



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Edon Mitrovica

Hihnakuljettimen hinnanvalvonta ja laatikkokapasiteetin seuranta

Opinnäytetyö

Kevät 2022

Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Edon Mitrovica

Työn nimi: Hihnakuuljettimen hinnanvalvonta ja laatikkokapasiteetin seuranta

Ohjaaja: Juha Hirvonen

Vuosi: 2022

Sivumäärä: 49

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella pilvipalvelupohjainen valvontajärjestelmä, joka seuraa hihnakuuljettimen hinnan kulkua ja hihnakuuljetinradan laatikkokapasiteettia. Lisäksi haluttiin luoda asiakkaalle dashboard-näkymä, josta voi seurata valvontajärjestelmän tilastoja ja hälytyksiä. Järjestelmän avulla voidaan reagoida vaaratilanteisiin nopeasti ja ylläpitää tuotantoa. Opinnäytetyö tehtiin jakelu- ja logistiikkayhtiö Posti Group Oyj:lle.

Työssä tutustuttiin kunnossapidon, esineiden internetin sekä datankeruun teoriaan ja niiden merkitykseen yritys- ja teollisuustoiminnassa. Toteutusosiossa tutustuttiin hihnakuuljetinjärjestelmään ja sen ominaisuuksiin sekä valvontajärjestelmän suunnittelu- ja asennustöihin. Lopuksi valvontajärjestelmä otettiin käyttöön ja tehtiin pieniä säätöjä pilvipalvelun päivittymisaikoihin sekä kokeiltiin hälytysten toimintaa.

Työn tuloksena pilvipalvelupohjainen valvontajärjestelmä otettiin käyttöön. Asiakas on tyytyväinen valvontajärjestelmän toimintaan ensikokeilujen perusteella. Lopussa pohditaan valvontajärjestelmän parannus- ja laajennuskeinoja.

¹ Asiasanat: kunnossapito, esineiden internet, anturit, hihnakuuljetin, pilvipalvelut

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electric Automation

Author: Edon Mitrovica

Title of thesis: High Speed Loop Belt Tracking

Supervisor: Juha Hirvonen

Year: 2022

Number of pages: 49

The objective of the thesis was to design a cloud-based tracking system, which monitors the operation of the belt of a belt conveyor and the tray capacity of a loop conveyor. In addition, a dashboard for a tracking system was created so that the customer company can observe statistics and alarms. The tracking system is a tool for reacting to dangerous situations and it also maintains the production. The thesis was made for a distribution and logistics company Posti Group Oyj.

The thesis explored the theory and meaning of maintenance, the Internet of Things and collecting data in business and industry. In the implementation section of the thesis the belt conveyor system and its features were explored and the planning and mounting of a tracking system were studied. Lastly the tracking system was deployed, some small adjustments to the sampling and reporting intervals of the cloud service were made and the functioning of the alarms was tested.

As the result of the study a cloud-based tracking system was deployed and potential targets for improvement and expansion were considered. The customer company was satisfied with the performance of the tracking system.

¹ Keywords: maintenance, Internet of Things, sensors, belt conveyor, cloud computing

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	9
1.1 Työn taustaa.....	9
1.2 Työn tavoite.....	9
1.3 Työn rakenne	9
1.4 Yritysesittely	10
2 TYÖN TIETOPERUSTA.....	11
2.1 Kunnossapito ja sen merkitys.....	11
2.1.1 Ennakoiva ja ehkäisevä kunnossapito	12
2.1.2 Korjaava kunnossapito.....	12
2.1.3 Parantava kunnossapito	13
2.2 Esineiden internet ja datankeruu	14
2.2.1 Esineiden internet (IoT).....	14
2.2.2 Teollinen internet (IIoT).....	15
2.2.3 Pilvipalvelut.....	16
2.2.4 Big data.....	19
2.3 Paikoitukseen sopivat anturit.....	20
2.3.1 Haarukka-anturit	20
2.3.2 Valokennot.....	21
2.3.3 Konenäköratkaisut	22
3 TYÖN TOTEUTUS	25
3.1 Lähtötilanteen esittely.....	25

3.2	THS-kuljetinradan käyttötarkoitus ja ominaisuudet.....	28
3.3	Distence Oy:n rooli opinnäytetyössä	31
3.3.1	Condence Easy.....	31
3.3.2	Condence Basic.....	32
3.3.3	Condence Advanced.....	33
3.4	Työn toteutukseen valitut anturit.....	34
3.5	Condence.io	36
3.5.1	Asiakkaan dashboard-näkymä.....	37
3.6	Sähköiset kytkennät ja niiden testaus	39
3.7	Kenttäasennukset.....	40
3.8	Järjestelmän käyttöönotto	45
4	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	47
	LÄHTEET	48

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Erimallisia haarukka-antureita.....	20
Kuva 2. Erimallisia valokennoja	21
Kuva 3. ifm O2I510 1D/2D-koodilukija	22
Kuva 4. Kuva 4. ifm O2D520 -hahmontunnistusanturi	23
Kuva 5. SICK Ranger3 -koneäkökamera	24
Kuva 6. Hihnakuljetinradan neljä syöttökuljetinta	26
Kuva 7. Hihnan pitäisi kulkea tällä tavalla.	27
Kuva 8. Hihna kulkee liian lähellä kuljettimen reunaa.	28
Kuva 9. THS kuljetinradan hahmotelma.....	30
Kuva 10. Condence Easy	32
Kuva 11. Condence Basic.....	33
Kuva 12. Condence Advanced	34
Kuva 13. SICK WTB16P -tuoteperheen kohteesta tunnistava anturi.	35
Kuva 14. Sähkökaapin kytkennät.....	40
Kuva 15. Sähkökaappi asennettuna, taustalla näky kohdehihnakuljetin.	42
Kuva 16. Hihnanvalvonnan anturit.	44
Kuva 17. Laatikkokapasiteetin seurannan anturi.	45

Kuvio 1. Condence.io-työkalut ja -ominaisuudet	37
Kuvio 2. Hihnanseuranta, laatikkokapasiteetti edellisen puolen tunnin aikana ja hälytykset.....	38
Kuvio 3. Laatikkokapasiteetin seuranta vasemmalla ja hihnanvalvonta oikealla.....	39
Taulukko 1 Kunnossapitolajit	14

Käytetyt termit ja lyhenteet

Big data	Yleisnimitys suurelle määrälle dataa, jota kerätään, käsitellään, säilytetään ja analysoidaan internetiä hyödyntämällä.
Dashboard	Aloituskäyttö, joka sisältää järjestelmän tärkeimmät tiedot
IaaS	Infrastruktuuri palveluna (engl. infrastructure as a service)
IIoT	Teollinen internet (engl. Industrial Internet of Things)
IoT	Esineiden internet (engl. Internet of Things)
M2M	Koneiden välinen viestintä (engl. machine-to-machine communication)
Monitorointi	Jonkun prosessin jatkuvaa seuraamista
NIST	Yhdysvaltalainen julkishallinnon standardeja kehittävä kauppaministeriön alainen virasto (engl. National Institute of Standards and Technology)
PaaS	Sovellusalue palveluna (engl. platform as a service)
Positio	Kohteen asento tai paikka
Pullonkaula	Järjestelmän osa-alue, joka estää järjestelmän toiminnan täydellä kapasiteetilla
RPM	Kierroksia minuutissa (engl. revolutions per minute)
SaaS	Sovellukset palveluna, joka tarjoaa yrityksille ostomahdollisuuden, jolla sovellukset saa käyttöönsä (engl. software as a service)
Skaalautuvuus	Toiminnan kasvattamista ilman toiminnallisuuden häiriöitä
THS	Laatikoiden käsittelyjärjestelmä (engl. Tray Handling System)

XaaS

Käsite sisältää kaikki pilvipalvelumallit (engl. anything as a service)

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Laitteiden kunnossa- ja käynnissäpito on tärkeä osa tehtaiden tuotantoa. Viime vuosien aikana teollisesta internetistä on tullut merkittävä apuväline siihen. Opinnäytetyön asiakkaan Posti Group Oyj:n toiveena on pitää Helsingin postikeskuksessa tuotannon kannalta tärkeä kuljetinratajärjestelmä toimintakuntoisena hihnakuljettimen hinnanvalvonnalla sekä laatikkokapasiteetin, eli laatikkomäärän seurannalla teollista internetiä hyödyntämällä. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Algol Technics Oy, opinnäytetyössä on ollut mukana myös teollisen internetin ratkaisuihin keskittynyt Distence Oy.

Työn kohteena olevan hihnakuljettimen hihna kulkee sivuttaissuunnassa kuljettimen reunaan päin, kun siihen syötetään lähetyslaatikoita. Hihna voi rikkoutua, jos se kulkee liian lähellä kuljettimen reunaa ja aiheuttaa tuotannon seisomisen, jonka tapahtuminen halutaan estää hinnanvalvonnalla. Laatikkokapasiteetin seurannalla voidaan tarkkailla kuljetinradan tuotantotehoa.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on kehittää pilvipalvelupohjainen hihnakuljettimen valvontajärjestelmä ja laatikkovirran kapasiteetin seuranta käyttämällä antureita sekä IoT-terminaalia. Asiakkaalle tehdään myös räätälöity dashboard-näkymä, josta voidaan seurata hinnan positiota ja kuljetinradan laatikkokapasiteettiä. Järjestelmä myös hälyttää hihnan ajautuessa liian lähelle kuljettimen reunoja sekä laatikkokapasiteetin pysyessä korkeana.

1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyön johdannossa esitellään työn tavoitteet, taustat sekä työn toimeksiantajat. Luku 2 on teoriaosuus, jonka aiheena on kunnossapito ja sen merkitys sekä esineiden internet ja datan kerääminen. Teorian jälkeen luvussa 3 käydään läpi työn käytännön

osuutta, johon sisältyy kenttäasennukset ja pilvipalvelun suunnittelu sekä esitellään kuljetinrata, johon työ toteutetaan. Lopuksi tarkastellaan työn tuloksia sekä esitellään omia pohdintoja.

1.4 Yritysesittely

Tässä opinnäytetyössä toimeksiantajana toimii Algol Technics Oy, joka on materiaalinkäsittelyn ratkaisujen ja teollisuuden tuotteiden toimittaja (Algol Technics Oy, i.a.). Algol Technics Oy on osa Algol-konsernia, jolla on kansainvälisen kaupan kokemusta vuodesta 1894 lähtien. Konserniin kuuluvat Algol Chemicals Oy, Algol Diagnostics Oy, Algol Technics Oy, Algol Trehab Oy, Histolab products AB sekä Suomen Unipol Oy (Algol Oy, i.a.). Yhtiön kotipaikka on Espoo.

Opinnäytetyön asiakkaana oli Posti Group Oyj, joka on Suomen valtion omistama jakelu- ja logistiikkayhtiö (Posti Group Oyj, i.a.). Posti Group Oyj:n toimintamaita ovat Suomi, Ruotsi, Norja, Puola sekä Baltian maat. Liiketoiminta muodostuu kirje-, lehti- ja pakettituotteiden jakelupalveluista, verkkokaupan palveluista, kokonaisvaltaisista toimitusketjuratkaisuista, sekä laajasta kirjosta kuljetuspalveluja. Yhtiön liikevaihto vuonna 2021 oli 1,6 miljardia euroa ja kotipaikka on Helsinki.

2 TYÖN TIETOPERUSTA

2.1 Kunnossapito ja sen merkitys

Kunnossapidolla tarkoitetaan toimia tai toimenpiteitä, joiden tavoitteena on laitteiden ja järjestelmien pitäminen toimintakuntoisina, saada ne käyttökuntoon vaurioitumisen tai pitkän seisonta-ajan jälkeen sekä palauttaa niiden toiminta sellaiseksi, että ne pystyvät suorittamaan niille tarkoitetut toiminnat (Heinonkoski, 2013, s. 11).

Kunnossapitotoimintaa on ollut niin kauan, kun ihminen on rakentanut ja käyttänyt koneita. Kunnossapidon toimintatavat ovat muuttuneet ajan mittaan vain korjaamisesta tuotantojärjestelmien hoitamiseksi (Järviö & Lehtiö, 2017, s. 21). Teollisuuden alkuvaiheessa työt pyrittiin suorittamaan itsenäisesti, mutta vähitellen se ulkoistettiin kunnossapidon hallitseviin paikallisiin yrityksiin, jotka tarjosivat erikoispalveluja (Heinonkoski, 2013, s. 12).

Kunnossapidon merkitys kansantaloudelle on suuri (Heinonkoski, 2013, s. 12). Kansallinen omaisuus tarvitsee säännöllistä kunnossapitoa, ja se on suunniteltu kestämaan pitkiä aikoja. Säännöllisellä kunnossapidolla voidaan pidentää laitteiden ja järjestelmien elinikää (Heinonkoski, 2013, s. 12). Kunnossapitoon investoidaan vuosittain noin 24 miljardia euroa, tästä julkisen sektorin osuus on noin 14 miljardia euroa. Kunnossapitoon kuuluvien työpaikkojen arvioidaan olevan yhteensä yli 200 000, joista teollisuudessa on noin neljäsosa (Järviö & Lehtiö, 2017, s. 31).

Kunnossapito vaikuttaa työllisyyteen sekä kansantalouteen merkittävästi (Heinonkoski, 2013, s. 12). Kunnossapidolla on myös suuri vaikutus yritysten liiketoiminnan tulokseen, ja siihen käytetty osuus yrityksen resursseista vaihtelee merkittävästi teollisuusalan mukaan, joka on noin 5–20 % yrityksen liikevaihdosta. Kunnossapidon menot ovat sitä suuremmat, mitä raskaammasta teollisuudesta on kyse.

2.1.1 Ennakoiva ja ehkäisevä kunnossapito

Ennakoivalla ja ehkäisevällä kunnossapidolla havaitaan ja rajoitetaan järjestelmän komponentin, osan tai systeemin häiriöt ja viat (Heinonkoski, 2013, s. 146). Ehkäisevän kunnossapidon tehtävät ajoitetaan etukäteen järjestelmän toimittajan ilmoittamien kriteerien täytyessä, näin pienennetään vikaantumisen todennäköisyyttä tai järjestelmän toiminnan heikkenemistä. Kunnossapidon tehtäviä voidaan suunnitella ja ajoittaa huolloista saatujen tulosten perusteella (Heinonkoski, 2013, s. 146; Järviö & Lehtiö, 2017, s. 50).

Laitteiden tai järjestelmien käytöstä kerääntyneitä historiatietoja häiriöiden aikaväleista ja laadusta sekä kestosta hyödynnetään, ja niiden avulla pyritään ajoittamaan toimet ennen häiriöiden tapahtumista (Heinonkoski, 2013, s. 146). Ajoitettu ennakkohuoltomenetelmä on yritykselle edullisempi, kuin reaktiivinen menetelmä. Ennakoivan ja ehkäisevän kunnossapidon muita etuja reaktiiviseen kunnossapitoon nähden on muun muassa toimivampi suunnittelu ja ajoittaminen, tarkempi varaosien seuranta ja resurssien hallinta, parempi informaatio, se myös vastaa lakien ja laatujärjestelmien edellytyksiin (Heinonkoski, 2013, s. 146). Ennakoivaan ja ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat muun muassa kohteen tarkastelu, kohteen kuntoon perustuva kunnossapito, määräystenmukaisuuden ja toimintakunnon varmistaminen, käynnin valvominen sekä vikaantumistietojen tarkastaminen (Järviö & Lehtiö, 2017, s. 50).

2.1.2 Korjaava kunnossapito

Reaktiivisella eli korjaavalla kunnossapidolla vastataan järjestelmän äkillisiin vikoihin ja toimintahäiriöihin palauttamalla järjestelmä toimivaksi mahdollisimman nopeasti (Heinonkoski, 2013, s. 146). Komponenttien tai osan elinaika voidaan arvioida korjaavan kunnossapidon suoritusvälien avulla. Korjaava kunnossapito on suunnittelematon häiriön korjaus tai suunnitelmallinen kunnostus (Järviö & Lehtiö, 2017, s. 51). Akuuteissa tilanteissa nopea ja osaava korjaus saadaan aikaan kunnossapitohenkilökunnan kouluttamisella ja perehdyttämällä (Heinonkoski, 2013, s. 146). Korjaavaan kunnossapitoon kuuluvat muun muassa vian määrittäminen, tunnistus ja paikannus, vian väliaikainen ja välitön korjaus sekä kohteen palauttaminen toimintakuntoiseksi (Järviö & Lehtiö, 2017, s. 51).

2.1.3 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito parantaa kohteen suorituskykyä, toimintavarmuutta ja kunnossapidettävyyttä (Järviö & Lehtiö, 2017, s. 51–52). Käsite voidaan jakaa kolmeen kategoriaan, joissa keskitytään kohteen muuttamiseen eri tavoin. Ensimmäisessä kategoriassa kohteen muuttaminen toteutetaan käyttämällä uudempia komponentteja tai osia, mutta kohteen suorituskykyyn ei tehdä muutoksia. Toisessa kategoriassa keskitytään kohteen toimintavarmuuden parantamiseen uudelleensuunnittelulla ja kunnostuksilla, tässäkin kategoriassa ei paranneta kohteen suorituskykyä. Kolmannessa kategoriassa kohdetta nykyaikaistetaan, ja samalla myös suorituskykyä muutetaan. Nykyaikaistamisella kone sekä valmistusprosessi uudistetaan vastaamaan kilpailukykyisen valmistamisen edellytyksiä. Taulukko 1 esittää eri kunnossapitolajit kuvauksineen.

Taulukko 1 Kunnossapitolajit (Järviö & Lehtiö 2017, s. 53).

Kunnossapitolaji	Kuvaus
Ehkäisevä kunnossapito	kunnossapito, joka tehdään määrätyin väliajoin tai suunniteltujen kriteerien täyttyessä, jolla voidaan pienentää kohteen vikaantumisen todennäköisyyttä tai toiminnan heikkenemistä
Jaksotettu kunnossapito	ehkäisevä kunnossapito, joka tehdään ennalta määritettyjen aikavälien tai käyttömäärän mukaan
Kuntoon perustuva kunnossapito	ehkäisevä kunnossapito, johon kuuluu kunnonvalvontaa, tarkastamista tai testausta, tulosten analysointia ja näistä koostuvaa kunnossapitoa
Ennakoiva kunnossapito	kuntoon perustuva kunnossapito, joka perustuu toistuviin analyysiin tai tiettyjen ilmiöiden pohjalta tehtyihin ennusteisiin ja toimintakunnon heikkenemisen kannalta keskeisiin muuttujiin
Korjaava kunnossapito	kunnossapito, joka suoritetaan vian havaitsemisen jälkeen ja tavoitteena on toimintakunnon palauttaminen
Siirretty korjaava kunnossapito	korjaava kunnossapito, jota ei tehdä heti vian havaistamisen jälkeen
Välitön korjaava kunnossapito	korjaava kunnossapito, joka tehdään heti vian havaitsemisen jälkeen
Aikataulutettu kunnossapito	kunnossapito, joka tehdään tiettyinä aikaväleinä tai käyttömäärän mukaan
Etäkunnossapito	kunnossapito tehdään ilman kunnossapitohenkilöstön pääsyä kohteeseen
Käynninaikainen kunnossapito	kunnossapito tehdään kohteen ollessa käynnissä
Kenttäkunnossapito	kunnossapito tehdään kohteen tavanomaisella paikalla
Käyttäjäkunnossapito	kohteen käyttäjän suorittama kunnossapito

2.2 Esineiden internet ja datankeruu

Tässä luvussa esitellään esineiden internetin historiaa, osa-alueita ja sovelluksia sekä pilvipalvelujen ja datankeruun merkitystä yritysten toiminnassa.

2.2.1 Esineiden internet (IoT)

Esineiden internet, eli Internet of Things on toisiinsa liitettävien tietokoneiden, mekaanisten ja digitaalisten koneiden, esineiden ja ihmisten järjestelmä, jolla on omat yksilölliset tunnistukset, kuten IP-osoite (Gillis, i.a.). Koneet ja järjestelmät voivat siirtää dataa verkossa oleviin

kokonaisuuksiin automaattisesti, esimerkiksi pilvipalveluihin, joissa dataa voidaan tallentaa ja analysoida ilman ihmisten tai koneiden välistä vuorovaikutusta.

Esineiden internet -käsitteen on maininnut ensimmäisen kerran Kevin Ashton vuonna 1999 (Gillis, i.a.). Esineiden internet -käsitettä voidaan käyttää, kun puhutaan yleisesti kaikista esineiden internetin osa-alueista, mutta yleensä käsite viittaa yksityisille kuluttajille suunniteltuihin tuotteisiin, kuten älylaitteisiin, kodinkoneisiin sekä kodin automaatiotuotteisiin. Esineiden internet on käytännössä ylemmän tason käsite, jonka yhtenä keskeisenä osa-alueena on teollinen internet (Collin & Saarelainen, 2016, s. 31–32). Esineiden internetin käyttöliittymät voivat muuttua käyttäjän tarpeiden mukaisiksi tai ennakoida käyttäjän toimintaa, mikä lisää toimintojen helppokäyttöisyyttä, mutta lisää myös uudenlaisia uhkia. Esineiden internetin tietoturvallisuus voi olla todella heikko, jos tietoturvallisuuden vaatimuksista on tingitty laite- ja järjestelmäkehityksen yhteydessä (Peda.net, i.a.).

Esineiden internetin lisäksi puhutaan myös kaiken internetistä, englanniksi Internet of Everything, joka on esineiden internetin kattokäsite ja siihen sisältyy neljä erilaista verkkoa, jotka yhdistyvät, eli ihmiset, toiminnot, informaatio sekä asiat (Casamedia, i.a.).

2.2.2 Teollinen internet (IIoT)

Teollinen internet, eli Industrial Internet of Things tarkoittaa teollisten toimintojen tehostamista koneiden, analytiikan sekä tietojärjestelmien yhdistämisellä yhdeksi kokonaisuudeksi (Ennakointiakatemia, i.a.). Suomessa nimi on lyhennetty muotoon teollinen internet. Industrial Internet -käsitteen esitti ensimmäisen kerran yhdysvaltalainen konsultti- ja analytiikkoyhtiö Frost & Sullivan kesäkuussa 2000. Tuolloin teollisen internetin tekniset edellytykset olivat vaikeita ja hyvin kalliita toteuttaa, mutta yhdysvaltalainen General Electric otti käsitteen uudelleen käyttöön ja on tehnyt sen tutuksi vuonna 2012 (Collin & Saarelainen, 2016, s. 29).

General Electricin oman määrittelyn mukaan sana teollinen viittaa teollisen internetin tunnusomaiseen piirteeseen: tapaan, jolla ohjelmistopohjainen äly sisältyy teollisesti

valmistettaviin koneisiin ja laitteisiin (Collin & Saarelainen, 2016, s. 30). Määritelmän piiriin sisältyy valmistavan teollisuuden lisäksi muutakin, kuten liikenne, energiantuotanto sekä terveydenhuolto. General Electricin raportissa on kerrottu teollisen internetin avainelementtejä olevan kolme, ne ovat älykkäät koneet, kehittynyt analytiikka sekä ihmiset.

Tuotantoympäristöissä teollisen internetin soveltamisen edellytyksenä on sen tuottama lisäarvo liiketoiminnalle tai kokonaisille järjestelmille (Collin & Saarelainen, 2016, s. 58–61). Anturit keräävät jatkuvasti dataa tuotantoympäristön toiminnasta. Tutkimusyhtiö McKinseyn arvioiden mukaan alle yksi prosentti maailmanlaajuisesti kerätystä datasta pääsee hyötykäyttöön. Datan yleiset käyttökohteet ovat vikaantumisten hälytykset ja ajantasainen etävalvonta.

Teollista internetiä voidaan käyttää monissa sovelluksissa ja uusia käyttökohteita ja käyttökohteiden ratkaisuja tulee jatkuvasti lisää (Collin & Saarelainen, 2016, s. 61). Käyttökohteet voidaan jakaa neljään eri kategoriaan, joista ensimmäiseen kuuluu muun muassa kohteen etävalvonta, etähallinta sekä optimointi. Toiseen kategoriaan kuuluu ennakoiva kunnossapitopalvelu sekä analytiikka. Kolmanteen kategoriaan kuuluu datapohjainen palveluliiketoiminta. Neljänteen kategoriaan kuuluu älykäs tehdas sekä autonomiset tuotteet.

2.2.3 Pilvipalvelut

Pilvipalvelut ovat yhdysvaltalaisen National Institute of Standards and Technologyn (NIST) mukaan toimintamalli, jolla pääsee konfiguroitaviin ja skaalautuviin tietoteknisiin resursseihin, jotka voidaan ottaa käyttöön tai pois käytöstä vaivattomasti ja nopeasti (Salo, 2014, s. 93–96). Tietoteknisiä resursseja ovat muun muassa laskentateho, tallennustila, sovellukset sekä sovelluskehitysalustat, joihin asiakas pääsee verkon välityksellä. NIST nimeää viisi ominaispiirrettä pilvipalveluille, jotka ovat itsepalvelullisuus, palveluihin pääsy eri laitteilla, resurssien yhteiskäyttö, nopea skaalautuvuus sekä käytön tarkka mittaus. Pilvipalvelut voidaan jakaa kolmeen kategoriaan, joista käytetään nimityksiä Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS) ja Software as a Service (SaaS). Yleisemmin

käytetään myös termiä Anything as a Service (XaaS), joka sisältää kaikki kategoriat. Pilvipalvelut edustavat trendiä, jossa siirrytään käyttämään tietotekniikkaa palveluna.

Itsepalvelullisuus tarkoittaa, että tietoteknisiä resursseja saa tarvittaessa käyttöön ja pois käytöstä omatoimisesti, ilman yhteydenottoa palveluntarjoajaan ja resurssit ovat saatavilla silloin, kun niitä tarvitaan, eivätkä ne aiheuta kuluja, jos niitä ei tarvita (Salo, 2014, s. 93). Itsepalvelu antaa käyttäjälle mahdollisuuden määrittää, mitä resursseja tarvitaan sekä milloin niitä halutaan käyttää.

Päätelaiteriippumattomuus mahdollistaa palveluiden käyttämisen työasemalla, kannettavalla tietokoneella sekä mobiililaitteella ja resurssien hyödyntäminen toteutuu sieltä, missä verkkoyhteys toimii (Salo, 2014, s. 93–94).

Resurssien yhteiskäytöllä palveluntarjoaja voi palvella useita asiakkaita samanaikaisesti (Techopedia, 2017). Asiakkaalla ei ole tietoa siitä missä ja miten palvelut toteutetaan. Palveluntarjoajilla resurssien käyttöaste on korkea suuren asiakasmäärän takia. Yhteiskäytöllä voidaan tehostaa palvelun ylläpitoa, muun muassa eristää käyttäjät toisistaan (Salo, 2014, s. 94).

Nopea skaalautuvuus mahdollistaa palvelujen skaalautumisen vaivattomasti ja nopeasti ylöspäin ja alaspäin (Salo, 2014, s. 94). Asiakkaan näkökulmasta palveluissa ei yleensä ole kapasiteettirajoitusta ollenkaan. Laskenta-, tallennus- ja tietoliikennekapasiteettia on helppo lisätä äkillisiin tarpeisiin tarvittaessa.

Palvelun resurssien käyttöä tarkkaillaan ja mitataan huolellisesti (Salo, 2014, s. 94). Palveluntarjoajalla ja asiakkaalla on paljon yksityiskohtaista informaatiota saatavilla resurssien valvonnasta. Asiakas maksaa ainoastaan käyttämästään kapasiteetista palveluntarjoajalle. Kapasiteetin käytön mukainen laskutus on läpinäkyvää, tällöin asiakas luottaa laskutuksen oikeellisuuteen. Palveluntarjoajalle menee tarkka tieto asiakkaan resurssien käytön määrästä ja samalla asiakas voi seurata omaa resurssien käyttöään.

Pilvipalvelut jaetaan kolmeen eri kategoriaan: infrastruktuuri palveluna, sovellusalusta palveluna ja sovellukset palveluna (Salo, 2014, s. 96–97). Infrastruktuuri palveluna, eli IaaS-ratkaisussa, asiakas saa resurssit käyttöönsä palveluna ja se on tehokkaampi vaihtoehto, kuin itsehallittu palvelinkeskus. Kapasiteettia on helppo ottaa käyttöön tarvittaessa, eikä se sido pitkäaikaisesti, kuten tavalliset palvelimien ulkoistamiset. Palveluntarjoajan resurssit on virtualisoitu ja niiden skaalautuminen sekä ylläpito on automatisoitu. Palvelun laskutus perustuu resurssien käyttömäärään, eli etukäteissopimuksia ei tarvita ja ostaminen onnistuu ilman ihmiskontaktia. IaaS tarjoaa suurimman liikkumavapauden sekä kontrollin pilvipalvelumalleista, eli asiakkaalla on suuret mahdollisuudet säätää ja muokata IaaS-valikoiden tarpeidensa mukaisesti.

Sovellusalusta palveluna, eli PaaS, tarjoaa alustan ja rajapinnat, joiden varaan sovelluksia on mahdollista kehittää ja niitä voidaan samalla myös testata ja ylläpitää (Salo, 2014, s. 98). Infrastruktuurista ei tarvitse murehtia, sillä toiminnallisuudet ovat saatavilla moduuleina ja ohjelmointirajapintoina, mikä yksinkertaistaa ja suoraviivaistaa kehitystyön. Kolmansilta osapuolilta saa myös maksullisia lisäosia, joilla saa laajennus- ja toiminnallisuusmahdollisuuksia. Kehitystyöstä tulee ripeämpää sekä kustannustehokkaampaa alustoja käyttämällä. Yritykselle sovelluskehitysalustasta on hyötyä, se mahdollistaa omien sovellusten kehittämisen taloudellisesti, ripeästi sekä tietoturvallisesti kapasiteettirajoituksista välittämättä. Palvelunkehittäjien tehostaessa sovelluskehitystyötä yritykset saavat siitä välillistä hyötyä, sillä yleinen hintataso laskee ja samalla se mahdollistaa pienten uusien toimijoiden saapumisen markkinoille. Yksittäiset yritykset voivat hyvällä idealla ja pienellä rahoituksella kehittää uusia ratkaisuja suurelle käyttäjäkunnalle.

Sovellukset palveluna, eli SaaS, mahdollistaa sovelluksen ostamiseen yritysten käyttöön tarvittaessa (Salo, 2014, s. 99). Sovellus ostetaan aikaperusteisella tai käyttäjä- tai konekohtaisella maksulla, eikä perinteisellä lisenssimaksulla. Tällä toimintatavalla voidaan alentaa sitoutuneen pääoman määrää ohjelmistoihin ja niihin liittyviin laitteistoihin, poistaa ylläpitämisen ja päivittämisen huolen ja vapauttaa henkilöstöä tuottavampiin tehtäviin. Asiakkaat saavat henkilökohtaisen käyttäjäkokemuksen sekä ylläpitotyön, vaikka sovellusta käyttää suuri asiakaskunta. Yrityssovellusten täytyy olla luotettavia, suorituskykyisiä sekä

helppokäyttöisiä, eivätkä ne saa kaatua yllättäen. Palvelun kehityksen, käyttöönoton, ylläpidon, tarkkailun sekä hallinnan pitää tapahtua vaivattomasti ja häiritsemättä toimintaa.

2.2.4 Big data

Big data -buumi lähti nousuun vuonna 2011, mutta tarkkaa alkamisajankohtaa sille, milloin käsitteestä alettiin puhua, on mahdotonta määrittää (Salo, 2014, s. 26–28). META Groupin työntekijä Doug Laney julkaisi raportin vuonna 2001, joka käsitteli datamääriä ja niiden sisällön vaihtelevuuden kasvua tulevaisuudessa ja samalla tuli mainituksi *Volume*, *Variety* ja *Velocity*, eli suomeksi *volyymi*, *vaihtelevuus* ja *vauhti*. Volyymillä viitataan suureen datamäärään, vaihtelevuudella viitataan datan laatuun ja vauhdilla viitataan datan virtaamisnopeuteen sekä uuden datan tullessa nopeaan reagoimiseen. Volyymiä, vaihtelevuutta ja vauhtia on käytetty kuvaamaan suurten, vaihtelevien ja nopeasti kasvavan datamassan aiheuttamaa räsitusta, ja tätä ilmiötä on alettu kutsumaan big dataksi.

Big datalla viitataan siihen tosiasiaan, että dataa on maailmassa paljon, sitä tulee koko ajan lisää ja on rakenteeltaan jatkuvasti monipuolisempaa (Salo, 2014, s. 32). Päätöksiä tehdään datavirtojen ja -varantojen avulla, joista tuotetaan informaatiota, ja siitä taasen tietoa ja tietämystä. Tavoitteena on ymmärtää menneisyyttä, tiedostaa nykyhetkeä ja ennustaa tulevaisuutta ja näin ollen päätöksenteko on ideaalilanteessa automatisoitua monipuolisen datan ja kehittyneen analytiikan seurauksena. Hadoop on big dataan liittyvistä tekniikoista yksi tunnetuimpia. Se on avoimen lähdekoodin ohjelmistoprojekti ja sillä voidaan hyödyntää suuria ja monimuotoisia datamassoja kustannustehokkaasti.

Hadoopin ensimmäinen versio julkistettiin vuonna 2007 (Salo, 2014, s. 72). Sen motivaattorina toimi Googlen työpaperit. Niissä kuvattiin Googlen käyttämän tiedostojärjestelmän toimintaa ja kuinka taltioitua dataa tarkastettiin hajautetusti. Hadoop on keskeinen osa monista big data –ratkaisuista, ja sen varaan on rakennettu runsaasti liiketoimintaa. Hadoopilla voidaan sulauttaa virtuaaliset tai fyysiset palvelimet yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, josta käytetään nimitystä klusteri, jonka hyödyt ovat edullisuus, luotettavuus sekä skaalautuvuus. Monilla suurilla yrityksillä mm. Amazonilla, Microsoftilla, Intelillä ja IBM:llä on

omat Hadoop-jakelunsa (Salo, 2014, s. 72–73). Hadoop-jakelu on järjestelmä, jolla voidaan tallentaa, yhtenäistää sekä tarkastella dataa (HI-IS, i.a.).

2.3 Paikoitukseen sopivat anturit

Anturit ovat mittalaitteita, joilla voidaan mitata tai tunnistaa fyysisiä tai kemiallisia ilmiöitä ja muuttaa saadut tiedot käyttökelpoiseen muotoon, esimerkiksi sähköiseksi signaaliksi (Keinänen & Sumujärvi 2019, s. 206). Tässä työssä anturien tehtävänä on hihnan kulumisen valvonta sekä lähetyslaatikoiden kapasiteettiseuranta, joten näihin käyttötarkoituksiin tarvitaan paikoitukseen soveltuvia antureita. Opinnäytetyön suunnittelun aikana tutustuttiin kolmeen eri vaihtoehtoon: haarukka-antureihin, valokennoihin sekä konenäköantureihin. Työn toteuttaminen olisi mahdollista käytännössä kaikilla tutkituilla anturivaihtoehdoilla.

2.3.1 Haarukka-anturit

Haarukka-antureissa lähetin ja vastaanotin ovat samassa kotelossa ja ne on suunnattu täydellisesti toisiinsa nähden (SICK AG, i.a.-a). Tämä helpottaa ja nopeuttaa anturin asentamista sekä käyttöönottoa, sillä lähetintä ja vastaanotinta ei tarvitse suunnata. Haarukka-anturit toimivat optisesti tai ultraääniteknologialla. Haarukka-anturi tunnistaa kohteen, sen ollessa haarukan välissä. Kuvassa 1 esitellään erilaisia haarukka-antureita.



Kuva 1. Erimallisia haarukka-antureita (SICK AG, i.a.-a).

2.3.2 Valokennot

Valokennot ovat yleisessä käytössä automaation sovelluksissa (Keinänen & Sumujärvi, 2019, s. 214). Valokennoja on erimallisia, mutta niiden toimintaperiaate on kuitenkin sama. Niissä on lähetin ja vastaanotin, jotka voivat olla samassa komponentissa, kuten peilivalokennoissa ja kohteesta heijastavissa kennoissa tai erikseen lähetin-vastaanotinparina. Lähetin lähettää valoa, joka säädetään ulkoisten valolähteiden vaikutusten vähentämiseksi. Valoa lähetetään lyhyinä noin 1–10 kHz:n pulsseina, mikä mahdollistaa suuren häiriönsiedon ja valovoiman. Anturin linssi kohdistaa valonsäteen valoherkkään vastaanottiin. Vastaanottimessa on suodin, joka estää muun kuin lähettimen valon etenemisen. Valokennoista tutkittiin pääosin peilivalokennoja ja kohdevalokennoja.

Peilivalokennot ovat anturivaihtoehdoista suosituimpia ja edullinen vaihtoehto, ne ovat myös helppoja asentaa. Niiden toiminta perustuu siihen, että tunnistettava esine katkaisee peilistä takaisin heijastuvan valonsäteen (Keinänen & Sumujärvi, 2019, s. 215), eli tässä työssä tunnistettavia esineitä ovat kuljettimen hihna tai lähetyslaatikot.

Kohteesta heijastavat anturit eivät tarvitse peiliä tai vastakappaletta toimiakseen, joten valonsäteen heijastumista kohteista voidaan käyttää hyödyksi. Kohteesta heijastavien anturien tunnistusetaisyys on huonompi kuin peilivalokennojen, koska tunnistettavien kohteiden heijastuskyky on huonompi peileihin verrattuna (Keinänen & Sumujärvi, 2019, s. 216). Kuvassa 2 esitellään erilaisia valokennoja.



Kuva 2. Erimallisia valokennoja (SICK AG, i.a.-b).

2.3.3 Konenäköratkaisut

Nykyään konenäköratkaisut ovat kiinteä osa asennuksen, valmistuksen ja laadun valvontaa ja niissä on valaistus, optiikka, kamerasiru, mittauselektronikka sekä prosessiliitännät yhdistetty kestävään, teollisuusyhteensopivaan koteloon (ifm Electronic, i.a.-a). Konenäköratkaisuja voidaan käyttää myös teollisuudessa automatisoituihin tarkastus-, paikoitus- sekä mittaustehtäviin. Konenäköantureista on kolme eri vaihtoehtoa; 1D-, 2D- sekä 3D-konenäköanturit.

1D-konenäköanturia käytetään etäisyyksien, pinnankorkeuksien ja paikkojen tunnistukseen sekä viivamaisen informaation, esimerkiksi viivakoodin lukemiseen, mikä voidaan tulkita harmaasävyin tai värin perusteella (Keinänen & Sumujärvi, 2019, s. 219). 1D-konenäköantureilla voidaan lukea 1D-koodien lisäksi myös 2D-koodeja (ifm Electronic i.a.-e). 1D-koodit ovat arkikielessä viivakoodeja ja 2D-koodeja ovat muun muassa QR-koodit sekä datamatriisit (Optiscan Oy, i.a.). Laatikon- ja hihnanseurannassa 1D-konenäköanturia voidaan käyttää esimerkiksi pinnankorkeuksien erotteluun. Kuvassa 3 on ifm Electronicin 1D/2D-koodinlukija.



Kuva 3. ifm O2I510 1D/2D-koodinlukija (ifm Electronic Oy, i.a.-d).

2D-konenäköanturia käytetään kohteiden paikoitukseen, tarkastukseen, mittaukseen sekä lukemiseen. Kohteen tunnistus sekä mittaus on mahdollista tehdä kohteen liikuessa (Keinänen & Sumujärvi, 2019, s. 220). 2D-konenäköanturin käyttökohteita voivat olla kohteen värien ja kontrastien erottamisen sovellukset sekä pintarakenteiden ja koodien vahvistus (SICK AG, i.a.-c). Hihnanseurannassa 2D-konenäköanturia voidaan käyttää esimerkiksi hihnan paikoitukseen ja laatikonseurannassa korkeuserojen tunnistukseen. Kuvassa 4 on ifm Electronicin 2D-hahmontunnistusanturi.



Kuva 4. Kuva 4. ifm O2D520 -hahmontunnistusanturi (ifm Electronic Oy, i.a.-c).

3D-konenäköanturilla saadaan lisätietoja kuvattavasta kohteesta, kuten tilavuudet, korkeudet, paikat sekä kohteen todellinen muoto (SICK AG, i.a.-c). Sillä voidaan erotella myös samanväriset tai samanmalliset kohteet toisistaan (SICK AG, i.a.-c). 3D-kohteentunnistuksen yleisiä käyttökohteita ovat liikkuvat työkoneet sekä kuljetin- ja pakkausteknologian sovellukset (ifm Electronics Oy, i.a.-b). Laatikonseurannassa 3D-konenäköanturia voidaan käyttää esimerkiksi korkeuserojen tunnistukseen, hihnanseurannassa voidaan hyödyntää kohteen todellisen muodon seurausta. Kuvassa 5 on SICKin 3D-konenäkökamera.



Kuva 5. SICK Ranger3 -koneäkökamera (SICK AG, i.a.-d).

3 TYÖN TOTEUTUS

3.1 Lähtötilanteen esittely

Opinnäytetyön asiakas halusi automaattisen pilvipalvelupohjaisen valvontajärjestelmän, jolla voi seurata lähetyslaatikoita vastaanottavan hihnakujuettimen hinnan sivusuuntaista sijaintia sekä kuljetinradalla kiertävien laatikoiden määrää, eli hihnakujuettimen laatikkokapasiteettia.

Hihnakujuettimelle syötetyt laatikot työntävät hihnaa pyörimissuunnassa yleensä kuljettimen oikeaan reunaan päin. Jos hihna kulkee liian kauan kuljettimen reunan lähellä, vaarana on hinnan rikkoutuminen ja siitä aiheutuva tuotannon seisominen. Pilvipalvelupohjaisella valvontajärjestelmällä voidaan reagoida vaaratilanteisiin nopeasti ja mahdollisesti estää hinnan rikkoutuminen. Kuvassa 6 esitellään THS-kuljetinradan neljää syöttökuljetinta.



Kuva 6. Hinnakuljetinradan neljä syöttökuljetinta.

Kuljetinradan kapasiteettiseurannan ajatuksena on tarkkailla kuljetinradalla kiertävien laatikoiden määrää. Jos radalla kiertävien laatikoiden määrä pysyy jatkuvasti korkeana, valvontajärjestelmä hälyttää siitä. Laatikoiden korkean määrän voi aiheuttaa esimerkiksi tukos kuljetinradan ulostulokuljettimilla, joka estää laatikoiden menemisen välivarastoihin, ja se voi johtaa siihen, ettei järjestelmä toimi täydellä kapasiteetilla. Tuotanto on tehokkaimmillaan, jos kuljetinradalla kiertää vähän laatikoita. Valvontajärjestelmällä seurattava hinnakuljetin on osa suurempaa kuljetinratajärjestelmää, joka on Helsingin Postikeskuksen tuotantohallissa. Kuvassa 7 ja 8 esitellään tutkittavan kuljettimen hinnan kulkua.



Kuva 7. Hihnan pitäisi kulkea tällä tavalla.



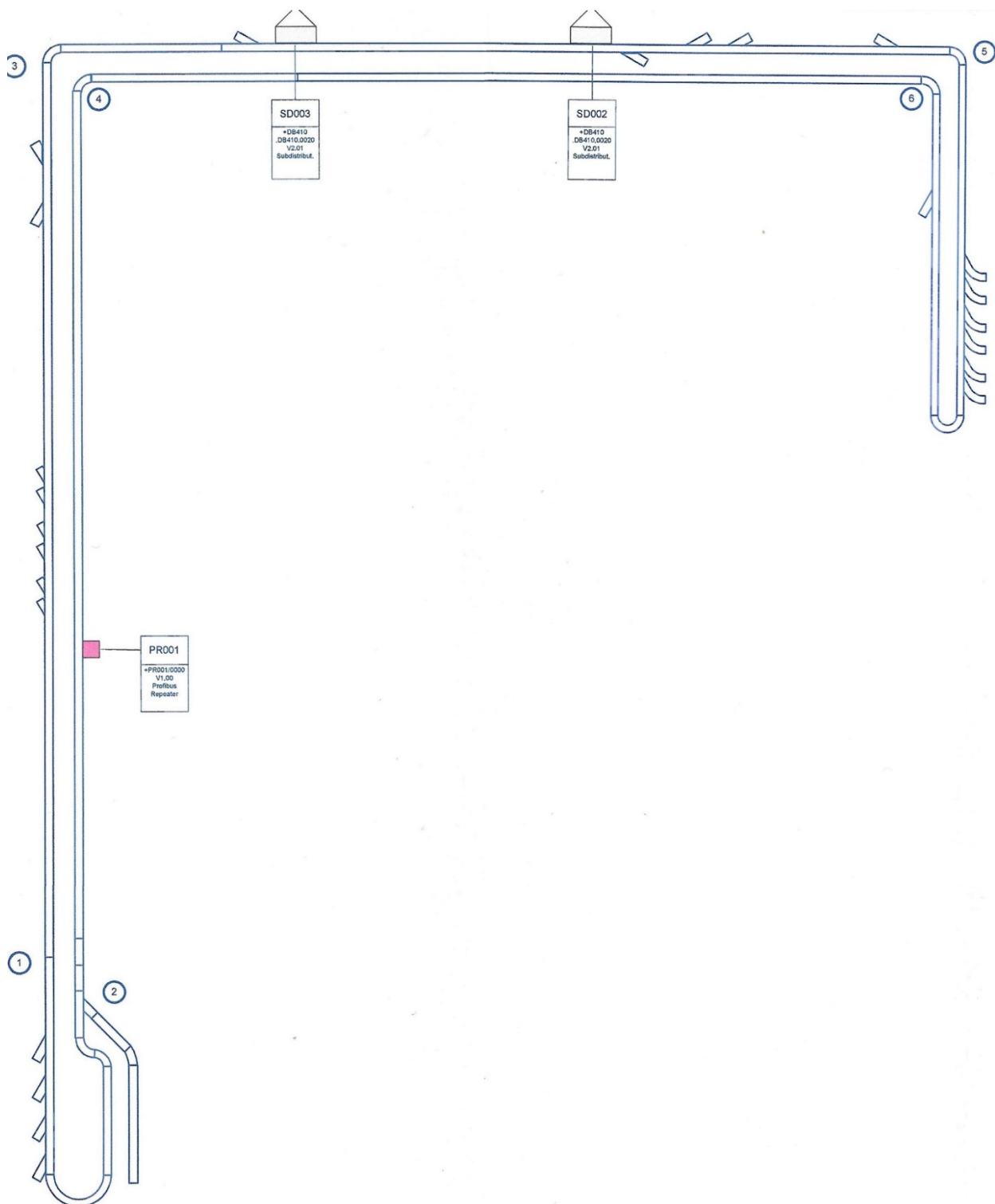
Kuva 8. Hihna kulkee liian lähellä kuljettimen reunaa.

3.2 THS-kuljetinradan käyttötarkoitus ja ominaisuudet

THS on Siemens AG:n suunnittelema kuljetinratajärjestelmä Helsingin postikeskuksessa Pohjois-Pasilassa. THS on lyhenne sanoista Tray Handling System, eli se tarkoittaa laatikoiden käsittelyjärjestelmää. Kuljetinratajärjestelmä on tärkeä osa postikeskuksen tuotantoa, sillä järjestelmän avulla lähetyslaatikot ovat nopeasti siirrettävissä paikasta toiseen, esimerkiksi välivarastoista lähetyslajittelukoneille, joita on postikeskuksen kahdessa eri kerroksessa.

Työssä tutkittava hihnakuljetin vastaanottaa neljältä syöttökuljettimelta lähetyslaatikoita, joissa on kirje- ja lehtilähetyksiä. Lähetysten täytyy olla esikäsiteltyjä ennen kuin ne voivat mennä jatkokäsiteltäväksi THS-järjestelmään. Esikäsitellyt lähetykset kulkevat lähetyslaatikoissa kuljetinrataa pitkin välivarastoihin, joihin laatikot varastoidaan ennen lajittelua tai asiakkaille toimittamista. Postikeskuksen koko laatikkovirta käsitellään THS:llä. Kuljetinratajärjestelmä on tehokas ja toimiva tapa suurien laatikkomäärien käsittelyyn ja siirtämiseen paikasta toiseen.

Kuljetinratajärjestelmän suljetun silmukan pituus on 280 metriä ja sen teoreettinen maksimikapasiteetti eli maksimituotantokyky on noin 4680 laatikkoa tunnissa kuljetinradan nopeuden ollessa 6 kilometriä tunnissa. Maksimikapasiteetti vaihtelee kuljetinradan nopeuden mukaan. Kuvassa 9 on esitelty hahmotelma THS-kuljetinradasta, jonka ympärille tuotanto ja varastointi on keskittynyt.



Kuva 9. THS kuljetinradan hahmotelma (Postin sisäinen dokumentti, 25.3.2022).

3.3 Distence Oy:n rooli opinnäytetyössä

Työn toteutuksessa on käytetty espoolaisen Distence Oy:n Condence Basic IoT -terminaalia, jonka analytiikkaa voi seurata yrityksen omassa Condence.io-pilvipalvelussa. Analytiikkaa saadaan liittämällä anturit IoT-terminaaliin, ja pilvipalvelussa voidaan esittää haluttua dataa, esimerkiksi laskureita, laitteiden käyntiaikoja sekä lämpötilamittauksia.

Yrityksen perustamisaikaan vuonna 2002 toiminta oli keskittynyt M2M-viestintään, eli koneiden väliseen viestintään (Distence Oy, i.a.-b). Yrityksen ensimmäinen versio pilvipalvelusta teollisuuden sovellusten monitorointiin julkaistiin vuonna 2006, jonka jälkeen asennuksia on tehty viidessä maanosassa yli 40 valtiossa. Condence.io-pilvipalvelun suunnittelu alkoi 2016 ja julkaistiin 2018 alussa. IoT -terminaalimalleja on kolme, jotka ovat Condence Easy, Condence Basic sekä Condence Advanced.

3.3.1 Condence Easy

Condence Easy on Distencen yksinkertaisin ja edullisin terminaalivaihtoehto langattomilla värähtely- ja lämpöantureilla (Distence Oy, i.a.-a). Langattomat anturit helpottavat kokonaisuuden asentamista. Terminaali tukee 3G- ja 4G-mobiiliverkkoyhteyksiä sekä Ethernet-yhteyttä. Kuvassa 10 on Condence Easy IoT -terminaali.



Kuva 10. Condence Easy (Distence Oy, i.a.-a).

3.3.2 Condence Basic

Condence Basicilla voidaan täydentää värinä- ja lämpötilamittauksia muilla mittauksilla, kuten laskureilla, etäisyysmittauksilla ja kierroslukumittauksilla (Distence Oy, i.a.-a). Terminaalissa on neljä signaalituloa, joista kolme on jännitetuloja ja yksi virtatulo, ja sillä voidaan yhdistää mittauksia useista eri lähteistä yhdeksi kokonaisuudeksi. Terminaali tukee 2G-, 3G- ja 4G-mobiiliverkkoyhteyksiä sekä Ethernet-yhteyttä. Kuvassa 11 on Condence Basic IoT -terminaali.



Kuva 11. Condence Basic (Distence Oy, i.a.-a).

3.3.3 Condence Advanced

Condence Advanced on tarkoitettu vaativampiin sovelluksiin (Distence Oy, i.a.-a). Siinä on kahdeksan korkeataajuuksista ja synkronoitavaa signaalituloa erikoistyökaluilla, muun muassa sähkömoottorien jännitepiikkien havaitsemiseen sekä hitaasti pyörivien koneistojen valvontaan jopa 0,5 RPM:n tarkkuudella. Konfigurointi ja analytiikka ovat käyttäjäystävällisiä. Terminaalia voidaan käyttää suurien koneiden kunnonvalvonnassa. Terminaali tukee 2G-, 3G- ja 4G-mobiiliverkkoyhteyksiä sekä Ethernet-yhteyttä. Kuvassa 12 on Condence Advanced IoT -terminaali.



Kuva 12. Condence Advanced (Distence Oy, i.a.-a).

3.4 Työn toteutukseen valitut anturit

Toimeksiantajan ja asiakkaan kanssa käytyjen palaverien perusteella anturivalinnan tärkeimmät kriteerit ovat toimintaetäisyys ja -herkkyys, yksinkertainen asentaminen ja käyttö sekä hinta. Tutkituista antureista parhaaksi vaihtoehdoksi osoittautui SICKin WTB16P-tuoteperheen kohteesta tunnistava optinen valokenno. Kohteesta tunnistava valokenno toimii ilman vastakappaletta, täten anturit voidaan asentaa muokkaamatta kuljettimen runkoa.

Asiakkaan näkökulmasta valinnan syynä oli anturityypin yksinkertainen asentaminen ja käyttö sekä tyytyväisyys SICKin tuotteisiin, koska kyseisen valmistajan tuotteet ovat asiakkaalle ennestään tuttuja. Valvontajärjestelmässä on yhteensä kolme anturia, joista kaksi anturia seuraa hihnan sijaintia molemmin puolin kuljetinta ja yksi anturi on käytössä laatikomäärän seurannassa. Kuvassa 13 esitellään työssä käytettyä anturimallia.



Kuva 13. SICK WTB16P -tuoteperheen kohteesta tunnistava anturi.

Työssä haarukka-anturien käyttäminen olisi mahdollista ainoastaan hihnan kulun valvonnassa, laatikkokapasiteetin seurannassa sitä ei voisi käyttää haarukka-anturin kotelon muodon takia. Haarukka-anturien asentamisen haastavuus tuli ilmi valvontajärjestelmän suunnitteluvaiheessa, koska kuljettimen liukupintaa ja runkoa olisi pitänyt muokata antureille sopivaksi.

Hihnan kulun valvonta konenäköratkaisulla olisi toteutettu hihnan asentoa analysoimalla. Ajatuksena oli, että konenäköanturille opetettaisiin raja-arvot, joissa hihna voi kulkea, ja hihnan kulkiessa raja-arvojen yli, konenäköanturi tunnistaisi virheellisen näkymän ja siitä menisi tieto pilvipalveluun. Työn toteuttaminen konenäköratkaisulla olisi mielenkiintoinen

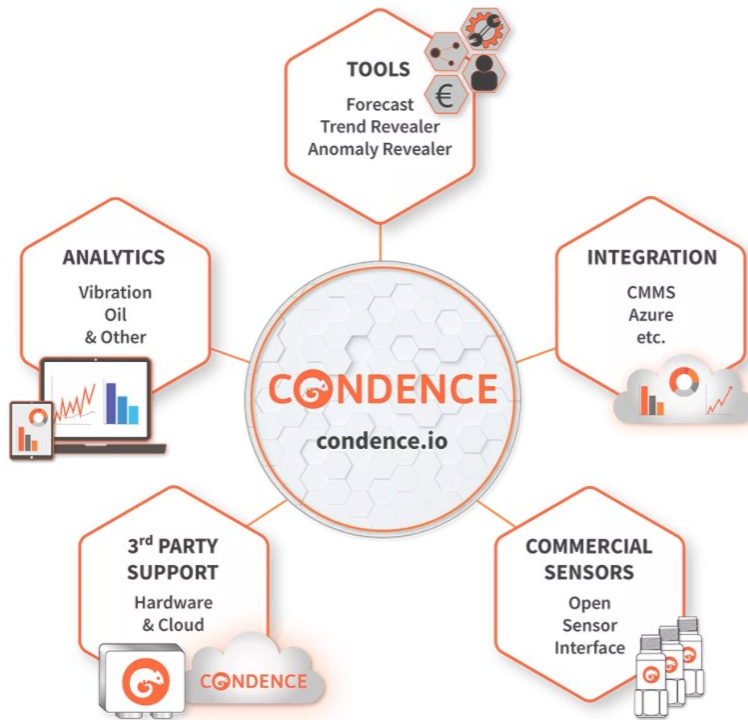
vaihtoehto. Asiakkaan mielestä konenäköanturin käyttäminen olisi tarpeetonta tässä työssä, koska konenäköanturien monipuoliset ominaisuudet eivät pääsisi hyötykäyttöön.

3.5 Condence.io

Condence.io on Distence Oy:n oma järjestelmä, joka yhdistää sulautettujen järjestelmien analytiikan sekä pilvipalvelun yhdeksi kokonaisuudeksi (Distence Oy, i.a.-c). Kerätty data analysoidaan paikallisesti ennen sen lähettämistä pilveen. Järjestelmä on teollisuuskäyttöön tarkoitettu, eli skaalautuvuuteen, joustavuuteen sekä turvallisuuteen on panostettu.

Condencen konfigurointityökaluihin pääsee luomalla käyttäjätunnuksen, tämän jälkeen voidaan tehdä erilaisia mittauksia ja hälytyksiä. Mittausmenetelmiä ovat esimerkiksi analogia-, värähtely- tai käyttöaikamittaukset, niillä voidaan mitata useita eri asioita, kuten kiihtyvyyttä, painetta, lämpötiloja, jännitettä ja kappalemääriä. Järjestelmä on päätelaiteriippumaton, eli sitä voidaan käyttää tietokoneella, puhelimella sekä tabletilla.

Condence.io-pilvipalvelujärjestelmä kuuluu mielestäni PaaS-kategoriaan, eli sovellusalusta palveluna -kategoriaan, sillä se tarjoaa alustan ja rajapinnan ja luotuja sovelluksia voidaan myös testata sekä ylläpitää. Siitä on mahdollista myös lähettää kerätty data kolmansien osapuolien järjestelmiin kapasiteettirajoituksista välittämättä.



Kuvio 1. Condence.io-työkalut ja -ominaisuudet (Distence Oy, i.a.-c).

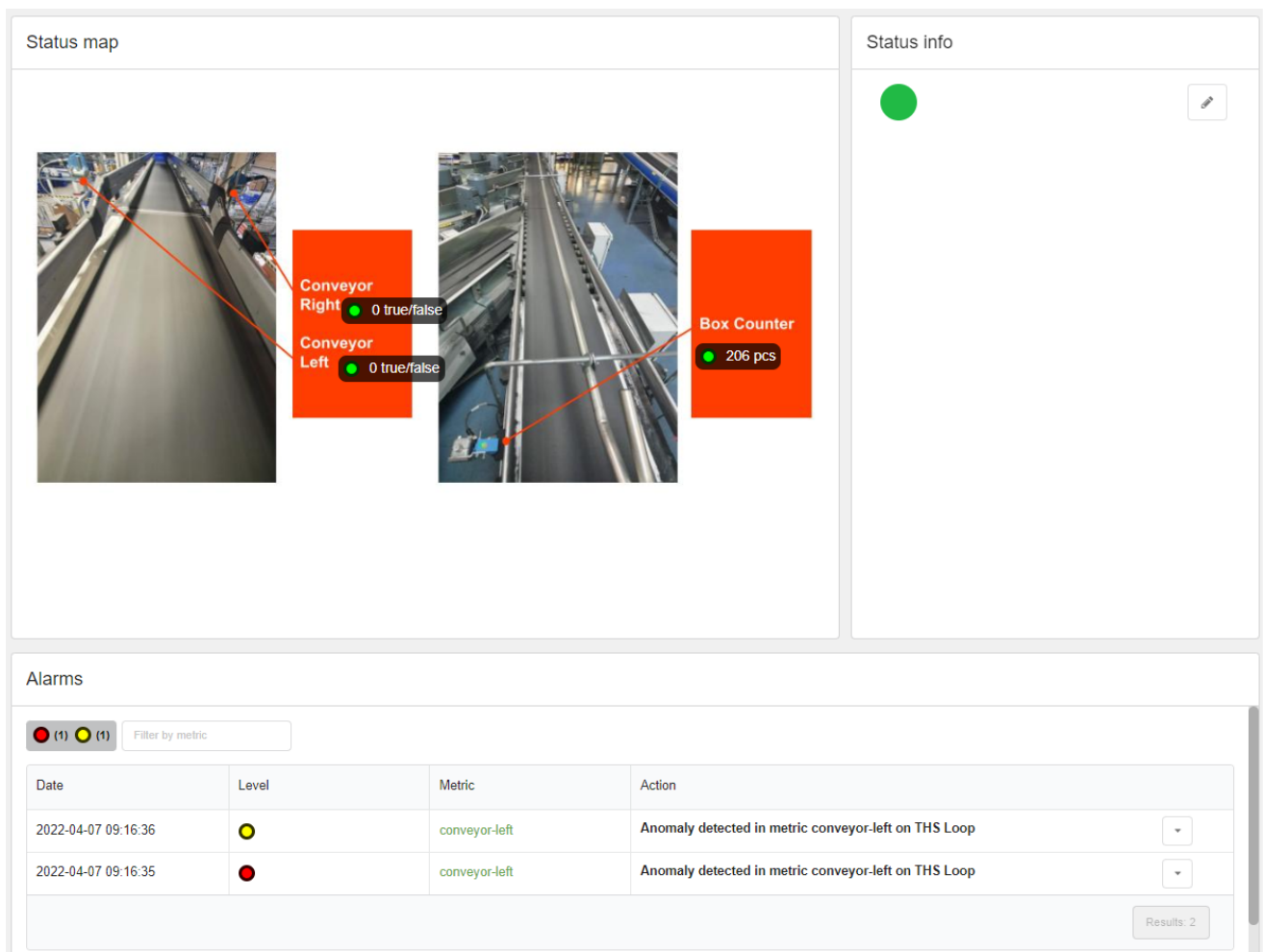
3.5.1 Asiakkaan dashboard-näkymä

Asiakkaalle suunniteltiin dashboard-näkymä, josta voidaan seurata hihnakuiljettimen tilannetta. Dashboard-näkymä on jaettu viiteen ikkunaan, joista:

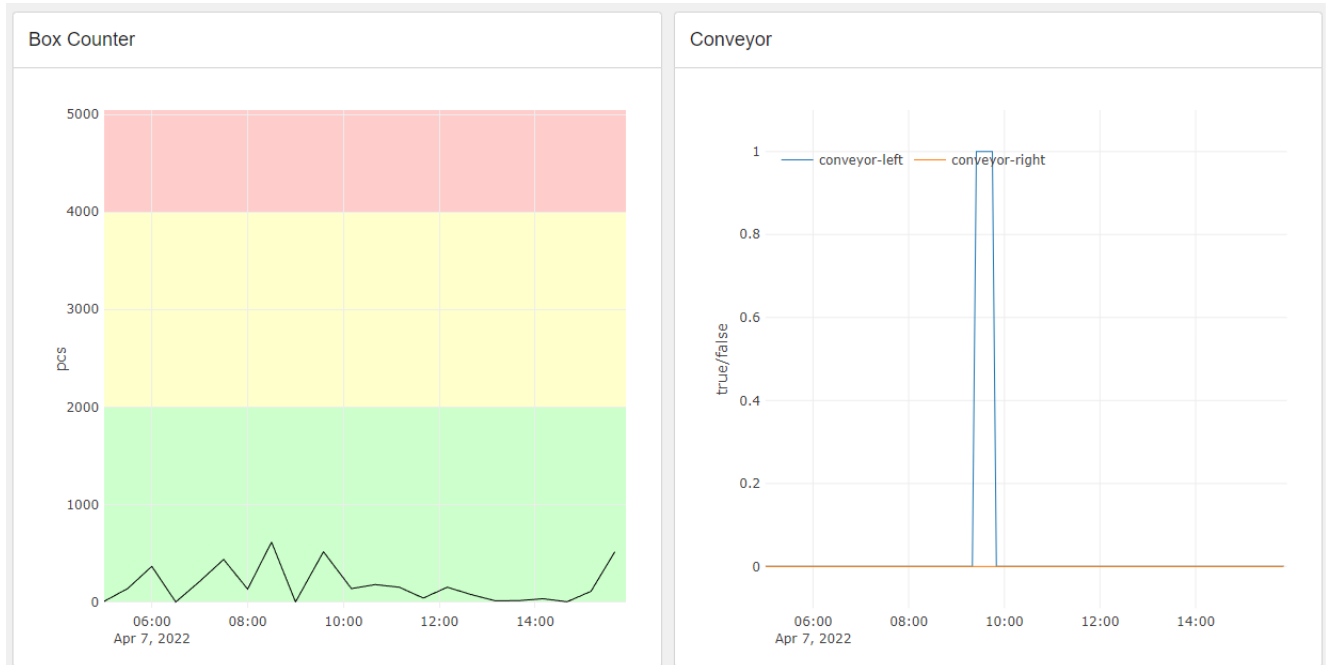
- Status-mapissa hinnan kulku näkyy värikoodeilla ja hihnakuiljettimen keskimäärinen laatikkokapasiteetti edellisen puolen tunnin aikana. Väriin ollessa vihreä hihna kulkee keskellä kuljetinta, ja väriin ollessa punainen hihna on ajautunut jommallekummalle puolelle kuljetinta
- Status info on kommentti-ikkuna, johon voi halutessa kirjoittaa huomioitavia asioita hinnan kulkuun tai laatikkokapasiteettiin liittyen
- Alarms on hälytysikkuna, jossa näkyy hälytykset, jos kuljettimen hihna kulkee liian kauan kuljettimen laitojen lähellä tai laatikkomäärän nousee liian korkeaksi

- Box counterissa näkyy laatikkomäärän seuranta viivadiagrammina, joka päivittyy automaattisesti puolen tunnin välein. Päivittymisväliksi voi asettaa vähintään 5 minuuttia ja enintään 48 tuntia
- Conveyorissa näkyy hihnan sijainti totuusarvomuuttujana eli tosi- tai epätosiarvoina. Hihna kulkee keskellä kuljetinta, jos conveyor-osion arvo on 0, eli epätosi. Arvon ollessa 1, eli tosi, hihna on ajautunut kuljettimen reunaan. Viivadiagrammissa kuljettimen vasen ja oikea näkyy eri väreillä, mikä antaa selkeän kuvan siitä, kummalle puolelle kuljetinta hihna on ajautunut.

Kuvioissa 2 ja 3 esitellään räätälöity asiakas-dashboard.



Kuvio 2. Hihnanseuranta, laatikkokapasiteetti edellisen puolen tunnin aikana ja hälytykset.



Kuvio 3. Laatikkokapasiteetin seuranta vasemmalla ja hinnanvalvonta oikealla.

3.6 Sähköiset kytkennät ja niiden testaus

Työn sähköiset kytkennät tehtiin sähkökaappiin, joka oli otettu pois käytöstä, ja se oli jäänyt asiakkaan varastotiloihin ylimääräiseksi. Sähkökaappi oli tarpeeksi tilava työn toteutukseen ja kaikki komponentit mahtuivat siihen vaivattomasti. Kaapelinhallinta oli myös helppo toteuttaa kaapelikourujen avulla ja lopputulos näyttää siistiltä. Sähköiset kytkennät tarkastettiin yleismittarilla ennen järjestelmän ensimmäistä testikäynnistystä.



Kuva 14. Sähkökaapin kytkennät.

3.7 Kenttäasennukset

Kenttäasennusten suunnittelussa mietittiin ensiksi, mihin sähkökaappi kannattaa asentaa. Sähkökaapin sijainnin valinnassa täytyi huomioida seuraavat asiat:

- onko pistorasiaa lähellä

- yltävätkö anturikaapelit anturien mittauspisteille
- onko mobiiliverkkoyhteyden kuuluvuus tarpeeksi hyvä
- sähkökaapin on oltava näkyvällä paikalla ja helposti tavoitettavissa.

Sähkökaapin asennuspaikka on kohdehihnakuuljettimen välittömässä läheisyydessä, ja järjestelmän virran kytkeminen ei ollut ongelma, sillä asennuspaikan ympärillä on paljon vapaita pistorasioita. Kuvassa 15 esitellään sähkökaappi asennettuna paikalleen.

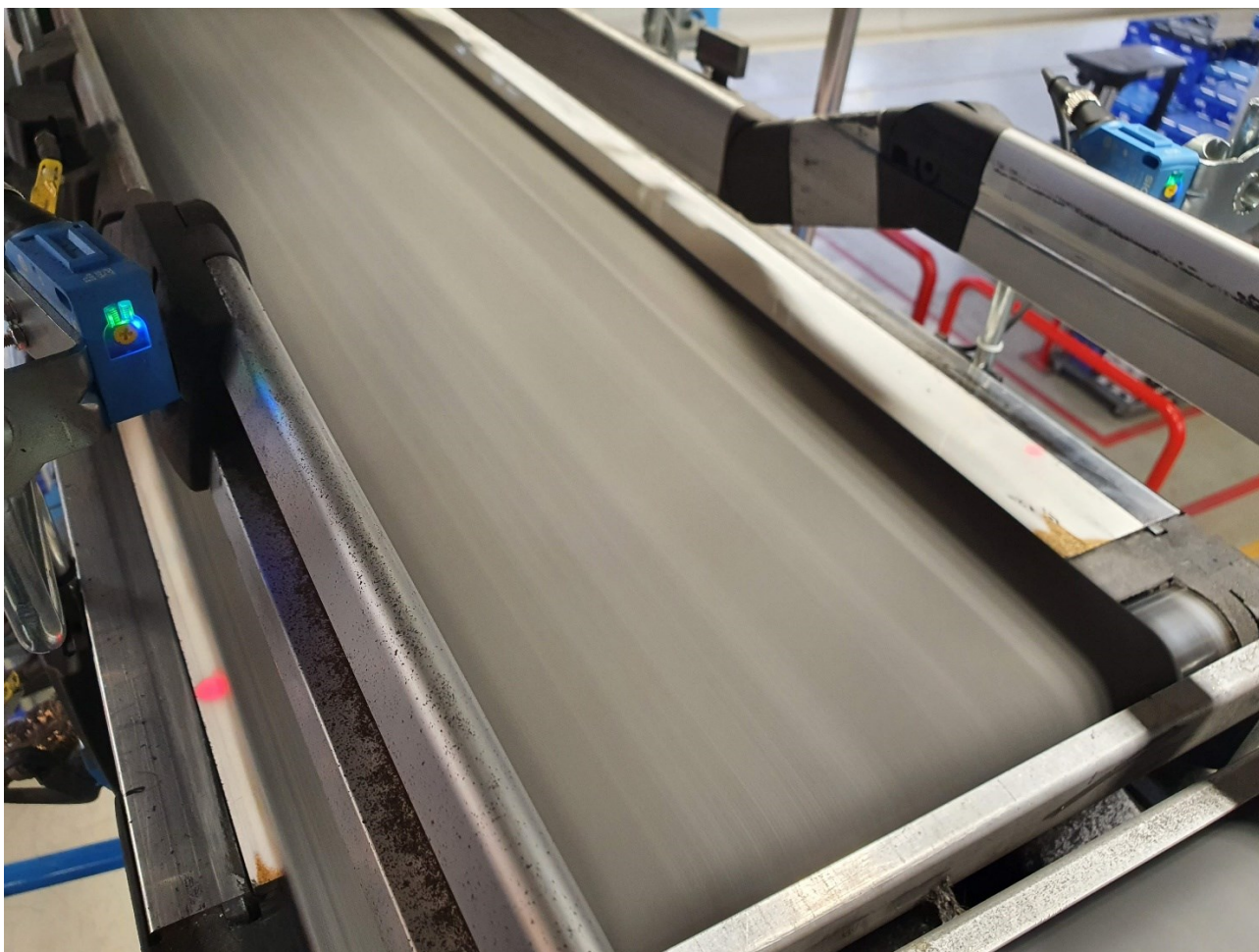


Kuva 15. Sähkökaappi asennettuna, taustalla näkyy kohdeihnakuljetin.

SICKiltä tilatut 15-metriset anturikaapelit ylsivät vaivattomasti sähkökaapin asennuspaikalta anturien mittauspisteille, sillä niiden välinen etäisyys on noin 5–10 metriä. Kaapeloinnissa täytyi huomioida myös anturikaapelien siisti pujottaminen ja niputtaminen, jolloin anturikaapelien pituudesta oli hyötyä.

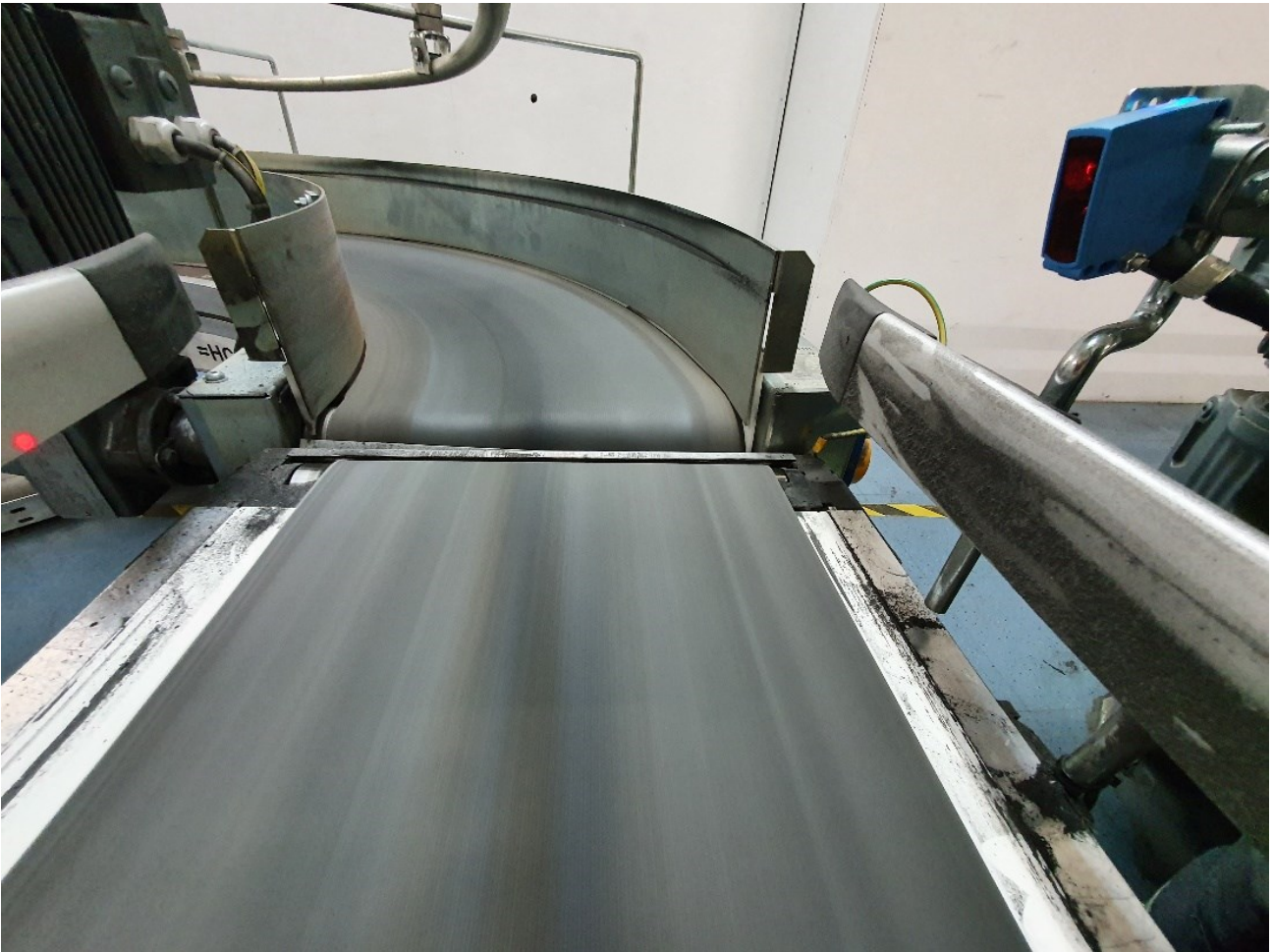
IoT-terminaali haluttiin yhdistää verkkoon mobiiliverkkoyhteydellä, joten verkkoyhteyden kuuluvuus piti tarkistaa asennuspaikalla. Tässä työssä verkkoyhteyden ainoa tehtävä on datansiirto, eli verkkoyhteyden kuuluvuuden ja siirtonopeuden ei tarvitse olla erityisen hyvä. Asennuspaikalla kuuluvuus tarkistettiin puhelimella, ja se oli tarpeeksi hyvä tähän käyttötarkoitukseen. Ensitestien aikana IoT-terminaalin verkkoon yhdistämisessä oli kuitenkin vaikeuksia, koska IoT-terminaalin antenni jäi sähkökaapin sisäpuolelle, jonka takia mobiiliverkkoyhteys oli liian heikko datansiirtoon. Ongelma ratkaistiin käyttämällä ulkoista antennia.

Hihnanvalvonnassa kohteesta tunnistavat anturit asennettiin lähelle kuljettimen laitoja ja ne suunnattiin kohtisuoraan kuljettimen liukupinnan tason mukaisesti. Sopivan tunnistusetaisyuden säätäminen oli melko haastavaa, sillä tunnistettava kohde on vain muutamien millimetrin paksuinen hihna. Järjestelmän testausvaiheessa huomattiin, että myös anturien kohdistamisella oli suuri merkitys hihnan tunnistuksessa. Hihnan tunnistaminen vaikeutui merkittävästi, jos anturi oli asennettu vähänkään vinosti liukupintaan nähden. Kuvassa 16 esitellään hihnanvalvonnan anturit.



Kuva 16. Hihnanvalvonnan anturit.

Laatikkokapasiteetin seurannassa anturi asennettiin kuljettimen kaiteeseen sopivalle korkeudelle, jotta anturi tunnistaa lähetyslaatikot helposti niiden kulkiessa ohi. Anturin tunnistus-
tusetäisyyden säätämisen kanssa ei tullut vaikeuksia kuten hihnanvalvonnassa. Kuvassa 17 esitellään laatikkokapasiteetin seurannan anturi.



Kuva 17. Laatikkokapasiteetin seurannan anturi.

3.8 Järjestelmän käyttöönotto

Kenttäasennusten viimeistelyjen ja lopputarkastusten jälkeen järjestelmä otettiin käyttöön. Ensimmäisten viikkojen aikana käyttöönotosta pilvipalvelun tietojen päivittymisen aikaväleihin tehtiin pieniä muutoksia ja kokeiltiin, mikä on sopivin vaihtoehto siihen. Hihnanvalvonnassa päädyttiin yhden minuutin mittausväliin ja viiden minuutin päivittymisväliin, laatikkoseurannassa 30 minuutin mittausväliin ja 30 minuutin päivittymisväliin.

Hihnanvalvonnassa käytettiin lyhyintä mittaus- ja päivittymisväliä, jotta vaaratilanteisiin voitaisiin reagoida mahdollisimman nopeasti. Laatikkoseurannassa haluttiin käyttää tunnin päivittymisväliä, jolla näkyisi hihnakuiljettimen tuntikapasiteetti suoraan, mutta sitä

vaihtoehtoa ei ollut. Lähimmät vaihtoehdot olivat 30 minuuttia tai kaksi tuntia, joten valittiin 30 minuutin päivittymisväli. Kaksi tuntia olisi liian pitkä, sillä laatikoita kulkee vaihtelevasti päivän aikana ja kuljetinradan mahdollisiin pullonkauloihin reagoiminen olisi hidasta. Valvontajärjestelmän hälytyksiä kokeiltiin säätämällä anturien tunnistusetaisyudet korkeiksi, jotta ne tunnistaisivat jatkuvasti. Hälytykset toimivat hyvin ja niistä tuli viestit sähköpostiin ja asiakas-dashboardiin.

Hihnanvalvonnassa järjestelmä lähettää varoitusviestin asiakas-dashboardiin, jos toinen antureista tunnistaa hihnan yhden päivittymisvälin aikana, eli viisi minuuttia yhtäjaksoisesti. Järjestelmä lähettää hälytysviestin asiakas-dashboardiin ja sähköpostiin anturin tunnistessa hihnan kymmenen minuuttia yhtäjaksoisesti. Laatikkokapasiteetin seurannassa järjestelmä lähettää hälytysviestin sähköpostiin laatikkokapasiteetin ollessa yli 4000 laatikkoa, joka on lähes 90 % kuljetinradan teoreettisesta maksimikapasiteetista.

4 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tässä työssä tavoitteena oli suunnitella ja ottaa käyttöön pilvipalvelupohjainen valvontajärjestelmä, johon kuuluu hihnakuljettimen hinnan valvonta, laatikkokapasiteetin seuranta sekä asiakkaalle räätälöity dashboard-näkymä, josta voidaan seurata hinnan valvonnan ja laatikkokapasiteetin analytiikkaa. Työn toteutukseen kuului myös järjestelmän sähkökytkennät sekä kenttäasennukset. Asiakas-dashboard suunniteltiin yhteistyössä Distence Oy:n kanssa. Työ alkoi yhteisellä palaverilla toimeksiantajan ja asiakkaan kanssa, jossa käytiin työn tavoitteita ja asiakkaan toiveita läpi. Työ eteni kenttä- ja sähköasennusten suunnittelulla, jolloin mietittiin mitä komponentteja voitaisiin käyttää työn toteutukseen ja monellako anturilla valvontajärjestelmä toteutetaan. Ongelman ratkaisussa keskityttiin IoT-terminaalien ominaisuuksiin, muun muassa signaalitulojen määrään ja kenttäasennusten suunnitteluun. Terminaalien neljästä signaalitulosta kolme on jännitetuloja, joihin anturit voi kytkeä ilman ylimääräisiä välikappaleita. Kenttäasennusten suunnitteluvaiheessa huomattiin, että toimiva valvontajärjestelmä oli mahdollista toteuttaa kolmella anturilla.

Lopputulokseksi saatiin toimiva pilvipalvelupohjainen valvontajärjestelmä. Järjestelmän asennukset ja käyttöönotto onnistuivat hyvin ja valvontajärjestelmään saadaan jatkuvasti dataa. Asiakasyritys oli tyytyväinen työn tuloksiin, sillä valvontajärjestelmästä tuli toiveiden mukainen ja siitä on suurta hyötyä tuotannon ylläpidossa ja kuljetinratajärjestelmän kunnossapidossa.

Valvontajärjestelmää voisi parantaa lisäämällä kohdehihnakuljettimen käyttöajat, mihin tarvittava tieto saataisiin esimerkiksi hihnakuljettimen moottoriin lisättävällä induktiosilmukalla. Tällä tavalla voitaisiin seurata, kuinka paljon hihnakuljetin on keskimäärin käytössä. Asiakasyritys ehdotti, että laatikkoseurannan anturin voisi vaihtaa kohteesta tunnistavasta anturista peilivalokennoksi, sillä laatikkoseuranta toimisi peilivalokennolla yhtä hyvin ja on paljon edullisempi vaihtoehto.

Asiakasyrityksen toiveena on laajentaa valvontajärjestelmää olemassa oleviin järjestelmiin, esimerkiksi muihin tuotannon ylläpidon kannalta tärkeisiin hihnakuljettimiin tai kokonaan uusiin projekteihin.

LÄHTEET

- Algol Oy. (i.a.). *Maailmanlaajuinen kumppaniverkosto*. <https://www.algol.fi/algol>
- Algol Technics Oy. (i.a.). *Yritysesittely*. <https://algoltechnics.fi/yritys>
- Casamedia. (i.a.). *Kaiken Internet – Internet of Everything eli IoE*. <https://casamedia.fi/sa-nasto/kaiken-internet-internet-everything-eli-ioe>
- Collin, J., & Saarelainen, A. (2016). *Teollinen internet*. Alma Talent Oy.
- Distence Oy. (i.a.-a). *Field Devices*. <https://condence.io/products/field-devices/#basic>
- Distence Oy. (i.a.-b). *Story*. <https://www.distence.fi/story/>
- Distence Oy. (i.a.-c) *Cloud & Analytics*. <https://condence.io/products/cloud-and-analytics/>
- Ennakointiakatemia. (i.a.). *Teollinen internet*. <https://ennakointiakatemia.fi/ennakointi/teknologiateollisuus/teollinen-internet/>
- Gillis, A. (i.a.). *What is the internet of things (IoT)*. Haettu 29.3.2022, <https://www.tech-target.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT>
- Heinonkoski, R. (2013). *Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito*. Opetushallitus.
- HI-IS. (i.a.). *Mikä on Hadoop?* <https://www.hi-is.com/fi/ukk/>
- ifm Electronic Oy. (i.a.-a). *Konenäköanturit*. https://www.ifm.com/fi/fi/category/220_010_010
- ifm Electronic Oy. (i.a.-b). *Konenäköjärjestelmät*. <https://www.ifm.com/fi/fi/shared/technologien/vision-systems/vision-systeme>
- ifm Electronic Oy. (i.a.-c). *Hahmontunnistusanturi O2D520* [valokuva]. <https://www.ifm.com/fi/fi/product/O2D520>
- ifm Electronic Oy. (i.a.-d). *1D/2D-koodilukijat*. https://www.ifm.com/fi/fi/category/220_010_010_030#!S/BD/DM/1/D/O/F/O/T/50

- Järviö, J., & Lehtiö, T. (2017). *Kunnossapito – tuotanto-omaisuuden hoitaminen*. Promaint ry.
- Keinänen, T., & Sumujärvi, M. (2019). *Automaatiotekniikka*. Sanoma Pro Oy.
- Optiscan Oy. (i.a.). *Viivakoodiopas*. <https://www.optiscangroup.com/fi/viivakoodiopas>
- Posti Group Oyj. (i.a.). *Posti lyhyesti*. <https://www.posti.com/posti-yrityksena/posti-lyhyesti/>
- Peda.net. (i.a.). *Internet of Things (IoT) eli esineiden internet*. <https://peda.net/jyu/it/do/kkv/6kvjvtt/6tth/iotieei2/iotieei>
- Salo, I. (2014). *Big Data & Pilvipalvelut*. Docendo Oy.
- SICK AG. (i.a.-a). *Haarukka-anturit*. https://www.sick.com/fi/fi/haarukka-anturit/c/g557371?q=:Def_Type:ProductFamily
- SICK AG. (i.a.-b). *Valokennot*. https://www.sick.com/fi/fi/valokennot/c/g172752?q=:Def_Type:Product
- SICK AG. (i.a.-c). *Teollinen kuvankäsittely*. https://www.sick.com/fi/fi/teollinen-kuvankaesittely/c/g114858?q=:Def_Type:ProductFamily
- SICK AG. (i.a.-d). *Ranger3 [valokuva]*. <https://www.sick.com/fi/fi/teollinen-kuvankaesittely/3d-konenaekoe/ranger3/c/g448354>
- Techopedia. (26.6.2017). *Resource Pooling*. <https://www.techopedia.com/definition/29545/resource-pooling>