GÖTEBORGS UNIVERSITET
HANDELSHÖGSKOLAN

Lagret utan människan

En fallstudie om lagerautomationens utveckling och framtid med fokus på Absolut Vodka Åhus

Kandidatuppsats i Logistik, 15hp
Handelshögskolan vid Göteborgs Universitet
Vårterminen 2021
Handledare: Rickard Bergqvist

Författare:	**Födelseår:**
Lisa Svedman	950622
Ludvig Mattsson	940709

Förord

Vi vill tacka de som gjort denna studie möjlig. Vi vill först och främst rikta ett stort tack till vår handledare Rickard Bergqvist, professor i logistik- och transportekonomi på Handelshögskolan vid Göteborgs Universitet, för hjälpsamma råd som fått oss i rätt riktning under uppsatsens gång. Vi vill även tacka de opponenter, Amanda Wånggren och Ida Örnqvist, som genom bra feedback har skapat förutsättningar till en välskriven och innehållsrik uppsats. Vi vill ge ett stort tack till Harri Tossavainen på Absolut Vodka Åhus som gjort denna studie möjlig genom att vilja berätta om sina erfarenheter kring lager och automation. Slutligen vill vi tacka universitetslektorn och docenten Joakim Kembro, Hanter Ingenjörsteknik AB:s VD Pär Johansson samt Langebæk Sveriges partner och VD Anders Bartholin, för bidragandet av kompletterande spekulationer kring framtida lager.

Tack!
Lisa Svedman och Ludvig Mattsson

Göteborg, 27 maj 2021

Sammanfattning

Kandidatuppsats i logistik, Handelshögskolan vid Göteborgs Universitet, Logistikprogrammet VT 2021

Författare: Lisa Svedman och Ludvig Mattsson
Handledare: Rickard Bergqvist

Titel: Lagret utan människan - En fallstudie om lagerautomationens utveckling och framtid med fokus på Absolut Vodka Åhus

Bakgrund och problem: Kundernas höga krav på leveranser har bidragit till att försörjningskedjor måste se över lagerhanteringen för att kunna konkurrera med lågkostnadsländer. Lagerhållning ska idag ske på ett snabbt och effektivt sätt, med möjlighet att spåra leveranser. Industri 4.0 möjliggör tillgång till realtidsdata och kan på så sätt ge företag bättre kontroll över godset som finns i lagret. I syfte att uppfylla de höga kraven på lagren samt minska felaktigheter, kostnader och behovet av arbetskraft kan företag implementera lagerautomation. Robotar i lager blir allt vanligare, då företag vill dra nytta av den hastighet och effektivitet automatiseringen realiserar.

Syfte: Syftet med studien är att undersöka hur och när automatiseringen i färdigvarulager för tillverkningsföretag, med fokus på Absolut Vodka Åhus, kan komma att utvecklas framgent.

Avgränsningar: Studien fokuserar enbart på automatisering av lager och bortser från etiska, juridiska och miljömässiga aspekter.

Teori: I teorin presenteras den tidigare forskning som ligger till grund för studiens analys. I avsnittet beskrivs lagret med dess hantering och processer, olika lagersystem, den logistiska revolutionen samt hur den tekniska utvecklingen har sett och kan komma att se ut inom lagerverksamhet.

Metod: För genomförandet av studien har en kvalitativ metod använts, där primärkällor samlats in via kvalitativa intervjuer med både lagerchef på Absolut Vodka Åhus samt utomstående experter inom logistik och automatisering.

Empiri: I empirin presenteras Absolut Vodka Åhus och dess lagerprocess, utveckling av lagerautomation samt framtidsplaner. Vidare kompletteras empirin med spekulationer kring framtida lager av experter med olika roller inom logistik och automatisering.

Analys och slutsats: I analysen och slutsatsen besvaras studiens första frågeställning gällande lagerautomationens drivkrafter, där framväxten av Just-in-Time, hanteringen av repetitiva uppgifter, det ökade behovet av datadelning och kraven på snabba leveranser diskuteras. Vidare besvaras studiens andra frågeställning gällande processen till helautomatiska lager, där tekniker inom Industri 4.0 diskuteras och framtida lager spekuleras.

Nyckelord: Automatisering, lagerautomation, lagerhantering, framtida lager, Industri 4.0, robotisering, Warehouse Management System, höglager och Artificiell Intelligens.

Innehållsförteckning

Förord **2**

Sammanfattning **3**

Ordlista **7**

1. Inledning **8**

1.1 Bakgrundsbeskrivning *8*

1.2 Problemdiskussion *9*

1.3 Syfte *11*

1.4 Frågeställning *11*

1.5 Avgränsningar *11*

2. Teoretisk referensram **12**

2.1 Lager *12*

2.1.1 Lagerprocessen *12*

2.2 Lagerhantering *13*

2.2.1 Just-in-Time *14*

2.3 Lagersystem *14*

2.3.1 Warehouse Management System *15*

2.4 Den logistiska revolutionen *15*

2.5 Industri 4.0 *17*

2.5.1 Internet of Things *18*

2.5.2 Robotisering *19*

2.5.3 Artificiell Intelligens *19*

2.6 Framtida lager *20*

3. Metod **21**

3.1 Val av forskningsmetod *21*

3.2 Val av forskningsansats *21*

3.3 Val av verksamhet och respondenter *21*

3.4 Insamling av information *22*

3.4.1 Kvalitativa intervjuer *23*

3.4.2 Uppbyggnad av teoretisk referensram *24*

3.5 Studiens tillförlitlighet *24*

3.5.1 Validitet *24*

3.5.2 Referenshantering *25*

4. Empiri **26**

4.1 Absolut Vodka Åhus *26*

4.1.1 Företagsbeskrivning och intervjuperson *26*

4.1.2 Lagerprocessen *26*

4.1.3 Automatiseringens framväxt *27*

4.1.4 Manuell hantering i lagret *28*

4.1.5 Absolut Vodka Åhus syn på framtida lager *29*

4.2 Utomstående experters syn på framtida lager *29*

5. Analys **32**

5.1 Lagerautomationens drivkrafter *32*

5.1.1 Framväxten av Just-in-Time *32*

5.1.2 Hantering av repetitiva uppgifter *33*

5.1.3 Ökat behov av datadelning *33*

5.1.4 Krav på snabba leveranser *34*

5.2 Processen till ett helautomatiskt lager *34*

5.2.1 Industri 4.0 *34*

5.2.2 Framtida lager *37*

6. Slutsats **38**

6.1 Drivkrafter för lagerautomation *38*

6.2 Framtida helautomatiska lager *38*

6.3 Förslag till framtida forskning *39*

Referenser **40**

Bilagor **45**

Bilaga 1. Intervjufrågor Absolut Vodka Åhus *45*

Bilaga 2. Intervjufrågor resterande respondenter *47*

Ordlista

AGV - Automated Guided Vehicle - Självkörande fordon

AI - Artificial Intelligence - Artificiell Intelligens

AS/RS - Automated Storage and Retrieval System - Automatiskt lagrings- och hämtningssystem

AVÅ - Absolut Vodka Åhus

Bullwhip - Beskrivning av en effekt där en liten förändring i efterfrågan ger större förändringar längre bak i försörjningskedjan

EDI - Electronic Data Interchange - Elektroniskt datautbyte mellan köpare och säljare

ERP - Enterprise Resource Planning - Affärssystem för att integrera alla avdelningar i ett företag

FIFO - First in, first out - Ett kösystem som ofta används i lager som betyder att produkter behandlas i den ordning de kommer in till lagret

Höglager - Ett lager som nyttjar lokalens höjd

IoT - Internet of Things - Enheter uppkopplade till internet för att kunna dela realtidsdata sinsemellan

JIT - Just-in-Time - Strategi som står för strävan att producera rätt produkter, i rätt kvantitet och i rätt tid

RFID - Radio Frequency Identification - Teknik för att på avstånd kunna avläsa information

SCM - Supply Chain Management - Hantering av försörjningskedjan där strategin är att minska kostnader och produkter i lager

Skyttelbil - Transportfordon, i AVÅs fall för att köra gods från produktion till lager

Supply Chain - Försörjningskedja - Ett nätverk bestående av alla inblandade aktörer från att en produkt skapas till att den når slutkund

WMS - Warehouse Management System - Lagerhanteringssystem med hjälp av mjukvara för att optimera funktionalitet

- **SattStore WMS** - Produkt av Consafe Logistics
- **Astro WMS** - Produkt av Consafe Logistics

WSN - Wireless Sensor Network - Trådlöst nätverk av sensorer för att möjliggöra övervakning och spårning av enheters rörelse, plats och temperatur

1. Inledning

I detta avsnitt presenteras en bakgrundsbeskrivning till varför det är relevant för verksamheter att automatisera lager. Fortsatt redogörs komplexiteten i beslutet om implementering av lagerautomation i en problemdiskussion. Rapportens avsikt presenteras sedan i ett syfte med tillhörande frågeställningar som ska bygga studiens grund. Avslutningsvis beskrivs de avgränsningar som gjorts för att få en väl utredd uppsats som har smalare men mer djupgående fokus.

1.1 Bakgrundsbeskrivning

Alla aktörer som är involverade i en produkt utgör en försörjningskedja (eng: supply chain) vars uppgift är att producera rätt antal produkter till rätt plats och vid rätt tidpunkt. En av dessa aktörer är lager som tillsammans med dess processer utgör en betydelsefull roll i försörjningskedjan. Från att produkten anländer till lagret, måste allt göras på rätt sätt och med full kontroll. Det är av stor vikt att produkter märks rätt redan vid lagrets mottagande med syftet att ha koll på hur många produkter som ska till vilken kund och till vilken plats. Det gäller sedan att rätt produkt hamnar hos rätt leverantör i avsedd tid för att ha möjlighet att leverera inom tidsfristen. Genom hela processen är det dessutom viktigt att produkterna lämnar lagret i gott skick, utan skador. (Richards, 2018)

Lagret består huvudsakligen av fyra processer, där den första är mottagningsprocessen. I mottagandet sker kontroll och eventuell ompackning av respektive produkt. Produkterna tas sedan vidare till lagringsprocessen där de lagras på den plats som sparar in mest tid och utrymme. Därefter sker orderplockning, då produkterna ska hämtas från lagringsplatsen. I de fall fler produkter ska levereras till samma kund bör de även konsolideras. Inför leverans kontrolleras, packas och lastas sedan ordern. (Rouwenhorst m.fl., 2000)

Konsumenter ställer krav på försörjningskedjan att leverera produkter snabbt, miljömässigt och med hög leveransprecision. Dessutom ska det gå att spåra produkterna snabbt och smidigt utan extra kostnad. Ett manuellt lager har svårt att uppfylla dessa krav, vilket utgör en anledning till att utveckla lagerhanteringen. Utveckling av lagerhantering möjliggör kortare svarstider och högre lagertillgänglighet som dessutom ökar företagets kundservice (Frazelle, 2015). Ett sätt att utveckla lagerhantering är automatisering, vilket innebär att en process delvis eller fullständigt går av sig själv med syftet att öka effektivitet och kvalitet (NE, a, u.å.).

Automatisering är en möjlighet att möta de höga kraven, minska kostnader samt öka produktiviteten i lager (Richards, 2018).

Världen befinner sig i en fjärde industriell revolution, Industri 4.0, där automatiseringens fokus ligger på informationsdelning och realtidsdata. Maskiners många sensorer tillåter en försörjningskedja där maskiner kan kommunicera sinsemellan och där företag kan övervaka respektive maskin för att se dess prestanda (Schöning, 2018). En fördjupad analys av informationsföretaget Omdia (2019) visar att robotar i lager år 2022 kan vara det fyrdubbla antalet jämfört med år 2018. Möjliga anledningar till ökningen är att allt fler företag vill dra nytta av den hastighet och effektivitet automatiseringen möjliggör. Dessutom utvecklas lagerautomation ständigt och blir mer prisvärd. Richards (2018) menar att om företag idag ska vara konkurrenskraftiga krävs det att företag utvecklar lagerhanteringen och drar nytta av automatiseringen. Detta genom att investera i ett Warehouse Management System (WMS) som kan hantera lagernivåer i realtid.

Ett företag som intresserat sig för automatisering i många år är Absolut Vodka Åhus (hädanefter benämnt AVÅ). Spritdrycken Absolut Vodka lanserades av Vin & Sprit AB och blev en av företagets största exportprodukter. År 2008 köptes företaget upp av en av de världsledande tillverkarna av vin- och sprit, Pernod Ricard (NE, b, u.å.). Delar av Vin & Sprit AB lever vidare som dotterbolag till Pernod Ricard under företagsnamnet “The Absolute Company” med huvudkontor i Stockholm och tillverkning i Åhus (NE, c, u.å.). Redan år 1993 började processer automatiseras i AVÅs lager och fem år senare installerades ett WMS för att möta en ökad efterfrågan. År 2019 implementerades ett nytt WMS i företagets lager, som nu ska anpassas till verksamheten. Det nya systemet innebär automationslösningar såsom spårbarhet och kösystem för utskick.

1.2 Problemdiskussion

Respektive del av försörjningskedjan arbetar för att uppfylla krav från slutkund. Uppgiften som lagret har i kedjan är inte längre endast att packa gods, utan att lagerhålla på ett snabbt och effektivt sätt genom att ha full kontroll på vad som finns i lagret samt vad som lämnar lagret och när. För detta krävs att skador minimeras, gods levereras i rätt tid och att fyllnadsgraden uppnås. Dessutom ska allt rapporteras på ett felfritt sätt, med exakta siffror på vad som finns i lager (Richards, 2018). Dagens lager ska, förutom att lagra fler föremål, ha möjlighet att erbjuda

tjänster som ger mervärde för kunden, anpassa produkter samt transportera till utlandet. Detta ska företag lyckas med på kortare tid och med högre kvalitet (Frazelle, 2015).

Manuell hantering av lager är komplext och kräver mycket arbetskraft i relation till företagets totala kostnader (De Koster m.fl., 2007). Av en produkts kostnad står logistikkostnaderna vanligen för minst 50% (Storhagen, 2018). Av dessa står lagerkostnaderna för cirka 20–30% (Richards, 2018). Automatisering bidrar till högre produktivitet och lägre arbetskraftskostnader samtidigt som defekter minimeras. Trots detta är automatisering av lager inte med säkerhet ekonomiskt fördelaktigt, då en investering inte nödvändigtvis är lönsam (Lamb, 2013). När kostnader ställs mot varandra, är det svårt att med säkerhet veta om en kostsam automatisering kommer att generera vinst på längre sikt (Rouwenhorst m.fl., 2000).

Beslutet att automatisera lager ses som ett strategiskt beslut (Rouwenhorst m.fl., 2000). Med det menas ett beslut vars resultat kan visas efter flera år (Dean & Sharfman, 1996). Det finns en rädsla hos många företag att göra stora investeringar, som i tidigare fall lett till misslyckanden (Naish & Baker, 2004). Felsatsningar beror ofta på att företag valt fel lösning till den egna verksamheten och det är därför av stor vikt att anpassa automatiseringen till egna förutsättningar och mål (Cox, 2015).

Den stora utmaningen för svenska tillverkningsföretag är att kunna dra nytta av den globalisering som sker. Lågkostnadsländer producerar produkter till ett lägre pris. För att svenska tillverkningsföretag ska kunna konkurrera med andra länder, krävs innovation och att företagen gör investeringar samt lägger fokus på forskning och utbildning. Detta ska i sin tur öka flexibilitet och hastighet. Företag som inte lyckas hålla den höga nivån kommer att bli utkonkurrerade (Johansson & Fagerström, 2005). Genom automatisering kan företag lyckas öka hastighet, noggrannhet och tillförlitlighet samt få mer plats i lager. Lagerautomation kan därmed spela en betydande roll för svenska tillverkningsföretag (Naish & Baker, 2004).

Forskning visar att implementering av lagerautomation är ett komplext beslut för företag, vilket visar på behovet av ytterligare forskning kring ämnet. Denna uppsats ska göra det tydligare kring för- och nackdelar med lagerautomation. Dessutom anses framtida lager vara av betydelse för studien, då företag som inte hänger med i den höga innovationstakten riskerar att bli utkonkurrerade.

1.3 Syfte

Syftet med studien är att undersöka hur och när automatiseringen i färdigvarulager för tillverkningsföretag kan komma att utvecklas framgent. För att ge en fullständig bild av lagerautomation kommer möjligheter och risker analyseras. Vidare skapar studien en grund för att lagerhållningsföretag ska kunna ta informerade och kvalificerade beslut om lagerautomation.

1.4 Frågeställning

- Vilka drivkrafter motiverar tillverkande företag att implementera automationslösningar i färdigvarulager?
- Vad krävs för att uppnå visionen om ett helautomatiskt lager om 10 år?

1.5 Avgränsningar

Denna fallstudie kommer enbart fokusera på lagerautomation och därmed ej produktion. Då studien fokuserar på automatiseringen av lager kommer etiska, juridiska och miljömässiga aspekter att bortses från. Detta då det skulle skifta fokus och därmed utgöra en stor del av uppsatsen utan att svara på studiens frågeställningar som syftar till att se möjligheterna med lagerautomation. AVÅ används i syfte att illustrera ett tillverkningsföretag med lagerautomation som producerar och lagrar gods som är både tungt och ömtåligt. Genom att visa hur lagerautomation fungerar för ett företag med komplex godshantering redogörs att andra företag, med lika eller mindre komplexa produkter, kan implementera samma alternativt liknande system. Andra företag kan dock inte lita blint på resultatet och räkna med samma storskalsfördelar vid en implementering av lagerautomation.

2. Teoretisk referensram

I detta avsnitt presenteras den tidigare forskning som ligger till grund för studiens analys. Avsnittet består av tre huvudsakliga delar där den första delen introducerar teori om lagret och dess lagerprocess, lagerhantering samt lagersystem. I den andra delen presenteras den logistiska revolutionen för att få en förståelse kring logistikens framväxt. I den tredje delen beskrivs Industri 4.0 och dess relevanta delar, såsom Internet of Things, Artificiell Intelligens, robotisering samt forskares spaningar om framtida lager.

2.1 Lager

Lager delas ofta upp i två typer: råvarulager och färdigvarulager. Råvarulagrets syfte är att agera depå för material som krävs för tillverkningen av de produkter som företaget producerar i avsikt att produktionen ska kunna fortlöpa. Färdigvarulagrets uppgift är att hushålla de färdiga produkterna innan försäljning sker, med syftet att kunna erbjuda kunder snabba leveranser. (NE, d, u.å.)

2.1.1 Lagerprocessen

Enligt Rouwenhorst m.fl. (2000) består lager huvudsakligen av fyra faser:

1) Mottagning
2) Lagring
3) Orderplockning
4) Förberedelse för leverans

När gods ankommer till ett lager, måste ordern kvalitetskontrolleras. Undersökningen kan ske genom att kontrollera antal och kvalitet på respektive produkt. Om leveransen däremot kommer i en container skannas dess unika streckkod med en handdator för att säkerställa om containern öppnats under leveransen eller ej. Efter att godset mottagits och kontrollerats kan det krävas bearbetning, såsom applicering av streckkodsetikett på produkt eller pall. I de fall godset levereras i kartonger, kan det ställas krav på att packa dessa på pallar. Om godset levereras på pallar av fel typ eller dålig kvalitet, ska dessa pallar ersättas. När godset har kontrollerats och eventuellt bearbetats, ska dessa placeras i lagret. (Rushton m.fl., 2014)

Produkterna ska efter kontroll och bearbetning transporteras till lagret (De Koster m.fl., 2007). I lagret finns vanligen två olika områden att placera produkterna och det är viktigt att de förvaras

på rätt position. Det ena området är den del av lagret som utgörs av reserver och det andra är den del av lagret där produkterna är lättåtkomliga, exempelvis längst fram. De lättåtkomliga produkterna fylls sedan på av produkter från reservlagret (Rouwenhorst m.fl., 2000). För att veta när beställning av nya produkter bör ske, är det av stor vikt att ha tillgång till lagersaldot i realtid. Beställning av nya produkter ska varken ske för tidigt eller för sent, vilket genererar en osäkerhet i företaget som kan reduceras genom system som tillhandahåller realtidsdata (Rushton m.fl., 2014).

Orderplockning innebär att lagret får en order från kund som innehåller en eller flera produkter. En order med flera produkter som alla ska till samma kund i samma leverans kräver konsolidering av produkter. Orderplockning är den aktivitet i lagret som genererar högst kostnad och är därmed en vanlig anledning till många företags implementering av automatisering i processen. Det finns olika sätt att utföra orderplockning; orderplockaren kan dels ta emot en order för att sedan hämta respektive produkt tills ordern är färdigställd och dels ta emot flera eller alla ordrar på en gång. Den typ av orderhämtning som tillsätts är beroende av bland annat vilken storlek ordern har och om orderplockaren har tillgång till truck. När ordrar har plockats, ska dessa sorteras och emballeras i den ordning som anses relevant beroende på produkturvalet. Om varorna exempelvis ska sorteras utifrån postnummer, är det rimligt att emballera dessa direkt för att sedan sortera dem. En viktig faktor för att uppnå produktivitet i orderplockningen är att hitta den mest optimala rutten att göra detta på. (Rushton m.fl., 2014)

Efter orderplockning förbereds produkterna inför leverans. De etiketteras, monteras, testas och emballeras. Godset transporteras sedan till den plats där det ska hämtas av transportör för att sedan lasta över godset. (Rushton m.fl., 2014)

2.2 Lagerhantering

Ett företags önskan är att minimera skillnaden mellan utbud och efterfrågan dels för att undvika bristkostnader i de fall företaget inte kan leverera det som avtalats och dels för att minimera lagerkostnader som blir högre desto fler produkter som lagras. Därmed kan lagerhantering bidra till minimerade kostnader i försörjningskedjan. (Wild, 2018)

2.2.1 Just-in-Time

En metod inom lagerhantering är Just-in-Time (JIT) där grunden är att endast producera det som behövs och därmed aldrig ha något lager. Dessvärre är metoden inte optimal och företag har istället valt att arbeta mot en JIT-strategi, det vill säga att ha så låg lagervolym som möjligt. Detta kräver kontinuerlig kommunikation med leverantörer och kunder. Dessutom är det av stor vikt att allt går som planerat, vilket i sin tur ställer krav på tillförlitliga transporter och effektiva processer med minimalt pappersarbete. (Brewer m.fl., 2008)

Målet med JIT är att producera med felfri kvalitet och utan slösande för att kunna bemöta marknadsefterfrågan omedelbart. Med slösande gäller det i samtliga kontexter och förklaras med hjälp av de sju slöserierna: överproduktion, väntetid, transport, överlagring, rörelse, defekter och onödig bearbetning. Då tillverkning endast sker efter kundorder och produktionstiden för varje enhet är känd, är det möjligt att samordna leveranser av råmaterial i exakt mängd till den tid och plats som behövs för att undvika lagerhållning. Detta för att binda så lite kapital som möjligt och få så hög omsättning som möjligt. Andra fördelar med JIT är den minskade lagerhållningen för både råvarulager och färdigvarulager samt minskad arbetskraft för att förvalta inventariet. En nackdel med JIT är att det kan öka antalet transporter, vilket i sin tur kan öka både kostnad och miljöpåverkan. (Rushton m.fl., 2014)

2.3 Lagersystem

Det finns tre olika typer av lagersystem, där det första är det manuella lagersystemet som innebär att lagerpersonalen själv plockar produkten från hyllan, vilket kan utföras med hjälp av ett fordon. Orderplockaren kan antingen sortera ordrar samtidigt som plockning sker eller plocka alla ordrar för att sedan sortera dem. (van den Berg & Zijm, 1999).

Det andra lagersystemet är det automatiserade lagersystemet, som kan transportera många olika produkter i olika emballage. Om orderplockaren är i behov av en produkt, transporteras produkten till orderplockaren via systemet och orderplockaren kan därmed enkelt plocka produkten. Ett samlingsnamn för automatiserade lagrings- och hämtningssystem är AS/RS, där hårdvara möter mjukvara (van den Berg & Zijm, 1999). Hårdvaran motsvarar det fysiska systemet, exempelvis självgående maskiner som rör sig längs gångarna, och mjukvaran motsvarar exempelvis affärssystem, som kan bidra till en mer effektiv orderplockning genom att samla och bearbeta all data.

Det tredje lagersystemet är det automatiska lagersystemet, vilket innebär att orderplockaren byts ut av en robot (van den Berg & Zijm, 1999). Richards (2018) menar att realtidskommunikationen är avgörande för verksamheters konkurrenskraft idag. Ett automatiskt lagersystem som tillhandahåller realtidskommunikation är WMS.

2.3.1 Warehouse Management System

WMS är ett automatiskt lagersystem som syftar till att kontrollera produkter från den stund de anländer till lagret. Detta genom att registrera lagertransaktioner och kontrollera produkter under förflyttning och lagring. Implementering av WMS möjliggör lägre arbetskraftskostnader, kortare svarstider samt precision i större mån (Ramaa m.fl., 2012). Dessutom tillåter systemet att införa realtidsspårning, som enligt Richards (2018) blivit en nödvändighet för ett företags konkurrenskraft.

Ett WMS har många viktiga uppgifter och kan användas delvis såväl som fullständigt i lagret. Den primära uppgiften i mottagningsprocessen är att hitta den mest optimala platsen i lagret för respektive produkt (Ramaa m.fl., 2012).

2.3.1.1 Astro WMS

Enligt Consafe Logistics, Europas ledande leverantör av lagerhanteringslösningar, möjliggör ett WMS bland annat optimering av lagerpåfyllnad och orderplock, minskning av fel samt kontroll över processer i realtid. Consafe Logistics erbjuder flera olika WMS-system, där ett av dessa är Astro WMS. Systemet är standardiserat med möjlighet till tilläggsmoduler i syfte att anpassa det till verksamheten. Företag kan exempelvis addera AI-lösningar, såsom organisering av lagret och minimering av avstånd under orderplockningen. Consafe Logistics erbjuder även molnbaserade WMS-system, där ett är Astro WMS Cloud. Molntjänsten möjliggör ett system som varken kräver investeringar av nya servar eller programvarulicenser (Consafe Logistics, u.å., a; b; c; d). Detta då systemet hyrs av operatören som innehar molntjänsten och därmed ingår underhåll.

2.4 Den logistiska revolutionen

Logistiken har sitt ursprung i forna krigstider men har sedan 1960-talet anammats som ett begrepp för transportteknik, materialhantering och lagerstyrning (NE, e, u.å.). Företaget Toyota

i Japan utvecklade JIT på 1960-talet och i slutet av 1970-talet tog konceptet sig in på amerikanska och europeiska marknader (Crocker m.fl., 2012). Företagen studerade sina kostnader för att ta reda på vilka kostnader som kunde minimeras. Resultatet av studierna bidrog till att många företag valde att minska lagernivån i sina lager, vilket i sin tur ökade transportkostnaderna som en följd av ändrade leveranssätt från järnväg till lastbil (Johnston, 2014).

I mitten av 1960-talet implementerades det första systemet för självgående fordon med syftet att sammanlänka arbetsplatser. Fordonen följde elektroniska ledare på golvet från A till B där fordonen startade på signal vid startplatsen och stannade upp vid syn av stoppmarkören vid slutstation (Ullrich, 2015). På 1970-talet utvecklades systemet Automated Guided Vehicle (AGV), ett system som realiserar fordon att kunna transporteras utan förare (Crocker m.fl., 2012). De självgående fordonen kunde nu följa en tråd på golvet, infraröd strålning eller radiosignaler. Dessutom möjliggjorde den utvecklade tekniken snabbare bearbetning av data samt att fordon kunde anpassa sig till sin omgivning för att inte kollidera med andra fordon. AGV bidrog till en mer automatiserad lasthantering, då fordonen hade förmågan att backa och lossa gods (Ullrich, 2015).

Streckkoder, som finns på bland annat matvaror i livsmedelsbutiker, erhåller information som kan läsas via en skanner. Inom logistik har det sedan 1970-talet blivit allt viktigare att kunna identifiera gods och streckkoder har därför implementerats även inom industrier (ten Hompel & Schmidt, 2007). I början av 1980-talet utvecklades Electronic Data Interchange (EDI) som är ett sätt att sända information elektroniskt mellan köpare och säljare. Detta var av stor betydelse för logistikbranschen och medförde, efter några år, ställda krav på kunders användande av elektroniska beställningar från köpare (Fredholm, 2006).

Det blev mer förekommande att företag använde Enterprise Resource Planning (ERP), det vill säga affärssystem, med syfte att integrera avdelningar i företag. Genom att dela information med företagets alla avdelningar, syftar ERP till att förbättra produktiviteten i företaget (Beheshti & Beheshti, 2010). Systemet används för att få mer precisa prognoser, som i sin tur ska möjliggöra en minskning av lagernivåer (Johnston, 2014). Detta blev särskilt relevant i början av 1980-talet när företag började arbeta efter JIT (Rajagopalan & Malhotra, 2001).

I takt med globaliseringen blev det allt mer vanligt att företag outsourcade aktiviteter som skulle kunna utföras mer effektivt av andra företag (Jonsson & Mattsson, 2005). Konkurrensfördelar genererades av att producera och leverera produkter på kortare tid, vilket medförde en större önskan och möjlighet till innovation samt ett ökat intresse för ny teknologi (Bjørnland & Persson, 2003). Informationsteknologin växte fram under 1990-talet och bidrog till att tillverkningsföretags fokus hamnade på datoriserade system, bland annat i lagren (Jonsson & Mattsson, 2005). Från mitten av 1990-talet styrdes de självgående fordonen elektroniskt, det vill säga från en dator, samt till högre hastighet (Ullrich, 2015). Dessutom presenterades det nya begreppet Supply Chain Management (SCM), där fokus låg på att integrera alla aktörer i försörjningskedjan (Rushton m.fl., 2014).

På 2000-talet växte logistik ytterligare då det ansågs vara nyckeln till framgång. Logistik sågs inte längre som endast kostnader, utan snarare en möjlighet att leverera mervärde till kunder. (Rushton m.fl., 2014)

2.5 Industri 4.0

Framväxten av den fjärde industriella revolutionen, Industri 4.0, har påbörjats och kommer att öka de kommande åren. Utvecklingen av maskininlärning, automatisering, kommunikation mellan maskiner och Internet of Things (IoT) utgör grunden till Industri 4.0. Användning av enheter uppkopplade till internet genererar stora mängder data som sedan analyseras och omvandlas till information, vilket medför möjligheter att ta beslut baserat på data i realtid. Data kan även skickas mellan maskiner och robotar, vilket möjliggör samarbete utan mänsklig interaktion. (Dickson, 2017)

Industri 4.0 uppmanar integrering av hårdvara, mjukvara och människa. För att kunna uppfylla detta krävs fyra funktioner: 1) interoperabilitet, 2) öppenhet av information, 3) tekniskt bistånd och 4) decentraliserade beslut. De två sistnämnda innebär att användandet av intelligenta enheter ska underlätta beslutsfattande för att sedan låta automatiseringen ta besluten. (Kattepur, 2019)

Interoperabilitet är datorsystem eller mjukvarans förmåga att utbyta, förstå samt använda data och information mellan de olika enheterna. Interoperabilitet möjliggör konsolideringen av data från samtliga delar i kedjan, såsom processer, maskiner och människor. Detta möjliggör prognostisering av efterfrågan för ett autonomt lager baserat på informationen utifrån insamlad

data från hela försörjningskedjan, vilket även skapar möjlighet för beslutsfattande utifrån realtidsdata. Interoperabiliteten är nödvändig för att kunna utvinna information från data. Utan den är det rentav för tidskrävande att manuellt ta fram all data från olika källor för att sedan tolka rätt information. (Dickson, 2017)

Öppenhet av information handlar om att dela information med respektive aktör i försörjningskedjan. Informationen kan handla om bland annat transaktionsdetaljer och efterfrågan (Zhou & Zhu, 2010), exempelvis när en återförsäljare delar information om slutkundens efterfrågan till tillverkaren i försörjningskedjan. På så sätt ökar tillverkarens medvetenhet och riskerar inte att, i samma utsträckning, hamna i en bullwhip-effekt, där variationer i efterfrågan blir större desto längre bak i försörjningskedjan man rör sig (Yao & Dresner, 2008).

2.5.1 Internet of Things

En del av Industri 4.0 är IoT, som innebär att enheter är anslutna via internet. IoT möjliggör spårning, anpassning och flexibilitet hos enheter, vilket i sin tur minskar kostnader och risker (Chong m.fl., 2015). IoT kan dessutom minska tiden mellan att data samlas in och att verksamheten tar ett beslut, vilket gör att försörjningskedjor kan reagera på variation i realtid (Ben-Daya m.fl., 2017). Tekniken expanderade när kunder började kräva information om var produkter befinner sig och när de beräknas anlända, vilket innebar en ökad betydelse av realtidsdata och övervakning inom försörjningskedjan. Insamling av data gjordes via olika system med möjligheten att övervaka en enskild produkt och med hjälp av data kunde sedan informationen skickas ut till kunder. Nästa steg mot IoT var elektronisk miniatyrisering, som möjliggjorde kontroll av enheter på avstånd, exempelvis genom applikationer och Bluetooth (Ritz & Knaack, 2017).

Enligt Lee och Lee (2015) finns det fem huvudsakliga IoT-teknologier:

1) Radiofrekvensidentifiering (RFID) som med hjälp av radiovågor, en tagg och en läsare möjliggör spårning av produkter, överföring av information samt urskiljning av produkter.
2) Trådlöst sensornätverk (WSN) som består av enheter med sensorer för att möjliggöra övervakning och spårning av dess rörelse, plats och temperatur.
3) Mellanprogramvara, det vill säga ett mjukvarulager, som används för att kommunicera med sensorer och RFID-taggar.

4) Molntjänster som är plattformar via internet där bland annat nätverk, programvaror, applikationer, tjänster och datorer kan samverka. Molntjänster har stor betydelse för IoT som har genererat en oändlig mängd data.
5) IoT-applikationer som möjliggör interaktion mellan enheter sinsemellan samt mellan enheter och användare.

2.5.2 Robotisering

En robot är en maskin med syfte att efterlikna en människa. Roboten ska kunna röra sig som en människa genom att känna in omgivningen för att på så sätt lokalisera vart den befinner sig och vart den ska. Det är av stor vikt att roboten är medveten om att det finns objekt i rörelse och även objekt som alltid står still, trots att objekten kan antas röra sig i kameran när den rör sig närmare. En hylla som alltid står stilla i lagret programmeras in som bakgrund i roboten, medan andra maskiner och människor i rörelse ska spåras av roboten. Det kan vara komplext för en robot att skilja dessa från varandra samt att identifiera vilken hastighet en maskin eller människa rör sig i. Om roboten inte lyckas uppfatta den egna hastigheten, avståndet till ett annat objekt eller ett annats objekts hastighet, riskerar den att kollidera. Även om forskningen ständigt utvecklar roboten till att bli mer mänsklig, är roboten ännu inte lika intelligent som en människa. Varken roboten eller människan är felfria när det gäller avståndsbedömning, men till skillnad från roboten kan människan identifiera omgivningen den rör sig fram i. (Xue-Bo m.fl., 2018)

2.5.3 Artificiell Intelligens

Artificiell intelligens (AI) handlar om att förstå fenomenet bakom mänsklig intelligens för att skapa ett datorsystem med möjlighet att härma människan och dess beteendemönster för att skapa kunskap som är nödvändig för problemlösning. AI är automatiskt självlärande från tidigare erfarenheter och har därmed potential att överskrida fysiska samt intellektuella begränsningar som människor besitter, vilket leder till möjligheter att positivt påverka både produktivitet och prestation. Det finns många processer som kan förbättras inom ett lager med hjälp av AI, såsom att förstå och förutspå säljtrender, påfyllning av färdigvarulager samt förändringar i efterfrågan. I många fall har AI inte kunnat leverera den förväntade ökningen av produktivitet då ansvariga inte vet eller förstår hur man på bästa sätt ska integrera AI med de system som redan finns idag (Zhang m.fl., 2021). Ett exempel på hur AI kan användas i WMS är genom boxkalkylering, vilket innebär att varje försändelse optimeras genom att använda så lite utrymme som möjligt. Detta bidrar till att mindre luft fraktas vilket minskar transportkostnader (Consafe Logistics, e, u.å.).

2.6 Framtida lager

Det finns många trender som kan komma att förändra hur lager fungerar, dess storlek och form samt funktion och karaktär. Då markytan är begränsad men behovet av stora lager finns kommer således många lager att byggas på höjden vilket resulterar i att lager som är 50 meter eller högre kan bli norm. Höglager kräver automatiserad plockning på grund av säkerhetsskäl och automatisering bidrar till fördelar såsom effektivitet, noggrannhet samt färre gods som skadas och går sönder. Nackdelar med automatisering är dyra investeringar och minskad flexibilitet. (Zijm m.fl., 2019)

Som mycket annat idag drivs utvecklingen av ny teknik. En stor drivkraft till utvecklingen är tillväxten av e-handel och de krav på snabba leveranser som ställs av kunderna. Lager blir multifunktionella då många olika typer av gods måste hanteras, såsom pallgods till företag och enstaka artiklar till e-handelskunder. I flera storstäder runt om i världen byggs lager som är flera våningar höga med hög grad av automatisering för att säkerställa snabba leveranser utan att kostnaderna blir för höga. Lagerautomation fortsätter att växa världen över, där en bidragande faktor är höga lönekostnader. De dyra initiala kostnaderna som uppkommer i samband med lagerautomation kan för vissa företag tala emot implementering, då de saknar ekonomiska förutsättningar för det. Dessutom är en implementering svår för företag som har mycket styckplock i lager, då sådana produkter kräver mänsklig finmotorik. (Karlöf, 2020)

3. Metod

I detta avsnitt redogörs hur verkställandet av rapporten har gått till samt vilka metoder som använts. Metoderna har använts i syfte att på bästa sätt besvara studiens frågeställning.

3.1 Val av forskningsmetod

Till rapporten användes en kvalitativ metod i syfte att få djupare kunskap och tydligare helhetsbild av automatiseringens framväxt inom lager. Detta gjordes genom kvalitativa intervjuer och tolkande analyser. För att få ytterligare förståelse kring ämnet användes en fallstudie, där studiens empiri koncentrerades till kvalitativa intervjuer med ett företag som kommit långt inom lagerautomation. Detta för att studera en avgränsad grupp i dess processer samt hur dessa har förändrats över tid. Enligt Patel och Davidson (2019) är dessa tillvägagångssätt de mest fördelaktiga för en studie med avsikt att ge djup förståelse.

Bryman och Bell (2013) beskriver en longitudinell undersökning, där insamling av data sker under åtminstone två tillfällen i syfte att studera förändring över tid. I rapporten tillämpades en variant av longitudinell undersökning genom att istället utföra kvalitativa intervjuer med en långtidsanställd på det företag som studerats i empirin. Rapporten får därmed en återberättande upplevelse kring förändringar inom automatisering och lager från en anställd med lång branscherfarenhet.

3.2 Val av forskningsansats

Patel och Davidson (2019) presenterar tre ansatser för relationen mellan teori och empiri. Dessa ansatser är deduktion, induktion och abduktion. En deduktiv ansats innebär att slutsatser dras utifrån det teoretiska ramverket medan en induktiv ansats innebär att slutsatser dras utifrån studien som sedan läggs till som ny teori. En abduktiv ansats är en blandning av de båda och användes i denna rapport. Detta då rapporten grundas i tidigare forskning samtidigt som ny information har uppstått vid intervjuer som genomförts. Denna ansats användes för att öppna upp för flexibilitet och en mer genomgående studie.

3.3 Val av verksamhet och respondenter

Författarna växte upp under en tid som präglas av stor förändring och snabb teknikutveckling och har därmed fascinerats över hur tekniken har integrerats med samhället explosionsartat. Intresset för lagerautomation och studieobjektet väcktes först när författarna, i en kurs,

introducerades för verksamheten och dess tidiga implementering samt fortsatta utveckling av automatisering. Till följd av den snabba utvecklingen av både teknik och lagerautomation, såg författarna ämnet som betydelsefullt att studera i syfte att ge företag en inblick i hur framtida lager kan komma att se ut. Detta för att ge förståelse för om en implementering av lagerautomation anses ändamålsenlig, och i sådana fall i vilken utsträckning.

Valet av respondenter gjordes dels av studieobjektet själva, som introducerade författarna till en respondent med stor kunskap inom området som studien fokuserar på. De utomstående respondenterna valdes utifrån deras tidigare erfarenheter och forskning för att få fler perspektiv på framtida lager. En av respondenterna är universitetslektor och docent inom logistik och automation. En annan är VD på ett företag som levererar automationslösningar till lagerverksamheter fokuserat på paketsortering. Den tredje är partner och VD på ett konsultföretag med fokus på logistik och Supply Chain Management.

Respondent	**Tjänst**	**Datum för intervju**	**Intervjuplats**
Harri Tossavainen	Lagerchef, AVÅ	04 februari 2021 11 februari 2021 26 april 2021	Teams
Joakim Kembro	Universitetslektor & docent, Lund Uni.	05 maj 2021	Telefonsamtal
Pär Johansson	VD, Hanter Ingenjörsteknik AB	05 maj 2021	Mail
Anders Bartholin	Partner & VD, Langebæk Sverige	06 maj 2021	Mail

Tabell 1. Respondenter.

3.4 Insamling av information

Insamling av information genomfördes genom litteraturstudier och kvalitativa intervjuer. Genom strukturerade och semistrukturerade intervjuer via videosamtal i Teams, telefonsamtal samt mail samlades primärkällor till studien. Enligt Patel och Davidson (2019) är en primärkälla en förstahandskälla som samlats in från någon som varit involverad. Det kan exempelvis vara en återberättelse av en anställd på ett företag eller en författare av en bok där fakta publiceras för första gången. Alla källor som inte är primärkällor är sekundärkällor och samlades in genom litteraturstudier.

3.4.1 Kvalitativa intervjuer

De kvalitativa intervjuer som genomfördes var strukturerade och semistrukturerade. Med anledning av Covid-19 hölls inga intervjuer i person, utan endast online. Enligt Bryman och Bell (2011) kan intervjuer online antingen ske synkront eller asynkront. Synkron intervju innebär realtidskommunikation, exempelvis via telefon- eller videosamtal. Asynkron intervju innebär motsatsen, exempelvis via sms eller mail. En del av de kvalitativa intervjuerna som genomfördes var semistrukturerade, där forskarna av studien förberedde frågor, med möjlighet till relevanta följdfrågor under intervjuns gång. Dessa gjordes synkront via video- respektive telefonsamtal.

Inför den första intervjun med studieobjektets respondent skickades först intervjufrågorna via mail, med anledning att förbereda respondenten i syfte att generera mer fullkomlig information till studien. Under intervjun via videosamtal hade respondenten förberett svar och intervjupersonerna ställde följdfrågor. Inför telefonintervjun med en av de utomstående respondenterna förbereddes frågor för att skapa diskussion och respondenten fick tillgång till rapportens syfte i förväg för att få en inblick i vad frågorna skulle handla om. Resterande intervjuer som genomfördes var strukturerade, där forskarna av studien skickade få, förutbestämda och öppna frågor via mail till respektive respondent.

Valet av semistrukturerade intervjuer grundades dels i intervjupersonernas önskan om att genomföra en intervju som hålls öppen för följdfrågor och avstickare, dels i studieobjektets respondents önskan att kunna förbereda information innan intervjuns start. Dessutom anses semistrukturerade intervjuer vara fördelaktigt för att tillhandahålla mer information (Patel & Davidson, 2019). Valet av strukturerade intervjuer baserades på tidsbrist och en önskan att erhålla flera respondenters åsikter om framtida lager på kort tid.

Respektive respondent har blivit tillfrågad om det fanns en önskan att vara anonym i uppsatsen, men valde att frångå anonymitet. Författarna ansåg att en presentation av respektive respondent skulle bidra till legitimitet i studien.

3.4.1.1 Backcasting

I empirin användes planeringsmetoden Backcasting, som innebär framtagandet av en vision om framtiden för att sedan ta reda på vilka steg som krävs för att nå dit. Detta möjliggör

synliggörandet av utmaningarna som automatiseringen medför samt klargörandet för ytterligare forskning som krävs (DialogGuiden, 2020). Metoden användes för att få en tydligare bild av hur framtida lager kommer att se ut om 10 år och vilken teknologi som krävs för att nå dit.

3.4.2 Uppbyggnad av teoretisk referensram

Patel och Davidson (2019) presenterar en arbetsgång på sex steg som kan följas vid framtagandet av teori, där det första innebär förberedelser som grundar sig i studiens syfte och det andra innebär att hitta litteratur som ger en översikt av ämnet. Dessa steg följdes genom att, till en början, söka litteratur för att få en bättre förståelse för ämnet. Information om lager och automatisering, som är huvudfokus i rapporten, har delvis insamlats genom tidigare kurser via författarnas utbildning.

Det tredje och fjärde steget i arbetsgången handlar om att välja lämpliga sökverktyg för att sedan söka litteratur i dessa (Patel & Davidson, 2019). Litteratursökning gjordes via relevanta sökmotorer, exempelvis Google Scholar och Supersök via Göteborgs Universitetsbibliotek. Exempel på sökord som användes är “warehouse management system”, “industry 4.0”, “warehouse automation”, “future logistics”, “artificial intelligence” och “supply chain management”.

Det femte och sjätte steget handlar om vikten att vara kritisk i framtagandet av teorin. Detta genom att ifrågasätta vem som är författare av litteraturen och till vem den är riktad (Patel & Davidson, 2019). För rapportens tillförlitlighet användes vetenskaplig litteratur i största möjliga mån, gärna i form av tryckta böcker då dessa ofta beskriver teorier grundläggande och i sin helhet.

3.5 Studiens tillförlitlighet

3.5.1 Validitet

För att mäta tillförlitligheten på en studie med kvalitativ forskningsmetod diskuteras främst den externa validiteten. Med det menar Bryman och Bell (2013) hur väl studien kan generaliseras i andra kontexter. Studieobjektet har ett färdigvarulager som i största mån levererar gods på pall. De lagrar stora volymer med liknande egenskaper som inte är känsliga för temperaturskillnader, men ses ändå som relativt svårhanterligt då produkterna är både ömtåliga och tunga. Lagerverksamheter med andra förutsättningar har därmed annorlunda lagerhantering och kan

därför inte implementera likadana automationslösningar som studieobjektet. I studien analyseras lagerautomation som helhet, vilket förstärker den externa validiteten genom att ge företag möjligheten att själva ta beslut om de har förutsättningarna som krävs i dagsläget eller om det kan vara fördelaktigt att åtminstone automatisera delar av lagerverksamheten.

Det går att ifrågasätta om beslut som tagits och begränsningar som funnits har påverkat uppsatsen i någon bemärkelse. På grund av Covid-19 har ett besök hos studieobjektet inte kunnat ske. Detta hade gett författarna en tydligare bild av hur lagret hos fallföretaget faktiskt ser ut. Det är dock svårt att veta med säkerhet om detta hade haft någon betydelse för studiens resultat. I dagsläget har intervjuer skett med respondenter som har en positiv inställning till lagerautomation. Om en ytterligare intervju med en respondent som inte är lika entusiastisk hade skett, har författarna svårt att se en skillnad i studiens resultat. Detta då möjligheterna är detsamma.

3.5.2 Referenshantering

I rapporten sker källhänvisning baserat på Harvardsystemet. Enligt Bryman och Bell (2013) bidrar användning av systemet till att visa att författarna har god förståelse för att den teoretiska referensramen anpassas till den egna rapporten med utgångspunkt i tidigare forskning. Dessutom påvisas att det föreligger en god kunskap för ämnet.

4. Empiri

I detta kapitel kommer Absolut Vodka Åhus och dess lagerchef Harri Tossavainen att presenteras, där all information härstammar från intervjuer med respondenten. Därefter kommer lagerprocessen i företaget att beskrivas följt av automatiseringens framväxt samt framtidsplaner och -visioner inom Absolut Vodka Åhus. Vidare redogörs olika experters syn på framtida lager.

4.1 Absolut Vodka Åhus

4.1.1 Företagsbeskrivning och intervjuperson

AVÅ är en del av Pernod Ricards dotterbolag The Absolute Company. AVÅ producerar, lagerhåller och distribuerar diverse spritdrycker, såsom Absolut Vodka i olika smaker, Kahlúa och Malibu. The Absolut Company, tidigare Vin & Sprit AB, grundades år 1917 och har idag 504 anställda, varav 10 av dessa arbetar i lagret. Företaget exporterar produkter från Åhus till 135 länder, där marknaden i USA är den största och utgör en tredjedel. Förra räkenskapsåret omsatte företaget ca 5,85 miljarder SEK.

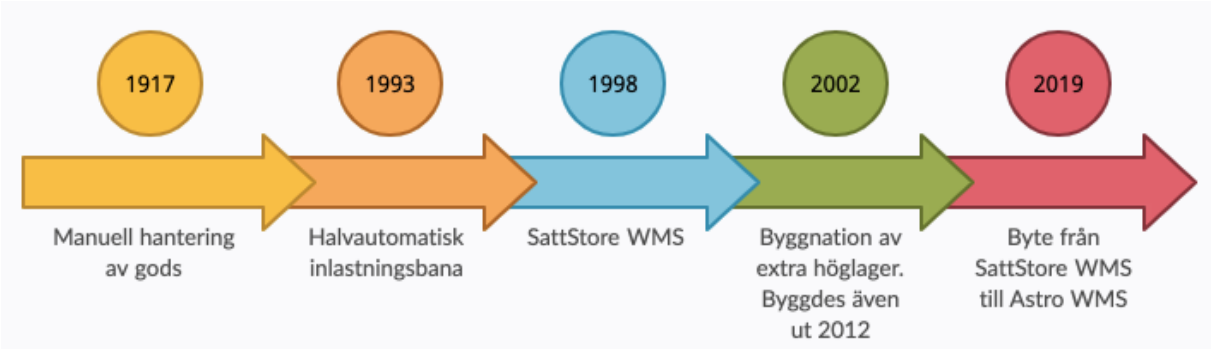
I 16 år har Harri Tossavainen varit anställd på AVÅ, där han har rollen som lagerchef. Han har som uppgift att utveckla och leda verksamheten i färdigvarulagret i Åhus. Rollen innebär bland annat att utveckla lagrets WMS, öka fyllnadsgraden i container och lastbil samt utveckla leveransförmågan. Han har tidigare erfarenheter kring lagerhållning, både som lagerchef, lagerarbetare och truckförare.

4.1.2 Lagerprocessen

Lagerprocessen i AVÅ består av fyra delar: 1) mottagning, 2) lagring, 3) orderplockning och 4) lastning. Den producerade pallen ankommer till lagret med skyttelbil från produktionen som ligger 2 kilometer bort. Vid mottagandet av gods verifieras respektive pall via en streckkod som automatiskt avläses med en skanner monterad på en inlastningsbana. WMS-systemet granskar vikten och att pallen innehåller rätt produkter. Dessutom kontrollerar systemet att godset inte ådragit sig skador samt att kartongerna på pallen står rakt och stabilt. När godset blivit godkänt, transporteras det till en ledig plats i ett av de två höglagren, med totalt 22 000 pallplatser. I höglagret bestämmer bansystemet vilken kran pallen ska till och därefter vilken plats som pallen ska stå på.

AVÅ producerar utifrån en JIT-strategi och har ett lager som räcker i endast tre veckor. När en order ska skickas, hämtas pallarna automatiskt enligt FIFO, det vill säga först in först ut, och ställs på lastplatsen. Samtidigt får föraren till containertrucken information om att ordern är på väg samt vilken container som ska användas och vilken utlastningsport den ska ställas på. När containern är på rätt plats får truckföraren klartecken att börja lasta. Från lastplatsen transporteras sedan pallen manuellt av truckföraren in i containern. Portarna vid utlastningen har skanners på både vägg och tak för att undvika att en pall lastas i fel container eller lastbil. När containern eller lastbilen lastats enligt order, kontrolleras godset och lastsäkras vid behov. Därefter stängs och plomberas containern för att sedan skickas iväg. Hela lastningsprocessen sker manuellt.

4.1.3 Automatiseringens framväxt



Bilaga 1. Tidslinje av automatiseringen på AVÅ

Fram till år 1993 hanterades lagret på AVÅ manuellt med papper och penna. Vid mottagandet av godset kontrollerades respektive pall manuellt. De fick själva ha koll på vart i lagret pallen kunde lagerhållas och även vilken pall som varit i lagret längst.

År 1993 installerades en inlastningsbana som automatiskt lossade pallar från den skyttelbil som transporterade godset från produktion till lager. När pallarna kommit in till lagret via inlastningsbanan, lyftes dessa ned manuellt för att sedan lagras på en golvyta. Pallarna hanterades med hjälp av en truckdator och en enklare databas. Dessutom användes skanner i truckterminaler med syftet att kunna verifiera pallen vid förflyttning, lagring och lastning av pall. Fem år senare installerades ytterligare en inlastningsbana samt SattStore WMS i lagret. Detta för att kunna möta en ökad efterfrågan och därmed ökad volym. Systemet hanterade förflyttningar i lagret med hjälp av ett bansystem samt transporten till och från höglagret. Då WMS-systemet var en del av ett affärssystem, kunde de med endast ett knapptryck sända

information till tull- och skattemyndighet att godset har skickats. Den andra inlastningsbanan kopplade ihop produktionen med höglagret medan WMS-systemet kopplade ihop lagret med utlastningsbanor. Detta möjliggjorde transport av pall genom lagret till utlastningsbanan utan manuell hantering av en människa. Systemet kontrollerade även respektive pall vid mottagandet från produktionen.

År 2002 byggdes det andra höglagret som, med hjälp av WMS-systemet, bidrog till en helautomatiserad lösning från produktion till lastning. Bansystem byggdes till med en extra inlastningsport samt tre utlastningsbanor för lastning av container och lastbil. Lastningen in i container och lastbil skedde fortfarande manuellt. Tio år senare byggdes ett av höglagren ut för att ännu en gång möta den ökade volymen. För att kunna få mer plats i lagret var AVÅ tvungna att bygga uppåt för att fortsatt ha möjlighet att vara placerade i Åhus Hamn.

För att kunna specificera och anpassa WMS-systemet till verksamheten, bytte AVÅ system från SattStore WMS till Astro WMS år 2019 för att förnya och modernisera sina lagerprocesser genom ett nytt system som har mer att erbjuda. Dessutom behövde AVÅ mer plats i sina lager och satsade därmed på höglager, vilket krävde en annan typ av automatisering. Systemet hanterar pallen hela vägen från skyttelbilen till utlastningsplatsen och har koll på produkterna genom hela försörjningskedjan, det vill säga från produktion till kund.

4.1.3.1 Risker med automatisering

Lagerautomation är inte helt riskfritt. Det måste finnas goda skäl och ekonomiska förutsättningar för att klara av de dyra initiala kostnaderna och driftkostnaderna, såsom support och underhåll, som automatiseringen medför. Automatiseringen kan dessutom bidra till minskad flexibilitet, då det är svårt att byta leverantör även om billigare alternativ finns. Detta då ett byte ofta innebär att företaget behöver byta ut all automatisering i lagerverksamheten.

4.1.4 Manuell hantering i lagret

AVÅ har idag ett automatiserat lager, där en pall kan gå genom respektive lagerprocess utan att behöva assistans av en människa. Det finns dock fortfarande delar av lagret som är i behov av den mänskliga faktorn. Största delen av det manuella arbetet sker är vid lastning i container och lastbil. Då olika länder har olika lagar vad gäller exempelvis containers vikt, anses det i dagsläget mycket svårt att lämna över arbetet till en maskin. I de fall containers inte går att fylla ut helt, måste dessa lastsäkras med “kuddar” för att upprätthålla godsets säkerhet.

I lagret krävs manuell kvalitetskontroll av pallar och dokument. Om systemet inte godkänner en pall vid mottagning, måste pallen kontrolleras manuellt. Dessutom måste dokument granskas innan de skickas till tull- och skatteverk. Lagerpersonalen tar även hand om felhantering, exempelvis om bansystemet skulle stanna. Planering av order, såsom kvantitet, tidpunkt och vikt, sker av lagerpersonal tillsammans med personal inom produktion.

4.1.5 Absolut Vodka Åhus syn på framtida lager

Det kommer att vara svårt att uppnå ett helautomatiskt lager, som inte är i behov av lagerpersonal i någon del av lagerprocessen, inom 10 år. Ett lager kan tillämpa helautomatiserade processer men det behövs fortfarande en människa för att hantera automatiseringen. Nästa steg för AVÅ mot ett helautomatiskt lager är utvecklingen av, det sista steget i lagerprocessen, lastningen. AVÅ planerar att inom de kommande åren införa en robot som på egen hand kan packa pallen utefter det utseende som önskas, såsom antalet kartonger. Detta för att kunna möta önskemål från kund samt minska arbetsuppgifter för truckföraren som endast behöver lasta pallen. AVÅ planerar även att införa en lastningsplatta för att automatisera lastningsprocessen. Detta innebär att pallarna ställs på utlastningsbanorna och transporteras sedan direkt på lastningsplattan. Därefter kan hela lastningsplattan köras in i containern, lossa pallarna och sedan dras ut igen. Containern är därmed färdiglastad och det enda som återstår innan leverans är att kontrollera, stänga och plombera containern.

I dagsläget används AI endast i affärssystemet på AVÅ. En vision är att arbeta mer med AI i WMS-systemet i framtiden, exempelvis genom att kontrollera order och felhanteringar. AVÅ använder inte RFID idag och har inga planer på att implementera tekniken. Då många exportländer inte använder tekniken, blir det heller inte fördelaktigt för AVÅ.

4.2 Utomstående experters syn på framtida lager

Joakim Kembro, lektor på Lunds universitet, har i flera år forskat på lager- och materialhantering och har på senare tid ägnat allt mer forskning åt lagerautomation och teknologi. Kembro spekulerar att det kommer att vara möjligt med helautomatiska lager om 10 år. Många företag har i dagsläget automatiserat upp till 80% men behöver människan för finmotoriken. Det finns en stor mängd teknologier som utvecklas och testas i lager. Med hjälp av AI kommer robotar kunna imitera den mänskliga handen, exempelvis genom att koppla ihop

AI-roboten med videoteknologi för att kunna samla in data i realtid och på så sätt lära sig hur människan hanterar uppgifter. Förutom autonoma robotar kan AI användas för att hantera en stor mängd information som sedan kan användas i beslutsfattande och godsplanering. Kembro nämner tidigare forskning om de tre D:n, det vill säga dirty, dull och dangerous. Med dirty menas arbetsuppgifter som på något sätt kan vara skadliga för människans hälsa, exempelvis farliga gaser. Dull innefattar arbetsuppgifter som kan upplevas oinspirerande, exempelvis repetitiva uppgifter, och dangerous är farliga arbetsuppgifter, exempelvis arbete på höga höjder. Dessa uppgifter prioriterar företag att automatisera.

Graden av automation, menar Kembro, beror på företagets förutsättningar, det vill säga om produkterna är lätt- eller svårhanterliga. Även om teknologin möjliggör helautomatiska lager om 10 år, kan det ta ett tag innan företag implementerar automatiseringen. Det är riskfyllt för företag att vara först med ny teknologi då det ännu inte är bevisat att innovationen fungerar väl. Dessutom kommer tekniken utvecklas och bli billigare efter att den varit på marknaden ett tag, enligt Kembro. Många företag undviker därför att vara först att implementera automatisering.

Hanter Ingenjörsteknik AB är en av Europas största leverantörer av materialhantering och rörpost. Företaget säljer automationslösningar för framförallt paketsortering och interna transporter via banor. Pär Johansson, VD på Hanter Ingenjörsteknik AB, anar ökad användning av AGV och mer automatiserade processer, i form av robotar, för kontinuerliga flöden. Robotarna kan med hjälp av AI göra orderplockningen helautomatisk och AI kan dessutom användas till optimering av emballage för att maximera fyllnadsgraden i sändningen genom att paketet tar så liten yta som möjligt. Minskad paketvolym bidrar i sin tur till minskat antal försändelser. AI kan även optimera lagret och bidra till intelligentare hantering av pall. Johansson räknar med en ökad användning av RFID i syfte att minska fel och säkerställa korrekta leveranser. Detta genom att RFID möjliggör verifiering på detaljnivå.

Anders Bartholin är partner och VD på Langebæks svenska filial, ett konsultföretag för logistik- och SCM-lösningar. Bartholin har lång erfarenhet inom bland annat logistik, SCM, lagerdesign och automation. Om 10 år tror han att helautomatiserad plockning, packning och sortering kommer att vara branschstandard för produkter med standardiserade mått och vikt. Han tror att automationslösningar för paket med oregelbundna mått och tung vikt fortsatt kommer att vara problematiskt, men tror ändå att en lösning kommer att utvecklas framgent. Dessutom kan färdigvarulager med olika leverantörer och många olika produkter ha svårt att automatisera

inlastningen. Godset som anländer kan ha diversifierade mått och vikt, vilket ökar komplexiteten att finna en standard. Bartholin menar att dagens komplexa automationslösningar i framtiden kommer att förenklas och främja införskaffandet av autonoma system hos lagerverksamheter som idag har manuell hantering.

5. Analys

I detta avsnitt analyseras sambanden mellan den teoretiska referensramen och empirin i syfte att kunna besvara studiens frågeställningar. Avsnittet delas upp i två delar där den ena är en analys kring lagerautomationens drivkrafter och den andra är en analys kring processen till ett helautomatiskt lager.

5.1 Lagerautomationens drivkrafter

5.1.1 Framväxten av Just-in-Time

På grund av konstant stigande lagerkostnader började det japanska företaget Toyota på 1960-talet studera interna kostnader för att minimera dessa. Enligt Johnston (2014) var deras lösning att minska inventariet. AVÅ arbetar enligt en JIT-strategi genom att försöka bibehålla så låg lagervolym som möjligt. Enligt Brewer m.fl. (2008) kräver JIT kontinuerlig kommunikation och att allt går som planerat. Automatisering möjliggör minskat pappersarbete, minskat antal fel samt snabbare processer. Enligt Rushton m.fl. (2014) är en nackdel med JIT ökandet av transporter, vilket i sin tur ökar kostnader. Detta kan motverkas med AI genom boxkalkylering, där respektive försändelse optimeras för att ta så lite utrymme som möjligt (Consafe Logistics, e, u.å.). Detta gör att respektive leverans har plats till mer gods, vilket i sin tur minskar behovet av antal transporter. Lagerverksamheter som arbetar utifrån en JIT-strategi kan med fördel automatisera sina processer för en billigare och mer effektiv lagerhantering med mindre antal defekter.

Målet med JIT är att eliminera slösande, vilket förklaras med hjälp av sju slöserier (Rushton m.fl., 2014). Automationslösningar hanterar några av dessa, såsom rörelse, onödig bearbetning, väntetid och defekter. Automatiseringen optimerar lagerprocesser genom att visa det mest effektiva sättet att hantera lagret på. Slöseriet av rörelse kan elimineras genom att enheter finner den kortaste vägen från en plats till en annan i syfte att slippa lägga energi på onödiga rörelser. Ett exempel hos AVÅ är kranen i höglagret som kan lyfta pallarna till den närmaste pallplatsen. Genom att endast göra det som är ändamålsenligt och nödvändigt, kan företag dessutom utesluta onödig bearbetning. Automatiseringen kan även optimera två beroende processer med varandra i syfte att ta bort stilleståndstiden och öka effektiviteten. Genom att byta ut manuell hantering mot automatiserad hantering minskas defekter, vilket även minskar slöseriet på råvaror och resurser. Detta då en defekt produkt antingen måste repareras eller göras om, vilket tar onödig tid och extra material.

5.1.2 Hantering av repetitiva uppgifter

På 1960-talet lanserades de första självgående fordonen. Fordonen startade på signal och följde elektroniska ledare monterade i golvet och tog sig från punkt A till punkt B där de stannade när fordonet anlänt vid stoppmarkören. Vägledningssystemet var väldigt simpelt då fordonen endast kunde följa en förutbestämd rutt. Denna teknik låg till grund för utvecklingen av AGV under 1970-talet. Till skillnad från tidigare möjliggjorde AGV att de självkörande fordonen kunde, förutom med ledare på golvet, navigeras med hjälp av infraröd strålning eller radiosignaler. Med den nya tekniken kunde kollisioner undvikas och fordonen kunde backa samt lossa gods (Ullrich, 2015). Systemet liknar den inlastningsbana som automatiskt lossade pallar från skyttelbilarna som användes på AVÅ från år 1993. Kembro menar att företag gärna automatiserar repetitiva uppgifter, som att lossa pallar från skyttelbilen. Vid ökad volym kan företag välja mellan två alternativ, där det ena är att öka mantimmar och det andra är att öka effektivitet genom automatisering. AVÅ valde att automatisera lossningen av pallar i syfte att applicera arbetskraften på andra processer i lagret. Automatiseringen av repetitiva arbetsuppgifter kan därmed vara en anledning till den eventuella ökning av AGV som Johansson förutspår.

Orderplockningen är tidskrävande och innehåller många repetitiva uppgifter. Enligt Rushton m.fl. (2014) är orderplockningen även den process i lagret som genererar högst kostnad, vilket är ytterligare en anledning för lagerhållningsverksamheter att automatisera lagret. Detta för att spara in på kostnader och arbetskraft.

5.1.3 Ökat behov av datadelning

Streckkoder har sedan 1970-talet varit en branschstandard inom logistik och underlättar identifiering av gods (ten Hompel & Schmidt, 2007). Med hjälp av införandet av en enklare databas och skanning av streckkoder, krävdes inte längre manuell identifiering och anteckning av gods på AVÅ. Inventionen av EDI under 1980-talet möjliggjorde elektronisk sändning av information (Fredholm, 2006). Tillsammans med streckkoder blev det genomförbart att spåra sändningar, vilket idag ställs som krav från kunder. Tekniken utgör därmed en viktig del i respektive del av försörjningskedjan.

Framväxten av ERP tillät företag att dela information mellan avdelningar. Syftet med detta var att förbättra produktiviteten genom bättre prognostisering, vilket i sin tur leder till minskning

av lagerinventariet (Behesti & Behesti, 2010; Johnston, 2014). När AVÅ implementerade sitt första WMS år 1998 blev det en del av affärssystemet, vilket tillät sändning av information till tull- och skattemyndighet med endast ett knapptryck. WMS-systemet bidrog till att AVÅ kunde transportera pallar genom hela höglagret utan mänsklig hantering samt att systemet utförde en kvalitetskontroll på respektive pall.

5.1.4 Krav på snabba leveranser

Ökade lönekostnader i västvärlden bidrog till globalisering och, för de företag som inte outsourcade sina processer, implementeringen av automationslösningar. För att ha möjlighet att konkurrera med lågkostnadsländer var företagen tvungna att producera och leverera gods på kortare tid (Bjørnland & Persson, 2003). Under 1990-talet växte informationsteknologin fram, vilket var en ytterligare orsak till ökningen av digitaliserade lager (Jonsson & Mattsson, 2005). AVÅ började redan år 1993 att automatisera delar av lagerprocessen, vilket skedde i ett tidigt stadie för branschen.

Då kunder ställer krav på snabba leveranser, byggs nu fler lager i storstäder för att minska avståndet till kunderna. På grund av dyr markyta byggs dessa lager på höjden, antingen med flera våningar eller med höga pallställ, för att kunna erbjuda snabba leveranser utan att kostnaderna blir för dyra. Höglager behöver av säkerhetsskäl automatiserade processer, såsom kranar, för att inte riskera skador hos lagerpersonal (Zijm m.fl., 2019).

5.2 Processen till ett helautomatiskt lager

5.2.1 Industri 4.0

Industri 4.0 har möjliggjort uppkopplade enheter som genererar stora mängder data i realtid (Dickson, 2017). Dessa enheter kan skicka data mellan varandra, vilket öppnar upp för samarbete utan mänsklig interaktion. Genom interoperabilitet och öppenhet av information kan hela försörjningskedjan dela realtidsdata sinsemellan, i syfte att det autonoma lagret ska få den information som behövs (Dickson, 2017; Zhou & Zhu, 2010). Utvecklingen av tekniken inom Industri 4.0 bidrar till stora möjligheter för lagerverksamheter. Genom att enheter kan sända information mellan varandra, lära sig av erfarenheter och av varandra, kan dessa bli automatiska istället för automatiserade. Med det menas att processer kan fungera helt utan mänsklig interaktion.

5.2.1.1 Internet of Things

IoT är en stor del av Industri 4.0 som många företag med lagerverksamhet redan börjat implementera i sina processer. IoT innebär att enheter är anslutna via internet, vilket möjliggör spårning, anpassning och flexibilitet (Chong m.fl., 2015). Tekniken krävs för att uppfylla kunders krav om information och spårning av produkter (Ritz & Knaack, 2017).

Den lastningsplatta som AVÅ undersöker ska automatisera lastningsprocessen genom att placera pallarna från utlastningsbanorna direkt på lastningsplattan för att sedan köra in i containern och lossa pallarna. Eftersom hela lastningen sker i ett moment blir lastningen tidseffektiv och går att förbereda i förväg. Lastningsplattan har, till skillnad från containern, varken tak eller väggar vilket underlättar lastningen genom möjligheten att fylla lastningsplattan så högt och brett som en container tillåter. En container med tak och väggar gör det svårare att lasta till en hög fyllnadsgrad då dessa begränsar lastningen. För ett företag med hög volym som AVÅ, kommer den ökade fyllnadsgraden minska antalet containrar som skickas varje år. För att göra processen automatisk krävs interoperabilitet, då utlastningsbanan ska kunna kommunicera med lastningsplattan (Dickson, 2017). Den kommunikation som krävs kan vara lokalisering av lastningsplattan, information om hur många pallar som ska lastas samt klartecken när lastningsplattan är redo att köras in i containern och lossa pallarna. Lastningsplattan är utrustad med sensorer som tack vare IoT kan övervaka och spåra dess rörelse och plats i syfte att lokalisera vart i containern den befinner sig, för att köra godset ända in i containern utan att skada den (Lee & Lee, 2015).

En av de fem huvudsakliga IoT-teknologierna är RFID, enligt Lee och Lee (2015). RFID gör det möjligt att spåra produkter, överföra information och urskilja produkter. Johansson anar att denna teknik kommer att öka inom de kommande 10 åren. AVÅ använder inte tekniken i dagsläget och har inga planer på att implementera den. Om den ökade användningen av RFID blir ett faktum, synnerligen i andra länder, kan det antas att det blir av värde även för AVÅ. Detta då RFID kan samla mer information än en vanlig streckkod samt har möjlighet att verifiera enskilda produkter och följa dem genom hela försörjningskedjan i syfte att minska fel och säkerställa korrekta leveranser, enligt Johansson. Utvecklingen av RFID kan bidra till ett lägre pris, vilket i sin tur leder till expansion av tekniken.

Ytterligare en av de fem IoT-teknologierna är molntjänster, som via internet integrerar applikationer, tjänster och datorer (Lee & Lee, 2015). Molntjänster innebär att man kan komma

åt enheter och system från avstånd med endast internetuppkoppling. Consafe Logistics erbjuder molnbaserade WMS-system för att underlätta serverunderhåll och minimera kostnader kring uppdateringar (Consafe Logistics, d, u.å.). AVÅ har ett WMS som inte är molnbaserat, vilket kan vara en anledning till de dyra initiala kostnaderna och driftkostnaderna som Tossavainen beskriver. Det kan därmed vara fördelaktigt för ett företag att investera i ett molnbaserat system för att minska kostnader längre fram.

5.2.1.2 Robotisering

En robot är en maskin med syfte att efterlikna en människa genom att röra sig, lokalisera sig och veta vart den ska ta vägen. En robot kan, med hjälp av sensorer, röra sig i ett lager och automatiskt plocka, lasta och lossa pallar (Xue-Bo m.fl., 2018). I ett höglager är det ett krav att ha automatisering, då det är farligt för människan att plocka pallar från hög höjd (Zijm m.fl., 2019). Därför har AVÅ en robotkran som hämtar pallen från inlastningsbanan och placerar pallen i höglagret. Med hjälp av WMS-systemet får kranen information om vilken ledig plats pallen ska till och placerar sedan pallen automatiskt på platsen. För att en robot ska kunna röra sig i ett lager med andra enheter och människor i rörelse krävs att robotens sensorer kan uppfatta om ett objekt står stilla eller rör sig (Xue-Bo m.fl., 2018). Stillastående objekt, såsom pallställ och inlastningsbana, kan programmeras in som bakgrund i robotkranen.

När det gäller lastningen på AVÅ är arbetet mer komplext. Där kan en AI-baserad robot vara fördelaktig, då den kan lära av sig själv, förstå och anamma att exempelvis olika länder har olika lagar och sedan lasta containern efter det (Zhang m.fl., 2021). Genom att koppla ihop AI-roboten med videoteknologi kan roboten samla in data i realtid, menar Kembro. Med hjälp av tekniken kan roboten göra en bedömning av en container som inte är utfylld och lastsäkra med "kuddar".

5.2.1.3 Artificiell Intelligens

För att möjliggöra helautomatiska lager krävs AI, enligt Kembro. AVÅ har kommit långt i automatiseringen, men är fortfarande i behov av människor på lagret. AI kan automatisera lastning och kvalitetskontroll på AVÅ med hjälp av en AI-robot med videoteknologi som, enligt Kembro, kan samla in realtidsdata och på så sätt lära sig hur människan lastsäkrar godset. Finmotoriken hos robotar kan i dagsläget inte imitera den mänskliga handen, men Kembro menar att teknologin utvecklas konstant, vilket kommer att resultera i framtida robotar som efterliknar människans rörelser.

Implementering av AI i WMS kan automatisera lagerhantering och planering av ordrar. Detta genom att systemet kan förstå och förutspå säljtrender, påfyllning av färdigvarulager samt förändring i efterfrågan (Zhang m.fl., 2021). Utvecklingen av AI kommer att möjliggöra helautomatiska lager utan mänsklig interaktion.

5.2.2 Framtida lager

Bartholin förutsätter en förenkling av dagens komplexa automationslösningar i framtiden, vilket han tror kommer att främja implementering av automatisering för lagerverksamheter som helt saknar autonoma system idag. En simplifiering av automatiseringen innebär att företag får enklare att förstå den, vilket i sin tur kan skapa ökad tillit till den. Ny teknologi uppfattas ofta som komplex vid lansering, särskilt AI, men ju längre den funnits på marknaden desto bättre förståelse får företagen för den. Det kan därmed vara svårt för företag att förstå AI och dess förmåga att lära sig själv, vilket kan hämma implementeringstakten av dessa lösningar hos lagerverksamheter.

Bartholin tror att helautomatiserad plockning, packning och sortering kommer att vara branschstandard för produkter med standardmått om 10 år. Även Johansson förutspår mer automatiserade processer, i form av robotar, inom tidsperioden. Kembro anser att det är sannolikt att teknologin för helautomatiska lager kommer att vara tillgänglig inom de kommande 10 åren, men menar att det beror på hur mottagliga lagerhållningsföretagen är för ny teknik. Graden av automation beror på företagets förutsättningar.

Karlöf (2019) påstår att implementering kan vara problematiskt för företag med mycket styckplock, då det är för svårt för robotar idag. Bartholin tror att automationslösningar för gods med oregelbundna mått fortsatt kommer att vara komplext, även om han tror att en lösning kommer att utvecklas framgent. Dessa företag kan automatisera delar av, men inte hela, sin lagerprocess i dagsläget, påpekar Kembro. Företag som hanterar helpall och har homogena produkter i storlek och hantering har bättre förutsättningar för att automatisera hela sin lagerprocess då teknologin redan finns för lätthanterligt gods, menar Kembro. Många företag saknar dessvärre förutsättningar till de dyra investeringar som krävs för att implementera och underhålla systemen, uttrycker Tossavainen.

6. Slutsats

I det avslutande kapitlet besvaras uppsatsens två frågeställningar genom att redogöra för lagerautomationens drivkrafter och framtida helautomatiska lager. Dessa lyder:

- *Vilka drivkrafter motiverar tillverkande företag att implementera automationslösningar i färdigvarulager?*
- *Vad krävs för att uppnå visionen om ett helautomatiskt lager om 10 år?*

6.1 Drivkrafter för lagerautomation

Framväxten av lagerautomation grundas i ökade lager- och arbetskraftskostnader samt ökad efterfrågan. Genom att arbeta enligt en JIT-strategi kan företag minska kostnader genom att tillverka tillräckligt men aldrig mer än nödvändigt. Med hjälp av lagerautomation effektiviseras processen samtidigt som defekter minskar, exempelvis genom att eliminera onödiga rörelser i lagret och minska den mänskliga faktorn som ibland kan leda till fel. Lagerautomation, med hjälp av AI, kan även bidra till optimerade processer, genom exempelvis boxkalkylering för att försändelser ska ta så lite utrymme som möjligt.

För att konkurrera med lågkostnadsländer och andra företag på marknaden, är det av stor vikt att kunna leverera snabba och spårbara sändningar till slutkunder. Till följd av detta har företag flyttat tillbaka lager närmare stadskärnan för att snabbare nå fler kunder, vilket har ökat antalet höglager. För att inte riskera säkerheten för de anställda, bör lagret automatiseras. Förutom automatisering av farliga arbetsuppgifter, är det även vanligt och en stor drivkraft att automatisera skadliga och repetitiva arbetsuppgifter. Detta görs av säkerhetsskäl samt för att kunna applicera arbetskraften på mer krävande processer i verksamheten.

6.2 Framtida helautomatiska lager

I dagsläget är det möjligt att ha ett helautomatiskt lager, men endast under specifika förhållanden. Det krävs att företaget har lätthanterligt gods, investeringskapital och moment som upprepas exakt. Detta är en verksamhetsbeskrivning som endast passar in på ett fåtal företag och lösningen är därmed långt ifrån möjlig som branschstandard idag. Det är svårt att automatisera moment som inte är repetitiva där gods skiljer i egenskaper, såsom volym, form och vikt, då varierande uppgifter är för komplext för en robot att hantera.

Tekniken för IoT existerar och brukas idag, vilket tillåter realtidsdata som är ett krav för att robotar ska kunna anpassas med andra enheter och människor för att undvika kollision. Genom interoperabilitet möjliggör IoT robotar att samverka i symbios i syfte att gods ska hanteras vid rätt tidpunkt. Teknologin som saknas för att uppnå ett helautomatiskt lager i dagsläget är främst finmotoriken i robotar, vilket krävs för att kunna utföra moment som plockning, packning samt emballering av styckplock och svårhanterligt gods. Detta kommer, i framtiden, att uppnås i samband med den fortsatta utvecklingen av AI. Om 10 år förväntas teknologin ha kommit en bit på vägen, men det är svårt att med säkerhet veta när robotar kan ersätta människans samtliga arbetsuppgifter.

För ett helautomatiskt lager krävs påtagliga investeringar, då endast en robot inte är tillräcklig för att hantera hela lagret. Det krävs automationslösningar i form av både hårdvara, såsom kran, bana och lastningsplatta, samt mjukvara, såsom WMS, ERP och molntjänst. Implementering av automatisering i hela lagerprocessen innebär därmed enorma investeringar och driftkostnader. När teknologi har funnits på marknaden under en längre tid, minskas ofta priset och företag blir mer mottagliga för implementering. Dessutom får företagen mer förståelse, vilket skapar tillit till tekniken. Företag undviker gärna att vara först vid implementering av ny teknik, då effekten av automatiseringen ännu inte är bevisad.

Det är tydligt att beslutet av implementering av automationslösningar för företag är en komplex process som kräver grundlig planering. Det är många faktorer som bör analyseras då ett projekt av denna magnitud kan få förödande konsekvenser för företaget om det behandlas felaktigt.

6.3 Förslag till framtida forskning

Studien har visat den komplexitet som uppstår gällande lagerautomation och olika typer av lager. Författarna har studerat ett väletablerat företag med stora volymer samt gods som är ömtåligt och tungt men hanteras i liknande storlek och form. Då det framkommit av studien att processer med svårhanterligt gods är komplicerat att automatisera är det av stort intresse för vidare forskning av lagerautomation för företag med andra förutsättningar. Detta gäller företag med varierande gods, mindre volymer och annan lagertyp, såsom råvarulager. Dessutom kan en mer heltäckande bild av lagerautomation ges vid forskning av flera olika lagerverksamheter i syfte att jämföra dessa.

Referenser

Beheshti, H.M. & Beheshti, C.M. (2010). Improving productivity and firm performance with enterprise resource planning. *Enterprise Information Systems* 4(4): 445-472, 21 oktober.

Ben-Daya, M., Hassini, E. & Bahroun, Z. (2017). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research* 57(15-16): 4719-4742, 1 augusti.

Bjørnland, D. & Persson, G. (2003). *Logistik för konkurrenskraft: Ett ledaransvar*. Malmö: Liber Ekonomi. Tredje upplagan.

Brewer, A. M., Button, K. J. & Hensher, D. A. (2008). *Handbook of logistics and supply chain management*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited. Tredje upplagan.

Bryman, A. & Bell, E. (2013). *Företagsekonomiska forskningsmetoder*. Stockholm: Liber. Andra upplagan.

Chong, A.Y.L., Ngai, E.W.T. & Zhou, L. (2015). Supply chain management in the era of the internet of things. *International Journal of Production Economics* 159: 1-3, januari.

Consafe Logistics [a] (u.å.). *Om oss.* Hämtad 2021-05-17, från https://www.consafelogistics.com/se/om-oss/

Consafe Logistics [b] (u.å.). *WMS - Warehouse Management System.* Hämtad 2021-05-17, från https://www.consafelogistics.com/se/losningar/wms/

Consafe Logistics [c] (u.å.). *Tilläggsmoduler.* Hämtad 2021-05-17, från https://www.consafelogistics.com/se/losningar/wms/tillaggsmoduler/

Consafe Logistics [d] (u.å.). *Astro WMS Cloud*. Hämtad 2021-05-17, från https://www.consafelogistics.com/se/losningar/astro-wms-cloud/

Consafe Logistics [e] (u.å.). *Artificiell Intelligens*. Hämtad 2021-05-07, från https://www.consafelogistics.com/se/artificiell-intelligens/

Cox, S.R. (2015). The successful implementation of supply chain management technology initiatives: Technological readiness as a key indicator. *Electronic Theses and Dissertations*, 11 december.

Dean, J. & Sharfman, M. (1996). Does decision process matter? A study of strategic decision-making effectiveness. *Academy of Management Journal* 39(2): 368-396, april.

De Koster, R., Le-Duc, T. & Roodbergen, K.J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research* 182(2): 481-501, 16 oktober.

DialogGuiden (2020). *Backcasting*. Hämtad 2021-04-29, från https://www.dialogguiden.se/2003

Dickson, Y. (2017). Industry 4.0: Interoperability what is it and why should you care? *Supply Chain Asia*, 1 juli.

Frazelle, E. (2015). *World-class warehousing and material handling.* New York: McGraw-Hill Education. Andra upplagan.

Fredholm, P. (2006). *Elektroniska affärer - Status och trender 2006*. Stockholm: Nätverket för Elektroniska Affärer (NEA). Första upplagan.

Johansson, C. & Fagerström, J. (2005). Framtida produktion: Produktion för konkurrenskraft - Panelrapport. *Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA)*, april.

Johnston, A. (2014). Trends in retail inventory performance: 1982–2017. *Operations Management Research* 7(3): 86–98, 17 juni.

Jonsson, P. & Mattsson, S.A. (2005). *Logistik: Läran om effektiva materialflöden*. Lund: Studentlitteratur. Lund: Studentlitteratur. Första upplagan.

Karlöf, S. (2020). Fyra trender formar framtidens lager. *Supply Chain Effect*, 9 april.

Kattepur, A. (2019). Workflow composition and analysis in industry 4.0 warehouse automation. *IET Collaborative Intelligent Manufacturing* 1(3): 78-89, 19 september.

Lamb, F. (2013). *Industrial automation: Hands-on.* New York: McGraw-Hill Education. Första upplagan.

Lee, I. & Lee, K. (2015). The internet of things (IoT): Applications, investments, and challenges of enterprises. *Business Horizons* 58(4): 431-440, juli.

Naish, S. & Baker, P. (2004). Materials handling: Fulfilling the promises. *Logistics & Transport Focus*, 1 januari.

Nationalencyklopedin [NE, a] (u.å.). *Automatisering*. Tillgänglig: 2021-04-13, från https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/automatisering

Nationalencyklopedin [NE, b] (u.å.). *Vin & Sprit AB*. Tillgänglig: 2021-04-21, från https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/vin-sprit-ab

Nationalencyklopedin [NE, c] (u.å.). *Pernod Ricard S.A*. Tillgänglig: 2021-04-21, från https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/pernod-ricard-sa

Nationalencyklopedin [NE, d] (u.å.). *Lager*. Tillgänglig 2021-04-21, från http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/lager-(2)

Nationalencyklopedin [NE, e] (u.å.). *Logistik*. Tillgänglig 2021-05-06, från https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/logistik

Omdia (2019). *Warehousing and logistics robots.* Hämtad 2021-04-05, från https://omdia.tech.informa.com/OM011988/Warehousing-and-Logistics-Robots

Patel, R. & Davidson, B (2019). *Forskningsmetodikens grunder - Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund: Studentlitteratur. Femte upplagan.

Rajagopalan, S. & Malhotra, A. (2001). Have U.S. manufacturing inventories really decreased? An empirical study. *Manufacturing & Service Operations Management* 3(1): 14-24, 1 januari.

Ramaa, A., Subramanya, K.N. & Rangaswamy, T.M. (2012). Impact of warehouse management system in a supply chain. *International Journal of Computer Applications* 54 (1), september.

Richards, G. (2018). *Warehouse management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse.* London: Kogan Page Limited. Tredje upplagan.

Ritz, J. & Knaack, Z. (2017). Internet of things. *Technology & Engineering Teacher* 76(6): 28-33, 1 mars.

Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., van Houtum, G.J., Mantel, R. & Zijm, W. (2000). Warehouse design and control: A framework and a literature review. *European Journal of Operational Research* 122(3): 515-533, 1 maj.

Rushton, A., Croucher, P. & Baker, P. (2014). *The handbook of logistics & distribution management*. London: Kogan Page Limited. Femte upplagan.

Schöning, H. (2018). Industry 4.0. De Gruyter Oldenbourg, *IT - Information Technology* 60(3): 121–123, 28 juni.

Storhagen, N. G. (2018). *Logistik: grunder och möjligheter*. Malmö: Liber. Femte upplagan.

ten Hompel, M. & Schmidt, T. (2007). *Warehouse management: Automation and organisation of warehouse and order picking systems*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Första upplagan.

Ullrich, G. (2015). *Automated guided vehicle systems: A primer with practical applications*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Första upplagan.

Van den Berg, J.P. & Zijm, W.H.M. (1999). Models for warehouse management: Classification and examples. *International Journal of Production Economics* 59(1-3): 519-528, mars.

Wild, T. (2018). *Best practice in inventory management.* New York: Routledge. Tredje upplagan.

Xue-Bo, J., Ting-Li, S., Yu-Ting, B. & Dou, C. (2018). State-of-the-art mobile intelligence: Enabling robots to move like humans by estimating mobility with artificial intelligence. *Applied Sciences* 8(3): 379, 5 mars.

Yao, Y. & Dresner, M. (2008). The inventory value of information sharing, continuous replenishment, and vendor-managed inventory. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 44(3): 361-378, maj.

Zhang, D., Pee, L.G. & Cui, L. (2021). Artificial intelligence in E-commerce fulfillment: A case study of resource orchestration at Alibaba's Smart Warehouse, *International Journal of Information Management* 57(4), april.

Zhou, Z. & Zhu, K. (2010). The effects of information transparency on suppliers, manufacturers, and consumers in online markets. *Marketing Science* 29(6): 1125-1137, 29 juli.

Zijm, H., Klumpp, M., Regattieri & A., Heragu, S. (2019) *Operations, Logistics and Supply Chain Management*. Cham: Springer Nature Switzerland AG. Första upplagan.

Bilagor

Bilaga 1. Intervjufrågor Absolut Vodka Åhus

Respondenten

1. Vilken roll har du på AVÅ?
    - Hur länge har du haft den?
    - Vad innefattar rollen för arbetsuppgifter?
2. Hur lång branscherfarenhet har du?
    - Inom vilka roller?

Produktion

3. Hur stor andel av produkterna levereras till Sverige och hur stor andel exporteras till andra länder?
4. Är det stor eller liten variation på efterfrågan?
5. Hur hög är maxkapaciteten på produktionen?
6. Hur är fyllnadsgraden på in- och utleveranser?
7. Vad skulle hända vid ett avbrott i produktionen?

Lager

8. Används någon typ av Auto-ID för att ha koll på lagervolymen?
    - Om ja, vilken?
    - Har ni funderat på att implementera någon annan typ av Auto-ID?
9. Hur många pallplatsen har ni på respektive lager?
10. Hur mycket kan lastas i varje container?
    - Hur hög fyllnadsgrad är möjligt för er att lasta?
11. Hur har hantering av lager sett ut historiskt sett?
    - Vilka funktioner finns i det standardiserade WMS-systemet som används idag?
12. Hur går processen till för att ta fram tillägg som ska anpassas till WMS-systemet?
13. Vilken var anledningen till investeringen i WMS-systemet?
    - Vad har det gett för nytta hittills?
14. Vilka delar av WMS-systemet har användning av AI?
15. Vilken del av lagerprocessen är automatiserad i dagsläget?
    - När automatiserades delarna?

    - Varför automatiserade ni en del först?
16. Vad har lagerpersonalen för arbetsuppgifter i dagsläget?
    - Hur kommer de att förändras i framtiden?
17. Vad är det som krävs för att få ett helautomatiskt lager?
    - Inom vilken tidsram?
18. Hur kommer framtida lager (om 10 år) se ut?

Övrigt

19. Hur transporteras den färdiga produkten till slutkund?
20. Finns det några framtida visioner för lagerautomation?

Bilaga 2. Intervjufrågor resterande respondenter

1. Hur tror du att framtida färdigvarulager kommer att se ut om 10 år?
    - Vilka delar kommer att vara automatiserade och i vilken utsträckning?
2. Vilken teknologi krävs för att ta nästa steg i automatiseringen av färdigvarulager?
    - Vilken teknologi kommer att bidra till den största förändringen inom lagerautomation?
3. I vilka delar av lagerprocessen kan AI användas för att effektivisera färdigvarulager?