



**UNIVERSITY
OF TURKU**

**Varastohallintajärjestelmän integrointi
toiminnanohjausjärjestelmään sekä tulevaisuuden
näkymiä**

TkK-tutkielma
Turun Yliopisto
Konetekniikan laitos

Tekijä:
Aapo Reilander

Ohjaaja:
Group Controller, Mikko Uusi-Heikkilä, DI
Erikoistutkija Heidi Piili, TkT

Toukokuu 2024
Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

TkK-tutkielma

Konetekniikan laitos, Teknillinen tiedekunta

Turun yliopisto

Aihe: Varastohallintajärjestelmän integraatio

Tekijä: Aapo Reilander

Otsikko: Varastohallintajärjestelmän integrointi toiminnanohjausjärjestelmään sekä tulevaisuuden näkymiä

Työntarkastaja/ohjaaja: Group Controller, Mikko Uusi-Heikkilä, DI, Erikoistutkija Heidi Piili, TkT

Sivujen lukumäärä: 32 sivua

Päiväys: 20.5.2024

Tämän työn toimeksiantaja on Stera Technologies Oy. Stera Technologies on kansainvälinen teknologiayritys, joka alihankinnan lisäksi valmistaa omia tuotteitaan ja sovelluksiaan.

Suuryritys oli juuri saanut varastohallintajärjestelmän integroitua ensimmäiseen ja suurimpaan, Tammelan, tehtaaseen. Työn tarkoitus oli luoda kirjallisuuskatsaus varastohallintajärjestelmän integroimisesta toiminnanohjausjärjestelmään. Työ keskittyy järjestelmien väliseen integraatioon, eikä taloudellisiin tai fyysisiin muutoksiin.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella integroimalla WMS:n ja ERP-järjestelmän saavutetaan suurin mahdollinen hyöty. ERP toimii pohjana integraatiolla ja varastohallintajärjestelmä integroidaan lähes poikkeuksetta keskustietokantaa hyväksikäyttäen.

Varastohallintajärjestelmä on suunniteltu nimensä mukaan varaston hallitsemiseen ja optimointiin, lisäksi ne ovat usein suunniteltu integroitaviksi. Työssä käsitellään järjestelmät ja niiden toiminta sekä järjestelmien välisen integraation kannattavuutta ja ongelmia.

Jatkossa olisi hyödyllistä tutkia integraation taloudellisia hyötyjä sekä investoinnin takaisinmaksukykyä. Tutkimuksessa voisi keskittyä selvittämään kuinka suuret tulot tulee olla yrityksellä, jotta varastohallintajärjestelmän integroiminen on kannattavaa. Tämän lisäksi olisi hyödyllistä tutkia keinoja pienentää varaston henkilöstökustannuksia. Vaikka varastossa on paljon pieniä parannuskohteita, selkeästi eniten parannettavaa on henkilöstökustannuksissa.

Avainsanat: Varastohallintajärjestelmä, toiminnanohjausjärjestelmä, Leanware, IFS, älyvarasto, automaatio, pilvipohjaiset järjestelmät

TkK Thesis

Department of Mechanical Engineering, Technical Faculty

University of Turku

Subject: Integration of warehouse management system

Author: Aapo Reilander

Title: Warehouse management system integration with ERP and future perspectives

Supervisor: Group Controller, Mikko Uusi-Heikkilä, DI, Special Researcher Heidi Piili, TkT

Number of pages: 32 pages

Date: 20.5.2024

The client for this work is Stera Technologies Oy. Stera Technologies is an international technology company that, in addition to subcontracting, manufactures its own products and applications. The large company had just completed the integration of a warehouse management system in its first and largest factory in Tammela. The purpose of the thesis was to create a literature review on the integration of an inventory management system into an ERP system. The work focuses on the integration between systems, rather than on financial or physical changes.

Based on the literature review, the integration of the WMS and the ERP system achieves the maximum benefit. ERP serves as the basis for integration and the inventory management system is almost invariably integrated using a central database. Warehouse management systems are designed as such to manage and optimise inventory and are often designed to be integrated. The paper discusses the systems and their operation, as well as the viability and problems of integration between the systems.

Future work would usefully explore the economic benefits of integration and the return on investment. Research could focus on how much revenue a company needs to generate to make the integration of an inventory management system worthwhile. In addition, it would be useful to explore ways to reduce the cost of staffing a warehouse. Although there are many small areas for improvement in the warehouse, by far the biggest area for improvement is in staff costs.

Keywords: Warehouse management system, ERP, Leanware, IFS, intelligent warehouse, automation, cloud-based systems

Lyhenteet

ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning)
WMS	Varastohallintajärjestelmä (Warehouse Management System)
IFS	Yksi ERP-järjestelmistä (Industrial and Financial Systems)
CRM	asiakkuudenhallintajärjestelmä (Customer Relationship Management)
EAM	Yritysvarallisuuden hallintajärjestelmä (Enterprise Asset Management)
ESM	Yrityspalveluiden hallintajärjestelmä (Enterprise Service Management)
IoT	Esineiden internet (Internet of Things)
UAV	Miehittämätön ilma-alus, Drone (Unmanned Aerial Vehicle)
HD	Teräväpiirto (High Definition)

Sisällysluettelo

1	Johdanto	6
1.1	Yritysesittely	7
1.2	Työn tavoite ja tarkoitus	7
1.3	Tutkimuskysymykset	8
1.4	Tutkimusmenetelmät	8
1.5	Työn rajaus	8
2	Tietojärjestelmät	10
2.1	Toimitusketjunhallintajärjestelmä	10
2.2	Toiminnanohjausjärjestelmät	11
3	Varastonhallintajärjestelmät	15
3.1	Varasto	15
3.2	Varastonhallintajärjestelmän toiminta	17
4	WMS integroiminen toiminnanohjausjärjestelmään	19
4.1	IFS muokattavuus	19
4.2	WMS integroimisen hyödyt	20
5	Tulevaisuuden WMS	23
6	Johtopäätökset	29
7	Lähteet	30

1 Johdanto

Varastoinnin tarve on hyvin toimialakohtaista. Ohjelmistoalalla varastolle ei ole lainkaan tarvetta, sillä kaikki tuotteet ja palvelut ovat sähköisiä. Tilauspohjaisesti toimivat yritykset saattavat tarvita pienen varaston raaka-aineille muttei sekään ole välttämätöntä. Valmistava teollisuus tarvitsee usein suuret varastot, sillä erilaisia tuotteita saattaa olla useita ja suuria määriä. Tukkuliikkeet ovat käytännössä pelkkiä varastoja, jolloin varastotilaa tarvitaan paljon. Tässä työssä keskitytään valmistavan teollisuusyrityksen varastonhallintaan. (M. Uusi-Heikkilä, henkilökohtainen viestintä, 14. helmikuuta 2024)

Varasto ja varastointi on lähes välttämätön osa nykypäivän valmistavaa liiketoimintaa. Varastojen koko ja laatu vaihtelevat riippuen siitä, minkä suuruinen yritys on kyseessä. Varastot voivat olla huoneen kokoisia säilytyspaikkoja muutamille tuotteille tai varastot voivat olla kymmeniätuhansia, satojatuhansia tai jopa miljoonia tuotteita sisältäviä halleja sekä halleista muodostuvia varastointi kokonaisuuksia. Varaston koko on usein suoraa verrattavissa yrityksen kokoon.

Varastot voivat olla joko täysin manuaalisia varastoja, joissa ihminen hoitaa kaikki varastointiin liittyvät prosessit tai täysin automaattisia, jolloin koneet ja robotit hoitavat kaikki varastointiin liittyvät prosessit ja ihmistä tarvitaan vain vahtimaan toimintaa virhetilanteita varten. Usein varastot ovat jotain näiden kahden väliltä. Suuret ja tehokasta liiketoimintaa tavoittelevat yritykset ovat usein automatisoineet varastonsa toimintaa mahdollisimman paljon. (M. Uusi-Heikkilä, henkilökohtainen viestintä, 14. helmikuuta 2024)

Varaston monimutkaisen ja laaja rakenteen helpottamiseksi on kehitetty varastonhallintajärjestelmiä. Niitä on erilaisia eri kokoluokkiin, varastotyyppeihin ja tarkoituksiin. Varastonhallintajärjestelmät helpottavat varastokokonaisuuden hallitsemista keräämällä dataa ja tekemällä johtopäätöksiä sekä yhteenvetoja datasta. (Faber ym., 2013)

Tämän työn tavoitteena oli luoda kirjallisuuskatsaus Steran tehtaille integroidusta varastonhallintajärjestelmästä. Yrityksellä on käytössä toiminnanohjausjärjestelmä IFS (Industrial and Financial System) mutta yli kymmenen tuhannen tuotteen varasto vaati sen lisäksi uuden varastonhallintajärjestelmän integroimisen IFS:ään. Steralle varastonhallintajärjestelmän kehittäjä oli Leanware Oy. Erityisesti ostamis- sekä tuotantoeriin erikoistunut Leanware oli sopiva vaihtoehto varastoon, jossa osa tuotteista on alihankittuja ja

osa tuotteista tehdään itse. (M. Uusi-Heikkilä, henkilökohtainen viestintä, 14. helmikuuta 2024)

1.1 Yritysesittely

Stera Technologies Oy on kansainvälisesti toimiva teknologiayritys, joka on erikoistunut tarjoamaan innovatiivisia ratkaisuja ja korkean osaamisen tuotteita. Yritys työllistää yli 900 ammattilaista Suomessa ja Virossa seitsemällä eri paikkakunnalla. Suurin toimipiste on nykyään yli 13000 neliömetrin yksikkö, joka sijaitsee Tammelassa. (Mero, 2011)

Konserni syntyi kolme mekaniikan ja elektroniikan sarjavalmistukseen erikoistunutta yhtiötä yhdistyi vuonna 2007. Se tunnetaan laadukkaista sopimusvalmistuspalveluistaan, jotka vastaavat monipuolisiin asiakastarpeisiin. Steran valmistamat laite- ja jakokaappituotteet ovat saavuttaneet mainetta kestävyystään ja innovatiivisista ominaisuuksistaan, jotka seuraavat teknologian nopeaa kehitystä. (Mero, 2011)

SteraSmart on Stera Technologiesin kehittämä tuotemerkki, joka tarjoaa edistyksellisiä tuotantoautomaattioratkaisuja ja langattomia seurantajärjestelmiä. SteraSmartin avulla asiakkaat voivat tehostaa tuotantoprosessejaan ja parantaa tuottavuuttaan moderneilla ja älykkäillä ratkaisuilla. (Yritysesittely Stera, 2024)

Digitaalinen kehitys on keskeisellä sijalla Steran toiminnassa. Yritys panostaa avoimeen ja innovatiiviseen digitalisointiin, mikä luo lisäarvoa asiakkaille tehokkaan viestinnän, jatkuvasti parantuvan toimitusketjun suorituskyvyn sekä resurssien ja energian käytön muodossa. Stera on sitoutunut tarjoamaan asiakkailleen innovatiivisia ja kestäviä teknologiaratkaisuja. Yritys jatkaa kasvuaan vahvistaen asemaansa teknologiateollisuuden edelläkävijänä. Laajalla osaamisellaan ja vahvalla sitoutumisella kehitykseen Stera on valmis vastaamaan tulevaisuuden haasteisiin ja luomaan kestäväää arvoa asiakkailleen. (Yritysesittely Stera, 2024)

1.2 Työn tavoite ja tarkoitus

Työn tavoitteena on tutkia ja arvioida varastonhaalintajärjestelmän integroimisen vaikutuksia ja sitä, kuinka integraatio voi edistää organisaation taloudellista tehokkuutta. Työn tarkoitus on myös selvittää integraation mahdolliset haasteet ja lähtökohdat valmistavassa teollisuusyrityksessä. Tämä tutkimus pyrkii lisäämään ymmärrystä siitä, kuinka eri järjestelmät voivat toimia yhteistyössä luoden tehokkaamman ja automaattisemman

järjestelmän, joka tukee liiketoiminnan kasvua. Päämääränä on myös tuottaa tietoa, joka auttaa yrityksiä tekemään päätöksiä tietojärjestelmien kehittämisessä ja valinnassa.

1.3 Tutkimuskysymykset

Työ rakentuu tutkimuskysymyksiensä ympärille ja pyrkii vastaamaan niihin mahdollisimman kattavasti. Tutkimuskysymyksiin vastaaminen selittää miksi integroiminen tehdään ja miksi siitä saavutetaan merkittävä hyöty. Lähtökohdat integroimiselle ovat tärkeä asia selvittää sekä tarvittavat vaatimukset, jotta integroimisesta saadaan haluttu hyöty. Edellä mainitut asiat vaikuttavat yrityksen päätökseen liittyen integroimisen tarpeellisuuden ja integroitavan järjestelmän laajuuteen. Tulevaisuus on tärkeä osa liiketoimintaa, joka pyrkii olemaan tehokas ja kannattava myös jatkossa. Tutkimuskysymykset ovat:

1. Varastonhallintajärjestelmän hyöty valmistavan teollisuusyrityksen ERP-järjestelmän kanssa?
2. Mikä on lähtökohta integraatiolle?
3. Mitkä ovat integraation keskeisimmät vaatimukset ja tavoitteet?
4. Millainen varastonhallintajärjestelmä voisi olla tulevaisuudessa?

1.4 Tutkimusmenetelmät

Työ on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Steralta kysyttiin sopivaa aihetta työlle ja varastonhallintajärjestelmän integroimisen pilottitehdas oli juuri saatu valmiiksi, joten se oli ajankohtainen aihe. Steralta antoi materiaaleja yrityksestä, integroinnista sekä integroitavasta järjestelmästä, Leanwaresta. Tieteelliset artikkelit on haettu käyttämällä aiheeseen liittyviä hakusanoja ja hakusanapareja. Eniten käytetty hakutyökalu oli Google Scholar, josta valittiin vertaisarvioituja artikkeleita. Hakutyökalu Scopusesta haettiin artikkeleita käyttäen hakusanapareja ja valittiin tuloksista parhaiten sopivat. Scopusksen tarjoaman hakutulosityökalun avulla tehtiin kaavio, joka osoittaa vuosikohtaisen artikkelien määrän tietyille hakusanoille.

1.5 Työn rajaus

Tässä työssä kuvataan varastonhallintajärjestelmän integroimista IFS toiminnanohjausjärjestelmään. Työ käsittelee tietojärjestelmiä sekä niiden integroimista ja

pohtii integroinnin tarpeellisuutta. Pohdinta tehtiin koskien suomalaista keskisuurta metalli- ja elektroniikkateollisuutta, sopimusvalmistusta ja B to B-kaupankäyntiä (Business to Business, yritysten välinen kauppa). Työssä sivutaan yleisiä integroimiseen liittyviä fyysisiä muutoksia. Tammelassa sijaitsevan Steran pilotti tehtaassa fyysisiä tai taloudellisia muutoksia eli integroimisen tuottavuutta sekä taloudellista kannattavuutta ei tutkita työssä käytettävien rajallisten resurssien vuoksi. Taloudelliset muutokset olisivat liian monimutkainen ja laaja aihe tälle työlle.

2 Tietojärjestelmät

2.1 Toimitusketjunhallintajärjestelmä

Toimitusketju on monimutkainen ja laaja käsite. Se kattaa kaikki vaiheet ja prosessit tuotteen valmistuksesta aina asiakkaalle toimittamiseen asti. Käytännössä se on eri organisaatioista koostuva verkosto, joka kehittää ja ohjaa materiaali- sekä palveluvirtoja. Toimitusketjussa organisaatioilla on omat tehtävänsä. Ketjut ovat usein pitkiä sekä monimutkaisia ja riippuvat yrityksen tuotteista sekä toimialasta. Yleisiä toimitusketjun rooleja ovat valmistajat, toimittajat, toimittajan toimittajat, tukkuliikkeet, jälleenmyyjät, asiakkaat ja asiakkaiden asiakkaat. Eri roolien ja organisaation välinen kommunikaatio on siis hyvin tärkeää ja sille on tarvetta monessa liittymäkohdassa. (Logistiikan Maailma, 2024)

Toimitusketjun hallinnan tarpeet ovat siis selkeät. Sen suorituskyky vaikuttaa merkittävästi yrityksen kilpailukykyyn ja kannattavuuteen. Tarkasti suunniteltu ja tehokkaasti hallittu toimitusketju voi alentaa kustannuksia, tehostaa tuotteiden laadunvalvontaa, lyhentää toimitusaikoja ja nostaa asiakastytyväisyyttä. Toimitusketjuja kehitetään koko ajan tehokkaammiksi esimerkiksi tekoälyn sekä automaation integroinnin myötä. (Microsoft, 2024)

Toimitusketjujen hallinnassa on teknologisesta kehityksestä huolimatta haasteita sen monimutkaisen rakenteen takia. Yksi suurimmista haasteista on globalisointi, sillä ketjun monimutkaisuudesta huolimatta asiakkaille on toimitettava tuotteita nopeasti kaikkialle maailmassa pitäen asiakkaat tyytyväisinä. Yrityksen tulee optimoida toimitusketju ja varaston kierto siten, että oikea varasto on oikeassa paikassa juuri oikeaan aikaan kaikkialla maailmassa. Optimoimisella voidaan estää liikavarastointia ja varastojen loppumista. Täydellinen optimointi on hankalaa sekä kysynnän vaihtelun, että tuotteiden suuren määrän vuoksi. Kysyntä saattaa muuttua paikallisten tai globaalien trendien myötä radikaalisti lyhyessä ajassa. Myös globaalit kriisit voivat vaikuttaa kysyntään ja tarjontaan välittömästi. (Microsoft, 2024)

Toimitusketjun tulee olla myös joustava sopeutuakseen nopeasti ja jatkuvasti muuttuviin markkinoihin. Ihmisten mieltymykset saattavat muuttua nopeasti ja uusimmista trendeistä tulee olla selvillä. Uusien, innovatiivisten tuotteiden käyttöönotto tulee olla nopeaa eikä se saa nostaa kustannuksia. Nopeasti muuttuvat vaatimukset lyhentävät tuotteiden elinkaarta

ja edellyttää jatkuvaa sopeutumista. Toimitusketjun tulee seurata ja sopeutua tuotannon ja kysynnän muuttuviin tarpeisiin. (Fredendall & Hill, 2000)

2.2 Toiminnanohjausjärjestelmät

Toiminnanohjausjärjestelmät ovat tietoteknisiä sovelluksia, joihin liittyy prosesseja, ja niitä käytetään tuotannon suunnittelun ja ohjauksen tiedonhallinnassa. Nämä järjestelmät mahdollistavat toimintaan liittyvän tiedon virtauksen tehokkaan tehostamisen. (Pihlajajarju, 2023) ERP-järjestelmä (Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä) on yrityksen resurssien hallintajärjestelmä. Se yhdistää yrityksen johtamisen konseptit, liiketoimintaprosessit, perustiedot, henkilö- ja aineelliset resurssit, tietokonelaitteistot sekä ohjelmistot. Sen päätarkoitus on tasapainottaa, optimoida ja helpottaa yrityksen omistamien kattavien resurssien hallintaa. Yrityksen kattavat resurssit voivat olla esimerkiksi ihmiset, raha, materiaalit, asiakkaat, tiedot, ajan sekä paikan koordinointi tai yrityksen johtamisosastot. ERP-järjestelmä pyrkii edistämään liiketoimintaa sekä parantamaan yrityksen ydinkilpailukykyä parhaan taloudellisen hyödyn saavuttamiseksi. (Perkins, 2022)

Aikaisemmin, ennen teknologian kehittymistä, eri tuotantovaiheille oli omat paikalliset tietojärjestelmänsä, jotka keskittyivät usein resurssien ja tuotantokapasiteetin seurantaan ja ohjaukseen. Vuosien kuluessa teknologian edistyessä huomattiin, että suurin hyöty saavutetaan integroimalla kaikki yrityksen perustoiminnot yhteen järjestelmään, jossa tarkastellaan toimintaa arvoa lisäävinä asiakaslähtöisinä prosesseina ja otetaan huomioon yrityksen toimintatavat. (Källi, 2023) Näiden periaatteiden pohjalta kehittyivät nykyaikaiset ERP-järjestelmät, jotka eivät ole pelkkiä tietojärjestelmiä vaan kattavia toiminnanohjausjärjestelmiä, jotka ohjaavat yrityksen resurssien tehokasta käyttöä. (Pihlajajarju, 2023) Tehokkaan käytön avain on virtaviivaistaa ja integroida monipuoliset prosessit yhtenäiseen alustaan, mahdollistaen kaikkien resurssien yhtäaikaisen ja tehokkaan suunnittelun. Integroidut toiminnanohjausjärjestelmät nykyään kattavat rahoituksen, henkilöstöhallinnon, jakelun, kustannuslaskennat sekä -arviot, hankinnan sekä tuotannon tiedot ja näiden taloudellisen hallinnan. (Perkins, 2022)

Kun älykkäissä tehtaissa ja varastoissa käytetään useita järjestelmiä samaan aikaan, tieto on hajautettu, joka heikentää työn tehokkuutta. Ongelmaa on pyritty ratkaisemaan ja löytämään keinoja integroida tiedot ja järjestelmät yhdeksi järjestelmäksi. Yhdestä kaikenkattavasta järjestelmästä tietoja on helppo seurata ja järjestelmiä tehokasta käyttöä. Kysyntä

yksinkertaisille sekä kattaville toiminnanohjausjärjestelmille on suurempi kuin koskaan. (Park & Huh, 2023)

Laadukas ERP suoriutuu monista tehtävistä kohtuullisesti, mutta ei erinomaisesti mistään. ERP-järjestelmä koostuu useista yleisistä ominaisuuksista. Jos yritys havaitsee tarvetta esimerkiksi asiakkuudenhallintajärjestelmälle (CRM, Customer Relationship Management, asiakkuudenhallintajärjestelmä), se voidaan integroida ERP-järjestelmään helposti. Jos taas yritys tarvitsee varastonhallintajärjestelmää (WMS, Warehouse Management System, varastonhallintajärjestelmä), esimerkiksi hienokuormitusanalyysiin tai varastotuotteiden ennustamiseen, se voidaan lisätä tarpeen mukaan. Useissa ERP-järjestelmissä on suora ”plug and play” ominaisuus monelle lisäosalle. (M. Uusi-Heikkilä, henkilökohtainen viestintä, 14. helmikuuta 2024)

Toiminnanohjausjärjestelmien TIER-listaus on tapa luokitella ne koon, monimutkaisuuden ja soveltuvuuden perusteella erityyppisille yrityksille. TIER-listaus auttaa yrityksiä tunnistamaan, mikä ERP-järjestelmä vastaa parhaiten niiden tarpeita. Yleisimmät TIER-luokitukset ovat TIER 1, -2 ja -3 luokat. TIER 1-järjestelmät on suurille globaaleille yrityksille, joilla on monimutkaisia tarpeita. TIER 1-järjestelmät ovat erittäin laajennettavia ja mukautettavia, ne tukevat globaalia liiketoimintaa useilla kielillä, valuutoilla ja säännöksillä. TIER 2-järjestelmät ovat keskitason yrityksille, jotka tarvitsevat vähemmän monimutkaisen järjestelmän kuin TIER 1, mutta tarpeeksi kattavan monenlaisiin liiketoimintaprosesseihin. TIER 2-järjestelmät ovat usein kustannustehokkaampia ja nopeampia käyttöönottaa verrattuna TIER 1-järjestelmiin. Steran käyttämä IFS on TIER 2-järjestelmä. TIER 3-järjestelmät on suunnattu pienille ja keskisuurille yrityksille, jotka tarvitsevat perustason ERP-toiminnallisuudet. TIER 3-järjestelmät keskittyvät yleensä tiettyihin liiketoiminnan alueisiin, kuten varastonhallintaan tai kirjanpitoon, ja niitä on helppo käyttää ja hallita. (Tiers of Enterprise Resource Planning Softwares, 2006)



Kuva 1. ERP-järjestelmällä hallittavat suuret resurssit yrityksessä. (What is an ERP system?, 2022)

	Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 4	Tier 5
Markkinat	Yritys	Ylemmät markkinat	Keskimarkkinat	Alemmat markkinat	Pienet markkinat
Asiakastulot	>\$ 100milj.	>\$ 50milj.	>\$ 10milj.	>\$ 5milj.	<\$ 5milj
Lisenssimaksut	>\$ 300K	>\$ 150K	>\$ 50K	>\$ 5K	>\$ 100
Toteutusmaksut V/s Lisenssimaksut	>2:1	>1.5:1	>1:1	>0.5:1	<0.5:1
Vuosimyynä	>\$ 1 mrd.	>\$ 250milj & <\$ 1mrd.	>\$ 100milj. & <\$ 250milj.	>\$ 50milj & <\$ 100milj.	<\$ 50milj
Työntekijöiden lukumäärä	>2000	>1000	50-1000	20-200	1-25
Käyttäjien lukumäärä	60-1000+	30-1000	5-200	1-40	1-5

Taulukko 1 ERP-järjestelmien TIER-luokittelu. Muokattu (Tiers of Enterprise Resource Planning Softwares, 2006)

Taulukko 1 kuvaa ERP-järjestelmän TIER-listausta ja TIER-luokkien ominaisuuksia. Taulukko esittää millaisiin resurssien suuruusluokkiin eri TIER-luokat sopivat. Yleisimmät luokat ovat TIER 1, TIER 2 ja TIER 3. Taulukosta käy ilmi, että TIER 1-luokan järjestelmä on suurelle, yleensä globaalille, yritykselle, jonka vuosimyynti on yli miljardi dollaria, asiakastulot yli 100 miljoonaa ja työntekijöitä yli 2 000. TIER 1-luokan järjestelmän lisenssimaksut voivat olla suuret ja yleisesti alkavat 300 000 dollarista. TIER 2-luokka on ylempien markkinoiden yrityksille, sen vaatimukset ovat tarkalleen puolet TIER 1-luokkaan verrattuna. TIER 2-luokkaan sopivalla yrityksellä tulisi olla vuosimyynti 250 miljoonan ja miljardin välillä, yli 50 miljoonan asiakastulot ja yli 1 000 työntekijää. TIER 2-luokan lisenssimaksut ovat yleisesti 150 000 dollarista 300 000 dollariin. TIER 3-luokka sopii jo selkeästi pienemmille yrityksille. TIER 3-luokkaan sopivalla yrityksellä tulisi olla vuosimyynti 100 miljoonan ja 250 miljoonan dollarin välillä, yli 10 miljoonan asiakastulot ja 50–1 000 työntekijää. TIER 3-luokan lisenssimaksut ovat kohtuu alhaiset, mutta alkavat 50 000 dollarista. (Tiers of Enterprise Resource Planning Softwares, 2006)

ERP-projektit kohtaavat usein monia yleisiä ongelmia, kuten huonot johtavat sponsorit, epäselvät ohjelmataavoitteet, heikko projektinhallinta, resurssipula ja puutteellinen tietojen puhdistaminen. (Perkins, 2022) ERP voi olla suuri investointi ja sen käyttöönotto ilman ongelmiakin kestää pitkään. Vaikka tietojärjestelmän rooli yritykselle on hyvin kriittinen, sen käyttöönotto ei onnistu sormia napsuttamalla. (Lumijärvi ym., ei pvm.) Lisäksi on olemassa erityisiä syitä, jotka liittyvät toiminnanohjausjärjestelmiin, kuten epäasianmukainen pakettivalinta ja muutoksen sisäinen vastustus. Pakettivalinnassa on riski valita monimutkaisin ja kattavin TIER 1-järjestelmä, sillä uskotaan sen olevan paras, vaikka todellisuudessa kevyempi järjestelmä olisi kustannustehokkaampi sekä helppokäyttöisempi. Raskas ja monimutkainen järjestelmä voi ylikuormittaa pienempiä yrityksiä liiallisten ominaisuuksien ja monimutkaisen integraation vuoksi. On myös riski valita liian yksinkertainen TIER 2 tai 3-järjestelmä, esimerkiksi kustannustehokkuutta silmällä pitäen. Liian yksinkertaisessa järjestelmässä ei välttämättä ole valmiuksia laajennuksille tai tarpeeksi kattavaan yrityksen hallintaan, jotka ovat molemmat tärkeitä suurelle globaalille yritykselle. (Perkins, 2022)

3 Varastonhallintajärjestelmät

3.1 Varasto

Varasto voi kuulostaa pieneltä osalta toimitusketjua ja liiketoimintaa mutta se määrittää monet asiat. Varasto on monipuolinen ja keskeinen osa toimitusketjua. Varasto toimii väliaikaisena säilytyspaikkana raaka-aineille, puolivalmisteille sekä valmiille tuotteille. Varastot mahdollistavat koko toimitusketjun toiminnan, mutta niihin sitoutuu usein suuri määrä pääomaa. Viimeaikaiset tilastot osoittavat, että koneistuksen osuus on vain noin 5 % kokonaiskustannuksista, kun taas varastointikustannukset muodostavat yli 40 % kokonaiskustannuksista. (Maheshwari ym., 2023)

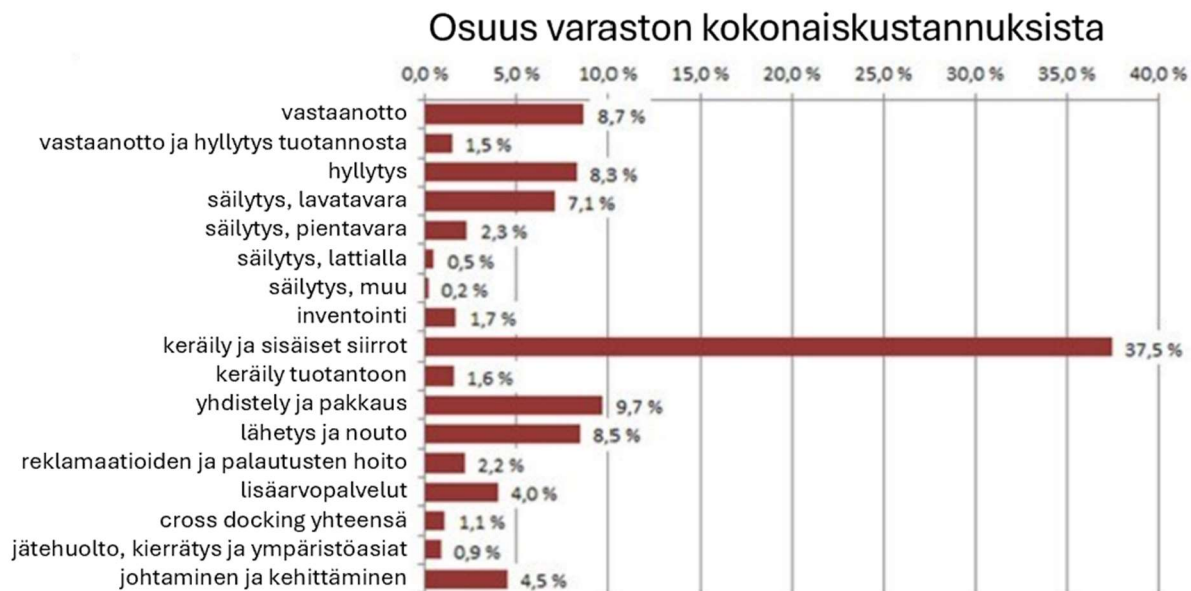
Varastoinnin tarve johtuu useista syistä. Varastojen pääasiallinen tarkoitus on asiakastarpeiden tyydyttäminen. Nykypäivänä varastot pyrkivät aktiivisesti vastaamaan asiakaskysyntään, eikä toimimaan vastapainona sille. Varastoinnin on ollut mukauduttava tähän muutokseen ja kyettävä tuottamaan lisäarvoa tuotteelle, vastaamaan tuotannon vaihteleviin tilanteisiin sekä keskittymään materiaalien aikataulun sekä määrän hallintaan. (Kallionpää, 2023) Toimitusketjun keskellä varastot toimivat tuotteiden keskuksena ennen niiden siirtymistä asiakkaille. Niiden avulla voidaan vastata vaihtelevaan kysyntään ja tarjontaan, tasoittaa kausivaihteluita ja varmistaa nopeat toimitukset. Varastojen strateginen sijainti on olennainen tekijä, kun pyritään minimoimaan kuljetuskustannuksia ja varmistamaan tuotteiden saatavuus eri markkina-alueilla. (Lia Vähä-Tahlo, 2023)

Varaston perustoimintoja ovat vastaanotto, varastointi, keräily ja toimitus. Yleispätevää kuvausta varastoprosesseista on vaikea antaa, sillä jokainen yritys muodostaa omanlaisensa varaston. (Živičnjak ym., 2022) Varastotoimintoihin vaikuttavat olennaisesti varastoitavien tuotteiden ominaisuudet, toiminnan luonne, käytetyt varastoteknologiat sekä mahdolliset lisäarvopalvelut. Varastoprosessi alkaa vastaanotolla, jossa vastaanotetut tuotteet kirjataan vastaanottokirjanpitoon. Vastaanotto voi tapahtua manuaalisesti, jolloin tuotteet tarkistetaan ja kirjataan käsin järjestelmään. Vaihtoehtoisesti vastaanotto voi tapahtua viivakoodein, joita luetaan lukijalla tai muulla päätelaitteella. Suurissa varastoissa RFID-teknologia on tehokkain vaihtoehto, mikä voi säästää aikaa merkittävästi ja vähentää virheiden mahdollisuutta. (Logistiikan maailma 2022b.)

Varastoilla on myös riskienhallinnallinen tehtävä toimitusketjussa. Ne mahdollistavat puskurin odottamattomille tapahtumille, kuten luonnonkatastrofeille, lakoille tai muiden

häiriötekijöiden vaikutuksille. Tehokas varastonhallinta auttaa yritystä selviytymään näistä haasteista ja pitämään toimitusketjuna mukautuvana. (Lia Vähä-Tahlo, 2023)

Kuva 2 esittää varaston kokonaiskustannusten jakautumista eri toiminnoille. (Fagerström, 2020)



Kuva 2. Varaston kustannuksien jakaantuminen erilaisille operaatioille. (Fagerström, 2020)

Kuten kuva 2 selkeästi osoittaa suurin osa kustannuksista kostuu keräilystä ja sisäisistä siirroista. Kyseinen toiminto kattaa jopa 37,5 % kokonaiskustannuksista, joka on enemmän kuin neljä seuraavaksi isointa kategoriaa yhteensä. Kyse on siis hyvin merkittävästä kustannuskohteesta, johon yritetään löytää ratkaisuja esimerkiksi uuden teknologian myötä. Viisi seuraavaksi eniten kustantavaa toimintoa ovat ”yhdistely ja pakkaus” (9,7 %), ”vastaanotto” (8,7 %), ”lähetys ja nouto” (8,5 %), ”hyllytys” (8,3 %) ja ”säilytys, lavatavara” (7,5 %). Vastaanotto, pakkaus ja lähetys ovat loogisesti tasapainossa, myös hyllytyksen ja usein eniten käytetyn varastointitavan kustannukset ovat loogisesti kohtuun korkeat. Inventoinnin 1,7 %:n osuus kuulostaa suurelta kustannuserältä, sillä hyvällä kirjapidolla sekä tehokkailla tietojärjestelmillä inventointikustannukset saadaan hyvin pieniksi. (Fagerström, 2020)

3.2 Varastohallintajärjestelmän toiminta

Varaston merkittävistä kustannuksista suurin on henkilöstön kustannukset. Niitä on pyritty optimoimaan erilaisin menetelmin. Henkilöstön kulujen seuraamiseen sekä työtehon optimointiin on kehitetty erilaisia varastohallintajärjestelmiä. Varastohallintajärjestelmillä ohjataan esimerkiksi tavaran siirtoa, hyllytystä, vastaanottoa, keräilyä, pakkaamista ja toimitusta. Laadukas ja tarkasti kehitetty varastohallintajärjestelmä rekisteröi kaikki varastossa tapahtuvat transaktiot, jolloin varastossa tapahtuneita muutoksia on helppo seurata. Varastohallintajärjestelmillä pyritään siis minimoimaan kaikki ylimääräinen työ, jolloin aikaa jää palvelutason ja toiminnan laadun parantamiseen. (Eskelinen, 2022)

Varastohallintajärjestelmän päätehtävänä on helpottaa varastotoimintojen hallintaa ja ohjausta. Tähän kuuluvat muun muassa hyllytys, materiaalien ja tuotteiden siirrot, keräily, saapuvien tuotteiden vastaanotto, pakkaaminen ja toimitukset. Järjestelmän avulla voidaan parantaa merkittävästi tuotteiden jäljitettävyyttä, sillä se mahdollistaa tarkan varastopaikan ja sijainnin näkemisen. Tuotteiden seuranta on vain yksi hyöty; muita etuja ovat muun muassa keräilyn tehokkuuden kasvattaminen ja virheiden väheneminen (Logistiikan Maailma 2020a.). Liikenne- ja viestintäministeriön tekemän tutkimuksen mukaan yli puolet varaston kustannuksista liittyy henkilöstökuluihin. Tätä kustannusosaa pyritään vähentämään varastohallintajärjestelmällä parantamalla työtehoa. (Fagerström, 2020)

Valittaessa sopivaa varastohallintajärjestelmää, yrityksen on aluksi määriteltävä tarkasti omat tarpeensa ja toiminnan vaatimukset. Lisäksi yrityksen tulee määritellä strategiansa ja varmistaa, että valittu varastohallintajärjestelmä tukee sitä tehokkaasti. Vaikka järjestelmän suunnittelu ja toteuttaminen on mahdollista tehdä itse, usein apuna hyödynnetään erilaisia palveluntarjoajia. (Richards, 2014)

Varastohallintajärjestelmien rakenne voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: keskustietokonepohjaisella arkkitehtuurilla tai asiakas-palvelinmallin mukaisesti. Keskustietokonepohjainen arkkitehtuuri (Mainframe-based architecture) WMS toimii keskustietokoneessa yhdessä tietokannan kanssa. Kaikki prosessit suoritetaan keskustietokoneessa, ja tiedot lähetetään päätelaitteisiin, joissa ei ole omia varastohallintajärjestelmän toimintoja. Asiakas-palvelinmallissa (Client-server model) useat eri toiminnallisesti erilaiset järjestelmät ovat yhteydessä päätietokantaan. Prosessit jaetaan osittain tai kokonaan järjestelmille, joissa on WMS-toiminnot. Vaikka nykypäivän varastohallintajärjestelmät käyttävät lähes aina asiakas-palvelinmallia, käytännössä

keskustietokonepohjaisen arkkitehtuurin ja asiakas-palvelinmallin eroa on vaikea havaita.
(Hompe & Schmidt 2007, 315)

4 WMS integroiminen toiminnanohjausjärjestelmään

4.1 IFS muokattavuus

IFS Finland OY AB on vuonna 1983 perustettu (Tolonen, 2019) ja Suomessa vuonna 1991 käyttöönotettu (Pihlajaharju, 2023) yritys, joka on erikoistunut toiminnanohjausjärjestelmien, kunnossapitojärjestelmien (EAM, Enterprise Asset Management) ja huoltopalvelujen liiketoimintajärjestelmien (ESM = Enterprise service management) kehittämiseen ja toimittamiseen maailmanlaajuisesti. IFS:n liikevaihto oli 18.1 miljoonaa euroa vuonna 2018 ja yritys työllisti 86 henkilöä. (Tolonen, 2019) IFS on käytössä monilla suomalaisilla suuryrityksillä, kuten mm. Ponsse Oyj:llä, Lappset Group Oy:llä ja Ahlsell AB:lla. IFS tarjoaa monipuolisen käyttöliittymän lisäksi monipuoliset raportointi mahdollisuudet, taulukkoanalyysit sekä mahdollisuuden excel-raportteihin. (Pihlajaharju 2023)

IFS WaDaCo-mobiilisovellus parantaa käyttöönoton laatua ja nopeutta sekä kustannustehokkuutta. Mobiilisovellusta käytettäessä työntekijä on tehokkaampi ja käyttökustannukset laskevat. Manuaalisen raportoinnin virheet vähenevät sekä raporttien jäljitettävyyden varmistaa laadukkaan raportoinnin. IFS tarjoaa helpon käytön joko tietokoneohjelmalla tai mobiiliohjelmalla, joka on saatavilla Android- ja Windows-pohjaisille käyttöjärjestelmille. Sovelluksessa on 29 toiminnon valikoima, josta pystytään räätälöimään käyttäjäkohtainen valikko. (Pihlajaharju, 2023)

IFS sisältää tuotannosuunnitteluohjelman nimeltä APB (Advanced planning board). Se esittää toiminnanohjausjärjestelmään syötetyt tiedot Ganttin kaavioina. Suunnittelussa ohjelma huomio työvaiheen resurssit, työntekijän resurssit sekä työkalujen varaukset. Ohjelmalla pystytään ajoittamaan valmistustilauksia riippumatta niiden tilasta. On siis mahdollista ajoittaa haluttuja töitä, jolloin voidaan keskittyä yksityiskohtaisesti töiden ajoittamiseen. (Mero, 2011) IFS:ään on mahdollista luoda henkilökohtaisia pikalinkkejä, joiden avulla pääsee siirtymään nopeasti eri toimintojen välillä. (Pihlajaharju, 2023)

IFS järjestelmä on siis luotu yhdistämään ja sen myötä helpottamaan usean järjestelmän käyttöä. IFS järjestelmä on suunniteltu ja toteutettu yhteensopivaksi monien olemassa olevien sovellusten kanssa. Sen suosion myötä erilaisia sovelluksia on alettu suunnittelemaan suoraan sopiviksi IFS:än kanssa. Integroimalla IFS järjestelmään sopivia tietojärjestelmiä, sitä pyritään palvelemaan mahdollisimman hyvin, jolloin siitä saadaan maksimaalinen hyöty irti. (M. Uusi-Heikkilä, henkilökohtainen viestintä, 14. helmikuuta 2024)

IFS sekä WMS järjestelmien välinen integraatio tapahtuu kahdella päätasolla, toiminnallisella- sekä datatasolla. Toiminnallisen yhteyden molemmissa päissä ovat IFS:n ja WMS:n toiminnalliset moduulit, joita yhdistää silta, eli tieto- ja viestintämoduuli. Tämän toiminnallisen integraation avulla yrityksen tuotannonhallinnan ja varastonhallinnan toimintojen koordinointi ja yhtenäistäminen on mahdollista saavuttaa. WMS:n tiedot sisältävät pääasiassa sisään- ja uloskirjaukset sekä toiminnan suorituskyvyn tietoja. ERP:n tiedot puolestaan sisältävät vastaanotto-/lähetysohjeet. (Tong ym., 2023)

4.2 WMS integroimisen hyödyt

Integraatiolla tarkoitetaan kahden tai useamman eri ohjelmiston liittämistä toisiinsa, varmistaen tarvittavan tiedon siirtymisen ohjelmasta toiseen. Integraatio voi olla yksi- tai kaksisuuntainen. Yksisuuntaisessa integraatiossa esimerkiksi ERP-järjestelmä lähettää tietoa ja varastonhallintajärjestelmä vastaanottaa sen, kun taas kaksisuuntaisessa integraatiossa molemmat järjestelmät voivat lähettää ja vastaanottaa tietoa. Järjestelmäintegraatio on yleensä tarpeen silloin, kun ERP-järjestelmästä puuttuu tietty toiminto, joka löytyy WMS:stä. (Fagerström, 2020) Puuttuva toiminto voi olla esimerkiksi lisääntynyt tarve laskentateholle. Jotkin WMS-järjestelmän tuottajat ovat kehittäneet pilvipohjaisen ratkaisun, jolloin asiakasyrityksen ei tarvitse investoida tehokkaisiin tietokoneisiin vaan voi vuokrata laskentatehoa ”etänä”. (M. Uusi-Heikkilä, henkilökohtainen viestintä, 14. helmikuuta 2024)

Integroimisella on useita merkittäviä hyötyjä. Suurten sekä monimutkaisten varastojen tehokas hallitseminen ja optimointi ei ole mahdollista ilman WMS:sää, sillä ERP on suunniteltu ohjaamaan kaikkia yrityksen toimintoja yleisellä tasolla. ERP-järjestelmien varastonohjauksen toiminnot keskittyvät usein lähinnä saldohallintaan eivätkä ole kovin automaattisia. ERP-järjestelmään syötetään tiedot manuaalisesti siitä mitä operaatioita tehtiin. Puolestaan WMS automaattisesti tietää mitä tehtiin ja siihen perustuen tekee automaattisesti päätöksiä tai tilauksia. Osa päätöksistä ja tilauksista tarvitsee ensin hyväksynnän ihmiseltä, riippuen riskeistä ja automaation luotettavuudesta. (WMS + ERP esittelymateriaali, 2024)

Toiminnanohjausjärjestelmät ovat yleensä integroinnin pääasiallinen syy, sillä niiden muokkaaminen on tyypillisesti melko rajattua. Yksi merkittävimmistä integraation eduista on manuaalisen työn vähentyminen. Esimerkiksi tietojen ja tiedostojen manuaalinen syöttäminen ja siirtäminen käsin vähenee eri järjestelmiin automatisoinnin ansiosta. Manuaalisen tiedonsiirron väheneminen vähentää myös virheiden riskiä tiedonsiirrossa. (Fagerström, 2020)

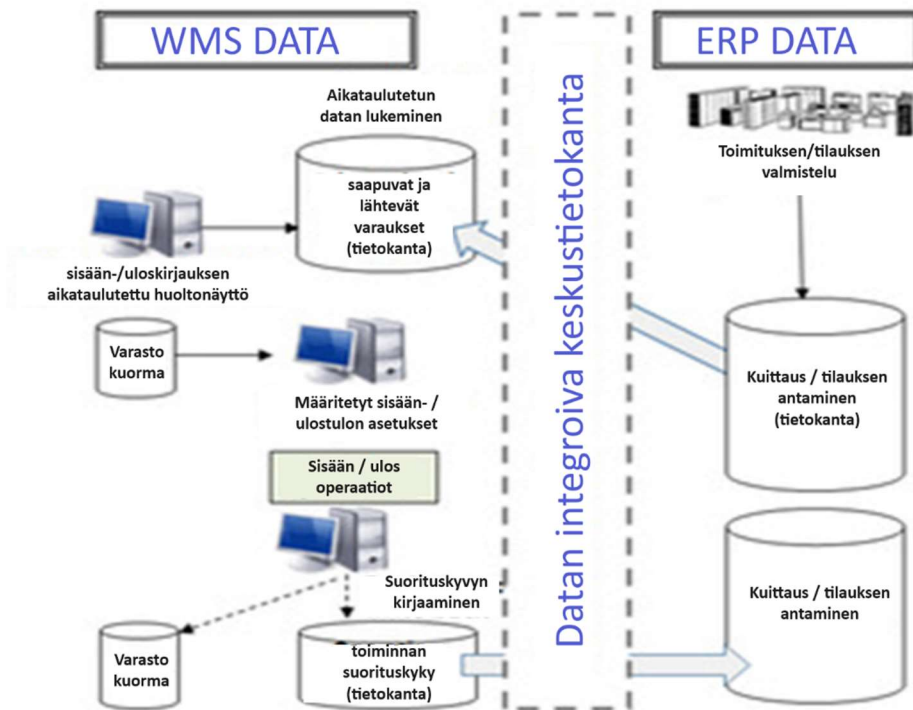
Taulukko 2 esittää perinteisen varaston sekä ERP:n ja WMS:sän sisältävän varaston välisiä eroja. Taulukosta voidaan nähdä, että ERP:n ja WMS:sän integroinnin avulla teolliset vaikutukset varastointikapasiteettiin, käsittelykapasiteettiin, vastausprosenttiin, virhetasoon ja työntekijöiden määrään ovat erittäin merkittäviä. (Tong ym., 2023)

Kategoria	Yksikkö	Perinteinen Varastointi	ERP ja integroitu WMS	Huomiot
Varastokapasiteetti	Varastonumero	3 000	11 000	Sama alue
Käsittelykapasiteetti	20 konttia	6	20	12h
Vasteaika	Sekunti	10	0.1	Samat olosuhteet
Virheprosentti	%	1	0.1	Samat olosuhteet
Työntekijöiden määrä	Numero	15	5	Samat olosuhteet

Taulukko 2. Perinteisen varaston ja WMS:llä hallinoidun varaston erot varastokapasiteetissa, käsittelykapasiteetissa, vasteajassa, virheprosentissa ja työntekijöiden määrässä. (Tong ym., 2023)

Kuten taulukosta 2 voidaan nähdä, varastokapasiteetti on yli kolminkertainen ERP:n ja WMS:n integroinnin myötä. Integrointi on lisännyt varastokapasiteettia huomattavasti, 3 000:sta 11 000:een, vaikka varastointialue on pysynyt samana. Perinteinen varasto pystyy käsittelemään 12h aikana 6*20 eli 120 konttia, mutta samassa ajassa WMS integroitu varasto pystyy käsittelemään 20*20 eli 400 konttia. Vasteaika on parantunut suhteessa eniten kaikista, taulukossa 3 esitetyistä parannuksista, sillä perinteisen varaston 10 sekunnin vasteaika on 100-kertainen verrattuna WMS integroidun varaston 0.1 sekunnin vasteaikaan. Virheprosentti perinteisessä varastoinnissa on 1 % eli 10-kertainen WMS integroidun varaston 0,1 %:iin. Vuonna 2020 liikenne ja viestintäministeriön tuottaman tutkimuksen mukaan yli puolet varaston kustannuksista tulee henkilöstöstä (Fagerström, 2020), kuten taulukosta 3 voidaan nähdä, WMS integroiminen pudottaa työntekijöiden määrän kolmannekseen perinteiseen varastoon verrattuna. (Tong ym., 2023)

Kuva 3. esittää ERP:n sekä WMS:n välisen datan integraatiota, vasemmalla WMS:n data ja tapahtumat, oikealla ERP:n data ja tapahtumat. Keskellä keskustietokanta, joka toimii ”tulkkina”. (Tong ym., 2023)



Kuva 3. ERP:n ja WMS:n dataintegraatio käyttäen keskustietokantaa. (Tong ym., 2023)

Kuten kuva 3 osoittaa, integraatio toteutetaan usein kuvassa näkyvällä tavalla, keskustietokantaa hyväksikäyttäen. Keskustietokanta toimii välittävänä ”tulkkina” näiden kahden järjestelmän välillä. WMS käsittelee varaston sisään- ja ulosliikkeiden aikataulutettua dataa ja kirjaa toiminnan suorituskyvyn (tietokanta), kun taas ERP valmistele vastaanotto- ja lähetystilausten tiedot ja syöttää ne takaisin. (Tong ym., 2023)

WMS mahdollistaa tuotteiden tarkan jäljityksen, sillä sen avulla voidaan määrittää tuotteiden tarkka varastopaikka ja sijainti. (Fagerström, 2020) WMS käyttää tavaroita vastaanottaessa edistyneitä algoritmeja optimoidakseen paikan, ajan ja tavarantoimituksen sijoittelutavan, mitä ERP ei tue. Logistiikkaprosessit toteutetaan luomalla tehtäväjonoja, jotka sisältävät erilaisia lomittaisia toimintoja, minimoiden trukkien tyhjäkäyntijaksoja. ERP-järjestelmät eivät toimi jonojen perusteella, vaan dokumenteilla, joka ei paranna työn tehokkuutta. (TOMASZ WOŹNIAKOWSKI ym., 2018)

5 Tulevaisuuden WMS

Tulevaisuutta on hankala ennustaa ja tulevaisuuden teknologiaa voi olla mahdotonta käsittää nykypäivänä. Varastohallintajärjestelmät eivät ole teknologisen kehityksen ensimmäinen prioriteetti, mutta tulevaisuuden teknologiaa voidaan varmasti käyttää tehostamaan varastohallintajärjestelmää entisestään. Uusilla teknologioilla kuten tekoälyllä, virtuaalitodellisuudella ja robotiikalla on mahdollista parantavaa varastoprosessien tehokkuutta merkittävästi (Živičnjak ym. 2022.).

Varastoprosesseista suuri osuus tapahtuu edelleen manuaalisesti, joka aiheuttaa viivästyksiä toimituksiin, virheellisten tuotteiden poimimista sekä ylimääräisiä kustannuksia, jotka laskevat yritysten tulosta. Uudet teknologiat, kuten pilvipohjaiset sovellukset, lisätty todellisuus, virtuaalitodellisuus, dronet, robotit, autonomiset ajoneuvot, esineiden internet ja puettavat laitteet, muuttavat varastointia tulevina vuosina. Tekoälyn, big datan ja edistyneen ennustavan analytiikan avulla varaston suunnittelu ja analysointi kehittyvät olennaisesti. (The evolving warehouse and future trends, 2024)

Tekoäly on monikäyttöisin ja nopean kehityksensä ansiosta mullistavin teknologinen harppaus myös varastoinnin näkökulmasta. Yksi fyysinen käyttökohte on tavaroiden tunnistus kameralla pelkästään muodon perusteella, jolloin ei tarvita qr- tai viivakoodeja. Kun muodontunnistava tekoäly yhdistetään robottiin, saadaan aikaan järjestelmä, joka voi esimerkiksi tunnistaa haluttuja tuotteita laatikosta, joka on täynnä erilaisia esineitä. (M. Uusi-Heikkilä, henkilökohtainen viestintä, 14. helmikuuta 2024)

Tekoälyä voidaan käyttää myös ennustamiseen ja simulointiin. Digitaalinen mallintaminen ja simulointi ovat nykypäivänä hyvä tapa ennustaa ja arvioida asioiden tehokkuutta. Supply Chain Digital Twin (SCDT) toimii virtuaalisena mallina fyysiselle toimitusketjulle, integroimalla erilaisia teknologioita, kuten IoT(internet of things)-laitteita sekä tekoälyä analytiikkaan ja tietojen keräämiseen sekä analysointiin. Järjestelmällä saa kattavaa dataa koko toimitusketjusta. Tämä mahdollistaa toimitusketjun toimintojen simuloinnin ja optimoinnin reaaliajassa, jonka avulla yritykset voivat ennustaa ja hallita toimitusketjun suorituskykyä sekä tunnistaa mahdollisia pullonkauloja tai riskejä. Lisäksi SCDT tarjoaa reaaliaikaisen seurannan ja analyysin, mikä mahdollistaa nopean reagoinnin muuttuviin markkinaolosuhteisiin tai odottamattomiin tapahtumiin. Tämä kokonaisuudessaan parantaa toimitusketjun tehokkuutta ja joustavuutta merkittävästi. (Maheshwari ym., 2023)

Tietojärjestelmien tarkkuutta voidaan parantaa esimerkiksi pilvipohjaisilla sovelluksilla. Niiden avulla päivityksiä voidaan tehdä jatkuvasti, mikä tarkoittaa normaalin toiminnan vähäistä häiriötä sekä ajantasaista ohjelmistoa ja saldoa. (The evolving warehouse and future trends, 2024) Järjestelmistä tarkastettuun saldoon voi usein luottaa muttei aina. Yksi ratkaisu ongelmaan on teräväpiirto eli HD kamerat hyllyissä sekä qr-koodit tuotteissa. Kyseisellä järjestelmällä saldo voidaan tarkastaa tarkastamalla fyysisten tuotteiden lukumäärä. (M. Uusi-Heikkilä, henkilökohtainen viestintä, 14. helmikuuta 2024)

Visuaalisesti ohjattu keräily eli pick-to-vision tarkoittaa älylasien kautta käytettävää puettavaa tietokonetta. Kyseinen teknologia on ollut käytössä jo enne nykyisen teknologian kehittymistä mutta käyttö on ollut tehotonta ja rajallista. Kyseisten älylasien toimintaperiaate on vastaava kuin puheohjauksen. Ero puheohjaukseen on se, että pick-to-vision perustuu nähtyyn informaatioon ja näkökentässä olevaan informaationäyttöön. Järjestelmää käytetään kohdistamalla erillinen kohdistin haluttuun objektiin ympäristössä (esim. pakkauksen viivakoodi) tai informaationäytössä, ja käsky hyväksytään esimerkiksi painamalla älylasien sivulla olevaa painiketta tai silmiä räpäyttämällä. Fyysisesti älylasit näyttävät tavallisilta silmälaseilta, mutta niihin tuotetaan sovelluksen tietoja esittävä näyttö siihen soveltuvalla teknologialla. Käyttäjän on pystyttävä havainnoimaan ympäristöään lasien käytön aikana. (Munnukka, 2017)

Älylasitekniikalle on laajempi käsite ”augmented reality” eli täydennetty todellisuus, joka yhdistää tietojärjestelmän ja fyysisen maailman informaatiot samaan näkymään. Järjestelmää voidaan ohjata esimerkiksi eleiden tai sormien avulla. Käyttöliittymän tulisi olla intuitiivinen ja nopeasti opittava. Mahdollisia yrityssovellusalueita ovat muun muassa kenttähuollon, -asennuksen ja -kokoonpanotöiden ohjaus, varastotyön ohjaus puheohjauksen tukena, tekninen tuki etäohjattuna, navigointi ja karttapalvelut, sekä turvallisuussovellukset. Euroopassa ja Yhdysvalloissa testataan ensimmäisiä älylasisovelluksia parhaillaan. (Munnukka, 2017)

Puheohjauksen tärkein sovellusalue on kappaletavaran keräys varastossa, mutta teknologiat kuten Pick-by-Voice, Voice Picking tai Ääniohjaus soveltuvat myös muihin varastoprosesseihin. Puheohjausjärjestelmä koostuu kannettavasta päätteestä, jossa kuuloke-mikrofoniyhdistelmä sekä tarvittavista sovelluksista. Sovellus välittää tietoja toimintaa ohjaavaan pääjärjestelmään WLAN-verkon välityksellä reaaliajassa. Puheohjaus mahdollistaa käyttäjän ohjaamisen päivittäisissä tehtävissä ja mahdollistaa toiminnan reaaliaikaisen seurannan. (Puheohjaus varastossa, 2024)

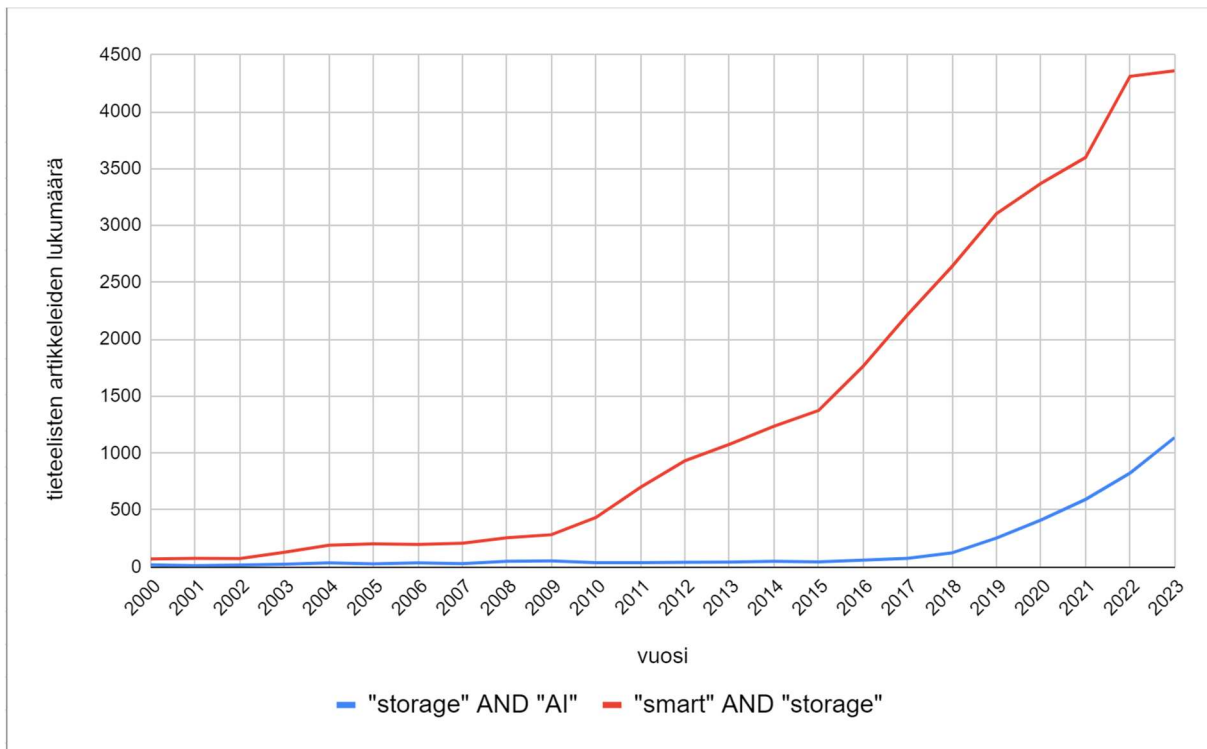
Erilaisilla robotteja on käytetty pitkään varastoprosesseissa vaihtelevissa tehtävissä, kuten lavojen tai pakkausten täyttöö, käärintää, etikettien liimausta tai pakkausten ja lavojen tarroitusta. Lisäksi robotteja voidaan käyttää lavojen merkitsemiseen, esimerkiksi mustesuihkutulostimella, sekä määrämittaisen pakkauksen siirtämiseen kuljettimilta lavoille tai seuraaville kuljetusalustoille. (Munnukka, 2017) Robottien ja robotiikan kehittyminen lisää automaatiota myös monilla uusilla alueilla. Valmistavassa teollisuudessa pakkaus- ja sisälogistiikkarobotteja on käytetty vuosikymmeniä, mutta ne ovat nyt leviämässä tehtaiden ulkopuolelle. Esimerkkejä tästä ovat lennokit (UAV, unmanned aerial vehicle) ja "dronet" (drone) (Ilmarinen & Koskela, 2015)

Kehittyneen 3D-kamera- ja sensortechniikan ansiosta on kehitetty autonomisia varastokeräilyrobotteja. Kyseiset robotit liikkuvat konenäköavusteisesti ja suorittavat samanlaisia työtehtäviä kuin ihmisetkin. CeMAT-messuilla esitelty robotti keräsi kirjoja hyllystä sekä täydensi hyllyjä automaattisesti. Robotin liike perustui muotojen tunnistamiseen 3D-kameratechniikan avulla. Löydettyään oikean varasto-osoitteen, robotti otti kirjan hyllystä erityisellä tarttujalla ja asetti kirjan omalle alustalleen. Tämä mahdollistaa useampia artikkeleita sisältävien tilauksien keräämisen ja niiden kuljettamisen lähetysalueelle itsenäisesti. Kehittämällä robotin tarttujaa, sen käyttömahdollisuuksia voidaan laajentaa muihin hyllykeräilytehtäviin, sillä robotti pystyy tunnistamaan tuotteita omalla kamerallaan ja keräämään esimerkiksi laatikosta satunnaisessa järjestyksessä olevia tuotteita.

Käyttömahdollisuudet ovat lähes rajattomat. (Munnukka, 2017)

Scopus hakutyökalu tarjoaa mahdollisuuden hakutulosten analysointiin. Tuloksia voidaan tarkastella tietyillä hakusanoilla löytyvien artikkelien määrää vuosittain tai aihealueittain. Artikkelien määrä vuosittain kuvaa trendejä, joihin tieteelliset tutkimukset ovat keskittyneet. Hakutulosten analyysistä tehdyt diagrammit kuvaavat tieteellisten artikkelien määrää 2000-luvulla.

Kuva 4 esittää Scopuseseen tehdyn kirjallisuushaun tuloksia, kuvassa kahden hakusanayhdistelmän esiintyvyyksiä tieteellisissä artikkeleissa vuodesta 2000 vuoteen 2023.



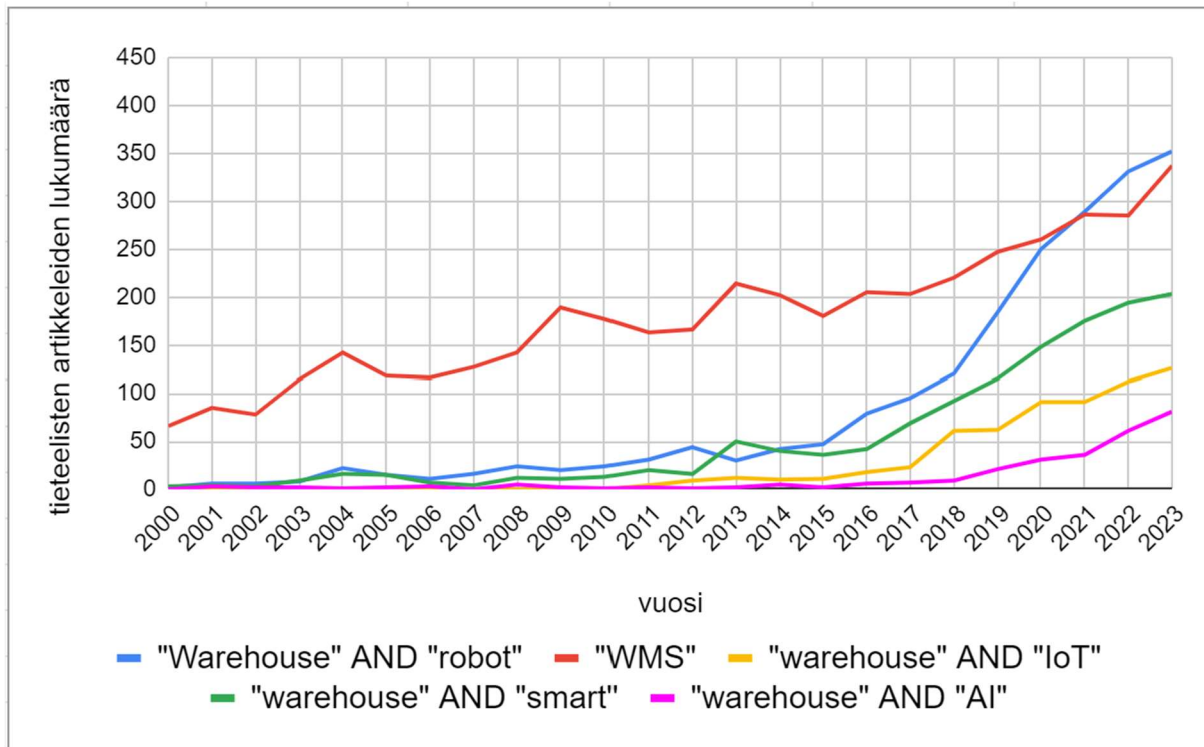
Kuva 4. Hakusanayhdistelmät ovat: ”storage” ja ”AI” (Artificial Intelligence, eli tekoäly) ja ”smart” ja ”storage”.

Kuten kuvasta 4 voidaan nähdä, julkaistujen artikkelien määrä hakusanoilla ”storage ” ja ”AI” alkaa kasvamaan merkittävästi vasta vuoden 2017 jälkeen. Tämä viittaa siihen, että tekoälyn kehitys on tehnyt siitä soveltuvan myös varastointiin vasta vuodesta 2017 lähtien. Kehityksen myötä tekoäly on noussut merkittäväksi tutkimusalueeksi. Mahdollinen syy tälle voi olla tekoälyn kehittyminen, sen kasvava soveltuvuus datan käsittelyyn, ja tekoälyteknologioiden yleistymisen monilla eri aloilla.

Kuten kuvasta 4 voidaan nähdä, julkaistujen artikkelien määrä hakusanoilla ”smart ” ja ”storage” osoittaa maltillista kasvua vuoteen 2010 asti, minkä jälkeen kasvu kiihtyy huomattavasti. ”smart” termin liittäminen varastointiin tarkoittaa älykkäiden varastointiratkaisujen, kuten automatisoitujen varastojen ja älykkäiden inventaariojärjestelmien, kehittymistä ja kiinnostusta tutkimuksissa.

Yleisesti nämä kuvan 4 trendit heijastavat teknologian kehityksen ja digitalisaation vaikutusta varastointiin liittyvissä tutkimuksissa. Kasvu kummassakin hakusanayhdistelmässä voi myös indikoida, että tutkimuksissa on siirrytty perinteisestä varastointitekniikasta kohti edistyneempiä, tekoälypohjaisia menetelmiä tiedon hallintaan, keruuseen ja analysointiin.

Kuva 5 esittää viiden eri hakusanojenyhdistelmän esiintyvyyksiä tieteellisissä artikkeleissa vuodesta 2000 vuoteen 2023. Hakusanayhdistelmät ovat: “warehouse” ja “robot”, “WMS” (Warehouse Management System), “warehouse” ja “IoT” (Internet of Things), “warehouse” ja “smart”, sekä “warehouse” ja “AI” (Artificial Intelligence, eli tekoäly).



Kuva 5. Avainsanojen: ”Warehouse” AND ”robot”, ”WMS”, ”warehouse” AND ”IoT”, ”warehouse” AND ”smart” ja ”warehouse” AND ”AI” esiintyvyydet tieteellisissä tutkimuksissa.

Kuten kuvasta 5 voidaan nähdä, julkaistujen artikkelien määrä hakusanoilla ”warehouse” ja ”robot” kasvaa tasaisesti vuoden 2000 alusta, mutta kiihtyy vuoden 2015 jälkeen. Tämä viittaa siihen, että robotiikan integrointi varastoalalla on ollut kasvava tutkimuskohde, ja sen kiinnostus on lisääntynyt viime vuosina.

Kuten kuva 5 osoittaa, julkaistujen artikkelien määrä hakusanalla ”WMS” alkaa noin 80:sta artikkelista ja kasvaa voimakkaasti sekä tasaisesti 2000-luvun alussa, mutta laantuu vuoden 2010 jälkeen. Tämä voi viitata siihen, että WMS-teknologia on ollut vakiintunut tutkimusaihe ilman suuria läpimurtoja tai muutoksia kiinnostuksessa.

Julkaistujen artikkelien määrä (kuva 5) hakusanoilla ”warehouse” ja ”smart” kasvaa hitaasti koko ajanjakson ajan vuoteen 2015, jolloin se nousee jyrkästi. Tämä voi viitata älykkäiden

teknologioiden hitaaseen tunkeutumista varastoalalle, kunnes kehityksen myötä älykkäillä teknologioilla on isompi rooli varastoinnissa.

Kuten kuva 5 havainnollistaa, julkaistujen artikkelien määrä hakusanoilla ”warehouse” ja ”IoT” osoittaa maltillista kasvua 2010-luvun alusta ja kiihtyy selvästi vuoden 2015 jälkeen, mikä korreloi IoT:n yleistymisen ja teollisuuden 4.0-konseptien kanssa.

Kuten kuvasta 5 voidaan päätellä, julkaistujen artikkelien määrä hakusanoilla ”warehouse” ja ”AI” osoittaa maltillista kasvua vuoteen 2010 saakka, jonka jälkeen kasvu kiihtyy voimakkaasti vuodesta 2018. Tämä viittaa siihen, että tekoälyn soveltaminen varastoalalla on herättänyt kasvavaa kiinnostusta, erityisesti viimeisen vuosikymmenen aikana.

Kokonaisuutena, nämä trendit heijastavat teknologian kehityksen vaikutusta varastoalalle ja sen tutkimukselle. Eri teknologioiden yhdistäminen varastoinnin kanssa näyttää kasvattaneen kiinnostusta tieteellisten artikkelien aiheissa, erityisesti robottien, IoT:n ja tekoälyn osalta, jotka kaikki ovat tärkeitä teollisen automaation ja älykkäiden järjestelmien kehityksen alueita.

Tekoälyn voisi yhdistää mukana kannettaviin päätelaitteisiin tai mobiilisovelluksella kännykkään. Tekoälystä tulisi saada tarpeeksi ihmismäinen ja intuitiivinen, jolloin saataisiin aikaan tekoälyassistentti. AI-assistentti voisi vastata kysymyksiin, lähettää tai vastaanottaa haluttuja tietoja eri järjestelmistä pyytämällä.

Nykyinen tapa integroida järjestelmiä on hyvä ja kohtuullisen tehokas. Kahden tietojärjestelmän integraatio toteutettuna keskustietokannan avulla, mikä toimii ”tulkkina” kahden tietojärjestelmän välillä. Tällä tekniikalla voidaan liittää yksi tietojärjestelmä yhteen tietojärjestelmään. Uuden tekniikan myötä pilvipalvelut ovat yleistyneet, ja niitä voisi käyttää hyödyksi integraatiossa. Jos pilvipalvelimesta tekee keskustietokannan ja tulkkaukseen tapahtuu lähetettäessä, pilvipalvelin voisi yhdistää kaikki tietojärjestelmät hyvin yksityiskohtaisesti yhteen. Tällaiselle kaiken datan jakaville järjestelmille ei ole vielä käyttöä.

6 Johtopäätökset

Työn tavoitteena oli luoda kirjallisuuskatsaus liittyen älykkääseen varastointiin ja varastonhallintajärjestelmän integroimiseen. Vaikka ruotsalainen IFS järjestelmä on levinnyt ympäri maailman, sitä käsittelevät artikkelit olivat lähes jokainen suomeksi ja Suomessa tehtyjä. Artikkeleita löytyi hyvin ja moni ERP ja WMS avainsanoja sisältävä artikkeli oli hyvin yleispäteviä ja mahdollisia soveltaa moniin toiminnanohjaus- sekä varastonhallintajärjestelmiin.

Steralla käytössä oleva ERP on nimeltään IFS ja kuuluu TIER 2-luokkaan. Se on tarkoitettu kohtuullisen suuren yrityksen hallintaan ja tarjoaa hyvät mahdollisuudet uusien järjestelmien integroimiselle. Yli 10 000 tuotteen valmistavan teollisuuden varasto oli liian suuri ja monimutkainen hoidettavaksi käyttäen vain ERP-järjestelmää, joten yritys päätti investoida varastonhallintajärjestelmän integrointiin.

Varastonhallintajärjestelmä on raskas lisäosa toiminnanohjausjärjestelmään. Suurten teollisuusyritysten on integroitava sellainen ERP-järjestelmän liian kevyiden varastonhallintaominaisuuksien sekä monimutkaisen varastorakenteen vuoksi.

Varastonhallintajärjestelmä on suuri investointi yritykselle, yrityksen tulee ottaa lukuisia asioita huomioon pohtiessaan varastonhallintajärjestelmän hankkimista.

Teknologian kehittyessä varastoon ja varastointiin liittyy yhä enemmän uutta teknologiaa, jolla tehostetaan ja optimoidaan varastoprosesseja. Varastoinnin monivaiheisissa prosesseissa optimoimista on paljon ja aina on mahdollista keksiä optimaalisempi tapa prosessin suorittamiseksi.

Jatkotutkimuksissa tulisi keskittyä integroimisen myötä tulleen tehokkuuden vertailuun.

Minkä osien tehokkuus nousee merkittävimmin ja mikä on vaikutus työntekijöiden tuottavuuteen. Näistä tutkimuksista olisi helppo tutkia varaston taloudellisia muutoksia ja sitä kautta integroimisen kannattavuutta ja takaisinmaksukykyä. Kyseisiä ominaisuuksia olisi järkevää vertailla esimerkiksi varastoissa, joissa WMS on integroitu ja varastoissa, joissa WMS on erillisenä yksinkertaisempaan järjestelmään. Kyseisissä tutkimuksissa voisi käyttää tekoälyä suuren datamäärän käsittelyyn sekä analysointiin.

7 Lähteet

- Eskelinen, V.-W. (2022). *WMS-järjestelmien integraatio*.
- Faber, N., de, K. M. B. M., & Smidts, A. (2013). Organizing warehouse management. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(9), 1230–1256.
<https://doi.org/10.1108/IJOPM-12-2011-0471>
- Fagerström, K. (2020). *Varastohallintajärjestelmän käyttöönotto*.
- Fredendall, L. D., & Hill, E. (2000). *Basics of Supply Chain Management*. CRC Press.
- Ilmarinen, V., & Koskela, K. (2015). *Digitalisaatio: Yritysjohdon käsikirja s63-64* (1.).
- Kallionpää, J. (2023). Lavansiirtojen ja keräilyprosessin tehostaminen. 2023, 2023.
- Källi, M. (2023). *Toiminnanohjausjärjestelmän valinta pienyrityksessä*.
- Logistiikan Maailma. (2024). *Logistiikka ja toimitusketju – Logistiikan Maailma*.
<https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimitusketju/>
- Lumijärvi, A., Rautatiekuljetus, T. R., & Satamatoiminnassa, P. T. (ei pvm.).
TIETOJÄRJESTELMÄN ROOLI RAUTATIEKULJETUS- PROSESSIN TEHOSTAMISESSA SATAMATOIMINNASSA.
- Maheshwari, P., Kamble, S., Kumar, S., Belhadi, A., & Gupta, S. (2023). Digital twin-based warehouse management system: A theoretical toolbox for future research and applications. *The International Journal of Logistics Management, ahead-of-print*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/IJLM-01-2023-0030>
- Mero, O. (2011). *Tuotannonohjauksen kehittäminen ERP:n avulla*.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/38077/Olli_Mero.pdf?sequence=1
- Microsoft, M. (2024, tammikuuta 7). *Mikä on toimitusketjun hallinta? | Microsoft Dynamics 365*. <https://dynamics.microsoft.com/fi-fi/supply-chain-management/what-is-supply-chain-management-scm/>

- Munnukka, T. (2017). *DIGITALISAATIO SISÄLOGISTIIKASSA*.
- Park, S., & Huh, J.-H. (2023). A Study on Big Data Collecting and Utilizing Smart Factory Based Grid Networking Big Data Using Apache Kafka. *IEEE Access*, *11*, 96131–96142. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3305586>
- Perkins, B. (2022). What is ERP? Enterprise resource planning systems explained. *CIO*.
<https://www.proquest.com/docview/2718060518/abstract/84B7B790617A4B47PQ/1>
- Pihlajajarju, M. (2023). *IFS ERP -JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO FINNMASTER BOATS OY:SSÄ*.
- Puheohjaus varastossa*. (2024, huhtikuuta 16). Optiscan Group.
<https://www.optiscangroup.com/fi/puheohjaus-varastossa/>
- Richards, G. (2014). *Warehouse management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse* (Second edition). Kogan Page Limited.
- The evolving warehouse and future trends*. (2024, huhtikuuta 2).
<https://www.explorewms.com/warehouse-future-trends.html>
- Tiers of Enterprise Resource Planning Softwares*. (2006, kesäkuuta 1).
<https://doi.org/10.1177/097324700600200209>
- Tolonen, E. (2019). *LAATUDATAN KERUUJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN JA INTEGROIMINEN IFS-JÄRJESTELMÄÄN*.
- TOMASZ WOŹNIAKOWSKI, KRZYSZTOF ZMARZŁOWSKI, Piotr Jalowiecki, & MAGDALENA NOWAKOWSKA. (2018). *ERP SYSTEMS AND WAREHOUSE MANAGEMENT BY WMS*.
<file:///C:/Users/aapor/Downloads/ERP%20SYSTEMS%20AND%20WAREHOUSE%20MANAGEMENT%20BY%20WMS.pdf>
- Tong, Q., Ming, X., Zhang, X., & Link to external site, this link will open in a new tab. (2023). Construction of Sustainable Digital Factory for Automated Warehouse Based

on Integration of ERP and WMS. *Sustainability*, 15(2), 1022.

<https://doi.org/10.3390/su15021022>

Uusi-Heikkilä, M. (2024, helmikuuta 14). [Henkilökohtainen viestintä].

What is an ERP system? | Ite wikin digitalisoinnin opas. (2022, joulukuuta 13).

<https://www.itewiki.fi/opas/what-is-erp-system/>

WMS + ERP esittelymateriaali. (2024, huhtikuuta 11). Canva.

<https://www.canva.com/design/DAFycqCkQGc/LTkY15N-St0Z3NX56xT2AQ/view>

Yritysesittely Stera. (2024, toukokuuta 2). <https://www.stera.com/yritys/yritysesittely/>

Živičnjak, M., Rogić, K., & Bajor, I. (2022). Case-study analysis of warehouse process optimization. *Transportation Research Procedia*, 64, 215–223.

<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.09.026>