

# Tuotannon datan keräys ja digitalisaatio

Jere Kuitunen

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2022

Konetekniikka  
Tuotekehitys

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka  
Tuotekehitys

KUITUNEN, JERE:  
Tuotannon datan keräys ja digitalisaatio

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 1 sivu  
Toukokuu 2022

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä selvitys Pressure Vessel Tech Oy:n tuotannon datan keräys- ja digitalisointimahdollisuuksista sekä muutoksiin vaadittavista prosesseista. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan tavaran vastaanottoa ja keräilyä. Tuloksien avulla tarkoituksena on tehostaa näitä tuotannon osa-alueita ja selkeyttää painelaitekirjaan vaadittavien dokumenttien kokoamista.

Opinnäytetyö aloitettiin selvittämällä tavaran vastaanoton ja keräilyn nykytilanne ja valitsemalla aiheeseen liittyvä teoreettinen viitekehys. Teoreettisen aineiston perusteella esitettiin tuotannon osa-alueiden muutoskohteet ja prosessit sekä arvio muutoksien kustannuksista.

Opinnäytetyön tuloksena ehdotettiin yrityksen ERP-järjestelmän päivittämistä ja WMS-lisäosan käyttöönottoa. Lisäksi ehdotettiin digitaalisen päätelaitteen käyttöönottoa tavaran vastaanottoon ja keräilyyn sekä tuotteiden identifiointia viivakooditunnisteella. Järjestelmien ja laitteiden käyttöönottoa varten esitettiin muutosprosessi. Tulosten avulla pienennetään tavaran vastaanoton ja keräilyn väärinkäsitysten ja virheiden mahdollisuutta sekä saadaan tehostettua tuotantoa vähentämällä manuaalisia tuotantovaiheita.

Työn julkisesta versiosta on poistettu kustannuksien arvot.

---

Asiasanat: varasto, varastohallintajärjestelmä, digitalisointi

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical Engineering  
Product Development

KUITUNEN, JERE:  
Data Collection and Digitalisation of Production

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 1 page  
May 2022

---

The objective of the thesis was to find the data collection and digitalization possibilities of Pressure Vessel Tech Ltd production. In addition, the objective of this study was to make the acceptance and picking of warehouse goods more efficient by reducing manually done labor with digital applications and automation. The thesis includes suggestions on devices and software applications to be updated, the process of the update, and the expenses of the update project.

The study was carried out by finding out the current state of goods acceptance and picking. After the current state analysis theoretical research was done on the subject. Based on the current state and theoretical review of the subject it was suggested that the company's ERP software is updated, and a WMS add-on is adopted. A digital device is adopted in goods acceptance and picking, and product identification is done by using barcode applications. With these results goods acceptance and picking is expected to be more efficient, possibility of misinterpretation and errors is reduced and gathering of pressure equipment documentation is clarified.

The expenses are excluded from the public version.

---

Key words: warehouse, warehouse management system, digitalization

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Tavoitteet ja rajaus .....	6
1.2	Tutkimusmenetelmät .....	7
2	PRESSURE VESSEL TECH OY .....	9
3	TUOTANTOTOIMINNOT .....	10
3.1	Varastotoiminnot .....	10
3.2	Painelaitekirja .....	12
4	TUOTANNON DIGITALISOINTI .....	13
4.1	Varastonhallintajärjestelmä .....	13
4.2	Industry 4.0 .....	15
5	TIEDONKERUU JA DIGITALISOINTIMENETELMÄT .....	16
5.1	Viivakoodijärjestelmä .....	16
5.2	RFID .....	17
5.3	RFID versus viivakoodi .....	19
5.4	Ohjelmistot .....	19
5.5	Päätelaitteet .....	20
6	NYKYTILANTEEN KARTOITTAMINEN .....	22
6.1	Tavaran vastaanotto .....	22
6.2	Keräily .....	24
6.3	Painelaitekirja .....	25
7	TULOKSET .....	26
7.1	Kustannukset .....	27
7.2	Muutokset .....	28
7.3	Hyödyt .....	32
7.4	Toteuttaminen .....	33
8	JATKOKEHITYSEHDOTUKSET .....	37
9	POHDINTA .....	38
	LÄHTEET .....	39
	LIITTEET .....	41
	Liite 1. Pressure Vessel Tech Oy kehitysprojekti .....	41

**LYHENTEET JA TERMIT**

ERP	Enterprise Resource Planning
MTR	Material Test Report
NDT	Nondestructive Testing
PDM	Product Data Management
RFID	Radio Frequency Identification System
WMS	Warehouse Management System

## 1 JOHDANTO

PWC:n teettämän tutkimuksen mukaan 91 % teollisista yrityksistä investoi digitaalisiin tehtaisiin, mutta vastanneista vain 6 % prosenttia kuvailee heidän tehtaitaan ”kokonaan digitalisoiduiksi”. Lähes kaikki vastanneista toteaa tehokkuus-hyödyt pääsyyksi digitaalisten tehtaiden investointiin. (Geissbauer, Schrauf. Berttram & Cheragi. 2017, 6–7.)

Opinnäytetyön aihe lähti Pressure Vessel Tech Oy:n (PVTech) kiinnostuksesta ja halusta kehittää ja digitalisoida tuotantotoimintoja sekä yhtenäistää painelaitekirjaan vaadittavien dokumenttien keräämistä ja kokoamista. PVTechillä painelaitekirjan kokoamisessa, tavaran vastaanotossa ja keräilyssä on monta vaihetta, joita tehdään manuaalisesti, joita olisi mahdollista digitalisoida ja automatisoida. Näihin vaiheisiin kuluu paljon työaikaa, jonka voisi käyttää tehokkaammin. Lisäksi digitalisaatiolla saadaan vähennettyä inhimillisen virheen mahdollisuutta ja väärinkäsitysten riskiä.

### 1.1 Tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä selvitys PVTech Oy:n tavaran vastaanoton ja keräilyn datan keräys- ja digitalisointimahdollisuuksista sekä muutoksiin vaadittavista prosesseista. Datan keräys ja digitalisointi käsittää tuotannon nykyisten niin sanottujen analogisten toimintojen tiedon keräämisen digitaalisilla tietoteknisillä ratkaisuilla sekä painelaitekirjan valmistumisen ja tarkastustoiminnan yhteydessä syntyvät dokumentit. Samalla muutosten myötä saadaan tehostettua näitä tuotannon osa-alueita. Muutoksien myötä on arvioitava tuotannon nykyisten tietoteknisten järjestelmien kehitys- ja päivitystarpeet.

Opinnäytetyö rajataan koskemaan tuotannon osa-alueilla vain tavaran vastaanottoa sekä keräilyä. Tavaran vastaanoton ja keräilyn osa-alueisiin keskitytään, koska näiden digitalisoinnista arvioidaan saatavan suurimmat hyödyt ja lisäksi näiden osa-alueiden digitalisointi on välttämätöntä painelaitekirjaan vaadittavien dokumenttien keräämistä varten. Opinnäytetyöstä rajattiin pois varaston koon

sekä varastopaikkojen määrittäminen. Lisäksi mahdollisten järjestelmien käyttöönotto rajattiin pois työn pitkittymisen riskin vuoksi, mikä voisi johtua itsestä riippumattomista syistä.

Opinnäytetyön tutkimusosiossa selvitetään aiheeseen liittyvä teoria ja nykytilanne. Teorian ja nykytilanneselvityksen jälkeen näihin osa-alueisiin haetaan ratkaisuvaihtoehtoja. Opinnäytetyön tulokset-osiossa arvioidaan ratkaisuvaihtoehdon kustannukset, muutokset nykyisiin toimintatapoihin, hyödyt ja muutosprosessi.

## 1.2 Tutkimusmenetelmät

Metodologialtaan tutkimus on kvalitatiivinen tutkimus. Kvalitatiivisen tutkimuksen piirteinä on muun muassa se, että tutkimuksessa pyritään kokonaisvaltaiseen tiedon hankintaan ja aineistossa käytetään induktiivista analyysia. Tutkimuksessa ei pyritä teorian tai hypoteesin testaamiseen vaan aineiston monitahoiseen tarkasteluun. Lisäksi tutkimuksen kohdejoukko valitaan tarkoituksenomaisesti, ei satunnaisotoksen perusteella. (Hirsijärvi, Remes & Sajavaara, 1997. 164.)

Tutkimusmenetelmä määräytyi opinnäytetyön aiheen myötä. Tämä opinnäytetyö voidaan määritellä tyypiltään tutkimukselliseksi kehittämistyöksi, mistä Toikko ja Rantanen ovat kirjoittaneet tutkimuksellinen kehittämistoiminta-kirjassa. Kehittämistoiminnan lähtökohtana on nykyisen tilanteen ongelmakohdat ja näkymät uudesta. Lisäksi kehittämisellä tavoitellaan jotain parempaa tai tehokkaampaa kuin aikaisemmat toimintatavat tai -rakenteet. (Toikko & Rantanen 2009, 16.) Tutkimuksen myötä tuotetaan uusia asioita ja uutta tietoa, jota sovelletaan käytäntöön. Tutkimusosuus voidaan jakaa perustutkimukseen, soveltavaan tutkimukseen ja kehitykseen. Perustutkimuksen tavoitteena on tietämyksen edistäminen eli se vastaa kysymyksiin mitä ja miksi. Soveltavalla tutkimuksella pyritään selvittämään uutta tieteellistä tietoa, joka pyrkii ratkaisemaan ongelmia eli soveltava tutkimus vastaa mitä- ja miksi-kysymyksiä lisäksi kuinka-kysymykseen. Kehityksellä tarkoitetaan toimintaa, jonka päämääränä on saavuttaa uusia ja parannettuja tuotantovälineitä tai -menetelmiä. (Toikko & Rantanen 2009, 19–20.)

Opinnäytetyössä perustutkimukseen sisältyy nykytilannekuvaus eli pyritään vastaamaan siihen, mitä työssä tutkitaan ja miksi. Soveltavaan tutkimukseen sisältyy opinnäytetyön tiedonkeruu ja digitalisointi osuus, jossa pyritään vastaamaan kuinka -kysymykseen. Näiden avulla pyritään kehitykseen, joka määritetään tavoitteissa.

Aineiston keruussa tutkimuksessa hyödynnetään haastattelua ja havainnointia. Kvalitatiivisen tutkimuksen päämenetelmä on haastattelu. Havainnointiakin voidaan pitää kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmänä. Haastattelut ovat tyypiltään avoimia eli niissä pyritään selvittämään haastateltavan ajatuksia, mielipiteitä ja käsityksiä sitä mukaan, kun ne tulevat vastaan haastattelun kuluessa. Havainnoinnin avulla pyritään saamaan tietoa ryhmien tai organisaation toiminnasta todellisessa ympäristössä. (Hirsijärvi ym. 1997. 205–213.)

Opinnäytetyössä pyrkimyksenä on muuttaa reaalitodellisuutta konkreettisella tavalla, joten opinnäytetyön toiminnan kohteen ja tavoitteiden määrittely lähtee fakthanäkökulmasta (Toikko & Rantanen 2009, 37–38).



## 2 PRESSURE VESSEL TECH OY

Pressure Vessel Tech Oy (PVTech) on suomalainen painelaittevalmistajista Pirkkalasta. Yrityksen palvelu kattaa painelaitteiden suunnittelun ja valmistuksen lisäksi erilaiset pintakäsittelyt, eristykset ja kokoonpanot. Yrityksen suurimmat asiakkaat toimivat kaivosteollisuuden alalla. Tämän lisäksi asiakkaita on muillakin toimialoilla, kuten biopolttoaine- ja prosessiteollisuus, energiateollisuus ja raaka-aineteollisuus sekä koneenrakennuksessa. Yritys on valmistanut painelaitteita vuodesta 1951 ja toimitettuja painelaitteita on kertynyt yli 600 000 kappaletta. (PvTech n.d.) Yrityksen tuotevalikoimaan kuuluvat painelaitteet, jotka ovat paineluokaltaan 0–80 bar ja kokoluokaltaan aina 48 mm – 3,2 m.

Kuvassa 1 on esitetty yrityksen valmistama painelaite.



Kuva 1. PAINELAITE. (PVTech n.d.)

### 3 TUOTANTOTOIMINNOT

Tässä kappaleessa esitetään tuotantotoimintojen teoreettinen sisältö. Opinnäytetyön rajaukseen sisältyvät tuotantotoiminnot ovat varastotoiminnot ja painelaittekirja. Kappaleessa käydään läpi, mitä työvaiheita sisältyy varastotoimintoihin ja mitä painelaittekirjan sisällöltä vaaditaan.

#### 3.1 Varastotoiminnot

Arnold, Chapman & Clive kirjoittavat kirjassa *Introduction to Materials Management*, että teollisuudessa varastojen tarkoituksena on varastoida raaka-aineita, keskeneräisiä tuotteita, valmiita tuotteita, tarvikkeita ja varaosia. Varastotoimintojen kustannukset voidaan jakaa pääomakustannuksiin ja toimintakustannuksiin. Pääomakustannuksiin luetaan tilan ja käsittelylaitteiston kustannukset. Toimintakustannuksiin kuuluvat työvoimakustannukset, joiden tehokkuutta voidaan taas mitata esimerkiksi laskemalla, kuinka monta yksikkö työntekijä käsittelee päivän aikana. Työvoiman tehokkuuteen vaikuttavat varastojen koko, laitteisto, saatavuus, esteettömyys ja keräilyjärjestelmä. (Arnold, Chapman & Clive 2008, 335–336.)

Varastotoimintoihin kuuluu useita eri prosesseja ja varaston tehokkuuteen vaikuttaa, kuinka hyvin nämä toiminnot suoritetaan. Varastotoiminnot voidaan luetella seuraavalla tavalla:

1. Tavarán vastaanotto. Tehdas vastaanottaa tavaraa, tuotteita tai yleisesti hyödykkeitä ulkopuoliselta toimittajalta. Tavarán vastaanottoon liittyy seuraavia toimenpiteitä:
  - a. Tehdään vastaanottotarkistus, että toimitetut tuotteet vastaavat tilausta.
  - b. Tarkistetaan, että toimitus sisältää tilauksen mukaisen määrän tuotteita.
  - c. Tarkistetaan mahdolliset virheet toimituksessa.
  - d. Mahdollinen tarkempi tarkistus.

2. Tuotteiden tunnistus. Tuotteisiin merkitään tunnistenumero tai nimiketiedot ja tuotteiden lukumäärä. Sijainti kirjataan ylös varastokirjanpitojärjestelmään.
3. Tuotteiden siirtäminen varastointipaikkaan.
4. Tuotteiden varastointi. Tuotteita varastoidaan asianmukaisessa paikassa, kunnes niitä tarvitaan.
5. Keräily. Tuotteet kerätään tilauksen tai keräilylistan mukaan keräilypisteelle.
6. Tuotteiden järjestely. Keräilypisteelle kerättyjen tuotteiden määrä ja laatu tarkistetaan ja varastokirjanpitojärjestelmään päivitetään saldo.
7. Tuotteiden toimitus. Tuotteiden pakkaaminen, lähetysdokumenttien tekeminen ja tuotteiden lastaaminen.
8. Tietojärjestelmän käyttäminen. Lähes jokaisella varastolla on käytössä järjestelmä, joka sisältää varaston saldon, vastaanotetut ja lähetetyt tuotteet ja tuotteiden sijainnit varastossa.

Maksimoidakseen tehokkuus ja minimoidakseen kulut, on varastotoiminnoissa keskityttävä seuraaviin asioihin:

1. Tehokas tilankäyttö. Useimmiten suurin kulu pääomakustannuksissa on tila itsessään. Tämä tarkoittaa, että varaston lattiatilan lisäksi tila korkeussuunnassa on käytettävä tehokkaasti.
2. Tehokas työvoiman ja laitteiden käyttö. Työvoima on suurin toimintakustannus ja laitteet toiseksi suurin toimintakustannus. Maksimoidakseen kokonaisvaltainen tuottavuus on valittava paras yhdistelmä työntekijöitä ja laitteita.

(Arnold ym. 2008, 336–337.)

### 3.2 Painelaittekirja

Painelaitteita valmistetaan pääasiassa pk-yrityksiä ja teollisuuden tuotantolaitoksia varten, mutta niitä tehdään myös kuluttajien käyttöön. Ennen painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien käyttöönottoa tulee niiden täyttää lainsäädännön asettamat turvallisuusvaatimukset, eikä ne saa aiheuttaa vaaraa kenenkään terveydelle, turvallisuudelle tai omaisuudelle. Näitä tavoitteita Suomessa valvoo Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Suomessa painelaitteiden suunnittelun, valmistuksen ja käytön lakitason säädökset sisältyvät painelaitelakiin (1144/2016). (Tukes n.d.)

Painelaitelain luvun 9 pykälässä 69 määritetään painelaitteikirjan kokoamisesta ja säilyttämisestä. Pykälässä määritetään, että painelaitteen keskeiset asiakirjat on koottava painelaitteikirjaksi painelaitteen rekisteröitävän omistajan tai haltijan toimesta. Painelaitteikirja luovutetaan uudelle omistajalle tai haltijalle painelaitteen luovutuksen yhteydessä. Rekisteröityä painelaitteikirjaa on säilytettävä, kunnes painelaite ilmoitetaan valvontaviranomaisille rekisteristä poistetuksi. (Painelaitelaki 1144/2016.)

Turvallisuus- ja kemikaaliviraston painelaitteoppaan mukaan rekisteröitävän painelaitteen omistaja tai haltija tarvitsee painelaitteesta seuraavia dokumentteja.

- EY-vaatimuksenmukaisuusvakuutus
- Käyttö-, asennus- ja huolto-ohjeet
- Valmistus- ja rakennepiirustukset
- Suunnittelun lähtökohdat, kuten käytetty normi, käyttöolosuhteet, korrosiovaara
- Hitsaus-, lämpökäsittely- ja NDT-asiakirjat
- Materiaalitodistukset
- Mahdollinen EY-tyyppitarkistustodistus, EY-suunnitelmantarkastustodistus tai EY-vaatimustenmukaisuustodistus

Edellä mainitut asiakirjat liitetään määräaikaistarkastuksessa tarvittavaan painelaitteikirjaan. (Tukes opas. n.d. 10.)

## 4 TUOTANNON DIGITALISOINTI

Ensimmäinen teollinen vallankumous koettiin 1780-luvulla höyryvoiman keksimisen myötä. Toinen teollinen vallankumous koettiin 1870-luvulla massatuotannon ja sähköenergian kehittämisen myötä. Kolmannen teollisen vallankumouksen myötä syntyi tietotekniikan ja elektroniikan kehittyminen, joka mahdollisti entistä tehokkaamman tuotannon. 2000-luvun alussa mainittiin ensimmäisen kerran ”Industry 4.0” eli teollisuus 4.0, jonka on mahdollistanut tietokoneiden laskentakapasiteetin kehittyminen. Tietokoneiden laskentakapasiteetin kehittyminen mahdollistaa suuren määrän datan tallentamisen, joka taas on mahdollistanut koneoppimisen. Erik Brynjolfsson ja Andrew McAfee puhuvat toisen teollisen ajan tulemisesta ”Second Machine Age”. Ensimmäisessä teollisessa ajassa automaatio on korvannut manuaalisen työn. Toinen teollinen aika liittyy digitaalisen laitteiston, ohjelmien ja verkoston teknologisen kehityksen mahdollistamaan tiedon automatisointiin. (Gleason. 2018. 1–3.)

Felipe Martinez mainitsee artikkelissa *Process excellence the key for digitalisation*, että Brynjolfssonin ja McAfeen mainitsema digitaalinen aikakausi on hyvä mahdollisuus yrityksille kehittää omaa kilpailukykyään luomalla uusia liiketoimintoja tai kehittämällä nykyisiä. Saucedo-Martinez (2018) mukaan yrityksillä, jotka jättävät huomioimatta nämä digitaalisen aikakauden mahdollistamat laajat teknologiset mahdollisuudet, on tapana kadota. Tämän myötä pysyäkseen kilpailukykyisenä ja hyötyäkseen digitaalisista mahdollisuuksista, yritysten pitää kiireesti aloittaa uusien digitaalisten konseptien lisääminen. (Martinez. 2019. 1716–1717.)

### 4.1 Varastohallintajärjestelmä

Varastohallintajärjestelmien eli Warehouse Management Systems (WMS) tarkoituksena on pääsääntöisesti ohjata ja optimoida varaston järjestelmiä (Hompel-Schmidt. 2007. 7). Varastohallintajärjestelmä on tietokantaperusteinen tietokoneohjelma, jonka tavoitteena on parantaa varaston tehokkuutta pitämällä tarkkaa inventaariota seuraamalla varaston tapahtumia. Seuratakseen tavaravirtaa järjestelmä useimmiten hyödyntää automaattista tiedonkeruuta teknologiaa (Auto ID

Data Capture AIDC), kuten viivakoodinlukijoita, tietokoneita, langatonta verkkoa tai RFID (radio frequency identification). (Moufaddal. Benghabrit. Bouhaddou. 2021. 132.)

Vaatimukset näille tiedonkeruu teknologioille on:

- Luotettava lukeminen annetuissa olosuhteissa
- Riittävä lukemisen nopeus mahdollisessa liukuhihna järjestelmässä
- Kyky luoda tarpeellinen määrä tunnisteita
- Lukuetäisyys on tilanteiden mukaan toimiva
- Yhteensopivuus muiden järjestelmien kanssa
- Tunnistusjärjestelmien kustannustehokkuus

Yli 70 %:ssa auto-ID sovelluksista, viivakoodijärjestelmä on eniten käytetty. (Hompel & Schmidt. 2007. 179.)

Uuden WMS-järjestelmän käyttöönotto jaetaan eri vaiheisiin, jotta järjestelmä saadaan sujuvasti otettua käyttöön. Käyttöönotto alkaa testivaiheella, jossa uuteen järjestelmään siirretään data vanhasta järjestelmästä. Mikäli siirrettävää tietoa on paljon, on hyvä tehdä erillinen siirto suunnitelma, koska suuren datamäärän siirtäminen saattaa viedä paljon aikaa. Testivaiheen aikana WMS-järjestelmää testataan oikealla tiedolla, mutta niin sanotusti testiolosuhteissa. WMS-järjestelmällä kokeillaan vastaanottokirjauksia ja keräilyjä testiolosuhteissa. (Hompel & Schmidt. 2007. 301–302.)

Testivaiheen jälkeen uuden WMS-järjestelmän käyttöönotto voi tapahtua kahdella tavalla, joko rinnakkain tai suoraan uuteen järjestelmään. Rinnakkain käyttöönotto on melko turvallista, koska vanha järjestelmä on taustalla, mikäli uuteen järjestelmään tulee jokin toimintahäiriö. Toisaalta rinnakkain käyttöönotossa saattaa olla hieman suuremmat kustannukset, koska on kaksi järjestelmää ovat käytössä samanaikaisesti. Suorassa käyttöönotossa vanha järjestelmä sammutetaan samanaikaisesti, kun uusi järjestelmä käynnistetään. Tämän etuna on pienemmät kustannukset, mutta uudessa järjestelmässä voi ilmetä toimintahäiriöitä käynnistyksen yhteydessä. (Hompel & Schmidt. 2007. 302.)

Huolellinen ja ajoissa tehtävä järjestelmän käyttökoulutus nostaa henkilöstön valmiutta käyttää uutta järjestelmää ja auttaa henkilöstöä hyväksymään uuden järjestelmän. Huonosti valmisteltu ja ajoitettu koulutus voi vaikuttaa negatiivisesti uuden järjestelmän käyttöönottoon ja uuden järjestelmän hyväksyntään. Koulutuksessa henkilöstö opastetaan käyttämään järjestelmää tuotannon eri tilanteissa ja selvittämään mahdolliset toimintahäiriöt. (Hompel & Schmidt. 2007. 302.)

## 4.2 Industry 4.0

Smart manufacturing, Internet of Things (IoT), digitalisaatio ja kyberfyysiset järjestelmät. Kaikki nämä käsitteet liittyvät neljänteen teolliseen vallankumoukseen ja yleisesti käytetty nimitys, joka kuvaa kaikkea tätä digitaalista kehitystä on Industry 4.0 eli teollisuus 4.0. (CGI. 2017, 2.) Digitaalisen kehityksen myötä älykkäät järjestelmät pystyvät tallentamaan entistä enemmän dataa ja ovat digitaalisesti yhteydessä toisiinsa luodakseen ja jakaakseen tietoa keskenään (Marr. 2018).

Industry 4.0 luomat mahdollisuudet liittyvät datan keräämiseen ja käsittelyyn. Digitaalisesti yhdistetyt laitteet ja koneet luovat todella suuren määrän dataa ja ihmisellä menisi liian kauan aikaa tämän datan käsittelyyn. Industry 4.0 tarjoaa tähän mahdollisuuden tunnistamalla prosessista kohteita tai prosesseja, joita kannattaisi optimoida. (Marr. 2018.) Tämän lisäksi Industry 4.0:n mahdollistaa uusien laitteiden, kuten älylaitteiden, sensorien ja 3-D tulostimien kehityksen. Kuluneen vuosikymmenen aikana sensorien hinnat ovat pudonneet 60 senttiin kappale, laajakaistan hinnat ovat pudonneet 40 kertaa pienemmäksi ja prosessointikustannukset pienentyneet 60 kertaa pienemmäksi. (CGI. 2017, 4.)

Antony ym. tekemässä tutkimuksessa selvitettiin, miten yritysten suorituskyky vaihteli niiden välillä, jotka ottivat Industry 4.0:n käyttöön aikaisemmin verrattuna niihin, jotka ottivat sen käyttöön myöhemmin. Yleisesti ottaen yritykset, jotka ottivat Industry 4.0:n käyttöön aikaisemmin hyötyivät tuotteiden ja palvelun laadullisella kehityksellä. Industry 4.0:n käyttö ilmenee teknologisten ratkaisujen, kuten IoT:n käyttämisellä, joilla voi seurata prosesseja ja laatua keskeisissä vaiheissa tuotantoa. (Antony ym. 2021.)

## 5 TIEDONKERUU JA DIGITALISOINTIMENETELMÄT

Kappaleen 5 mukaan yrityksen digitalisointivaihtoehtona on ottaa tuotannossa käyttöön Industry 4.0:aan liittyviä laitteita, kuten viivakoodi- tai RFID järjestelmiä. Näiden uusien tietoteknisten järjestelmien käyttöönotto vaatii mahdollisesti uusia ohjelmistoja tai nykyisten ohjelmistojen päivitystä. Tässä kappaleessa esitellään tiedonkeruu- ja digitalisointimenetelmiä sekä niiden vaatimat ohjelmistopäivitykset. Lisäksi tarkastellaan, mitä tavoitteita milläkin järjestelmällä on ja mitä hyötyjä minkäkin järjestelmän käyttöönotossa saavutetaan.

### 5.1 Viivakoodijärjestelmä

Viivakoodijärjestelmä tarjoaa yksinkertaisen ja edullisen menetelmän pakata tietoa, jota voi helposti lukea lukijalla. Tämän lisäksi viivakoodin lukeminen tapahtuu nopeasti ja suurella tarkkuudella. Viivakoodi perustuu sarjaan vierekkäisiä pystysuoria viivoja ja niiden välejä. Ennalta määritellyillä sarjoilla viivoja ja välejä luodaan lyhyitä merkkijonoja, jotka tulostetaan viivakoodiksi. (Barcode basics. n.d.)

Viivakoodeja luetaan heijastamalla lukijalla valoa koodiin ja tunnistamalla valkoisista väleistä heijastunut valo. Heijastunut valo muutetaan elektroniseksi signaaliksi ja järjestelmä purkaa signaalin alkuperäiseksi tiedoksi. Useimmat viivakoodit koostuvat alun ja lopun tyhjistä alueista, aloitus kuviosta, yhdestä tai useammasta tietoalueesta ja yhdestä tai kahdesta tarkistuskuviosta (kuva 2). (Barcode basics. n.d.)



Kuva 2. Viivakoodi. (Barcode basics. n.d.)

Viivakoodit luokitellaan kahteen luokkaan, 1D ja 2D viivakoodeihin. 1D viivakoodit koostuvat lineaarisesta sarjasta viivoja ja viivakoodi voi sisältää tietoa muuta-



masta numerosta aina 40 merkkiin. (Barcode basics. n.d.) 1D viivakoodien heikkoutena on, että ne vievät paljon tilaa ja niihin tallennettava tietomäärä on vähäinen. Standardoituja 1D koodeja on muun muassa koodi 39, koodi 128, interleaved 2/5, EAN/UPC ja Cobar. (Viivakoodiopas. n.d.)

2D viivakoodit koostuvat pinotuista koodeista eli sisältävät tietoa pysty- ja vaakasuunnassa. Niiden etuina on pieni koko ja suuri tietokapasiteetti. Tietokapasiteetin lisääminen tapahtuu lisäämällä koodiin enemmän kerroksia. Käytössä olevia 2D koodeja ovat muun muassa Data Matrix, PDF417, Maxicode, QRCode ja RSS. (Viivakoodiopas. n.d.)

Viivakoodeja tunnistetaan laserlukijoilla, CCD-lukijoilla ja kameralukijoilla. Laserlukijat heijastavat valoa ja tunnistavat takaisinheijastuneesta valosta viivat ja viivojen välit. Heijastunut valo muutetaan vastaanottimessa sähköiseksi signaaliksi. Analoginen signaali muutetaan jälleen digitaaliseksi, vastaamaan viivakoodia, jolloin dekooderi tulkitsee sen. CCD-lukijoissa valolähteenä toimii lukupäähän sijoitetut ledit, jotka valaisevat koodin ja takaisin heijastunut valo osuu kameran valoherkkiin elementteihin (CCD). Valoherkkien elementtien avulla viivakoodista saadaan elektroninen kuva, jonka avulla saadaan viivakoodin sisältämä tieto. Kameralukijat toimivat samalla periaatteella kuin CCD-lukijat. Viivakoodista heijastunut valo aktivoi kameran valoherkät elementit ja näiden avulla saadaan analoginen signaali, joka lähetetään dekooderille, joka muuttaa signaalin digitaaliseen muotoon. (Viivakoodiopas. n.d.)

## 5.2 RFID

RFID eli Radio Frequency Identification on radiotekniikkaan perustuva tunnistusmenetelmä. RFID voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen, transponderiin ja lukulaitteeseen. RFID transponderi on esineeseen kiinnitettävä saattomuisti (transponder/ tag), joka voidaan havaita tai lukea lukulaitteella. Transponderiin kirjattu tieto voi olla joko ainoastaan luettava tai myös uudelleenmuokattava. Samalla tavalla kuin transponderissa lukulaite voi olla tyypiltään vain lukeva tai lukeva ja kirjoittava, jolla voi muokata transponderin tietoa. Transponderit voidaan jakaa edelleen passiivisiin ja aktiivisiin. Passiivinen transponderi saa virtansa ja aktivoi-

tuu magneettikentän vaikutuksesta eikä sisällä sisäistä virtalähdettä, mikä toisaalta rajoittaa kantamaa. Aktiivinen transponderi sisältää sisäisen virtalähteen, joka suurentaa transponderin tunnistuksen kantamaa. (Hompel & Schmidt. 214–215.)

Taulukossa 1 on verrattu passiivisen ja aktiivisen RFID transpondereiden eroja.

Taulukko 1. RFID vertailu. (CIN7. 2020.)

	Aktiivinen	Passiivinen
Virtalähde	Paristo/akku	Käyttää tunnistimen energiaa.
Tunnistus kantama	30–100 metriä	0–25 metriä
Käyttöikä	Pariston kestosta ja käytöstä riippuen noin 5 vuotta.	Käyttöikä todella pitkä.
Tallennus kapasiteetti	Todella suuri tallennuskapasiteetti.	Tallennuskapasiteetti noin 128 bittiä.
Kustannukset	Noin 25–50 \$	Noin 0.1–20 \$

Kuten taulukosta 1 huomaa aktiivisen RFID transpoderin hinta on suurempi kuin passiivisen. Aktiivisen transponderin kantama ja tallennuskapasiteetti on kuitenkin suurempi kuin passiivisessa.

### 5.3 RFID versus viivakoodi

Taulukossa 2 on vertailtu RFID-tunnisteen ja viivakoodin hyödyt ja haitat.

Taulukko 2. RFID ja viivakoodi vertailu. (Assetinfinity. 2019.)

	Hyödyt	Haitat
RFID	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ei vaadi näköyhteyttä</li> <li>- Lukuetaisyys pidempi</li> <li>- Uudellenkäytettävissä</li> <li>- Tallennuskapasiteetti suurempi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metallipinnat voivat aiheuttaa signaalihäiriöitä</li> <li>- Investointikustannukset suuremmat</li> <li>- Käyttöönottoaika pidempi</li> </ul>
Viivakoodi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kustannustehokas</li> <li>- Tarkka</li> <li>- Kansainvälinen ja laajasti käytetty</li> <li>- Helposti käytettävissä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vaatii suoran näköyhteyden</li> <li>- Viivakoodin vaurioituessa lukeminen mahdotonta</li> <li>- Tallennuskapasiteetti pienempi</li> </ul>

Kumpaakin tunnistusmenetelmää käytetään tavaroiden seurantaan ja kumpaankin menetelmään tarvitsee erillisen päätelaitteen, jolla lukea tietoa. Suurimmat erot liittyvät tunnisteen lukemiseen, tiedon tallennuskapasiteettiin ja kustannuksiin. Nykyään on olemassa päätelaitteita, jotka pystyvät lukemaan sekä viivakodeja että RFID-tunnisteita. (Assetinfinity. 2019.)

### 5.4 Ohjelmistot

Uusien ohjelmistojen käyttöönotto tai nykyisten järjestelmien päivitys on lähes välttämätöntä vaadittujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Mikäli on mahdollista, pyritään vain päivittämään tällä hetkellä käytössä olevia järjestelmiä. Mikäli sillä ei päästä tavoitteisiin tai ne eivät täytä vaatimuksia, otetaan käyttöön uusia järjestelmiä.

Käytössä oleva ERP-järjestelmän päivityksen myötä päästään suurimmalta osin tavoitteisiin. Käytössä olevalla ERP järjestelmään on saatavilla päivityksen myötä

WMS-laajennus, joka sisältää perinteisen varastonhallintajärjestelmän ja on samalla yhteydessä ERP järjestelmään. WMS-laajennuksen avulla on mahdollista kirjata erillisellä päätteellä saapuminen, hyllytys, keräily, varastonsiirto, inventointi ja kyselyt.

Tämän lisäksi ERP päivityksen myötä on mahdollista ottaa käyttöön control plan eli laatutarkistus. Tämä korvasi nykyisin käytössä olevan Excel pohjaisen laatu-tarkistus dokumentin. Ohjelmiston päivityksen myötä yrityksen tietoturva ja palvelimet saadaan nykyaikaistettua ja tehtyä turvallisemmiksi.

## 5.5 Päätelaitteet

Opinnäytetyötä varten Optiscanilta pyydettiin tarjous kahteen erilaiseen käsipäätelaitteeseen, joista toisessa on fyysiset näppäimet ja toisessa kosketusnäyttötyyppinen näyttö. Kumpikin laite toimii käytössä WMS-lisäosan kanssa ja kumpaankin vaihtoehtoon pystytään tarvittaessa kirjaamaan sulatusnumero vastaanotto- ja keräilyvaiheessa. Kuvassa 3 on esitetty Zebra MC3300 käsipääte, jossa on fyysiset näppäimet.



Kuva 3. Zebra MC3300. (Kaikkonen. 2022.)

Zebra MC3300 on Android-käyttöjärjestelmällä oleva älypuhelin, johon on yhdistetty viivakoodinlukulaite, näppäimistö ja kahva. Kuvassa 4 on esitetty Zebra TC57.



Kuva 4. Zebra TC57. (Kaikkonen. 2022.)

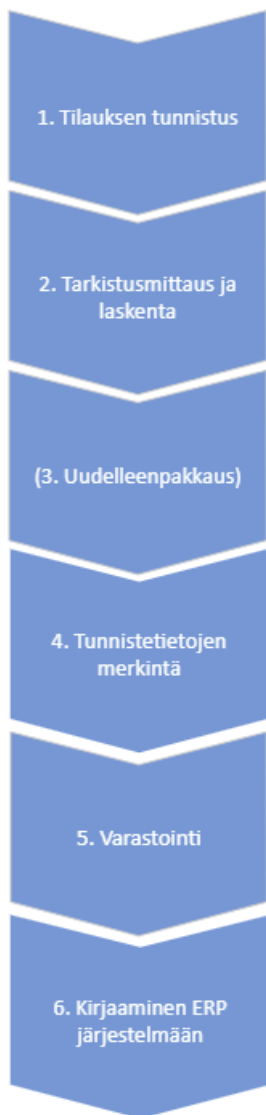
Zebra TC57 on lähes samanlainen laite kuin MC3300, mutta ilman näppäimistöä ja kahvaa. MC3300 päätelaitteen etuina ovat fyysiset näppäimet, joita saattaa olla helpompi käyttää esimerkiksi työhanskat kädessä. Lisäksi kahvan kanssa laite pysyy paremmin kädessä viivakoodeja skannatessa. Toisaalta laite on isompi, eikä sitä saa esimerkiksi taskuun, kun laitetta ei käytä. TC57 etuina on pienempi koko, joten sen saa taskuun silloin kun sitä ei käytä. Toisaalta kosketusnäytön ja skannerin käyttäminen saattaa olla vaikeampaa työhanskat kädessä.

## 6 NYKYTILANTEEN KARTOITTAMINEN

Tässä kappaleessa käsitellään yrityksen tavaran vastaanoton, keräilyn ja paine-laitekirjan kokoamisen nykytilanne. Nykytilanteen kartoittaminen aloitettiin heti opinnäytetyöprosessin alkuvaiheessa. Kartoituksella saatiin käsitys yrityksestä ja yrityksen toimintatavoista. Nykytilanteen kartoittaminen suoritettiin havainnoinnalla ja haastattelemalla työntekijöitä sekä tutustumalla yrityksen laatukäsikirjan dokumentteihin.

### 6.1 Tavarán vastaanotto

Varastotyöntekijälle tulostetaan vahvistettu ostotilaus, johon on merkitty viite, mikä yhdistää tuotteen ja tilauksen. Tämän jälkeen tavaran vastaanottoprosessi etenee seuraavanlaisesti: tavara otetaan vastaan toimittajalta, minkä jälkeen tavaran vastaanottaja suorittaa tarkistusmittauksen, ainesmerkintöjentarkastuksen ja laskee, täsmääkö toimitus tilattua. Tämän jälkeen tavaran vastaanottaja tarvittaessa uudelleenpakkaa toimituksen uuteen laatikkoon tai lavaan ja merkitsee kappaleisiin/laatikkoon teippiin tuotteen nimikkeen sekä sulatusnumeron ja ostotilaukseen tuotteiden sulatusnumerot. Vastaanoton jälkeen varastotyöntekijä kirjaa kappaleet vastaanotetuksi ERP järjestelmään. Vastaanottoprosessi visualisoitu kuvassa 5.



Kuva 5. Nykyinen vastaanotto prosessi.

Opinnäytetyön aiheen kannalta huomionarvoista vastaanotto prosessissa on, mikäli tilauksen tuotteen toimituksessa on useampaa sulatusnumeroa. Jokainen sulatusnumero täytyy merkitä ostotilaukseen ja kirjata ERP järjestelmään, mutta tuotteen identifiointia varten merkitään vain yksi tuotenimike. Keräilyvaiheessa kirjataan, minkä sulatusnumeron tuotetta on kerätty.

Lisäksi joistain kappaleista tehdään erätilaus eli silloin ostotilauksessa on merkitty erämäärä 1, mutta toimitettuja kappaleita saattaa olla esimerkiksi 120 kappaletta. ERP järjestelmään kirjataan kommentiksi saapunut kappalemäärä. Järjestelmään ei todellisuudessa kirjaudu saapunutta kappalemäärää vaan erämäärä.

## 6.2 Keräily

Keräilijä vastaa tuotannossa materiaalien ja tavaroiden keräilystä. Keräily tapahtuu projektikohtaisesti ja projektin työvaiheen mukaisesti. Työvaiheet on luokiteltu yrityksen ERP järjestelmässä. Työvaihe voi olla esimerkiksi materiaalin paloittelu tai sahaus, koneistus tai kokoonpanohitsaus. Työvaiheesta riippuen keräiltävät kohteet voivat olla materiaaliainio, puolivalmiste tai valmis komponentti. Keräilyn valinta perustuu keräilylistassa olevaan nimiketunnukseen, joka on merkitty tuotteeseen, laatikkoon tai lavaan teipillä vastaanottovaiheessa. Päivässä kerätään keskimäärin 1–5 listan tuotteet ja joissain tapauksissa kerättävänä on useampi lista samanaikaisesti, mikäli esimerkiksi toisesta listasta ei saada kaikkia tuotteita kerättyä. Yhdessä keräilylistassa on keskimäärin 5–50 riviä, riippuen projektista ja työvaiheesta.

Keräilytapahtuma alkaa sillä, että tuotantopäällikkö tulostaa työvaiheen mukaisen keräilylistan. Keräilyn aikana työntekijä merkitsee kynällä keräilylistaan tuotteen kerätyksi ja tarvittaessa tuotteen sulatusnumeron. Keräilijä toimittaa keräilylistan tuotantopäällikölle, kun on kerännyt listalta varastosta löytyvät tuotteet. Tämän jälkeen myyntisihteeri kokoaa keräilylistaan kirjattujen sulatusnumeroiden mukaiset MTR eli aineodistus-dokumentit yrityksen PDM järjestelmän projektikohtaiseen kansioon. Keräilyprosessi visualisoitu kuvassa 6.





Kuva 6. Nykyinen keräilyprosessi.

Mikäli on tuotannosta tai toimituksesta johtuvia tilanteita, jossa keräilylistaa ei saada kerättyä kokonaan on työntekijää ohjeistettu käyttämään keräilylista toimistolla, jotta saadaan päivitettyä kerätyt tuotteet ERP järjestelmään ja kerättyä sulatusnumerot painelaitekirjan kokoamista varten. Valmiit keräilyt kirjataan oteuiksi ERP järjestelmässä.

### 6.3 Painelaitekirja

Kuten aiemmassa kappaleessa on mainittu, myyntisihteeri kokoaa painelaitekirjan MTR-dokumentit keräilylistaan merkattujen sulatusnumeroiden perusteella. MTR-dokumentit saapuvat suurimmalta osin sähköpostitse ja ne kerätään yrityksen PDM-järjestelmään, josta ne siirretään projektikohtaiseen kansioon. Tämän lisäksi yrityksellä on käytössä Microsoft Excel pohjainen laatudokumentti, johon kirjataan muun muassa koeponnistus ja muita tarkistusdokumentteja.

## 7 TULOKSET

Tuloksissa esitetään arvio päivitettävien järjestelmien, sekä uusien laitteiden kustannuksista. Tämän jälkeen esitetään tuotantoprosesseihin kohdistuvat muutokset. Muutoksien jälkeen arvioidaan muutoksien hyötyjä ja esitetään toteutusprosessi. Lisäksi toimeksiantajalle toimitetaan yhden sivun kooste päivitysprojektista.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä selvitys PVTech Oy:n tuotantotoimintojen datankeräys ja digitalisointi mahdollisuuksista. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan tavaran vastaanottoa ja keräilyä. Opinnäytetyön tuloksena ehdotetaan, että yrityksen ERP-järjestelmä päivitetään sekä WMS-lisäosa otetaan käyttöön. Tämän myötä tavaran vastaanotto ja keräily on mahdollista digitalisoida ja ottaa käyttöön päätelaite, jonka avulla vastaanotto ja keräily suoritetaan. Jokainen vastaanotettava tavara merkitään viivakoodi-/RFID-tarralla. Aluksi viivakooditarra on todennäköisesti järkevin ja kustannustehokkain vaihtoehto, jotta saadaan uudet järjestelmät ja prosessit otettua käyttöön tuotannossa. RFID-tunniste vaatii erilaiset tulostimet ja prosessit tunnisteen tiedon tallentamiseen ja muokkaamiseen, kun taas viivakoodit saadaan uudesta järjestelmästä suoraan. Tämän myötä, kun uusi järjestelmä on saatu toimimaan tuotannossa, voidaan arvioida RFID-tunnisteen tuomaa lisäarvoa ja käyttöönottoa uudelleen. Kuvassa 7 on havainnollistettu mahdollista viivakoodia.



Kuva 7. Uusi viivakoodi (Barcodesinc n.d.).

Viivakoodi sisältää tuotenimikkeen ja mahdollisesti myös tuotteen mitat, tuotetunnuksen ja viivakoodin, joka on generoitu sulatusnumerosta tai yksilöivästä tunnistenumeroista, johon sulatusnumerot linkitetään, mikäli niitä on useampia samassa erässä.

## 7.1 Kustannukset

ERP-päivityksen ja WMS-lisäosan käyttöönoton kustannukset saadaan järjestelmätoimittajalta. Taulukossa 3 on eritelty näitä kustannuksia.

Taulukko 3. ERP-järjestelmäpäivityksen kustannukset. (Nuutinen. 2022.)

Järjestelmäpäivitys	Kustannukset
ERP-järjestelmän versionvaihto	- €

Tavarantoimitukseen ja keräilyyn päätelaitteen kustannukset on eritelty taulukossa 4.

Taulukko 4. Päätelaite ja tulostin kustannukset. (Kaikkonen. 2022.)

Käsipääte	Kokonaiskustannukset (alv 0)
Käsipääte Zebra MC33 Fyysiset näppäimet	- €
Käsipääte Zebra TC57	- €
Tulostin Zebra ZT411	- €

Kummankin päätelaitteen kustannuksiin sisältyy laturit ja Zebra TC57 malliin suo- jakuori (Kaikkonen. 2022).

Kokonaisuudessaan työaikaan projektiin kuluu uuden järjestelmän testaamiseen ja järjestelmien sekä laitteiston kouluttamiseen. Taulukossa 5 on esitetty projektiin kuluvat henkilökulukustannukset.

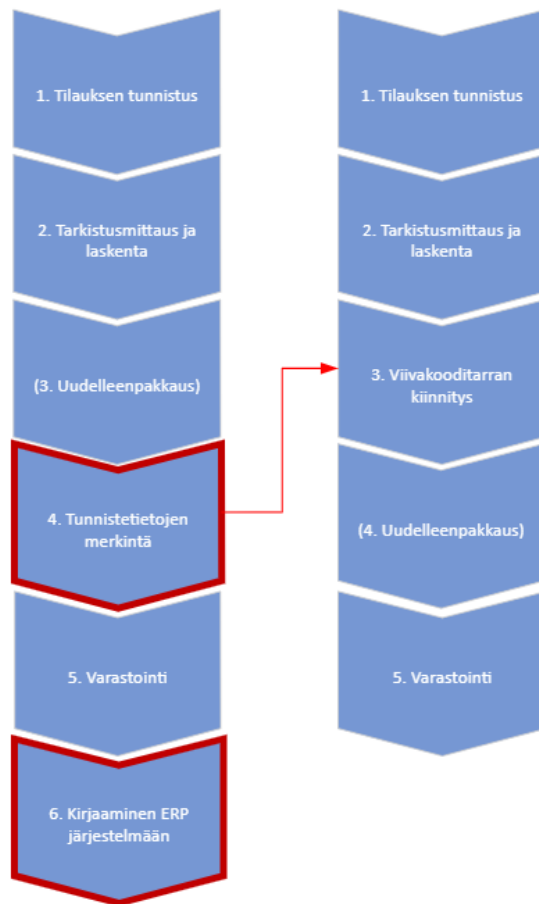
Taulukko 5. Henkilökulukustannukset.

Projektin henkilötyötunnit	Kustannus
150 h, Å - €/h	- €

Henkilökulukustannuksiin on arvioitu työaika, johon sisältyy kaikki projektiin kuuluva työ projektin aloituksesta siihen, kunnes projekti saadaan päätökseen.

## 7.2 Muutokset

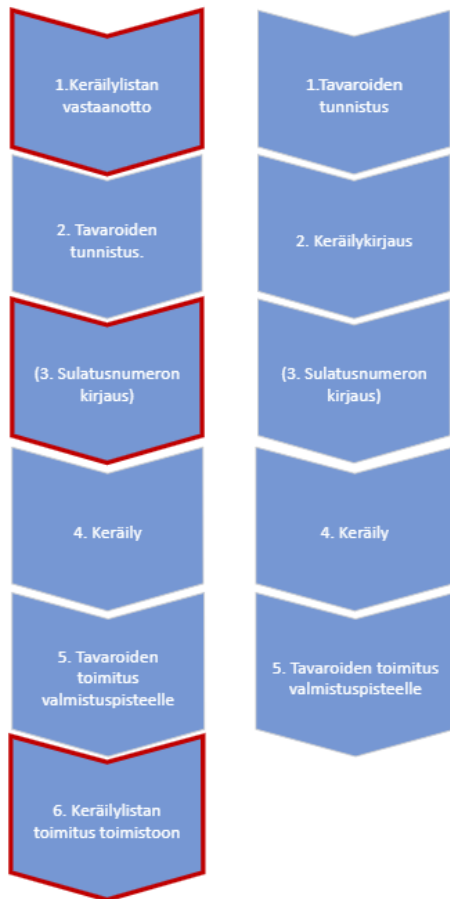
Kuvassa 8 on esitetty uusi tavarantoimitusprosessi oikealla ja muutokset vanhaan prosessiin. Saapuvat ostotilaukset ovat nähtävissä päätelaitteessa ja tilaus voidaan tunnistaa tilausnumeron tai yrityksen perusteella. Tavarantoimituksessa saapuvat tavarat tarkistetaan ja järjestellään samalla tavalla kuten aiemmin oli tehty. Tämän jälkeen saapuneet tavarat kirjataan päätelaitteen avulla välittömästi saapuneeksi ja lisäksi WMS-lisäosan kehityksen jälkeen päätelaitteeseen kirjataan mahdolliset sulatusnumerot. Saapuneisiin tavaroihin kiinnitetään kuvan 7 mukainen viivakooditarra. Näin saadaan jokainen tuote identifioitua tarkasti. Mikäli jotain tavaraa saapuu niin suuri erämäärä, ettei ole järkevää merkitä jokaista tavaraa erikseen, kiinnitetään viivakooditunnus laatikkoon/varastointipaikkaan. Tässä tapauksessa viivakooditarrassa ei lue sulatusnumeroa ja keräilyvaiheessa sulatusnumero kirjataan päätelaitteeseen.



Kuva 8. Uusi tavarantoimituksen vastaanotto prosessi.

Suurimmat muutokset liittyvät siihen, että vastaanotto tehdään päätelaitteeseen ja tavarat identifioidaan viivakooditunnuksen avulla. Sulatusnumeroa ei enää merkitä teipillä tai vastaavalla kappaleeseen vaan tuotteisiin kiinnitetään viivakooditarra. Lisäksi vastaanotto prosessin lopuksi ei tarvitse kirjata vastaanottoa ERP-järjestelmään, koska kirjaaminen tapahtuu päätelaitteella ja tieto siirtyy reaaliaikaisesti ERP-järjestelmään. Muuten vastaanotto prosessi sisältää samat toimenpiteet kuin nykyisessä vastaanotto prosessissa eli tavaroihin tehdään vastaanotto tarkastus ja tarkistusmittaukset.

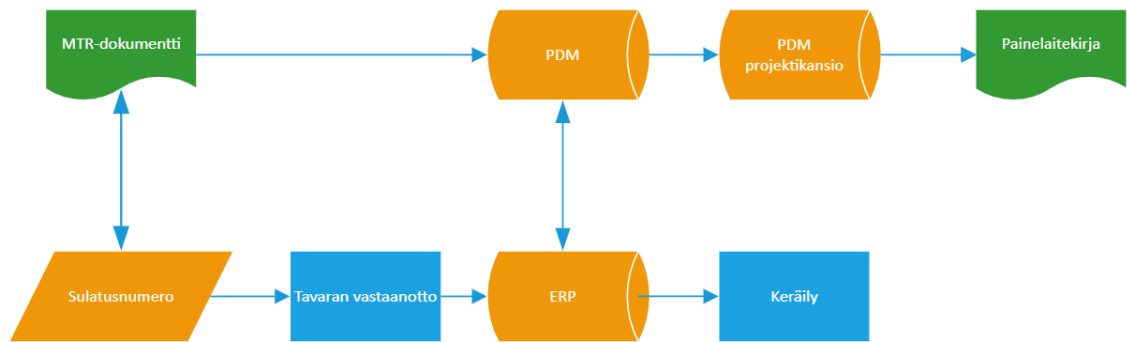
Kuvassa 9 on esitetty uusi keräily prosessi oikealla ja muutokset vanhaan prosessiin. Keräilylistat on järjestetty päätelaitteeseen työvaiheiden mukaisesti. Tämän jälkeen keräiltävät tuotteet tunnistetaan viivakoodiin merkätyn tuotenimikkeen ja/tai sulatusnumeron mukaan. Keräiltävät tavarat skannataan päätelaitteella ja tarvittaessa niihin kirjetaan sulatusnumero. Kun tavarat on merkattu otetuksi, ne voidaan toimittaa työvaiheelle.



Kuva 9. Uusi keräilyprosessi.

Mikäli keräiltävät tavarat ovat aihioita ja niiden jatkokäsittely poistaisi kaikki merkinnät, toimitetaan niiden kanssa valmistuvan tuotteen viivakoodimerkintä sulatusnumeroineen. Tunnistetietojen kadotessa on työvaiheen työntekijän vastuulla kiinnittää tuotteeseen uusi viivakoodimerkintä työvaiheen jälkeen. Tämän myötä, kun tavarat kerätään uudelleen kokoonpanovaiheessa, sulatusnumeroon liitetyt dokumentit siirtyvät automaattisesti oikean tuotteen mukaan.

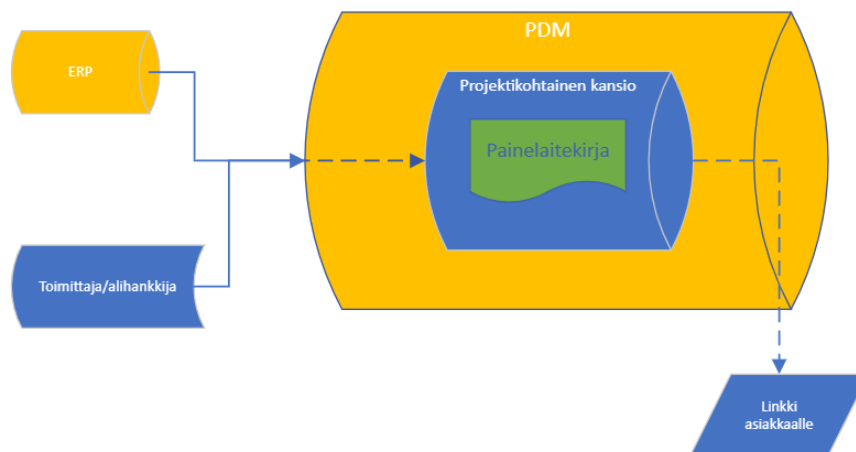
Kuvassa 10 on esitetty dokumenttien siirtyminen ja järjestelmien välinen kommunikaatio.



Kuva 10. Järjestelmäkaavio.

MTR-dokumentin saapuessa se linkitetään vastaavaan sulatusnumeroon ja tallennetaan PDM-järjestelmän kansioon. Tavarán vastaanottovaiheessa tuotteisiin tallennetaan vastaavat sulatusnumerot ja nämä tiedot tallennetaan ERP-järjestelmään. Tässä vaiheessa ERP- ja PDM-järjestelmät siirtävät tietoa keskenään, jotta keräilyvaiheessa kerättyyn kappaleeseen liitetyt dokumentit siirtyvät oikeisiin projektikohtaisiin kansioihin.

Painelaitekirjan kokoaminen tapahtuu PDM-järjestelmässä niin kuin se tälläkin hetkellä tapahtuu. Kuvassa 11 on havainnollistettu painelaitekirjan kokoaminen.



Kuva 11. Painelaitekirjan kokoaminen.

PDM-järjestelmään luodaan projektikohtainen kansio, jossa on jokaiselle painelaitekirjan dokumentille oma kansio/tiedostosijainti. ERP-järjestelmän yhteyden avulla, kun esimerkiksi tavara kerätään tuotannossa valmistukseen, siirtyy MTR-dokumentti automaattisesti sulatusnumeron ja projektinumeron perusteella oike-

aan kansioon. Lisäksi ERP-järjestelmästä saatava laatutarkastusdokumentti liitetään oikeaan kansioon projektinumeron perusteella. Ulkopuolisten toimijoilta ja alihankkijoilta tulevat dokumentit kerätään suoraan PDM projektikohtaisen kansioon sille tarkoitettuun tiedostosijaintiin. Tätä on mahdollista edistää luomalla tiedostosijainnista linkki, johon ulkopuoliset toimijat pystyvät lisäämään dokumentit suoraan. Projektikohtaisesta kansioista jaetaan linkki suoraan asiakkaalle, josta asiakas saa tallennettua tarvitsemansa dokumentit.

### 7.3 Hyödyt

Tavaran vastaanoton ja keräilyn datan keräyksen ja digitalisoinnin hyödyt voidaan yleisesti jakaa laadullisiin, ajallisiin ja rahallisiin. Laadulliset hyödyt ilmenevät tuotannon yleisen laadun kehittymisenä. Päätelaitteen avulla virheiden ja väärinkäsitysten mahdollisuus pienenee huomattavasti tavaran vastaanotto- ja keräilyvaiheessa, verrattuna kynä-paperi-menetelmään. Lisäksi tarkentunut tuoteidentifikaatio parantaa laatua ja inventaariosta tulee täsmällisempi, kun jokainen tavara kirjataan välittömästi järjestelmään. Tarkennetun tuoteidentifikaation ja uusien järjestelmien myötä saman henkilön ei välttämättä tarvitse aina tehdä tavaran vastaanottoa ja keräilyä. Esimerkiksi mikäli työntekijä, joka on yleisesti tehnyt tavaran vastaanottoa ja keräilyä on poissa, pystyy toinen työntekijä sijaitamaan helpommin.

Ajalliset hyödyt liittyvät tehokkaampaan työskentelyyn. Kuten kappaleesta 8.2 havaitaan, vastaanotto- ja keräilyprosessista vähenee työvaiheita, mikä tarkoittaa, että työntekijä pystyy käyttämään työaikaansa tehokkaammin. Uusien kehittyneempien järjestelmien avulla työnsuunnittelusta ja -hallinnasta tulee tehokkaampaa.

Hallikainen ym. tekemässä tutkimuksessa selvitettiin ERP-järjestelmän valintaa pienissä ja keskisuurissa yrityksissä. Tutkimuksessa mainitaan, että tietojärjestelmien päivityksessä rahalliset hyödyt saattavat olla vaikeasti määriteltäviä. Monessa tapauksessa ei voida täsmällisesti mitata rahallisia hyötyjä, vaan pitää käyttää subjektiivisia perusteita. Investointien rahalliset hyödyt saattavat realisoitua vasta pidemmän ajan kuluttua. (Hallikainen ym. 2002.) Tässä kehitysprojek-



tissa saattaa olla samoja elementtejä rahallisen hyödyn arvioinnissa kuin Hallikainen ym. tekemässä tutkimuksessa. Investointien kustannukset saattavat nousta suhteellisen suuriksi ja arvioitu takaisinmaksuaika saattaisi olla melko pitkä. On kuitenkin huomioitava, että kehitysprojektilla tavoitellaan myös laadullisia ja ajallisia hyötyjä. Kehitysprojekti voi vaikuttaa monellakin tuotannon osa-alueella ja rahalliset hyödyt voivat kehittyä ajan kanssa, kun järjestelmä on saatu otettua täysimääräisesti käyttöön.

Näiden edellä mainittujen hyötyjen lisäksi uudet digitaaliset järjestelmät ja päivitetty ohjelmistot mahdollistavat uusia jatkokehityskohteita, kuten tavaroiden varastojärjestelyn. Tämän lisäksi digitalisaatiokehityksen jatkaminen muihinkin tuotannon osa-alueisiin on helpompaa, kun on käytössä edelliset kehitysprosessit.

#### **7.4 Toteuttaminen**

Kappaleeseen 5.1 ja ERP-järjestelmätoimittajan ehdotuksiin pohjautuen digitalisaatio voisi edetä taulukoiden 6 ja 7 mukaan. Taulukossa 6 on ERP järjestelmätoimittajan ehdotus päivitysprosessista ja WMS-lisäosan käyttöönotosta.

Taulukko 6. ERP-järjestelmän päivitysprosessi. (Suojansalo. 2022.)

Toiminto	Kuvaus
1. Palvelinvaihdos	Käytössä olevan palvelimen vaihtaminen.
2. ERP järjestelmän päivitys	Nykyisen järjestelmän päivitys uudempaan järjestelmään.
3. WMS lisäosan käyttöönotto	Uuden ERP järjestelmän WMS lisäosan käyttöönotto.
4. WMS järjestelmän kehitys	WMS järjestelmän toimintojen kehittäminen
4.1. Sulatusnumeron syöttömahdollisuus	Sulatusnumeron syöttömahdollisuus käyttöliittymään
4.2. Sulatusnumeron tallennus ERP:iin	Syötetty sulatusnumero tallentaminen ERP:iin tuotenimikkeeseen
4.3. ERP yhteys PDM	MTR-dokumenttien linkittäminen sulatusnumeroon ja tiedostojen siirtyminen automaattisesti
5. Valvontasuunnitelman käyttöönotto	Nykyisen laatudokumentin korvaaminen ERP-järjestelmän valvontasuunnitelmalla.

Prosessi alkaa palvelimenvaihdoksella, sillä uusi järjestelmä vaatii uutta päivitettyä palvelinta toimiakseen. Tämän jälkeen ERP-järjestelmä päivitetään uuteen versioon ja otetaan käyttöön WMS-lisäosa. WMS-lisäosan käyttöönoton jälkeen aloitetaan järjestelmän kehitys sulatusnumeron syöttämisen päätelaitteeseen mahdollistamiseksi ja luodaan yhteys PDM-järjestelmään. Kun on saatu luotua yhteys ERP- ja PDM-järjestelmien välillä, PDM-järjestelmään luodaan projekti-kohtaiset kansiot, joihin painelaitekirjan dokumentit siirtyvät. Lopuksi nykyinen Excel-pohjainen laatutarkistusdokumentti korvataan ERP-järjestelmän omalla valvontasuunnitelmalla. Tällä saadaan kaikki dokumentit automaattisesti siirrettyä oikeisiin kohteisiin.

Taulukossa 7 on esitetty WMS-lisäosan käyttöönottoprosessi.

Taulukko 7. Käyttöönottoprosessi.

Toiminto	Kuvaus
1. Järjestelmän testaus	Testataan järjestelmän ominaisuudet
2. Koulutus	Laitteiden ja järjestelmän koulutus käyttäjille
3. Käyttöönotto	Otetaan järjestelmä aktiiviseen käyttöön
4. Hyväksyntä	Järjestelmän hyväksyntä

Käyttöönottoprosessia on edeltänyt taulukon 6 vaiheet ja uudet järjestelmät on saatu asennettua ja kaikki tiedot siirrettyä. Ensimmäisenä vaiheena on järjestelmän testaus eli järjestelmää koekäytetään testiolosuhteissa. Järjestelmällä testataan vastaanottoa ja keräilyä oikeilla kappaleilla/viivakoodeilla, mutta testiolosuhteissa. Tällä varmistetaan, että järjestelmä ja laitteet toimivat suunnitellusti, eikä mahdollisista vikatilanteista ole haittaa tuotannolle. Järjestelmän testaamiseen sisältyy myös vikatilanteiden testaaminen. Vikatilanteiden testaamisen avulla voidaan kehittää ja korjata mahdollisia järjestelmävirheitä. Vikatilanteiden testaamisella saadaan selville, miten mahdolliset vikatilanteet korjataan, jotta niitä ei tarvitse alkaa selvittämään, kun järjestelmä on aktiivisessa käytössä. Järjestelmän käytön aikana mahdollisesti ilmeneviä vikatilanteita on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Vikatilanteet.

Vikatilanne	Kuvaus
Päätelaitteen yhteyden katkeaminen.	Päätelaitteen ja ERP järjestelmän yhteys katkeaa kesken vastaanoton/keräilyn.
Väärä tuote keräilty	Väärää tuotetta yritetään kerätä.
Väärä määrä tuotetta kerätty	Väärä määrä tuotetta yritetään kerätä.
Viivakoodia ei tunnisteta	Päätelaite ei tunnista viivakoodia.
Puuttuva tuote	Vastaanotettavaa tuotetta ei löydy järjestelmästä.

## 8 JATKOKEHITYSEHDOTUKSET

Opinnäytetyön jatkokehitysehdotukset voidaan jakaa lyhyen ja pitkän aikavälin kehitysehdotuksiin. Lyhyen aikavälin jatkokehitysehdotuksiin sisältyy seuraavia kohtia. Ensimmäisenä ERP-järjestelmän päivitys mahdollistaa tuotteiden ABC-analyysin eli varastoitavien tuotteiden luokittelumenetelmän. Tämän avulla saadaan tietoa, mitä tuotteita/tavaroita varaston läpi liikkuu ja mikäkin määrä. Tämän pohjalta voidaan kehittää varaston hyllyjärjestelyä eli tavaroiden paikkaa varastossa. Tämä tieto voidaan jatkossa yhdistää WMS-järjestelmään, niin saadaan täsmällinen tieto tavaroiden sijainnista varastossa ja täten ehkäistä tavaroiden hukkumista varastoon. Edellä mainittujen kohtien lisäksi lyhyen aikavälin jatkokehitysehdotuksiin sisällyttäisin digitalisaation laajentamisen muuhun tuotantoon, esimerkiksi tavarun lähetykseen tai valmistusaikojen ja materiaalivirtojen digitaaliseen seuraamiseen. Lisäksi tuotannon eri laitteiden digitaalinen seuraaminen erilaisilla antureilla voisi olla jatkokehityskohde.

Pitkän aikavälin jatkokehitysehdotukset liittyvät Industry 4.0:aan sisältyviin digitaalisiin ratkaisuihin. Kun tuotantoa saadaan digitalisoitua, alkaa dataa virrata enemmän eli tarvitaan master datan hallintaa. Kun tuotannon toiminnasta saadaan tarpeeksi laadukasta dataa, on tuotannosta tai sen osa-alueista mahdollista luoda digital twin eli digitaalinen kaksonen. Näiden lisäksi IoT eli Internet of Things mahdollistaa datan keräämisen tuotannon eri osa-alueilta.

## 9 POHDINTA

Kokonaisuutena opinnäytetyö onnistui hyvin ja opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin. Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä selvitys tuotannon datan keräys ja digitalisointi mahdollisuuksista. Opinnäytetyötä rajattiin koskemaan tavarantoimitusta ja keräilyä. Opinnäytetyön tuloksena saatiin ehdotus yrityksen ERP-järjestelmän päivittämisestä sekä tavarantoimitukseen ja keräilyyn digitaalista päätelaitetta, jonka avulla saadaan tavaroita koskevaa tietoa kerättyä tarkemmin. Opinnäytetyön aikana järjestelmien ja laitteiden toimittajilta pyydettiin tarjoukset, joiden avulla saatiin arvioitua projektin kustannuksia. Lisäksi opinnäytetyössä esitettiin järjestelmien ja laitteiden käyttöönottoon liittyvä muutosprosessi ja niiden hyödyt. Tuloksien avulla yrityksen tavarantoimituksen ja keräilyvirheiden ja väärinkäsitysten todennäköisyys pienenee ja tuoteidentifikaatio tarkentuu. Lisäksi päätelaitteiden ja digitalisaation avulla työskentelyn odotetaan tehostuvan, josta saadaan ajallisia hyötyjä. Tuloksiin pohjautuen yrityksellä on mahdollisuus aloittaa kehitysprojekti järjestelmien päivittämiseen ja uusien laitteiden käyttöönottoon.

Opinnäytetyö eteni suunnitellusti. Tuotannon nykytilannekuvaus ja teoriaosuus saatiin selvitettyä suunnitelmien mukaan aikataulussa. Opinnäytetyöhön käytettävän ajan rajallisuuden takia kehitettävien järjestelmien ja laitteiden vaihtoehtoisissa esitettiin vain todennäköisimmät vaihtoehdot. Mikäli opinnäytetyössä olisi ollut enemmän aikaa käytettävissä olisi järjestelmille ja laitteille voinut etsiä enemmän vaihtoehtoja ja arvioida muutosten rahallisia hyötyjä laajemmin.

## LÄHTEET

Antony, J. Sony, M. McDermott, O. Furterer, S. Pepper. M. 2021. How does performance vary between early and late adopters of Industry 4.0? A qualitative viewpoint. Emerald Publishing Limited.

Arnold, J. R. T., Chapman, S. N. & Clive, L. D. 2008. Introduction to materials management. 6th ed. Upper Saddle River, New Jersey. Pearson Education Inc.

Assetinfinity. 2019. RFID vs Barcode: Which One is Better for Asset Tracking? Viitattu 23.4.2022. <https://www.assetinfinity.com/blog/rfid-vs-barcodes-better-asset-tracking#:~:text=RFID%20and%20Barcode%20technology%20are%20two%20techniques%20that,order%20to%20decrease%20the%20cost%20and%20increase%20productivity>.

Barcode basics. n.d. Taltech. Verkkosivu. Viitattu 11.4.2022. [https://www.taltech.com/barcodesoftware/articles/barcode\\_basics](https://www.taltech.com/barcodesoftware/articles/barcode_basics).

Barcodesinc. n.d. Barcodes. Verkkosivu. Viitattu 1.5.2022. <https://www.barcodesinc.com/cats/labels/designer.htm>.

CGI. 2017. Industry 4.0 Making your business more competitive. Viitattu 9.4.2022. [https://www.cgi.com/sites/default/files/white-papers/manufacturing\\_industry-4\\_white-paper.pdf](https://www.cgi.com/sites/default/files/white-papers/manufacturing_industry-4_white-paper.pdf).

CIN7. 2020. The beginners guide to RFID – basics of RFID technology. CIN7. Viitattu 12.4.2022. <https://www.cin7.com/industry-terms/guide-to-rfid-basics-of-rfid-technology/>.

Geissbauer, R. Schrauf, S. Bertram, P. & Cheragi, F. 2017. Digital Factories 2020: Shaping the future of manufacturing. PricewaterhouseCoopers.

Gleason, N. W. 2018. Higher education in the era of the fourth industrial revolution. Singapore. Springer Nature Pte Ltd.

Hallikainen, P. Kivijärvi, H. Rossi, M. Sarpola, S. Talvinen, J. Selection of ERP Software in Finnish SME's. ACIS 2002 Proceedings.

Hirsijärvi, S. Remes, P & Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. 15. uud. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Hompel, M. Schmidt, T. Warehouse Management. 2007. Springer Berlin Heidelberg New York.

Kaikkonen, M. Myyntijohtaja. 2022. Optiscan. Sähköpostiviesti 21.04.2022.

Marr, B. 2018. What is Industry 4.0? Here's A Super Easy Explanation For Anyone. Forbes. Viitattu 9.4.2022. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/?sh=159515299788>.

- Martinez, F. 2019. Process excellence the key for digitalization. Business Management Journal. 26.4.2019. Viitattu 3.4.2022. <https://www-emerald-com.lib-proxy.tuni.fi/insight/content/doi/10.1108/BPMJ-08-2018-0237/full/html>.
- Moufaddal, M. Benghabrit, A. Bouhaddou, I. 2021. A Cyber-Physical warehouse Management System Architecture in an Industry 4.0 Context. Switzerland. Springer Nature.
- Nuutinen, T. 2022. Sähköpostiviesti 29.4.2022.
- Painelaitelaki 16.12.2016/1144. Viitattu 31.3.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161144#L9P69>.
- PvTech. n.d. Pressure Vessel Tech. Verkkosivu. Viitattu 21.3.2022. <https://pvtech.fi/#yritys>.
- Suojansalo, J. Senior Consultant. 2022. Sähköpostiviesti. 8.4.2022.
- Toikko, T. & Rantanen, T. 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta. Näkökulmia kehittämisprosessiin osallistamiseen ja tiedontuotantoon. 3. korjattu painos. Tampere: Tampereen yliopistopaino Oy.
- Tukes. n.d. Tukes. Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Verkkosivu. Viitattu 31.3.2022. <https://tukes.fi/tietoa-tukesista/materiaalit/painelaitteet/painelaitteiden-suunnittelu-valmistus-ja-vaatimustenmukaisuuden-arviointi>.
- Tukes opas. Painelaitteet. Turvatekniikan keskus. Verkkosivu. Viitattu 27.4.2022. <https://docplayer.fi/260561-Tukes-opas-painelaitteet-turvatekniikan-keskus-turvatekniikan-keskus-painelaitteet.html>.
- Viivakoodiopas. n.d. Optiscan. Verkkosivu. Viitattu 11.4.2022. <https://www.optiscangroup.com/fi/viivakoodiopas>.



## LIITTEET

### Liite 1. Pressure Vessel Tech Oy kehitysprojekti

#### 1. Kehitysprojekti

Kehitysprojektissa yrityksen Powered-versio päivitetään ja otetaan käyttöön uuden version WMS-lisäosa. Uusi Powered-versio vaatii sen, että yrityksen palvelimet päivitetään Win2019. Lisäksi otetaan käyttöön digitaalinen tavaran vastaanotto ja keräilyjärjestelmä. Tuoteidentifikaatio tehdään uudella viivakoodijärjestelmällä.

#### 2. Järjestelmät ja laitteet

Kehitysprojektissa uudet järjestelmät ja laitteet:

- Palvelimet Win2008>Win2019
- Powered10
- WMS-lisäosa
- Käsipäätelaite Zebra MC3300 ja/tai Zebra TC57
- Viivakooditulostin Zebra ZT411

#### 3. Kustannukset

Järjestelmäpäivitys	Kustannukset
ERP-järjestelmän versionvaihto	-

Käsipääte	Kokonaiskustannukset (alv 0)
Käsipääte Zebra MC33 Fyysiset näppäimet	-
Käsipääte Zebra TC57	-
Tulostin Zebra ZT411	-

Projektin henkilötyötunnit	Kustannus
150 h, Å -€/h	-

Projektin kokonaiskustannukset: