



Niko Välimäki

Sisätilapaikannusjärjestelmien mahdollisuudet trukkitehtaan tarpeisiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalous

Insinöörityö

21.11.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Niko Välimäki
Otsikko:	Sisätilapaikannusjärjestelmien mahdollisuudet trukkitehtaan tarpeisiin
Sivumäärä:	22 sivua
Aika:	21.11.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Tuotantotalous
Ammatillinen pääaine:	Toimitusketjun johtaminen
Ohjaajat:	Tuotannon kehityspäällikkö Jali Toivanen Lehtori Harri Hiljanen

Tämän insinööriyön aiheena on sisäpaikannus trukkitehtaan tiloissa. Työ tehtiin toimeksiantona Mitsubishi Logisnext Europe Oy:lle. Työn tavoitteena oli luoda ehdotus paikannusjärjestelmästä yritykselle ja kuvailla, mitä etuja sen käyttöönotto voisi tuoda yrityksen toimintaan.

Tietoperusta insinööriyötä varten hankittiin kirjojen, verkkoaineistojen, haastatteluiden ja yritysten edustajien kanssa käytyjen keskusteluiden perusteella. Nykytilan kuvauksen ja hankitun tiedon perusteella oli mahdollista esittää toimeksiantajayritykselle ehdotus, mihin paikannusta ja tunnistusta voitaisiin hyödyntää MLE Oy:n trukkithtaalla ja mitä hyötyjä se voisi tuoda. Yhteenvedossa pohditaan, mitä tietoja järjestelmän hankintaan vaaditaan ja esitetään jatkotutkimusideoita.

Ehdotettu sisäpaikannusjärjestelmä sisältää trukin osien paikannusta eri tarkkuuksilla, tunnistusta sekä virtuaalisten rajojen avulla tapahtuvaa alueiden rajausta. Järjestelmä kattaisi suurimman osan tuotantotiloista. Järjestelmän hyötyinä esitetään turhan työn väheneminen, prosessien kehittäminen ja sitä kautta tuotannon toiminnan parantuminen.

Järjestelmän hankkimiseksi olisi syytä käydä läpi eri osastojen tarpeet ja määrittää näiden avulla kriteerit. Nykyisen mallin kustannukset tulisi selvittää tarkemmin, jotta voitaisiin vertailla nykyisen mallin kustannuksia verrattuna uuteen järjestelmään. Työtä voidaan käyttää pohjana tarkemmille analyyseille paikannusjärjestelmien tarpeiden pohtimiseen.

Avainsanat: omaisuuden seuranta, sisätilapaikannus, sisätilapaikannusjärjestelmä, teollisuusympäristö

Abstract

Author: Niko Välimäki
Title: The Possibilities of Indoor Positioning Systems for Forklift Factory
Number of Pages: 22
Date: 21 November 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Industrial Management
Professional Major: Supply Chain Management
Supervisors: Jali Toivanen, Senior Production Development Manager
Harri Hiljanen, Senior Lecturer

The topic of this thesis is indoor positioning in a forklift factory. The work was carried out for a company called Mitsubishi Logisnext Europe Oy. The goal of this thesis was to make a proposition on what kind of indoor positioning system would be useful for the company and to describe what benefits its introduction would bring for the company's operations.

This thesis is based on books, web sources, interviews, and conversations with internal and external people. Based on the current state analysis and best practice, it was possible to make a proposition for the case company about where and how positioning and identification systems could be used in MLE Oy forklift factory and what benefits it could provide. In the summary, discussion on what details the acquisition of this kind of system requires and what is important to research in the future is presented in the end.

The proposed indoor positioning system includes forklift parts positioning with different accuracy, identification and geofencing. The system would cover most of the production area. The benefits of this system were shown to reduce unnecessary work, improve processes and hence improve production.

For acquiring the system, it would be necessary to consider the needs of different departments and determine criteria based on these needs. The costs of the current system should be determined more accurately so it could be possible to compare the cost of the current system against the cost of the new positioning system. This thesis could be used as a base for a wider analysis about uses of positioning systems.

Keywords: asset tracking, indoor positioning, indoor positioning system, industrial environment

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Työn kulku ja tutkimusmenetelmät	2
3	Sisätilapaikannusteknologiat- ja järjestelmät	3
3.1	Sisätilapaikannus ja sisätilapaikannusteknologioita	3
3.2	Sisätilapaikannusjärjestelmät	5
4	Nykytila	9
4.1	EVOLT KAI -trukkimallin pelkistetty prosessikuvaus	9
4.2	Nykytilan kuvaus	10
5	Kaupallisia sisäpaikannusjärjestelmiä	11
6	Sisäpaikannuksen- ja tunnistuksen mahdollisuudet MLE Oy:lle	14
6.1	Ehdotus järjestelmien käyttökohteille	15
6.2	Paikannusjärjestelmien mahdollisuudet MLE Oy:lle	17
7	Yhteenveto	18
	Lähteet	21

Liitteet

Liite 1: Liitteen nimi

Liite 2: Liitteen nimi

Lyhenteet ja käsitteet

Beacon: Radiolähetin. Kiinnitetään tunnistettavaan kohteeseen, kun käytetään Bluetooth Low Energy tai Ultra-Wide Band -teknologioita.

BLE: *Bluetooth Low Energy*. Sisäpaikannusteknologia, joka hyödyntää radiotaajuuksia kohteiden paikannukseen.

EVOLT KAI:

Mitsubishi Logisnext Europe Oy:n valmistama suurempi sähkövastapainotrukkimalli.

MLE Oy: Mitsubishi Logisnext Europe Oy. Työn toimeksiantajayritys.

MRP: *Material Resource Planning*. Tarvelaskennan työkalu, jota hankinta käyttää perustana komponenttien tilaamiseen.

RFID: *Radio Frequency Identification*. Sisäpaikannus- ja tunnistusteknologia, joka käyttää eri taajuisia radioaaltoja.

RTLS: *Real-time location system*. Reaaliaikainen paikannusjärjestelmä.

UWB: *Ultra-Wide Band*. Sisäpaikannusteknologia, joka hyödyntää matalia radiotaajuuksia kohteiden paikannukseen.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön avulla yritys pyrkii selvittämään eri sisäpaikannusteknologioiden ja -järjestelmien mahdollisuuksia trukkituotannon ja logistiikan sujuvuuteen. Työn toimeksiantajana on MLE Oy eli Mitsubishi Logisnext Europe Oy. Yritys suunnittelee, valmistaa ja toimittaa trukkeja sekä automaatiojärjestelmiä. Yritys on osa kansainvälistä Mitsubishi Logisnext -konsernia.

Taustalla tutkimuksen aiheen valinnassa on halu parantaa trukki valmistuksen ennustettavuutta ja inhimillisten virheiden vaikutusta tuotannon toimintaan. Trukin osien etsimiseen ja saldovirheiden korjaamiseen kulutetaan aikaa ja samalla myös henkilöstön aikaa kuluu edellä mainittujen selvittämiseen.

Työn tavoitteena on tuoda esille, mihin paikannusjärjestelmää voisi hyödyntää MLE Oy:n tiloissa ja mitä parannuksia se voisi tuoda yrityksen toimintaan. Samalla haluttiin tietoa kaupallisista paikannusjärjestelmistä ja niiden mahdollisuuksista.

Pohjatiedot työtä varten on hankittu internetin, kirjojen, haastattelun ja sähköpostikeskusteluiden avulla. Insinööriyön ja sitä edeltävän työharjoittelujakson aikana kerättiin tietoa yrityksen toiminnasta ja kohteista, joihin paikannuksesta voisi olla hyötyä.

Työ tarjoaa toimeksiantajalle ehdotuksen järjestelmästä, joka voisi sopia heidän tarpeisiinsa sekä ajantasaista tietoa paikannusjärjestelmistä.

2 Työn kulku ja tutkimusmenetelmät

Tutkimusstrategiaksi valikoitui empiirinen tutkimus. Työssä tuodaan esiin, mitä mahdollisuuksia sisätilapaikannus voisi tuoda verrattuna nykyiseen tilanteeseen.

Tässä insinööriyössä käytettiin kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Sisäpaikannusjärjestelmiin liittyvä tutkimus oli ollut yrityksessä pohdinnan alla jo aiemmin. Insinööriyötä varten haettiin tietoa haastattelujen, kirjojen ja internetin avulla. Vertailutiedon löytämiseksi haastateltiin ulkopuolisten yritysten edustajia etäpalaverien, puhelimen sekä sähköpostin avulla. Työn ohjaajalta sekä muulta tilaajayrityksen henkilöstöltä saatiin lisätietoja ja vinkkejä, joiden avulla tutkimus oli mahdollista suorittaa. Työn edistyminen on esitetty kuvan 1 avulla.

Työn eteneminen	Viikot					
	40	41	42	43	44	45
Työn aiheen määrittely	■					
Työn aloitus teoriaan perehtymisellä		■	■	■		
Kriteerien tarkennus		■	■	■	■	
Rakenteen muuttaminen		■	■	■	■	■
Työn rajaaminen			■	■	■	■
Haastattelut ja palaverit			■	■	■	■
Raportin kirjoittaminen						
Teoria ja nykytila			■	■	■	■
Tutkimusmenetelmät ja johdanto				■	■	■
Kaupallisia järjestelmiä					■	■
Järjestelmien mahdollisuudet MLE Oy:lle					■	■
Yhteenveto					■	■
Tiivistelmä					■	■

Kuva 1. Työn edistyminen MS Excelin avulla luodun Gantt-kaavion kautta.

Tilaajayrityksen intressinä oli saada mahdollisimman kattavasti tietoa eri paikannusteknologioista sekä tietoa kaupallisten järjestelmien tuomista mahdollisuuksista. Työssä esiteltiin, minne paikannusjärjestelmää voisi hyödyntää tehtaalla ja mitä asioita paikannusjärjestelmän hankkimisen suhteen tulisi huomioida.

Työ alkaa johdannosta ja työn kulkuun sekä tutkimusmenetelmiin liittyvistä luvuista. Tämän jälkeisillä teorian, nykyistä tilaa koskevan luvun sekä kaupallisten järjestelmien ominaisuuksien esittelyn avulla saadaan lähtötiedot, joiden avulla ehdotus toimeksiantajayritykselle sopivasta paikannusjärjestelmästä on mahdollista luoda. Yhteenvedossa kuvaillaan työn tavoitteen toteutumista sekä esitetään mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

Pohjatiedot työtä varten hankittiin verkkolähteiden, kirjojen, haastattelun ja sähköpostikeskusteluiden avulla. Nykytilasta kertovan luvun tiedot hankittiin insinööriyön aikana ja sitä edeltävän työharjoittelujakson aikana. Ne perustuvat omiin havaintoihin sekä keskusteluihin toimeksiantajayrityksen henkilöstön kanssa. Ulkoisille yrityksille suuntautuneen yhteydenpidon avulla saatiin tietoa kaupallisten järjestelmien kyvykkyyksistä. Yritysten järjestelmien ominaisuuksia esitetään toimeksiantajayrityksen toimintaa kuvailevan nykytilaa koskevan luvun jälkeen. Sisätilapaikannusjärjestelmät kehittyvät jatkuvasti, joten tarkinta ja ajankohtaisinta tietoa löytää lähinnä vertailemalla kaupallisia järjestelmiä.

3 Sisätilapaikannusteknologiat- ja järjestelmät

3.1 Sisätilapaikannus ja sisätilapaikannusteknologioita

GPS-paikannus on yleinen tapa paikantaa. Sitä käyttävät hyödyksi muun muassa navigaattorit. Se ei kuitenkaan sovellu sisätiloihin, sillä yleiset GPS-signaalit eivät läpäise esteitä, kuten kattoja ja seiniä. Sisätilapaikannuksessa hyödynnetään muita teknologioita, kuten Wi-Fi-teknologiaa, Bluetooth Low Energy -teknologiaa (BLE) sekä Ultra-Wide Band -teknologiaa. Myös geomagneettista säteilyä hyödyntävää teknologiaa voidaan käyttää sisätilapaikannukseen. (1, s. 5.)

Tässä osiossa tuodaan esille erilaisia sisäpaikannusteknologioita, jotka hyödyntävät radiosignaaleja toimiakseen. Mahdollisia teknologioita käytiin läpi tilaajayrityksen edustajien kanssa. Geomagneettisuuteen perustuva paikannus rajattiin pois eri teknologioita käsittelevästä luvusta, sillä se on todettu tilaajayrityksessä hankalaksi toteuttaa.

Bluetooth Low Energy (BLE)

Bluetooth Low Energy eli BLE toimii 2,4GHz:n taajuusalueella. Se on kehitetty tarkoituksiin, missä halutaan pientä energiankulutusta, ja vähäinen tiedonsiirto on riittävää. Metalliesineet, seinät ja ihmiset häiritsevät BLE-pohjaisten järjestelmien toimintaa, sillä signaali heikkenee sen kohdatessa esteitä. BLE:n etuna on se, että puhelimissa on jo valmiina valmius hyödyntää teknologiaa. (2.) Beaconit ovat pieniä radiolähettäjiä, jotka asetetaan kohteisiin, joita halutaan paikantaa. Bluetooth Low Energy -teknologian beaconit ovat halpoja ostohinnaltaan ja samalla energiatehokkaita. (3, s. 6.)

Ultra-Wideband (UWB)

Ultra Wideband eli UWB toimii 3.1 - 10.6 GHz:n taajuusalueilla. Teknologia tarjoaa hyvää suorituskykyä meluisassa ympäristössä (4). UWB-signaali läpäisee kipsilevyseinät, mutta ei betonia tai terästä (5). UWB mahdollistaa vertailtavista teknologioista tarkimman paikannuksen ja sijainnin päivitystiheyden. Teknologia sopii hyvin harvojen kohteiden paikantamiseen suurilla teollisuusalueilla. UWB-beaconeiden hinnat ovat kalliimpia ja akunkesto heikompaa BLE-beaconeihin verrattuna. (6.)

Radio-Frequency Identification (RFID)

RFID-tunnisteet ja lukijat toimivat neljällä eri radiotaajuusalueella. UHF-taajuusalueella toimivan RFID-teknologian avulla pystytään lukemaan kymmeniä objekteja samaan aikaan. Korkea taajuusalue mahdollistaa pidemmän lukuetaisyyden ja matala lyhyemmän. (7, s. 40–41.) UHF- ja mikroaaltotaajuuksia käyttäessä lukijalaite ei välttämättä pysty lukemaan tunnistetta, mikäli se on kiinnitetty metallipinnalle tai metallisen esineen sisään. Metallisten esineiden pinnoilla käytetään usein passiivisia UHF-tunnisteita. Erikoistunnisteiden avulla on mahdollista ehkäistä metallin heikentävää vaikutusta tunnisteen antennin toimintaan, mutta aiheuttavat lisäkustannuksia normaaleihin tunnisteesiin verrattuna. (7, s. 112–113.)

RFID-tunnisteita on passiivisia, puolipassiivisia ja aktiivisia. Passiivisessa tunnisteessa ei ole virtalähdettä. Lukuetäisyys, virrankulutus, hinta ja tunnisteiden koko kasvavat siirryttäessä passiivisesta tunnisteesta kohti aktiivista. (7, s. 38–39.) RFID-teknologia mahdollistaa sekä paikannuksen ja tunnistuksen. RFID mahdollistaa kohteiden samanaikaisen tunnistamisen, mutta ei ole yksistään sopiva teknologia jatkuvaan paikantamiseen. (8.)

Wi-Fi

Wi-Fi on langattomaan tiedonsiirtoon käytetty teknologia. Sitä käytetään yleisesti langattomana lähiverkkona, jonka avulla eri laitteita on mahdollista yhdistää samaan verkkoon. Wi-Fi toimii 2,4GHz:n sekä 5GHz:n taajuuskaistoilla. (9.) Seinät heikentävät Wi-Fi-signaalin kulkua. Vielä pahemmin signaalin kulkua estävät metalliset esteet (10). Wi-Fin hyviin puoliin paikannuksen suhteen kuuluu se, että teknologiaa on usein olemassa jo valmiiksi kiinteistöissä, jossa aiotaan ottaa käyttöön paikannusteknologioita. Wi-Fi-tunnisteet maksavat enemmän, ja paristot kestävät lyhyemmän aikaa kuin Bluetooth Low Energy -teknologiassa käytettävillä beaconeilla. (11.)

3.2 Sisätilapaikannusjärjestelmät

Sisätilapaikannusjärjestelmä on erilaisten laitteiden verkosto, jota käytetään ihmisten tai esineiden paikantamiseen (12). Sisätilapaikannusjärjestelmän valinta ja soveltuvin teknologia sen taustalla riippuvat ostajayrityksen tarpeista.

Trackinno esittelee verkkosivuillaan viisi tärkeintä tekijää sopivinta ratkaisua pohdittaessa (13).

- paikannustarkkuus
- paikannusympäristö
- paikannettavien kohteiden määrä
- paikannustiheys
- kustannukset.

Järjestelmältä haluttua paikannustarkkuutta on hyvä säädellä sen mukaan, mikä on tarve. Tarkempi paikannus tuo lisää kustannuksia. Paikannusympäristön vaikutus tulee huomioida. Siihen vaikuttavat muun muassa paikannusjärjestelmän haluttu kattavuus, ja kiinteistössä jo olemassa olevaa infrastruktuuria voidaan käyttää hyödyksi osassa järjestelmiä. Esimerkiksi tukiasemia ja verkkovirtaa voi olla mahdollista hyödyntää. Metallia sisältävä ympäristö ja muut tyhjästä sisätilasta poikkeavat olosuhteet vaikuttavat teknologian ja laitteistojen valintaan. Paikannettavien kohteiden määrällä voi olla myös vaikutusta valintaan. Paikannustiheyttä kannattaa säädellä tarpeen mukaan, mahdollisten ylimääräisten kustannusten välttämiseksi. Paikannustiheys tarkoittaa sitä, miten usein paikannettavan kohteen sijainti päivitetään. Kustannukset järjestelmälle muodostuvat edellä mainittujen tekijöiden perusteella. (13.)

Sisäpaikannusjärjestelmät toimivat käyttäjien tai palvelimien avulla. Käyttäjiin perustuvassa järjestelmässä henkilöt ovat kontaktissa järjestelmään verkkoyhteyttä hyödyntäen esimerkiksi matkapuhelinten avulla, jotka sisältävät tunnistimia, joiden avulla paikannus ja navigointi on mahdollista. Palvelin pohjainen järjestelmä mahdollistaa esineiden seuraamisen. Palvelin pohjaisessa järjestelmässä tieto siirtyy lähettimien ja vastaanottimien avulla taustajärjestelmään. (3, s. 5.)

Kuvassa 2 on sisäpaikannusjärjestelmiä toteuttavan Infsoftin vertailu eri teknologioiden välillä palvelin pohjaista järjestelmää käytettäessä. Se on suuntaa antava myös muiden toimijoiden osalta. (3, s. 5.)

Technology	Accuracy	Range	Suitable for	Tracking	Transmitter power supply	Battery lifetime
Wi-Fi	 < 15 m	 < 150 m	 area detection		 or	 medium
BLE	4.0  < 8 m	 < 75 m	 area detection			 high
	5.1  < 1 m with line-of-sight					
UWB	 < 30 cm	 < 150 m	 area detection		 or	 medium
RFID	presence detection only	 < 1 m	 spot detection		— (passive RFID tag)	— (passive RFID tag)

Comparison of different technologies for server-based indoor positioning

Kuva 2. Eri teknologioiden välistä vertailua palvelin pohjaiselle sisäpaikannukselle (3, s. 5).

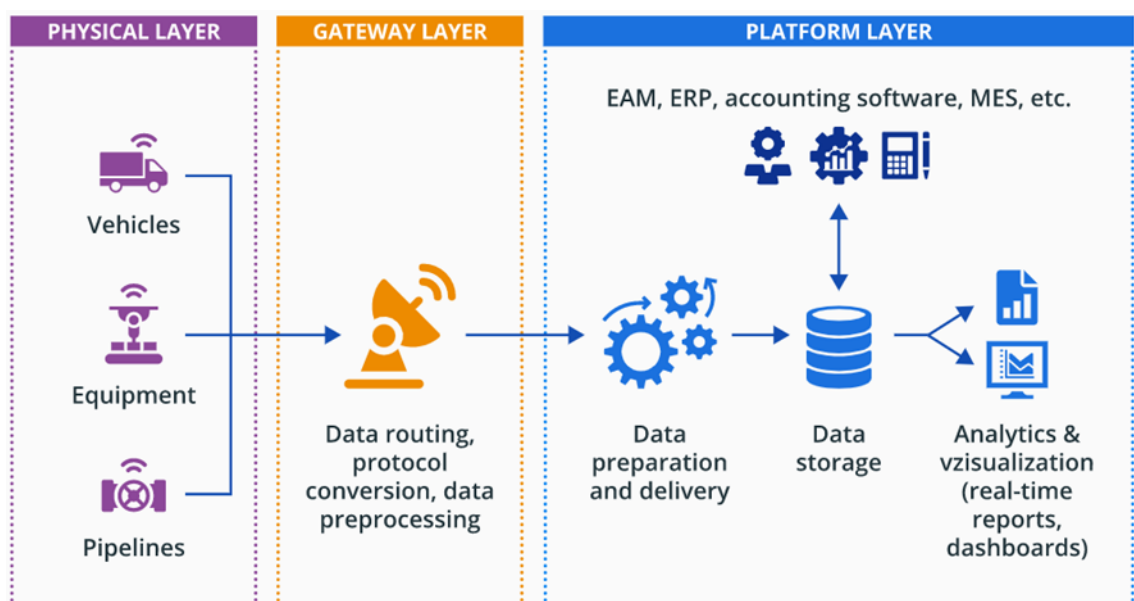
Real-time location system eli RTLS tarkoittaa reaaliaikaista paikannusjärjestelmää. Järjestelmälle asetettu tavoite voidaan saavuttaa useiden paikannus- ja hallintajärjestelmien avulla. Paikannustiheys vaihtelee tarpeiden mukaan. Osassa tapauksista riittää pelkkä aikaleima, kun paikannettava kohde on ohittanut määritetyn pisteen ja osassa vaaditaan tarkempaa ja ajantasaisempaa tietoa. Järjestelmän avulla kerätyt sijaintitiedot voivat auttaa yritystä päätöksenteossa. (14.)

Dammann ym. (15) jaottelevat paikkatiedon hyödyntämisen karkeasti kolmeen eri ryhmään:

- Paikannus: Henkilön tai esineen sijainnin määrittäminen.
- Seuranta: Henkilön tai esineen liikkeen seuranta.
- Navigointi: Reititys ja opastus lähtöpisteestä määränpäähän.

Paikannusjärjestelmät hyödyntävät usein kombinaatioita paikannuksesta, seurannasta ja navigoinnista saman järjestelmän sisällä. (15.)

Paikannusjärjestelmiä luova ScienceSoft havainnollistaa kuvassaan reaaliaikaisen omaisuuden seurantajärjestelmän erillisten tasojen avulla (16).



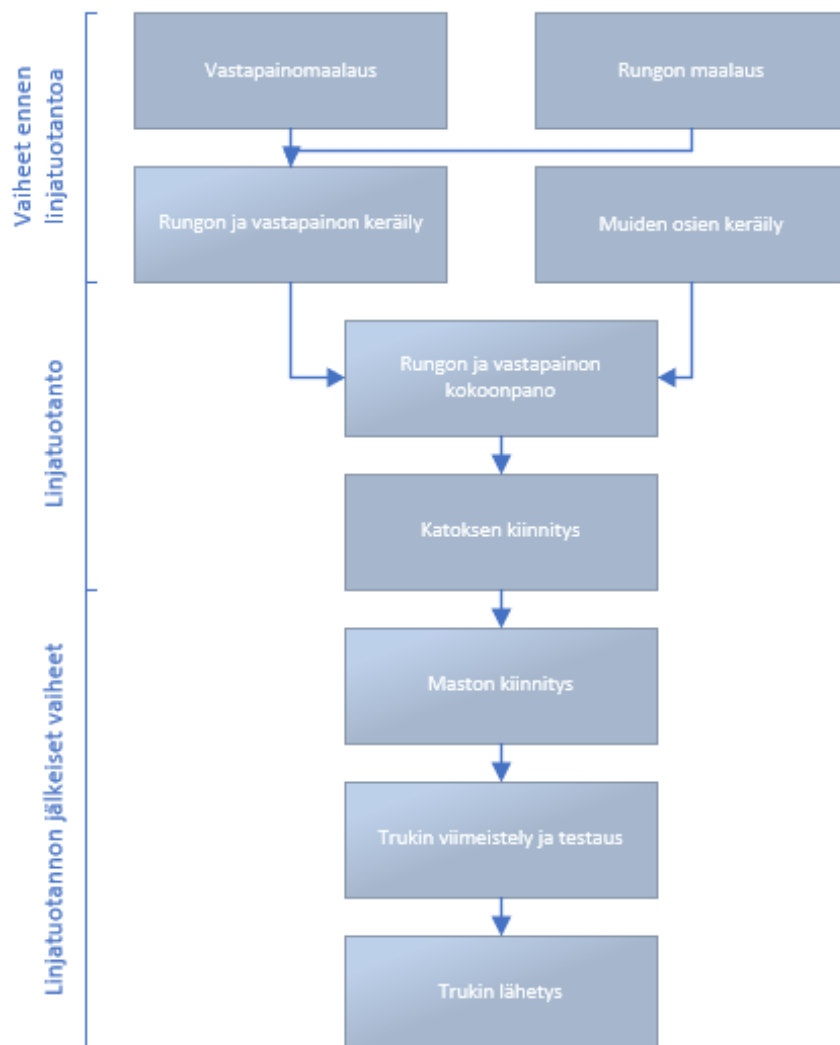
Kuva 3. Reaaliaikainen omaisuuden seurantajärjestelmä kuvataan eri tasojen avulla (16).

Fyysinen taso sisältää muun muassa tunnistimet, lukijat ja älypuhelimet. Yhdyskäytävätasolla reititetään ja muunnetaan dataa, jotta tietoa voidaan käyttää sovellusalustoilla. Sovellusalustatasolla dataa valmistellaan ja kerätään tietovarastoon. Tietovarastossa olevaa dataa pystytään hyödyntämään yrityksen järjestelmissä, kuten esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmässä. Visualisoinnin ja analytiikan avulla seurantajärjestelmän käyttäjät pystyvät katsomaan seurattavien kohteiden reaaliaikaisen sijainnin ja raportteja historiatiedoista. (16.)

4 Nykytila

4.1 EVOLT KAI -trukkimallin pelkistetty prosessikuvaus

Yrityksen tehtaalla valmistetaan akkukäyttöisiä vastapaino- ja automaattitrukkeja. Tuoteportfolioon kuuluu myös muun muassa lavansiirtovaunuja, pinoamistrukkeja ja työntömastotrukkeja. Alla olevan pelkistetyin prosessikaavion avulla havainnollistetaan EVOLT KAI:n eli suuremman sähkövastapainotrukkimallin prosessin kulkua paikannuksen suhteen.



Kuva 4. EVOLT KAI- trukkityyppin pelkistetty prosessikaavio paikannuksen näkökulmasta.

4.2 Nykytilan kuvaus

Yritys on ulkoistanut logistiikkatoiminnot ulkopuoliselle yritykselle. Logistiikkayrityksen vastuulla on huolehtia trukin osien keräilystä sovitun ajan puitteissa sovittoon paikkaan. Vastapainotrukkien osien mallit ja värit vaihtelevat, joten mahdollisia kombinaatioita on olemassa paljon jo suurimpien ja kriittisimpien osien suhteen. Linjatuotannossa noudatetaan sekvenssijärjestystä, mikä tarkoittaa sitä, että tuotantotilaukselle eli trukille on määritetty tietty paikka jonomaisessa tuotannossa. Edellä mainittujen seikkojen yhteisvaikutus korostaa logistiikan osaamisen tarvetta. Työntekijöiden vaihtuvuus on suurta logistiikkatoiminnoissa, jolloin logistiikan osaaminen ei ole riittävällä tasolla kaikilla työntekijöillä. Ajoittaiset vaikeudet logistiikkatoiminnoissa aiheuttavat ongelmia tuotannon suhteen.

Hankintatoimi käyttää ostojen perustana toiminnanohjausjärjestelmässä olevaa tarvelaskentaa suorittavan työkalun MRP:n eli Material Resource Planningin ehdotuksia, ellei heillä ole tietoa poikkeuksista. Virheelliset kirjaukset varastosaldoihin aiheuttavat ongelmia. Mikäli varastosaldolle on kirjattu liian vähän jotakin varastonimikettä todellisuuteen verrattuna, MRP ehdottaa osan tilaamista, jolloin osia on liikaa, jolloin varastoon sitoutuu turhaan pääomaa. Varastosaldojen ollessa toiseen suuntaan virheellisiä nimikkeitä ei ole oikeasti niin paljon olemassa. Tällöin MRP ei ehdota osien tilaamista, mikä voi varsinkin pitkien toimitusaikojen tuotteiden osalta aiheuttaa sen, että trukin osa puuttuu, kun se on jo suunniteltu tuotantoon.

Mle Oy:llä on hallinnassaan kaksi kiinteistöä Järvenpäässä noin 300 metrin päässä toisistaan. Jampankadun kiinteistössä valmistetaan trukkien osia ja trukkeja. Puurtajankadun kiinteistö on tarkoitettu varastointiin ja automaattitrukkien viimeistelyyn.

Tällä hetkellä ostettavat tavarat vastaanotetaan manuaalisen prosessin avulla, jossa tuotteiden saapuminen kirjataan varastonhallintajärjestelmään.

Tuotantoon vaadittavat keräilyt suoritetaan suurivolyymisten trukkityyppien osalta edellisenä päivänä. Pienemmät osat kerätään ja kuljetetaan Puurtajankadun varastolta Jampankadun tehtaalle. Vastapainot ja rungot ovat Jampankadun kiinteistön alueella jo ennen keräilyä. Mikäli kriittisimpiä osia, eli vastapainoa tai runkoa, ei löydetä, se saattaa johtaa etenkin linjatuotannossa siihen, että yksi tuotantopaikka jää käyttämättä. Tuotantopaikan käyttämättä jättäminen aiheuttaa suuren kustannuksen.

On myös mahdollista, että tuotantoon aiemmin suunniteltua trukkia ei ole asetettu linjatuotantoon johtuen esimerkiksi osapuutteesta tai sisäisen tuotannon epäonnistumisesta. Siinä tapauksessa osa varastoidaan jonnekin ja sen löytämisessä voi esiintyä haasteita. Kadonneen trukin osan etsimiseen voi kulua aikaa toimihenkilöiltä, keräilijöiltä sekä tuotannon työntekijöiltä.

Mastollisten trukkien osalta on syytä huolehtia siitä, että rungon valmistuessa myös masto on valmis, jotta läpimenoajat eivät kasva. Tällä hetkellä mastoja saatetaan joutua etsimään, jotta oikeanlainen masto on mahdollista kiinnittää runkoon.

Mikäli tuotannossa on runsaasti ennakoimattomia viivästyksiä, ne saattavat aiheuttaa seuraavien toimintojen tilapäistä ylikuormittumista. Toimintojen ylikuormaa puretaan usein viikonloppuylitöillä, joka aiheuttaa lisäkustannuksia.

Lähtämön toiminnot ovat alttiita ihmisten tekemille virheille. Pahimmillaan inhimillinen virhe voi johtaa trukin lastaamiseen rekkaan, jonka määränpää on eri kuin oli tarkoitus.

Edellä mainitut tekijät aiheuttavat painetta logistiikan ja sitä kautta tuotannon toiminnan kehittämiseksi teknologian kuten sisätilapaikannuksen avulla.

5 Kaupallisia sisäpaikannusjärjestelmiä

Sisäpaikannus tai sisätilapaikannus vaikuttaisivat olevan yleiskäsitteitä kaikelle sisätiloissa tapahtuvalle ihmisten tai tavaroiden paikannukselle, seurannalle ja

navigoinnille. Englanninkielinen termi Real-Time Asset Tracking eli reaaliaikainen omaisuuden seuranta voisi olla hyvä termi kuvailemaan sitä, mitä paikannusjärjestelmiltä tarvitaan trukkitehtaan tarpeisiin.

Sisäpaikannusjärjestelmiä myyvien yritysten kanssa pidettiin yhteyttä sähköpostitse ja palaverien avulla. Kontaktien avulla saatiin lisätietoa järjestelmien mahdollisuuksista. Seuraavaksi esitetään neljän Suomessa toimivan yrityksen sisäpaikannusjärjestelmien ominaisuuksia.

Elisa käyttää paikannusjärjestelmissään Wi-Fi- ja BLE-teknologioita. Teknologia- ja paikannussovellukset ovat Ciscolta peräisin. Ciscon uudemmat tukiasemat sisältävät BLE-teknologiaa ja mahdollistavat paikannuksen, jonka avulla tunnistimien paristoja ei tarvitse vaihtaa. Paikannustarkkuudeksi arvioitiin viisi metriä 90 % katettavasta alueesta. Elisan järjestelmä voi joissain tapauksissa hyödyntää tiedonsiirtoa varten olevia WLAN-tukiasemia paikannustarkoitukseen. Tunnisteiden paristojen vaihto asiakkaan toimesta on mahdollista osassa malleja. Paristojen kesto tunnisteissa on 2–8 vuotta. Elisan järjestelmän kantamaksi arvioitiin noin 5-6 metriä. (17; 18.)

liwarin paikannusjärjestelmä perustuu UWB-teknologiaan. Sovellukset ja teknologia ovat peräisin liwarilta. Yrityksen järjestelmä mahdollistaa alle metrin paikannustarkkuuden ja alle sekunnin päivitystiheyden. liwarin tunnisteeet olivat edullisimmat. Tunnisteiden akunvaihto suoritetaan tällä hetkellä liwarin toimesta. Tietojen lisääminen tunnisteelle onnistuu linkittämällä halutut asiat tunnisteelle järjestelmän kautta. Tunnisteiden akun käyttöäksi arvioitiin kymmenen sekunnin päivitystiheydellä kolme vuotta ja kolmenkymmenen sekunnin päivitystiheydellä kuusi vuotta. Maksimaaliseksi kantamaksi arvioitiin noin 60–80 metriä. (19; 20.)



Kuva 5 sisältää Iiwari Tracking Solutions Oy:n laitteistoa tukiasemien ja tunnisteen muodossa (21).

Kaltiot hyödyntää GPS-, BLE- ja Wi-Fi-teknologioita paikannukseen. Eri teknologioiden avulla Kaltiot pystyy muokkaamaan järjestelmää asiakkaan toiveiden mukaan. Yritys pystyy rakentamaan paikannusjärjestelmän myös ilman verkkovirtaa. Tunnisteiden hintahaitari on samalla tasolla kuin muilla järjestelmillä. Parhaaksi paikannustarkkuudeksi luvattiin vähintään metrin tarkkuus. Tunnisteiden paristojen vaihto on mahdollista asiakkaan toimesta. Maksimaaliseksi päivitystiheydeksi luvattiin sijainnin päivittyminen vähintään 30 sekunnin välein. Tunnisteita voi käyttää uudestaan ja uudet tiedot voi asettaa tunnisteeseen nettiseläimen tai puhelinsovelluksen avulla. Paristojen käyttöikä riippuu järjestelmästä ja päivitystiheydestä. (22; 23.) Paikannusetäisyys alla olevien Beaconeiden avulla on 10–30 metriä yhdyskäytävään nähden (24).



Kuvassa 6 esitetään kaksi Kaltiot Technologies Oy:n käyttämää beacon-mallia (24).

Trackinnon ratkaisussa yritys tuottaa sovelluksen ja käyttää teknologiana BLE-pohjaista Quupan teknologiaa. Tunnisteiden hintaluokka oli liwarin kanssa samoissa summissa. Tunnisteiden akunkesto on 2–6 vuotta riippuen tunnisteesta ja paikannustiheydestä. Tunnisteita on mahdollista saada vaihdettavilla paristoilla. Tilausnumero on mahdollista hakea Trackinno-järjestelmään avoimen rajapinnan kautta MLE Oy:n järjestelmistä tai Excel-vientinä, jos tilausnumeron ei tarvitse synkronoitua automaattisesti. Quupan teknologia mahdollistaa alle metrin paikannustarkkuuden ja alle sekunnin päivitystiheyden. Paristojen kulutuksen luvataan olevan alhaista ja paikannusetäisyys voi olla 300 metriä. (25; 26.)

Kaikki järjestelmät mahdollistavat mobiililaitteiden yhdistämisen paikannusjärjestelmään. Metalli aiheuttaa haasteita jokaisen järjestelmän osalta, sillä se häiritsee radiosignaalien kulkua. Paksu yhtenäinen metallinen elementti estää signaalin kulun kokonaan. (17; 19; 23; 25.)

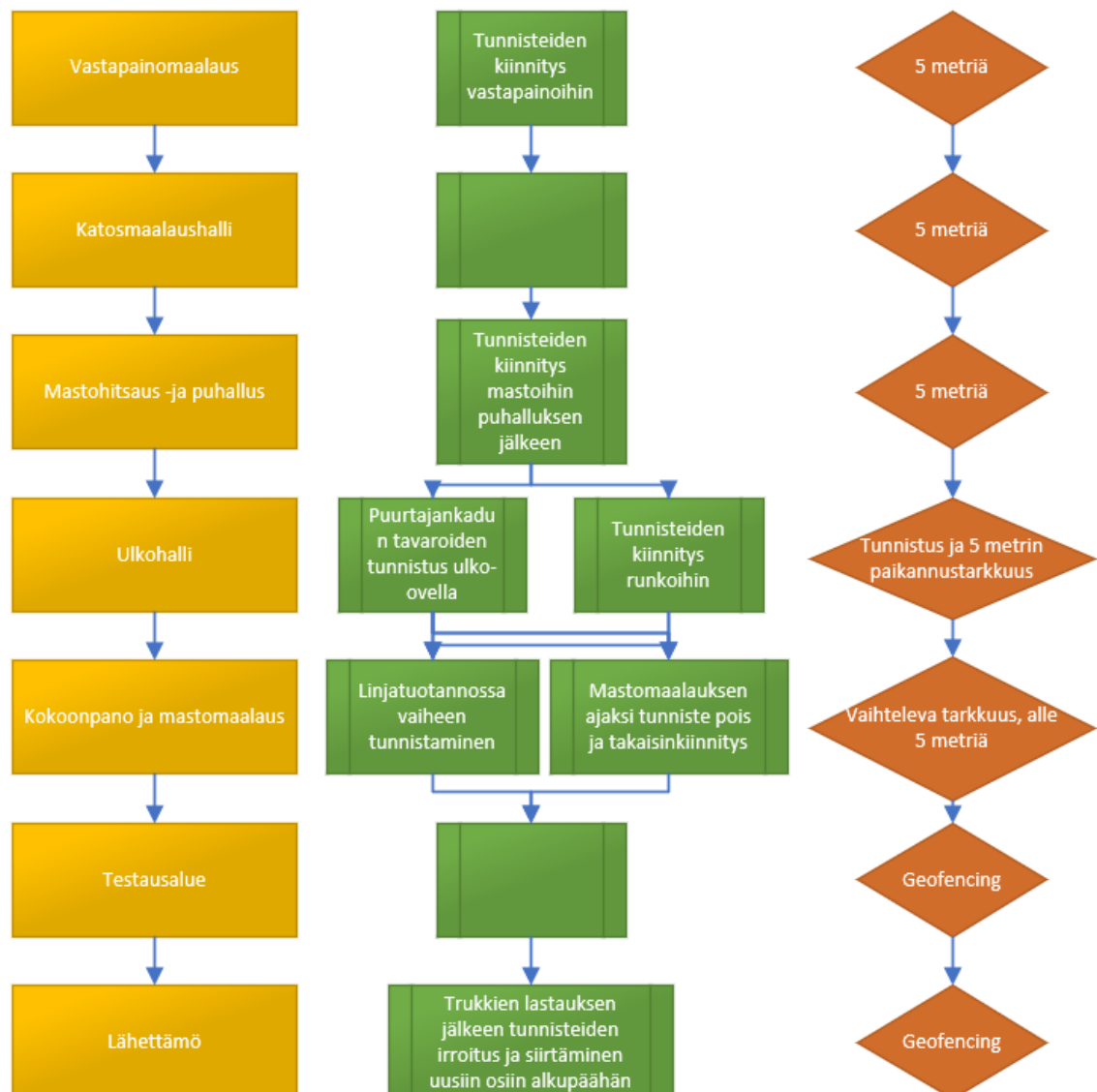
6 Sisäpaikannuksen- ja tunnistuksen mahdollisuudet MLE Oy:lle

MLE Oy:n trukkitehtaan sisällä on paljon kiinteitä esteitä, jotka heikentävät jokaisen käsitellyn teknologian käyttämien radiosignaalien kulkua. Metalli haittaa signaalien kulkua, ja paksu kiinteä metallikappale voi estää signaalien kulun kokonaan lähettimen ja vastaanottimen välillä. Mikään tässä työssä käsiteltävistä teknologioista ei läpäise metallia, joten radiosignaalien vastaanottimia joudutaan todennäköisesti asentamaan enemmän kuin sellaisissa ympäristöissä, jossa ei ole metallisia esteitä. Tunnisteiden valinnassa tulee ottaa huomioon se, että ne on tarkoitus kiinnittää metallipinnalle. Suunnitellun järjestelmän tulisi olla skaalautuva. Sen tulisi pystyä reaaliaikaiseen paikannukseen ja geofencingiin eli järjestelmän luomien virtuaalisten rajojen käyttöön. Tunnistukselle voisi olla tarvetta pienemmän tavaran kuljetuksessa varaston ja tehtaan välillä. Järjestelmän tulee kerätä dataa, jonka avulla on mahdollista tarkastella kappaleen tietyissä vaiheissa vietettyä aikaa ja paikkaa. Trukkien osiin laitettavien tunnisteiden tulisi kestää ulkohallin olosuhteita eli pakkasta. Tunnisteet on syytä kiinnit-

tää vastapainoihin, mastoihin ja runkoihin sellaiseen paikkaan, mistä on mahdollisimman suuri todennäköisyys näköyhteyteen signaaleja vastaanottaviin laitteisiin, jotka sijaitsevat useimmiten rakennuksen katossa.

6.1 Ehdotus järjestelmien käyttökohteille

Ehdotuksena yritykselle tehtiin malli, joka kertoo, minkä tyyppistä paikannusta missäkin tuotantohallissa olisi hyödyllistä olla. Sitä havainnollistetaan kuvan 7 avulla, malli selitetään laajemmin auki kuvion jälkeisen osuuden avulla.



Kuva 7. Tunnisteiden kiinnityspaikat ja paikannustarve kussakin tehdashallissa.

Tavaran vastaanotossa voisi laittaa edulliset, esimerkiksi passiiviset RFID-tunnisteet kiinni pienempään tavaraan. Linjakokoonpanoa varten valmisteltaviin laatikoihin voitaisi harkita myös edullisten tunnisteen laittoa. Komponenttien saapuessa tehtaalle lukijaportti voisi tunnistaa tavarat ja kuitata ne järjestelmään saapuneiksi tehtaalle. Mikäli tunnistetta on mahdollista kierrättää ja ne ovat sen verran hintavia, että kertakäyttö ei kannata, ne voisi laittaa uudestaan kiertoon Puurtajankadun varastolle.

Vastapainotrukkimallin eli EVOLT KAI:n osalta paikannustarve alkaa vastapainon maalauksen jälkeen. Tunnisteet kannattaisi laittaa kiinni vastapainoihin laaduntarkastuksen yhteydessä vastapainomaalauksessa, mastoihin puhalluksen jälkeen mastohitsausmaalauksessa ja runkoihin ulkoisissa. Tunnisteen kiinnityksestä ja siihen syötetystä tuotantotilausnumerosta tulee lähteä tieto MLE Oy:n järjestelmiin. Paikannustarkkuuden ei tarvitse olla viittä metriä tarkempi tiloissa, jotka sijaitsevat ennen kokoonpanoa. Tärkeintä on, että vastapainon, maston ja rungon sijainti on mahdollista nähdä suurpiirteisesti ja että osa voidaan löytää tarvittaessa.

Kokoonpanohallissa maalataan mastoja ja siellä on kaikkien trukkityyppien kokoonpanotilat. Kokoonpanohallissa tarvitaan linjatuotannon osalta tarkempaa tunnistusta tai niin tarkkaa seuranta, että järjestelmän avulla voidaan havaita, minkä vaiheen tuotantolinjalla oleva trukki on ohittanut eli esimerkiksi onko runko ja vastapaino nostettu linjalle tai onko katos kiinnitetty. Linjatuotanto alkaa esikokoonpanolla, ja sen jälkeen yhdistetään runko ja vastapaino. Paikannusjärjestelmän avulla tieto voisi siirtyä MLE Oy:n järjestelmiin, kun samalla tuotantotilauksella oleva vastapaino ja runko ovat linjan esikokoonpanoalueella. Mastojen osalta tarvittavaa paikannustarkkuutta tulee punnita tarkemmin. Tunnisteet tulevat joka tapauksessa irrottaa mastomaalauksen ajaksi ja laittaa sen jälkeen takaisin kiinni.

Testausalueen halliin riittäisi virtuaalisten rajojen luominen eli geofencing. Järjestelmään luodaan virtuaaliset rajat, ja kun trukki on viety kokoonpanohallista

testausalueelle, se ylittää virtuaalisen rajan ja järjestelmä kuittaa trukin ohittaneen tietyn askeleen järjestelmässä. Järjestelmän tulisi kuitata trucki myös askeleen taaksepäin, jos se jostain syystä ajetaan takaisin kokoonpanohalliin.

Lähetämöhalliin voisi käyttää samantyylistä virtuaalisiin rajoihin perustavaa mallia kuin mitä testausalueen halliin. Silloin kun trucki siirretään lähetämöhalliin, järjestelmä kuittaa sen ohittaneen tietyn vaiheen ja poistaa kuittauksen, mikäli trucki siirretään takaisin toiseen suuntaan.

Järjestelmässä voisi olla tuplavarmistus testausalueen ja lähetämön mallien kohdalla, eli trucki tulisi ihmisvoimin kuitata tiettyyn tilaan, ennen kuin trucki siirretään. Mikäli kuittausta ei ole tehty, järjestelmä hälyttää trukin olevan väärässä paikassa.

Lisäksi virtuaalista rajaa voitaisiin hyödyntää myös trukkien lastauksessa väärän trukin lastauksen ehkäisemiseksi.

Paikantaminen ehdotetuissa kohteissa vaatisi järjestelmältä skaalautuvuutta paikannuksen tarkkuuden suhteen, virtuaalisia rajoja hyödyntävää teknologiaa sekä tunnistusta. Tämänlaista mallia ei otettu esiin palaverissa yritysten edustajien kanssa, mikä johtuu tavoitteen muuttumisesta työn ollessa kesken sekä kiireellisestä aikataulusta. Geofencing voisi hyödyttää osassa kohden tehdasta. Linjatuotannossa olevan trukin ja varastolta saapuvien tavaroiden tunnistamiseen tarvittaisiin lisäselvityksiä yrityksiltä. Lisäksi olisi hyödyllistä selvittää, onko asiakkailta pääsy kaikkeen dataan, mitä järjestelmä kerää.

6.2 Paikannusjärjestelmien mahdollisuudet MLE Oy:lle

Nykytilanteeseen nähden sisäpaikannusjärjestelmän avulla on mahdollista vähentää turhan työn määrää osien etsimisen suhteen. Kadoksissa oleva trukin osa aiheuttaa etsimisen lisäksi kerrannaisvaikutuksia. Työntekijöiden osalta suunnitelmat voivat muuttua. Työnjohtajat ja muut toimihenkilöt joutuvat monesti reagoimaan kadonneisiin osiin, ja pahimmassa tapauksessa osan puuttuminen aiheuttaa kalliin tuotantopaikan menetyksen. Inhimillisten virheiden seurauksia

on helpompi korjata ja osittain myös estää. Esimerkkeinä ovat tilanteet, joissa trukin osa on viety väärään paikkaan tai trukki on lastattu väärään autoon. Tunnistaminen varastosiirroissa tehtaalle vähentää saldovirheiden mahdollisuutta. Paikannusjärjestelmän keräämän datan perusteella voidaan koostaa historiatietoja, joiden avulla tiedetään, kuinka kauan ja missä tietty osa on ollut. Historia-tietojen avulla on mahdollista parantaa prosesseja, joka mahdollistaa tuotannon toiminnan kehittymisen.

Teknologioista Bluetooth Low Energy ja Ultra-Wide Band pystyvät alle viiden metrin paikannustarkkuuteen. Wi-Fi-teknologia ei yksistään riitä edellä esitetyn mallin vaatimukseen, sillä paikannustarkkuus ei riitä. RFID ei sovellu jatkuvaan paikantamiseen, mutta teknologiaa voisi olla mahdollista hyödyntää Puurtajan-kadulta saapuvien osien tunnistamiseen. Tarkempien kriteerien määrittelyn avulla voisi olla mahdollista vertailla eri palveluntuottajien järjestelmiä realistisemmin. Ympäristö huomioiden toimijoiden on helpompi arvioida kustannuksia, joskin metallinen ympäristö tekee siitä haastavaa. Mitsubishin tuotantoympäristössä on syytä huomioida kiinteiden metallisten esteiden lisäksi myös liikkeessä olevat, suurimmaksi osaksi metallia sisältävät trukit. Pilottikokeilu rajatulle alueelle voisi mahdollistaa todellisten tarkkuuden ja kantaman riittävyyden tarkastelun tässä ympäristössä.

7 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli hankkia tietoa eri sisäpaikannusteknologioista ja -järjestelmistä sekä tuoda esiin mahdollisuuksia, joita sisätilapaikannus voisi tuoda tilaajayritykselle.

Perehtyminen työhön alkoi tiedon hankkimisella. Tietoa hankittiin internetin, kirjojen ja ulkopuolisten toimijoiden kanssa käytyjen haastatteluiden ja palaverien avulla. Keskusteluiden ja sähköpostiviestittelyn avulla saatiin tietoa järjestelmien mahdollisuuksista. Nykytilan kuvaus perustuu omiin havainnoiteihin ja tilaajayrityksen henkilöstön kanssa käytyihin keskusteluihin. Näiden avulla pystyin ehdottamaan, millä tavalla missäkin tehtaassa osassa paikannusjärjestelmiä voisi hyödyntää.

Työn myötä havaittiin, että realistisia järjestelmän kustannuksia sisätilapaikannusjärjestelmälle on erittäin vaikea arvioida, sillä metalliset kappaleet aiheuttavat hankaluuksia radiosignaalien etenemiselle. Tarpeiden kartoittamisen, eri osastojen välisen yhteydenpidon avulla ja sitä kautta tarkempien kriteerien määrittämisen avulla olisi mahdollista rajata palveluntuottajien joukkoa sekä saada tarkempia arvioita kustannuksista.

Työn tavoitteena oli tuoda esille, mihin paikannusjärjestelmää voisi hyödyntää MLE Oy:n tiloissa ja mitä parannuksia se voisi tuoda yrityksen toimintaan. Samalla yrityksessä haluttiin tietoa kaupallisista paikannusjärjestelmistä ja niiden tuomista mahdollisuuksista ja rajoitteista.

Tavoite työlle täyttyi sen osalta, että työssä kuvailtiin, kuinka paikannusjärjestelmiä on mahdollista hyödyntää ja esitettiin, mitä hyötyjä paikannus voi mahdollistaa MLE Oy:llä. Kaupallisten järjestelmien ominaisuuksiin olisi ollut syytä perehtyä vielä paremmin.

Tutkimus tehtiin nopealla aikataululla ja sen edetessä tuli mieleen kohteita, joita voisi olla järkevää tutkia myöhemmin, mikäli sisäpaikannusjärjestelmissä katsotaan olevan potentiaalia tehdasympäristön toiminnan kehittämiseksi. Yrityksessä tulee puntaroida, kannattaako MLE Oy:n luoda omia sovelluksia hyödyntämään paikannusjärjestelmien keräämää raakadataa vai kannattaisiko tarvittavat sovellukset hankkia ulkopuolisilta yrityksiltä.

Nykyisen mallin kustannusten laskeminen voisi olla mahdollinen jatkotutkimuksen aihe. Huomioitaisiin ja laskettaisiin kustannukset siltä osin, mitä paikannusjärjestelmän avulla on mahdollista vähentää. Tuotantopaikan menettämisen kustannukset ovat oletettavasti suurin kustannuserä, jonka ehkäisemiseen voidaan hyödyntää paikannusta. Kateissa olevan osan etsimiseen menevä aika eri henkilöiltä voidaan mitata ja saada sitä kautta selville kustannukset. Saldovirheiden aiheuttamat kustannukset voidaan laskea ottamalla huomioon keskeneräisen tuotannon kasvu. Kustannusten mahdollisimman tarkka laskeminen mahdollistaisi realistisemman vertailun nykyisen tilanteen ja mahdollisen sisäpaikannusjärjestelmään investoinnin välillä.

Koko toimitusketjun läpinäkyvyyttä ajatellen olisi hyödyllistä pohtia hyötyjä, joita paikannus ja tunnistus voivat tuoda. Voisiko olla mahdollista, että tavarantoimittajat laittaisivat tunnisteen kiinni jo ennen tiettyjen osien saapumista MLE Oy:n tiloihin? Suurin osa trukeista kuljetetaan MLE Oy:n tehtaalta rekoilla suureen varastoon Hollantiin. Osasta trukkeja on jouduttu irrottamaan masto liiallisen korkeuden takia. Trukkeja ja niiden mastoja joudutaan etsimään myös Hollannin varastossa. Paikannus- ja tunnistusjärjestelmien ulottaminen MLE Oy:n ulkopuolelle avaisi mahdollisuuksia nähdä järjestelmistä osien saapumisaikataulusta tai tehtaalta pois päin kohti Hollantia. Tämä vähentäisi turhaa kommunikaatiota eri toimijoiden välillä ja samalla myös tehtaan toimintojen, kuten hankinnan, tuotannonsuunnittelun ja työnjohtajien välillä.

Työtä voidaan hyödyntää alustavana ehdotuksena, jonka pohjalta voidaan saada aihetta lisäpohdinnoille, tarkentaa kriteereitä sekä miettiä käyttökohteita tarkemmin.

Lähteet

- 1 Peltola, Ville & Toivanen, Leena. 2017. Sisätilapaikannus – Tekniikat ja tuotteet. Raportti. Centria-ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 2 Afaneh, Mohammad. 2022. Bluetooth Low Energy (BLE): A Complete Guide. Verkkoaineisto. Novelbits. <<https://novelbits.io/bluetooth-low-energy-ble-complete-guide>>. 6.9.2022. Luettu 25.10.2022.
- 3 Indoor Positioning and Services. 2021. Verkkoesite. Infsoft GmbH. <https://www.infsoft.com/wp-content/uploads/infsoft-Whitepaper-EN-Indoor-Positioning_download.pdf>. Luettu 28.10.2022
- 4 Nekoogar, Faranak. 2005. Ultra-Wideband Communications: Fundamentals and Applications. Pearson.
- 5 Tabor, Kent. 2021. Ultra-wideband: Factors to consider before you get started. Verkkoaineisto. Design world. <<https://www.designworldonline.com/ultra-wideband-factors-to-consider-before-you-get-started/>>. Päivitetty 1.8.2022. Luettu 27.10.2022.
- 6 Bluetooth Low Energy. Verkkoaineisto. Infsoft GmbH. <<https://www.infsoft.com/basics/positioning-technologies/bluetooth-low-energy-beacons/>>. Luettu 24.10.2022.
- 7 RFID. Osa 1, Opas, johdatus tekniikkaan. 2010. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.
- 8 Asset and People Tracking. Verkkoaineisto. Infsoft GmbH. <<https://www.infsoft.com/basics/applications/asset-people-tracking/>>. Luettu 31.10.2022.
- 9 Wi-Fi. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>>. Luettu 2.11.2022.
- 10 Langattoman verkon käyttö ja ongelmatilanteet. Verkkoaineisto. Oulun seudun sähkö. <https://valokuitu.oss.fi/media/tiedostot/meidankuitu_wi-fiohjeet_web.pdf>. Luettu 27.10.2022.
- 11 Wi-Fi. Verkkoaineisto. Infsoft GmbH. <<https://www.infsoft.com/basics/positioning-technologies/wi-fi/>>. Luettu 27.10.2022.
- 12 Indoor positioning system. Verkkoaineisto. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Indoor_positioning_system>. Luettu 21.10.2022.

- 13 Junnila, Anni. Mitkä asiat vaikuttavat paikannusjärjestelmän valintaan. Verkkoaineisto. <<https://trackinno.com/fi/esineiden-internet-iot/mitka-asiat-vaikuttavat-sisatilapaikannusratkaisun-valintaan/>>. Luettu 7.11.2022
- 14 What is RTLS? | An Introduction to Real-Time Location Systems. Verkkoaineisto. Atlasrfidstore. <<https://www.atlasrfidstore.com/what-is-rtls-an-introduction-to-real-time-location-systems/>>. Luettu 5.11.2022.
- 15 Dammann, Armin; Mensing, Christian & Stephan Sand. 2014. Positioning in Wireless Communications Systems. E-kirja. Wiley.
- 16 Real-Time Asset Tracking. Verkkoaineisto. Sciencesoft. <<https://www.scnsoft.com/asset-management/real-time-asset-tracking>>. Luettu 5.11.2022.
- 17 Polkko, J. & Sjöholm, M. 2022. Elisa Oyj. Sähköpostiviesti. 1.11.2022. Viestin saaja: Niko Välimäki.
- 18 Polkko, J. & Sjöholm, M. 2022. Elisa Oyj. Etäpalaveri. 8.11.2022.
- 19 Viljamaa, Esa. 2022. Iiwari Tracking Solutions Oy. Sähköpostiviestit. 1.11.2022 ja 11.11.2022. Viestien saaja: Niko Välimäki.
- 20 Viljamaa, Esa. 2022. Iiwari Tracking Solutions Oy. Keskustelu 1.11.2022.
- 21 Kajaanilainen Iiwari paikantaa UWB-tageilla. Verkkoaineisto. ETN. <https://etn.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=10861&via=n&datum=2020-06-10_15:39:22&mottagare=ETN_MAKRO_SUBSKRIBATOR>. Luettu 10.11.2022
- 22 Helakari, Mira. Kaltiot Technologies Oy. 2022. Puhelinkeskustelu. 28.10.2022.
- 23 Helakari, Mira. Kaltiot Technologies Oy. 2022. Sähköpostiviesti. 3.11.2022. Viestin saaja: Niko Välimäki.
- 24 IOT-laitteet. Verkkoaineisto. Kaltiot Technologies Oy. <<https://kaltiot.com/iot-laitteet/>>. Luettu 10.11.2022.
- 25 Sola, Hanna. 2022. Trackinno Oy. Keskustelu. 20.10.2022.
- 26 Sola, Hanna. 2022. Trackinno Oy. Sähköpostiviesti. 21.10.2022. Viestin saaja: Niko Välimäki.