja kattavaan näkemykseen tuotannosta. Näin ollen muutokset ja parannukset voidaan toteuttaa tehokkaammin ja pienemmällä vastustuksella.

4 TIETOJOHTAMINEN

Tietojohtaminen (Knowledge management) käsittää organisaation tietovarantojen systemaattisen ja tarkoituksellisen hyödyntämisen strategisen edun saavuttamiseksi. Sisältäen tiedon keräämisen, hallinnoinnin ja jakamisen siten, että organisaation tehokkuutta parannetaan, innovaatioita tuetaan ja riskit tiedon menettämisestä pienenevät. Tavoitteet ovat kaksijakoiset: parantaa tehokkuutta ja lisätä innovaatiokykyä. (Dalkir, K. 2023)

4.1 Data, informaatio ja tieto

Tiedonjohtamisen alalla on tärkeää erottaa data, informaatio ja tieto toisistaan. Näiden kolmen tason ymmärtäminen auttaa selkeyttämään, miten raakadata jalostuu arvokkaaksi tiedoksi, jota voidaan käyttää päätöksenteossa ja toiminnan kehittämisessä. (Laihonen ym. 2013)

Data on perusta kaikelle tiedolle. Se koostuu rakenteettomasta tiedosta, joka koostuu yksittäisistä tosiasioista ja havainnoista. Data ei itsessään välttämättä ole ymmärrettävää ilman sen käsittelyä ja analysointia. Esimerkiksi datasta luodaan informaatiota luomalla sille rakenne ja informaatiosta saadaan edelleen tietämystä sitä tulkittaessa. Koska dataa tuotetaan päivittäin runsaasti, keskitytään enemmän liiketoiminnan kannalta olennaisimpiin ydintietoihin ja sen laatuun. (Laihonen ym. 2013)

Informaatio on dataa, jolla on rakenne ja jota on käsitelty sekä jäsennelty siten, että sitä on mahdollista ymmärtää ja analysoida. Jotta virheellisen informaation korjaaminen vähenisi, organisaatiot pyrkivät luomaan erilaisia malleja datan laadun ja oikeellisuuden takaamiseksi. Laadullista informaatiota pystytään täten käyttämään päätöksenteossa, sillä se on muotoiltu käyttökelpoiseen ja luotettavaan muotoon. Informaatiota ja dataa pystytään pitämään eksplisiittisenä tietona, joka on selkeästi ilmaistua ja usein kirjallisena muotona, jota pystytään helposti siirtämään ja tallentamaan eri muodoissa. (Laihonen ym. 2013)

Tieto on syvällisempi tiedon taso, joka perustuu enemmän informaation tulkin-taan ja ymmärtämiseen, mikä on inhimillistä tietoa perustuen usein kokemukseen, havaintoihin ja aiempiin tietoihin. Tieto syntyy silloin, kun informaatio ana-lysoidaan ja sen merkitykset ymmärretään. Joitakin tietoja pystytään pitämään hiljaisena tietona, joka kertyy kokemuksen kautta ja on osin tiedostettua ja osin tiedostamatonta. Näin ollen hiljaisen tiedon siirtäminen henkilöltä toiselle on haastavampaa kuin eksplisiittistä tietoa, joka on enemmän raportoitua, kirjallista ja muille helposti siirrettävissä olevaa tietoa. Hiljaista tietoa on myös mahdollista jossain määrin siirtää eksplisiittiseen muotoon, johon pyritäänkin tietojohdami-sella. (Laihonen ym. 2013)

4.2 Lean-ajattelu

Lean-ajattelussa periaatteet kuten Just in Time (JIT) ja jidoka toimivat pohjana, jonka päälle menetelmät rakennetaan. Näitä menetelmiä tarvitaan, jotta periaat-teita voidaan toteuttaa käytännössä. Vakiointi tai standardointi on keskeinen me-netelmä Lean-ajattelussa, koska sen avulla luodaan ja kehitetään muita mene-telmiä. Vakioinnin avulla varmistetaan, että prosessit ovat toistettavissa ja joh-donmukaisia, mikä on välttämätöntä JIT- ja jidoka-periaatteiden mukaisessa toi-minnassa (Modig & Åhlström 2016, 136–137). Autonomisessa järjestelmässä vi-suaalinen hallinta voi auttaa tuomaan tuotannon heikkouksia esille. Tämä tuo mahdollisuuden ryhtyä toimiin parantaakseen näitä nk. pullonkauloja. (Ohno 1988.)

Visuaalinen johtaminen on olennainen osa organisaatioiden hallintaa, jonka avulla esihenkilöt ja työntekijät voivat hahmottaa organisaation tavoitteet, työpro-ssit ja suorituskyvyn mittarit yhdellä silmäyksellä. Visuaalisen johtamisen avulla voidaan luoda selkeitä työympäristöjä ohjaten työntekijät haluttuihin tehtä-viin. Lisäksi edistäen läpinäkyvyyttä organisaatiossa, mikä johtaa näin ollen te-hokkaampaan toimintaan ja parempaan suorituskykyyn. Yhtenä hyvänä esimerk-kinä tässä voidaan pitää liikennevaloja visuaalisen johtamisen työkaluna, jossa yhdistyy visuaalisuus ja toiminnan johtaminen. (Eaidgah ym. 2016)

5 SELVITYS FACTORY COCKPITIN KÄYTTÖÖNOTTOA VARTEN

Factory Cockpitin käyttöönottoa varten TAMK Fieldlabissa ei tarvitse tehdä merkittäviä muutoksia, sillä olemassa olevien järjestelmien, kuten WCO ja MMS dataa voidaan hyödyntää suoraan. Tämä olemassa olevan datan käyttö sujuvoittaa Factory Cockpitin integrointia nykyisiin järjestelmiin.

Vaikka käytössä ei olisikaan Fastemsin omia järjestelmiä, ei tämä aiheuta merkittäviä ongelmia. Fastems tarjoaa omia API-rajapintoja, joiden avulla Factory Cockpit voidaan integroida muihin käytössä oleviin ERP- tai MES-järjestelmiin. Näiden API-rajapintojen avulla voidaan tuoda tarvittavaa dataa suoraan eri järjestelmistä, mikä tekee integrointiprosessista joustavamman ja mukautuvamman erilaisiin toimintaympäristöihin.

Integroinnit ja niiden toteuttajat sovitaan aina tapauskohtaisesti, ja ne voidaan toteuttaa joko Fastemsin, asiakkaan itsensä tai kolmannen osapuolen toimesta. Integraatiot Fastemsin toimittamiin järjestelmiin tapahtuvat kohtuullisen helposti olemassa olevan MMS-yhdyskäytävän kautta. On kuitenkin hyvä huomioida, että tällaiset integrointiprojektit ovat erillisiä hankkeita, jotka vaativat omat resurssinsa ja aikataulunsa.

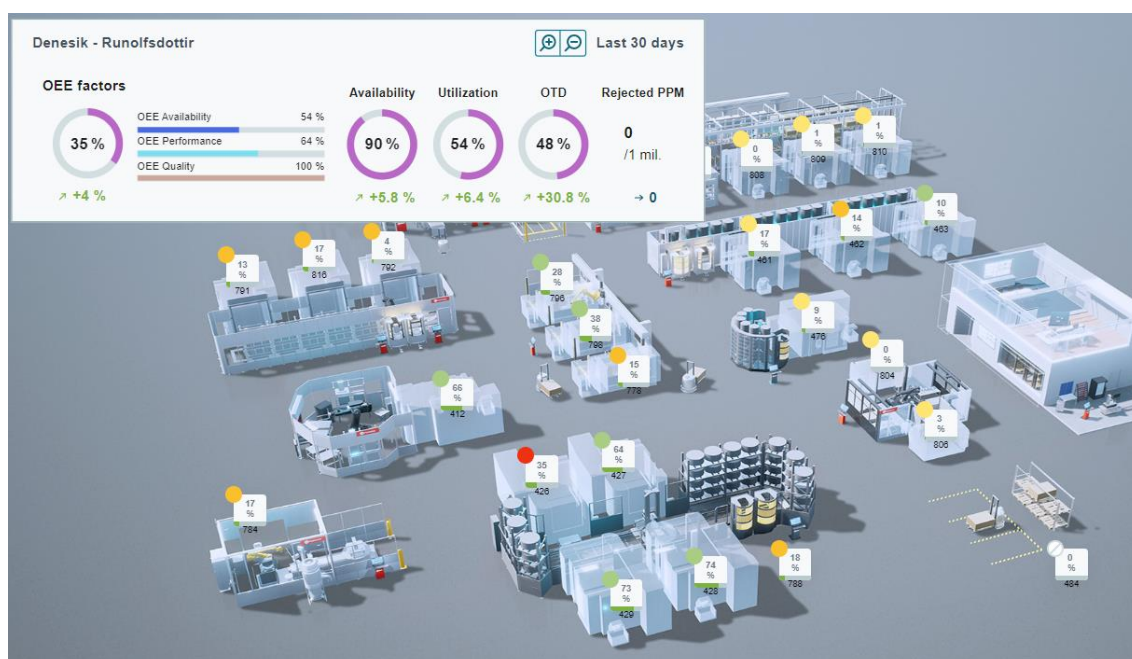
Prosessin sujuvuus TAMK Fieldlabissa on varmistettu, sillä labran koneet ovat jo liitettyinä MMS- ja WCO-järjestelmiin. Tämä olemassa oleva tietojärjestelmäliitäntä mahdollistaa datan siirron Factory Cockpitiin tehokkaasti ja ilman suuria teknisiä esteitä. Näin ollen Factory Cockpitin käyttöönotto TAMK Fieldlabissa on teknisesti suoraviivainen prosessi, jonka avulla voidaan nopeasti hyödyntää uutta järjestelmää tuotannon ja hallinnan tehostamiseen.

6 FACTORY COCKPIT -JÄRJESTELMÄ TUOTANNONOPTIMOINNIN JA TIETOJOHTAMISEN TYÖKALUNA

Tässä luvussa tutkitaan Factory Cockpit -järjestelmää ja sen käyttömahdollisuuksia tuotannon optimoinnin ja tietojohdamisen työkaluna. Järjestelmän käyttö vaa- tiikin ympärilleen toimivat prosessit ja toimintamallit, jotta sitä pystytään hyödyn- tämään parhaalla mahdollisella tavalla tuotannon johtamisessa, että optimoin- nissa. Factory Cockpit -järjestelmän voidaan ottaa käyttöön hyödyntäen Lean- johtamisfilosofian mukaisia visualisointimenetelmiä, kuten esimerkiksi tuotannon tilan näyttäminen reaaliaikaisesti visuaalisilla tauluilla tai graafeilla.

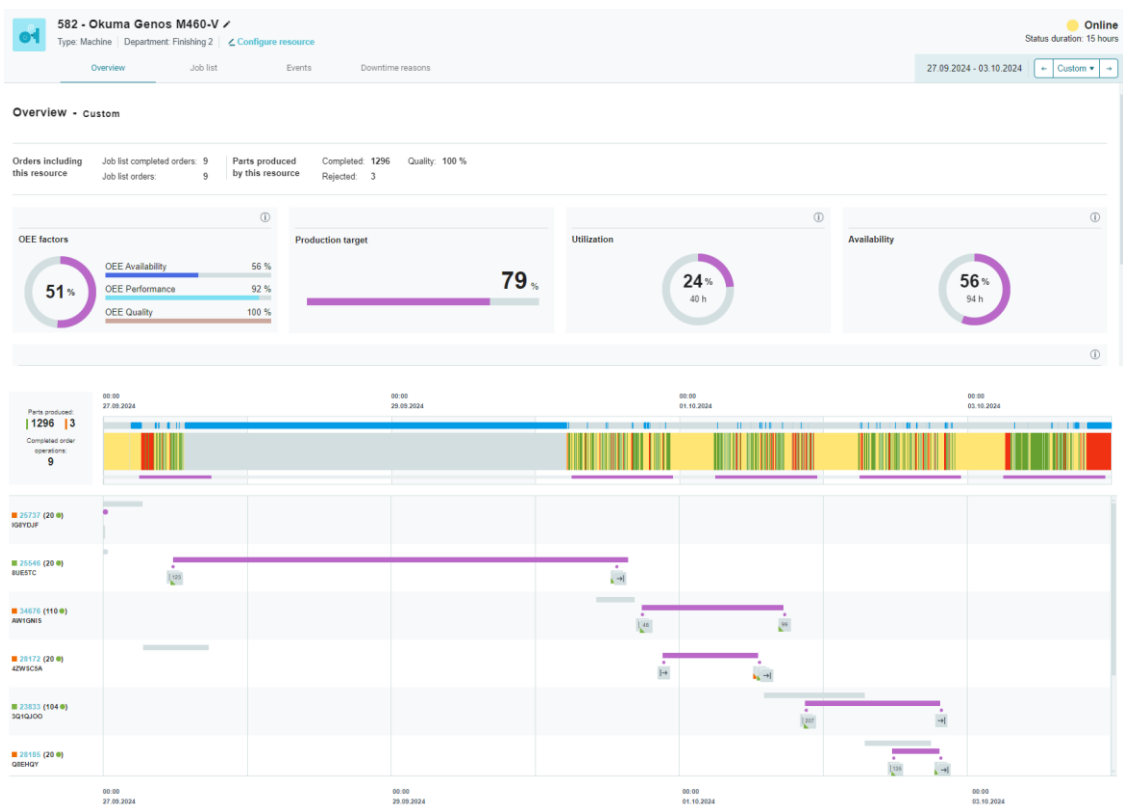
6.1 Visuaaliset näkymät

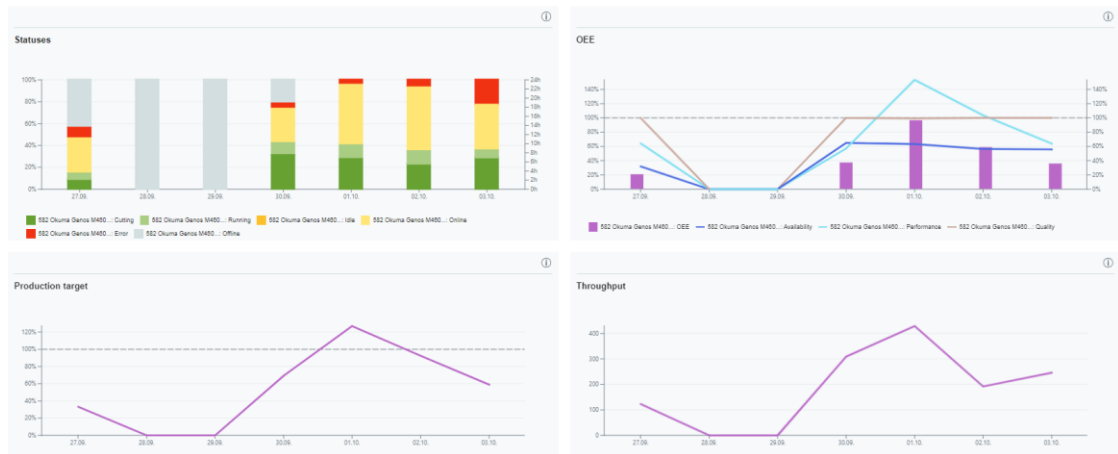
Factory Cockpit -järjestelmän avulla voidaan visualisoida reaaliaikaista dataa, jota voidaan hyödyntää tiedolla johtamisessa. Järjestelmän avulla voidaan tarjota tuotannon koneista dataa, joka antaa realistisen näkymän valmistuksen tilasta (kuva 1).



KUVA 1. Tehdaskartta (engl. factory map) on nopea tapa saada yleisnäkymän tuotannon tilasta reaaliajassa. *Lähde: Fastems Factory Cockpit -järjestelmä.*

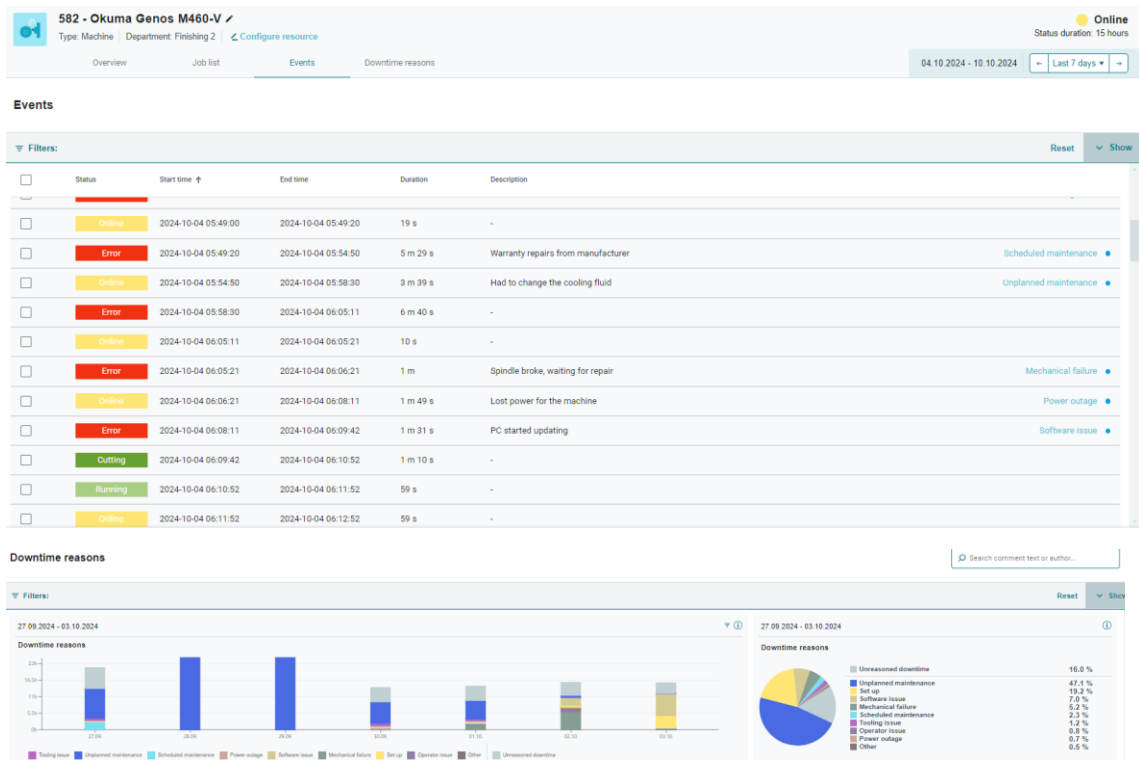
Käyttäjä pystyy tarkastelemaan yksittäisiä koneita tai työpisteitä, mikä avaa (kuva 2) kaltaisen koneresurssinäkymän. Tässä näkymässä voidaan tarkastella yksityiskohtaisia tietoja haluamastaan koneesta, kuten tehokkuuden OEE-tunnusluku, tuotantotavoitetta, konekapasiteetin käyttöastetta ja käytettävyyttä. Koneen yksityiskohtaisesta näkymästä voidaan myös seurata tilauksen tapahtumia ja ymmärtää, mitä koneessa on todella tapahtunut kyseistä nimikettä valmistettaessa. Koneresurssinäkymä auttaa havaitsemaan konetoiminnan tehostomuutta ja mahdollisia poikkeamia tuotannon suunnitelmasta. Tämän näkymän avulla voidaan suorittaa syvällisempää analyysiä ongelmien havaitsemiseksi ja niiden alkuperän seuraamiseksi. Lisäksi se antaa käyttäjälle mahdollisuuden tunnistaa ja ennakoita tuotannon pullonkauloja, tehostaen näin resurssien käyttöä tuotannon prosesseissa. Näitä kaikkia tunnuslukuja voidaan tarkastella päivä-, viikko- ja kuukausitasolla tai määrittämällä haluamansa aikajakson.





KUVA 2. Konesuoritusnäkökulma. Lähde: Fastems Factory Cockpit -järjestelmä.

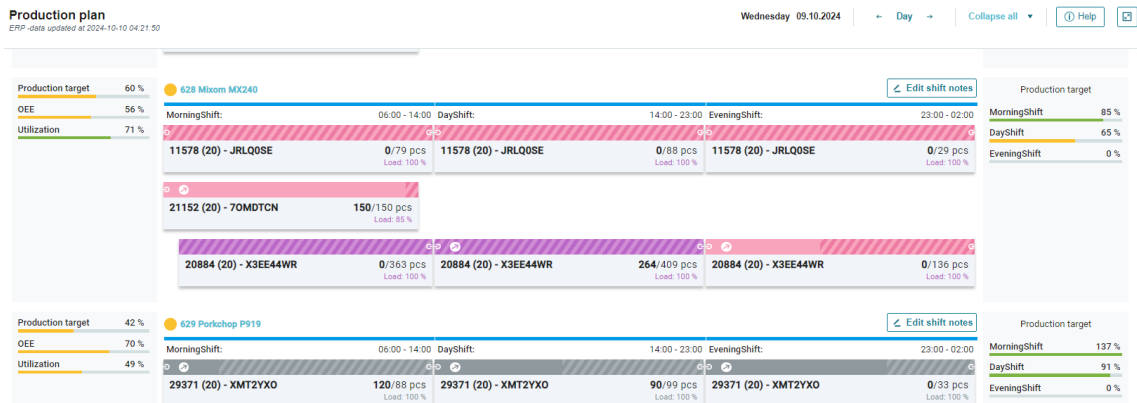
Konesuorituksen tapahtumista (kuva 3) nähdään tarkemmin, kuinka kone on ollut käynnissä tai vikatilassa. Koneen tapahtumiin voidaan merkitä ohjeita ja selitteitä järjestelmän sisälle, esimerkiksi mikäli jokin vikatila on ilmennyt koneelle. Näin koneenkäyttäjät voivat helpommin tarkistaa mahdolliset ohjeet ja korjata vikatilanteet itsenäisesti.



KUVA 3. Konesuorituksen tapahtumat. Lähde: Fastems Factory Cockpit -järjestelmä.

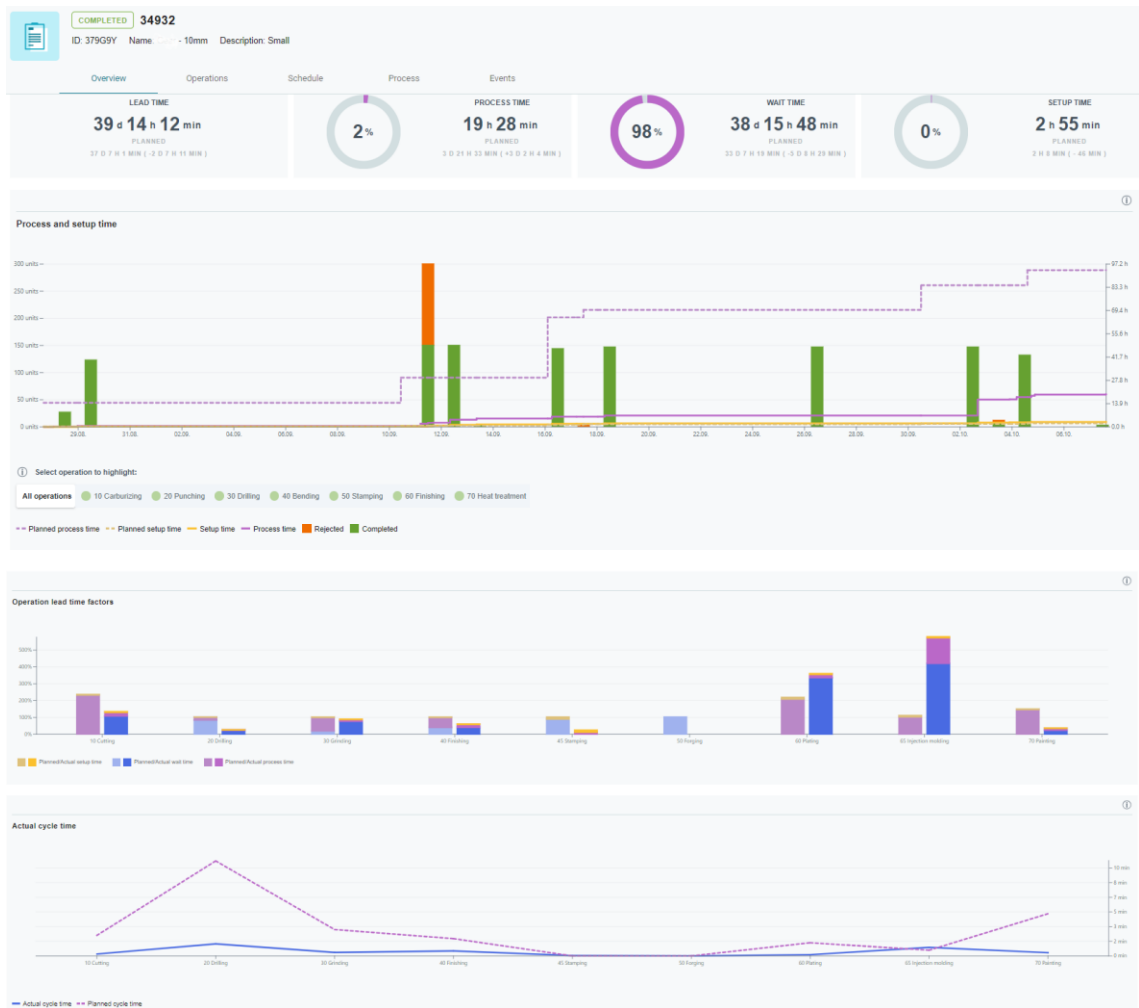
Tuotantosuunnitelman perusteella luoduista tuotantotavoitteista saadaan (kuva 4) mukainen näkökulma, josta nähdään visuaalisesti eri työstökoneille suunniteltu

työ ja sen kappalemäärät, jotka on tarkoitus saavuttaa vuorossa. Kun tavoitettuun kappalemäärään päästään vuoron aikana, työntekijä saa heti tiedon siitä, kuinka hänen työpäivänsä on onnistunut. Tämän tiedon avulla voidaan nostaa työntekijöiden työmotivaatiota, sillä he tietävät, miten työpäivä on sujunut. Lisäksi näkyvästä nähdään edellisen päivän tiedot tuotantotavoitteista, OEE ja konekapasiteetin käyttöasteesta.



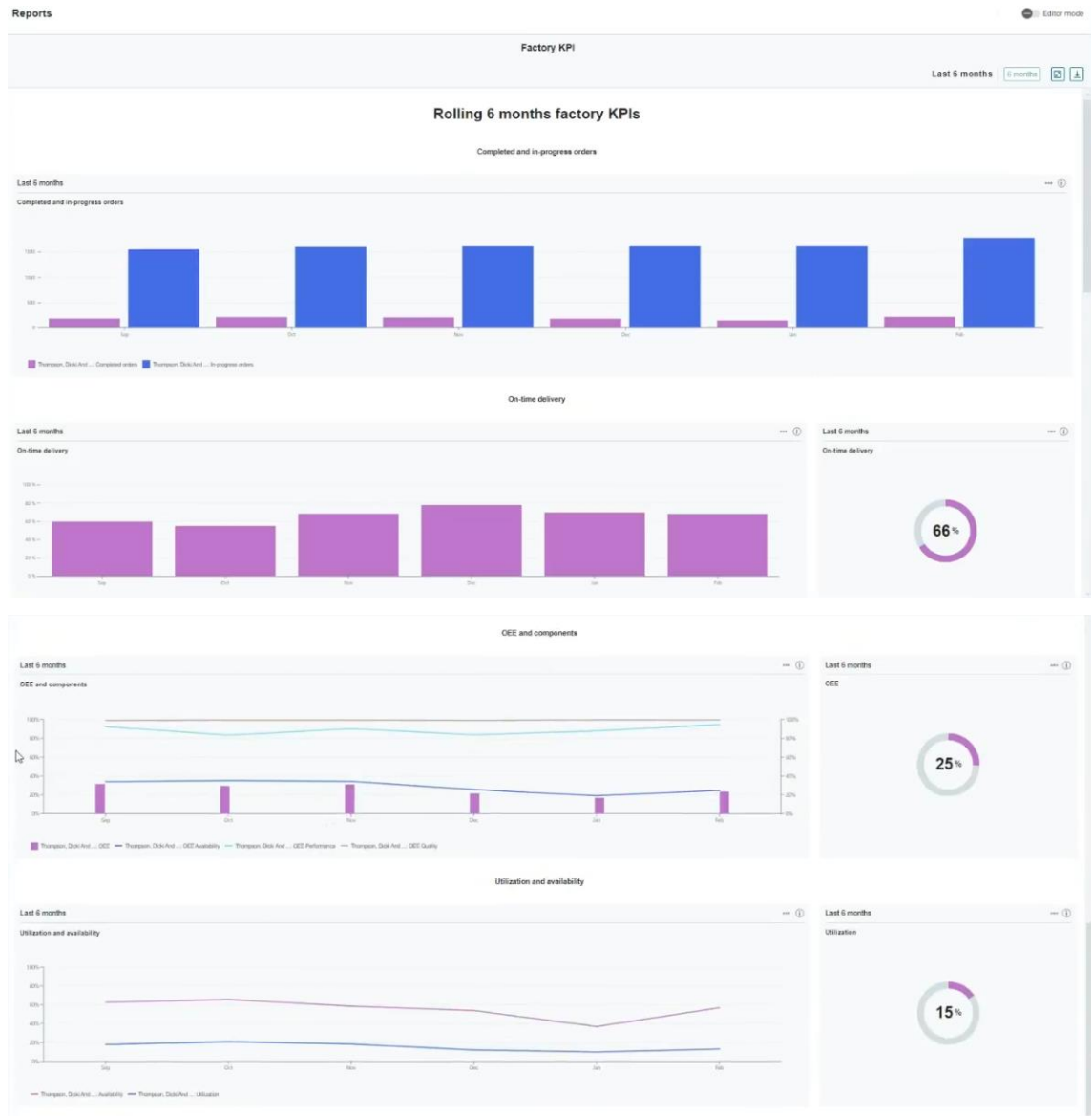
KUVA 4. Tuotantosuunnitelman näkymä. *Lähde: Fastems Factory Cockpit -järjestelmä.*

Tilauksien seurannasta avautuu (kuva 5) josta näkyy nopeasti tilauksen kulku eri työvaiheissa. Alla olevista pylväs- ja viivadiagrammeista voidaan tarkastella työvaiheiden toteutuneita ja suunniteltuja aikoja. Kuvasta käy ilmi, että prosessiaikojen ja suunniteltujen aikojen välillä on eroja, erityisesti poraustyövaiheen osalta, jossa suunniteltu aika on huomattavasti korkeampi kuin todellinen aika. Tämä tarjoaa mahdollisuuden optimoida työvaiheiden aikoja niin, että ne vastaavat paremmin todellisia toteutumisaikoja, mikä auttaa myös laskuttamaan oikeampaa hintaa työlle tulevaisuudessa. Järjestelmä laskee läpimenoajan, prosessiajan, odotusajan ja asetusajan vain, kun kyseinen työ on saatu tehdyksi ja vertailee näitä aikoja suunniteltuihin aikoihin.



KUVA 5. Tilauksien yksittäinen seuranta. *Lähde: Fastems Factory Cockpit -järjestelmä.*

Raporttinäkymä (kuva 6) tehtaan KPI-tunnuslukuista tarjoaa valmiin pohjan, josta voi valita tai laatia oman raporttipohjan haluamastaan laitteesta. Valmispohjasta nähdään työt, jotka ovat valmistuneet tai keskeneräiset pidemmällä aikajaksolla, sekä toimitusvarmuus, OEE ja käyttöaste. Tämän näkymän avulla tuotannonjohdossa voidaan arvioida, kuinka hyvin uudet kehityshankkeet ovat onnistuneet ja kuinka paljon niistä on saatu hyötyä.

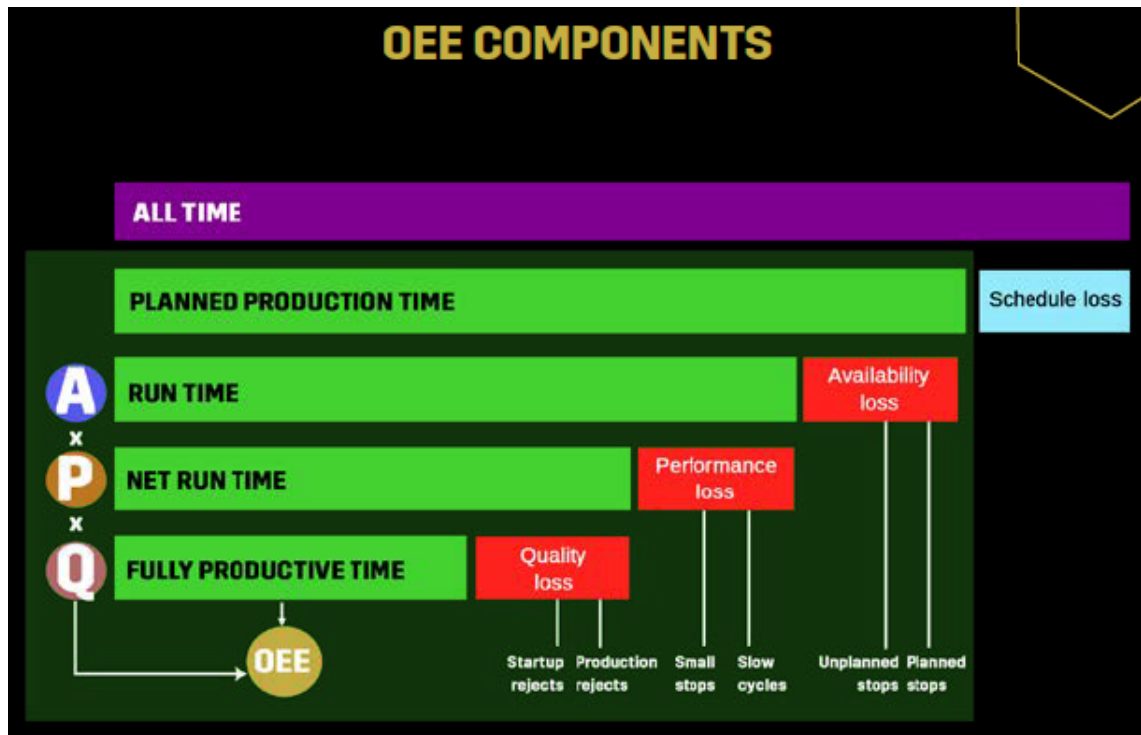


KUVA 6. Raporttinäkymä tehtaan KPI tunnusluvuista. *Lähde: Fastems Factory Cockpit -järjestelmä.*

6.2 Mittarit

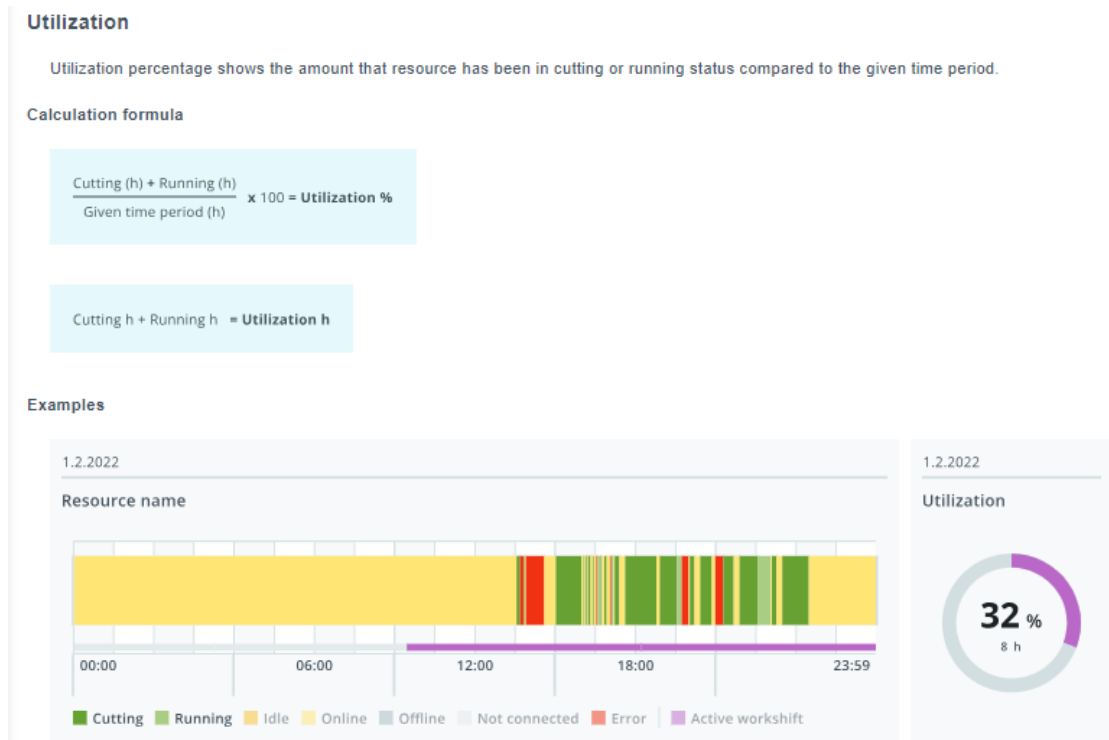
Yksi tämän järjestelmän keskeisistä tunnusluvuista on OEE (Overall Equipment Effectiveness eli kokonaiskäyttöaste) mikä on tehokkuuden mittari, joka perustuu suunniteltuun aikaan. OEE:ssa huomioidaan (kuva 7) suunniteltu tuotantoaika, käytettävyys (Availability), nopeus (Performance) ja laatu (Quality). Laskemalla nämä kolme komponentia yhteen kaavalla $Availability \times Performance \times Quality$ saadaan OEE (%). Tämän avulla saadaan kokonaiskuva siitä, kuinka paljon konetta todellisuudessa käytetään, ja voidaan selvittää, mistä häviöt johtuvat. Häviöt voivat johtua siitä, että kone ei ole käynnissä, käynnin aikana tai laadun

ongelmista. OEE-mittari on tehokas työkalu, sillä se tarjoaa tuotannonjohtoon nopeaa tietoa, jos tuotannossa ilmenee ongelmatilanteita, ja mahdollistaa nopean reagoinnin korjaavilla toimenpiteillä.



KUVA 7. Visualisoitu kuva siitä kuinka häviöt vaikuttavat OEE:hen, alkaen suunnitellusta tuotantoajasta *Lähde: Fastems, E-book: Overall Equipment Effectiveness*

Käyttöasteen mittarista nähdään, kuinka paljon aikaa resurssi on ollut aktiivisessa käytössä, eli leikkaus- (Cutting) ja käyntitilassa (Running) tietyn ajanjakson aikana. Tämä seuranta antaa arvokasta tietoa työstökoneen tehokkuudesta ja sen ajankäytöstä, auttaen tunnistamaan parannuskohteita ja optimoimaan resurssien käyttöä. (kuva 8) esimerkkiä voidaan tulkita siten, että kun käyttöaste on 32 %, olisi syytä tutkia, mistä koneen seisoma-ajat johtuvat. Pitkät välit ilman käynnissäoloaikaa voivat mahdollisesti liittyä asetuksen tekoon. Tällöin olisi hyödyllistä miettiä erilaisia tapoja, jotka voisivat nopeuttaa asetuksen tekoa kyseiselle kappaleelle. Tämä voisi lopulta johtaa merkittäviin kustannussäästöihin ja tehokkuuden kasvuun.



KUVA 8. Käyttöasteen laskeminen. *Lähde: Fastems Factory Cockpit -järjestelmä.*

Koneen käytettävyys kuvaa, kuinka suuri osa ajasta kone on toimintakuntoinen verrattuna annettuun ajanjaksoon. Tämä mittari auttaa ymmärtämään koneen todellisen suorituskyvyn ja käytettävyyden suhteessa kaikkeen käytettävissä olevaan aikaan, ei vain suunniteltuun käyttöaikaan (kuva 9). Koneen käytettävyys laskee, jos kone on joko virhetilassa tai offline-tilassa, eli ei käytössä. Mitä korkeampi käytettävyysprosentti, sitä luotettavampi kone on.



KUVA 9. Koneen käytettävyyden laskeminen. *Lähde: Fastems Factory Cockpit -järjestelmä.*

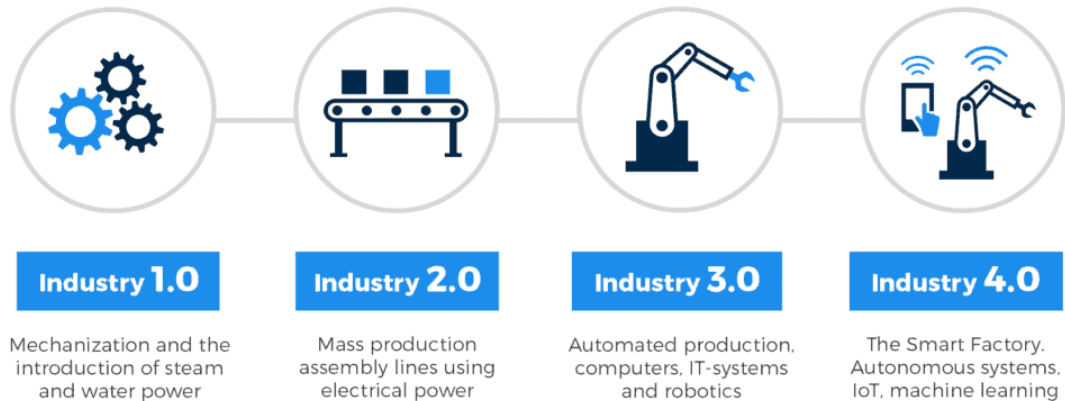
7 DIGITALISAATION VAIKUTUS TUOTANNOSSA

Digitalisaatio alkoi saada enemmän huomiota, kun termi "Industry 4.0" esiteltiin julkisesti Hannoverin messuilla vuonna 2011. Teollisuus 4.0 sai alkunsa samana vuonna saksalaisten korkean teknologian strategisesta projektista. (KFactory 2021) Se koostuu neljästä pääperiaatteesta, liitettävyys, tiedon läpinäkyvyys, tekninen tuki ja hajautetut päätökset. Liitettävyydellä mahdollistetaan erilaisten komponenttien, kuten laitteiden ja antureiden kommunikoinnin sekä yhteyden muodostamisen. Tiedon läpinäkyvyys tarjoaa operaattorille kattavan tiedon, tehdä siihen perustuvia päätöksiä nopeuttaakseen valmistuksenprosessia. Tekninen tuki on olennainen operaattoreille joka tilanteessa tarjoten päätöksentekoon, turvallisuuteen ja ongelmanratkaisuun tarvittavaa apua. Lisäksi hajautetut päätökset korostavat kyberfyysisten järjestelmien autonomisuutta ja sen kykyä toimimaan mahdollisimman itsenäisesti ilman operaattorin apua. (Shuva P., Muhtasim R..., 2021, 5–6)

Yksi merkittävimmistä vaikutuksista tuotantoon on odotettu tuottavuuden kasvu. Tutkimusten mukaan digitalisaation myötä tuottavuus voi kasvaa merkittävästi, kuten vuosina 2015, 2017 ja 2019 järjestettyjen kyselyjen mukaan odotetaan jopa 38 prosentin kasvua tuottavuudessa vuoteen 2027 mennessä saksalaisessa metalli- ja sähköteollisuudessa. (Tim Jeske, Marlene Würfels, Frank Lennings. 2021, 379)

Lisäksi digitalisaation odotetaan tuovan lisää mahdollisuuksia tiedonkäsittelyyn, lisäen samalla kognitiivista kuormitusta ja vähentäen fyysisiä rasitteita. Työntekijöille avautuu näin entistä enemmän tilallista, ajallista ja sisällöllistä joustavuutta. Samaan aikaan kun työntekijöiden mahdollisuudet kasvavat, vaatimukset tällaiselle joustavuudelle vähenevät. Näiden tulosten perusteella voidaan olettaa selkeää edistystä tuotantoteollisuudessa, ja nämä monipuoliset mahdollisuudet tukevat yrityksiä sekä työntekijöitä. (Tim Jeske, M. W., F. L. 2021)

The Four Industrial Revolutions



KUVA 10. Teollisuuden neljä vallankumousta *Lähde: KFactory*

Ensimmäinen suuri muutos tapahtui 1700- luvun lopulla ja 1800- luvun alussa (kuva 10). Höyryvoiman ja mekaanisten menetelmien käyttöönotto mullistivat maatalouden ja monien käsityöläisammattien tuotantotapoja, kuten langankehäyskoneet ja kutomokoneet, automatisoivat aiemmin työläisten tekemiä vaiheita, joilla oli valtava vaikutus teollisuuden ja muidenkin alojen kasvuun. Toinen teollinen vallankumous sai alkunsa 1800- luvun lopulla ja 1900- luvun alussa, jolloin otettiin käyttöön sähkövoimaa ja massatuotanto, mahdollistaen tehokkaamman ja suuremman mittakaavan tuotantoon. Kolmas sai alkunsa 1900- luvun loppupuolella, johon liittyy tietotekniikkaa ja automaatiota. Tästä ajankohdasta puhutaan myös nimellä digitaalinen vallankumous, jolloin tietokoneet ja tekniikka alkoivat yleistyä entisestään. On myös tärkeää huomioida, että 3.0 on edelleen läsnä ja useimmat tehtaot ovat tässä kehitysvaiheessa. (KFactory 2021)

8 CASE STUDY

8.1 Tasowheel Oy

Tasowheel Oy on vuonna 1979 perustettu suomalainen perheomisteinen metallialan yritys. Nykyään Tasowheel on kasvunhakuinen kansainvälisesti toimiva moniteollisuusyritys, joka on erikoistunut voimansiirron, koneistuksen, paperiteollisuuden, ohjatun liikkeen, tuotekehityksen ja kokoonpanon komponenttien ja ratkaisujen suunnitteluun ja valmistukseen. Lisäksi se tukee asiakkaitaan laajalla tuotekehityksen, testauksen, simuloinnin, prototyypin, mittauksen ja sarjatuotantoon liittyvillä palveluilla. Yrityksellä on tuotantolaitoksia kaksi Tampereella ja yksi Tikkakoskella, joissa huippuluokan koneet ja laaja osaaminen mahdollistavat vaativien komponenttien ja ratkaisujen suunnittelun ja valmistuksen. Tasowheel panostaa voimakkaasti kestäväan kehitykseen, ympäristövastuuseen ja työntekijöidensä hyvinvointiin. Tasowheelin tavoitteena on jatkuva kasvu ja kehitys sekä kotimaisilla että kansainvälisillä markkinoilla, ja se pyrkii tarjoamaan asiakkailleen innovatiivisia ja kilpailukykyisiä ratkaisuja. (Tasowheel n.d)

8.2 Factory Cockpit Tasowheelillä

Tasowheel Oy on aloittanut yhteistyön Fastemsin kanssa Factory Cockpit -järjestelmän kehittämiseksi. Yhteistyö tässä kehitysprojektissa on lähtenyt Wärtsilän OSME-hankkeesta (Open Smart Manufacturing Ecosystem). OSME-hankkeen tarkoituksena on innovoida kestäväa teknologiaa ja palveluita, jotta asiakkaat voisivat jatkuvasti parantaa ympäristötehokkuuttaan ja taloudellista suorituskykyään. (Wärtsilä 2022)

Digitalisaation lisäämisellä haetaan tehokkuutta, tuottavuutta sekä kilpailukykyä niin tuotantoon kuin muihinkin yrityksen prosesseihin, mikä onnistuu Fastems Factory Cockpit järjestelmän avulla. Tasowheelissä järjestelmän suurin hyöty on nähty tuotannonohjauksessa ja tuotannon kehittämisessä. Lisäksi toki muissakin osa-alueilla.

Tuotannon johtamisessa järjestelmää on käytetty linkkinä tuotannosuunnittelun ja valmistuksen välillä, jolloin tuotannosuunnitelmat voidaan muuttaa selkeiksi tavoitteiksi valmistuksen henkilöstölle. Tämän avulla mahdollistetaan selkeää viestintää tuotannollisista tavoitteista sekä niiden toteumista vuoro-, koneryhmä-, osasto-, ja tehdastasolla. Tällöin pystytään mittaroida tuotannon toteumaa suunniteltuun kapasiteettiin nähden valitulla aikajaksolla. Monivaiheissa ja kompleksisessa tuotannossa tämä on äärimmäisen tärkeää, jotta voidaan varmistaa toimitusvarmuus ja asiakastyytyväisyys. Yksi tärkeimmistä asioista Factory Cockpitin -järjestelmästä tuotannon puolella on, että operaattorit saavat heti työvuoron päätteeksi palautetta pääsivätkö he asetettuun tuotantotavoitteisiin. Tämä voi myös mahdollisesti lisätä työmotivaatiota, koska työntekijät saavat tietää, onko työpäivä ollut hyvä vai huono.

Tuotannon kehittämisessä järjestelmää pystytään hyödyntämään useammallakin sektorilla, kuten tuotannon pullonkaula-analyysit, menetelmäkehitystarpeet, laatuongelmat, automaation hyödyntäminen, nimikekannattavuuden parantaminen ja investointitarpeet. Factory Cockpit -järjestelmä auttaa tunnistamaan yrityksessä kehittämisen kohteita ja ennen kaikkea helpottaa asioiden priorisointia sekä vaikutusten analysointia. Kapasiteettihaasteisiin Factory Cockpit toimii erinomaisena työkaluna, jolloin olemassa olevien koneiden tehokkuus ja käyttöaste voidaan optimoida ennen uusien, kalliiden koneinvestointien tekemistä.

Tasowheel on liittänyt Tampereen ja Tikkakosken tuotantolaitokset Factory Cockpit järjestelmään, mahdollistaen näin reaaliaikaisen näkymän tuotannon tilasta molemmista toimipisteistään. Näin voidaan tehdä päätöksiä tehokkaammin, kun tuotannon tilanteet ovat nähtävillä saman järjestelmän kautta.

9 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Fastems Factory Cockpit -järjestelmän mahdollisia hyötyjä tuotannon johtamisessa, sekä esiselvitystä järjestelmän käyttöönotosta TAMK Fieldlabin tiloihin. Tutkimuksen perusteella huomataan merkittäviä etuja mitä Factory Cockpit tarjoaa, erityisesti sen tarjoama reaaliaikainen data tuotannosta visuaalisessa muodossa helpottamaan tiedon saantia. Järjestelmä mahdollistaakin tämän avulla tehokkuuden parantamista tuotannossa, sekä tukee päätöksenteon nopeutta ja laadukkuutta.

Järjestelmän käyttöönotto TAMK Fieldlabin tiloissa olisi sujuvaa jo olemassa olevien Fastemsin MMS- ja WCO-järjestelmien liitännöiden ansiosta. Tällöin integrointi mahdollistaa olennaisen tuotantodatan siirtämisen Factory Cockpitiin, mikä puolestaan tehostaa tuotannon seurantaa ja optimointia. Opinnäytetyössä on hyödynnetty laajasti materiaalia eri lähteistä, sekä kirjallisuudesta että Fastemsin omista esityksistä ja Tasowheelin vierailusta. Näiden avulla tutkittiin, miten järjestelmää voidaan hyödyntää käytännössä yrityksessä.

Factory Cockpit -järjestelmää voisi hyödyntää myös opetusvälineenä TAMK tuotantotekniikan opetuksessa. Opiskelijat voisivat saada arvokasta käytännön kokemusta visuaalisen tuotannon johtamisjärjestelmän käytöstä, perehtyen samalla erilaisten tuotantoprosessien tunnuslukuihin ja optimointimahdollisuuksiin. Lisäksi järjestelmän avulla voitaisiin integroida muidenkin tuotantokoneiden dataa, joita käytetään TAU ja Tredun tuotantotiloissa, luoden näin laajempaa näkemystä ja yhteistyömahdollisuuksia organisaatioiden välille.

LÄHTEET

Shivanand, H. K., Benal, M. M., Koti, V., 2006. Flexible manufacturing system. New Delhi: New Age International P Ltd., Publishers. Viitattu 4.2.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tampere/detail.action?pg-origsite=primo&docID=418813>

Fastems. n.d.1 MMS Work Cell Operations. Pdf-tiedosto. Luettu 4.2.2024.

Fastems. n.d.2 Work Cell Operations, Solution for proactive & transparent production planning & execution. Pdf-tiedosto. Luettu 7.2.2024.

Fastems. n.d.3 Production Planning, Control and Transparency. Manufacturing Management Software MMS. Verkkosivu. Viitattu 4.2.2024 https://www.fastems.com/wp-content/uploads/2019/01/MMS_Brochure_A4_EN_WEB.pdf

Fastems n.d.4 About Fastems. Verkkosivu. Viitattu 16.2.2024 <https://www.fastems.com/about-us/#short>

MachineMetrics 2021, MACHINEMETRICS ANNOUNCES \$20M SERIES B FUNDING ROUND. Viitattu 10.2.2024 <https://www.machinemetrics.com/blog/machinemetrics-announces-20m-series-b-funding-round>

TAMK FieldLab n.d. Esittely. Verkkosivu. Viitattu 13.2.2024 <https://sites.tuni.fi/fieldlab/esittely/>

KFactory, 2021. Short history of manufacturing: from Industry 1.0 to Industry 4.0. Verkkosivu. Viitattu 20.2.2024 <https://kfactory.eu/short-history-of-manufacturing-from-industry-1-0-to-industry-4-0-2/>

Shuva P., Muhtasim R., Abrar Y., Mir N. M., Bushra Y. S., Intisar T. N., Akhlaqur R., Ambarish K. 2021. Industry 4.0 Applications for Medical/Healthcare Services. Viitattu 21.2.2024 https://www.researchgate.net/publication/352927290_Industry_40_Applications_for_MedicalHealthcare_Services

Tim Jeske, Marlene Würfels, Frank Lennings. 2021, Development of Digitalization in Production Industry – Impact on Productivity, Management and Human Work. Pdf-tiedosto. Luettu 22.2.2024

Saenz de Ugarte, B., Artiba, A., Pellerin, R., 2009. Manufacturing execution system - a literature review. Viitattu 28.5.2024. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09537280902938613>

Tasowheel n.d. About Tasowheel Viitattu 30.5.2024 <https://www.tasowheel.fi/company/>

Wärtsilä 2022, Uusi Open Smart Manufacturing Ecosystem pyrkii muuttamaan valmistusyhteistyötä viitattu 30.5.2024 <https://www.wartsila.com/fin/paikallisuutinen/26-01-2022-uusi-open-smart-manufacturing-ecosystem-pyrkii-muuttamaan-valmistusyhteistyota>

Modig, N .ja Åhlström, P. 2016. *Tätä on Lean: Ratkaisu tehokkuusparadoksiin.* Tukholma 2016: Pheologica Publishing. Viitattu 24.6.2024

Ohno, T., 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production.* Productivity Viitattu 25.6.2024 https://learning.oreilly.com/library/view/toyota-production-system/9781000056488/?sso_link=yes&sso_link_from=tampere-university

Eaidgah, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K. & Abdekhodae, A. 2016. Visual management, performance management and continuous improvement: A lean manufacturing approach. Viitattu 27.6.2024 <https://www-emerald-com.libproxy.tuni.fi/insight/content/doi/10.1108/IJLSS-09-2014-0028/full/html>

Fastemst Factory Cockpit. n.d. Verkkosivu Viitattu 30.6.2024 <https://www.fastems.com/factory-cockpit/>

Dalkir, Kimiz Knowledge Management in Theory and Practice 2023 Viitattu 1.7.2024 https://web-p-ebSCOhost-com.libproxy.tuni.fi/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzMzNTcyOTIfX0FO0?sid=f473c715-61f0-4f88-a3b5-3e3aa0042c66@redis&vid=0&format=EB&lpid=lp_1&rid=0

Laihonen, H., Hannula M., Helander, N., Ilvonen, I., Jussila, J., Kukko, M., Kärkäinen, H., Lönnqvist, A., Myllärniemi, J., Pekkola, S., Virtanen, P., Vuori, V., Yli-
niemi, T. 2013. *Tietojohdaminen*. Tampereen teknillinen yliopisto. Tiedonhallinnan
ja logistiikan laitos: Tampere 2013. viitattu 1.7.2024
[https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116695/tietojohdaminen.pdf?se-
quence=2&isAllowed=y](https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116695/tietojohdaminen.pdf?sequence=2&isAllowed=y)