

## Warehousing automatisering: Wel doen, of toch maar niet?

Brink, Hans; van Duin, Ron; Lenselink, Irma; Bosma, Bart; Verduijn, Thierry

**Publication date**

2019

**Document Version**

Final published version

**Published in**

Logitiek+, tijdschrift voor toegepaste logistiek

**Citation (APA)**

Brink, H., van Duin, R., Lenselink, I., Bosma, B., & Verduijn, T. (2019). Warehousing automatisering: Wel doen, of toch maar niet? *Logitiek+, tijdschrift voor toegepaste logistiek*, 8, 132-155. Article 9.

**Important note**

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

**Takedown policy**

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.



De logistieke praktijk kent een groot verschil tussen hightech warehouses en de 'conventionele' warehouses.

# Warehousing automatisering: Wel doen, of toch maar niet?

**Hans Brink en Ron van Duin**

Hogeschool Rotterdam, TU Delft,  
KenniscDC Logistiek Rotterdam

**Irma Lenselink**

BUas, KenniscDC Logistiek Brabant

**Bart Bosma en Thierry Verduijn**

Hogeschool Zeeland, KenniscDC Logistiek Zeeland

## SAMENVATTING

Warehouseautomatisering bestaat al sinds jaar en dag. Er zijn echter ook nog steeds 'conventionele' warehouses te vinden waar in de afgelopen decennia ogenschijnlijk niet veel veranderd is ten aanzien van automatisering. De logistieke praktijk kent dus een groot verschil tussen hightech warehouses en de 'conventionele' warehouses.

133

Allerlei aspecten versterken of remmen nut of noodzaak voor automatisering. Hoe kunnen bedrijven hier nu mee omgaan? In het onderzoek warehouseautomatisering is een eerste versie van toegepast denkkader opgezet dat bedrijven kan helpen inzicht te geven in de diversiteit aan aspecten bij de rationele keuze voor transitie naar een 'hoger' automatiseringsniveau. Het denkkader is vanuit de theorie opgesteld en toegepast op een zestal cases.

Het kader start met de aanleiding vanuit de bedrijfscontext als aanleiding voor doelgericht veranderen en de potentiële rol van automatisering daarbinnen. Een tweede groep van aspecten richt zich op het zelfbeeld van het huidige automatiseringsniveau. Is hier potentie voor automatisering? Vanuit deze twee groepen volgt de transitievraag: Is transitie daadwerkelijk wenselijk? Binnen deze groep staat het ontwerpen van een business case centraal.

In het algemeen bestaat binnen elke case een beeld van de noodzaak tot automatisering, maar de (actieve) vertaling richting aanpassingen in het warehouse is divers net zoals de onderbouwing. Specifiek inzicht in de huidige en gewenste situatie en een goed uitgewerkte businesscase is noodzakelijk.

## Kennisgeving

Dit project is mede mogelijk gemaakt door financiering vanuit het KennisDC logistiek. Zie voor meer informatie <https://www.kennisdcllogistiek.nl>.

## Introductie

Warehouseautomatisering bestaat al sinds jaar en dag. De Koster (2018) geeft aan dat de eerste geautomatiseerde highbay warehouses vijftig jaar geleden zijn geïntroduceerd en dat de ontwikkelingen daarna snel zijn gegaan. Momenteel zijn er diverse (grote) spelers te vinden die automatisering vergaand doorgevoerd hebben of een geautomatiseerd magazijn aan het bouwen zijn. Bekende voorbeelden zijn te vinden onder de distributiecentra (DC's) in de supermarktsector<sup>1</sup>. Er zijn echter ook nog steeds 'conventionele' warehouses te vinden waar in de afgelopen decennia ogenschijnlijk niet veel veranderd is ten aanzien van automatisering. In 2007 noemde de Aberdeen groep de automatiseringsgraad in warehouses vrij laag (Hobkirk & O'Neill, 2007). Breder getrokken naar automatisering refereert Bonkenburg (2016) aan een onderzoek waaruit bleek dat 80% van de 'huidige' warehouses te zien zijn als handmatig, 15% als gemechaniseerd en 5% als geautomatiseerd. De logistieke praktijk kent dus een groot verschil tussen hightech warehouses en de 'conventionele' warehouses. Verder kan men momenteel ook een enorme groei in warehouses waarnemen en interessant daarbij op welke manier men inhoud geeft aan de automatisering, waardoor de actualiteit voor dit onderwerp sterk is gegroeid.

Er zijn diverse aspecten die de (verdere) noodzaak tot automatisering beïnvloeden. Te denken valt aan het aantal orders per dag, de kosten en beschikbare Fte's of andere aspecten zoals de sector. Neem bijvoorbeeld het orderpickproces. Hier liggen kansen om voordelen te halen door de invoering van automatiseringsoplossingen. Het is een arbeidsintensieve activiteit met grote impact op de logistieke kosten<sup>2</sup> in een warehouse en op de servicelevelprestatie (Marchet, Melacini, & Perotti, 2011). Het daadwerkelijk ontwerpen van orderpicksystemen hangt echter af van een breed spectrum van externe en interne factoren die invloed op ontwerpkeuzes hebben (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen,

---

<sup>1</sup> Denk aan de DC's van Spar (de Weerd, 2018) of Jumbo (de Weerd, 2018).

<sup>2</sup> Zo worden de kosten ingeschat op 55% van de totale operationele warehousingkosten (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007).

2007)<sup>3</sup>. Daarnaast zijn er vele verschillende opties die het moeilijk maken om de juiste orderpickoplossing te kiezen (Dallari, Marchet, & Melacini, 2009). Het keuzeproces voor orderpicksystemen en de vraag of automatisering daarbinnen wenselijk is, is niet zo eenvoudig en dan gaat het in dit voorbeeld over maar één van de warehouseactiviteiten. Allerlei aspecten versterken of remmen nut of noodzaak voor automatisering. Om te bepalen of bedrijven een bewuste en rationele afweging maken bij het automatiseren van warehousingactiviteiten hebben de Hogeschool Rotterdam, HZ University of Applied Sciences en Breda University of Applied Sciences een verkennend onderzoek uitgevoerd. Als onderzoeksvraag staat centraal: *Welke aspecten stimuleren een rationeel besluit over het (verder) automatiseren van warehouseprocessen?* Het doel van dit onderzoek is om inzicht te verschaffen of er binnen een sector of marktsegment een relatie bestaat tussen de mate van automatisering en de logistieke keuzeaspecten. In het onderzoek is aan de hand van literatuur een denkmodel uitgewerkt dat bedrijven kan ondersteunen in het besluit om te automatiseren. Parallel daaraan is verkend hoe zes bedrijven in de praktijk met deze aspecten omgaan. Het betreft hier bedrijven met de volgende kenmerken<sup>4</sup>:

**Tabel 1** Geselecteerde bedrijven

<b>Case 1</b>	Logistiek dienstverlener met c.a. 23.000m <sup>2</sup> opslag bestaande uit palletstellingen (ongeveer 15.000 stellinglocaties) en blok/bulklocaties
<b>Case 2</b>	Logistiek dienstverlener met meerdere warehouses, afgebakend naar een klant in de automotivesector met c.a. 4.500m <sup>2</sup> opslag en 18.000 SKU's
<b>Case 3</b>	Logistiek dienstverlener met meerdere warehouses, het bezochte magazijn was 60.000m <sup>2</sup> groot, geïnterviewden hadden ook zicht op meerdere warehouses
<b>Case 4</b>	Productiebedrijf van materialen voor de bouwsector met een grondstoffenmagazijn met c.a. 2.300 palletplaatsen en daarnaast nog andere opslagtechnieken (doorrolstellingen).
<b>Case 5</b>	productiebedrijf van voedingsmiddelen met een magazijn gereed product van c.a. 2.000 palletplaatsen bij de productielocatie en 200.000 palletplaatsen in het centrale distributiecentrum
<b>Case 6</b>	Handelsorganisatie met een kleingoodmagazijn van c.a. 16.000m <sup>2</sup> welke beschikt over een geautomatiseerd kleingoodmagazijn waar plek is voor c.a. 45.000 producten.

<sup>3</sup> Ze beschrijven onder andere klantvraag, voorraadniveaus en de economie als voorbeelden van externe factor en zaken als systeemkarakteristieken en de organisatie als voorbeelden van interne factoren (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007).

<sup>4</sup> Zie bijlage

Tot slot zijn ook evofenedex, TLN, VNO-NCW Brabant Zeeland, Rewin en de Erasmus Universiteit geraadpleegd om hun visie op het onderwerp mee te nemen.

In dit artikel, dat is gebaseerd op een uitgebreid onderzoeksrapport<sup>5</sup>, zal eerst worden ingegaan op de drie groepen van aspecten die invloed hebben op de genoemde automatiseringskeuzes. Daarna gaat het artikel per groep in op zowel theorie als praktijk aan de hand van de bevindingen uit de zes cases. Het artikel sluit af met bevindingen en ideeën voor vervolgonderzoek.

### Doelgericht veranderen en drie groepen van aspecten

Bedrijven die rationele keuzes maken ten aanzien van automatiseren kunnen een cyclus van doelgericht veranderen doorlopen. Deze cyclus<sup>6</sup> start met de een urgentievraagstuk. Is er een probleem en dus aanleiding om te verbeteren? De logische volgende stap is: hoe moeten knelpunten worden aangepakt en welke rol kan automatisering daarbinnen spelen? Dan volgt het daadwerkelijk invoeren en tot slot het evalueren en kan de cyclus opnieuw starten<sup>7</sup>. Er zijn diverse aspecten die als stimuli kunnen dienen om de cyclus van doelgericht veranderen te doorlopen en waarbij automatisering als optie voor verbetering wordt meegenomen. Er zijn drie groepen van aspecten door het projectteam gedefinieerd<sup>8</sup>:

- **Groep 1 Aanleiding automatisering:** In deze groep constateert het bedrijf dat er een aanleiding of urgentie is om processen aan te passen of te verbeteren. Dat kan de aanleiding zijn om verder te automatiseren. De focus ligt hier op aspecten vanuit een de externe omgeving<sup>9</sup>.
- **Groep 2 Automatiseringsniveau huidige situatie:** De vraag is of een bedrijf inzicht heeft in het huidige automatiseringsniveau (zelfreflectie) en of ze dit inzicht gebruikt om na te denken over potentiële transitie.
- **Groep 3 Transitie:** In groep 3 staat de vraag centraal of (verdere) automatisering daadwerkelijk een optie is.

Tabel 2 geeft een overzicht van de aspecten die in de komende paragrafen, zowel in theorie als in praktijk aan bod komen. De praktijkbevindingen uit de zes cases zijn in de tekstkaders te vinden<sup>10</sup>

<sup>5</sup> Geïnteresseerden kunnen dit rapport ontvangen door het sturen van een email aan: [brijt@hr.nl](mailto:brijt@hr.nl), onder vermelding van het onderwerp: rapport warehouseautomatisering of via het KennisDC logistiek: Zie <https://www.kennisdclogistiek.nl>. In het rapport is o.a. de onderzoekopbouw toegelicht en is een uitgebreide uitwerking van de cases te vinden.

<sup>6</sup> Gebaseerd op (Leen & Mertens, 2017)

<sup>7</sup> Naast deze volgtijdelijke aanpak kan bijvoorbeeld ook gekozen worden voor een meer IST-SOLL aanpak, waarbij er een gewenste situatie wordt beschreven en deze te vergelijken met de huidige situatie. Uzonwanne (2016) vat samen hoe deze aanpak eruitziet als rationeel keuzeproces.

<sup>8</sup> Op basis van brainstormsessies met het projectteam en een voorverkenning in de literatuur. Tijdens de uitvoering van de verdiepende literatuurstudie zijn uiteindelijk de definitieve aspecten vastgesteld.

<sup>9</sup> Urgentie vanuit operationele redenen zijn meegenomen in groep 3.

<sup>10</sup> Voor een volledig beeld wordt verwezen naar de achtergrondrapportage.

**Tabel 2** Aspecten in besluitvorming over warehouseautomatisering

---

### Groep 1. Aanleiding automatisering

- Trends en ontwikkeling
- Positionering van het bedrijf in de keten
- Sector- en marktkenmerken
- Strategie en de logistieke focus van het bedrijf

---

### Groep 2. Automatiseringsniveau huidige situatie

- Automatisering van de fysieke (goederen)stroom
- Automatisering van de planning besturing
- Automatisering van de logistieke ICT
- De personele organisatie en automatisering

---

### Groep 3. Transitie

- Kennis
  - Transities
  - Reflectie
- 

### Groep 1: Aanleiding automatisering

Groep 1 gaat in op aspecten vanuit de externe omgeving van de warehousefunctie van een bedrijf die de behoefte of wens om warehouseprocessen te automatiseren oproepen.

#### **a. Trends en ontwikkelingen als drijfveer: bijhouden en vertalen is noodzakelijk**

Er zijn verschillende (generieke) trends die warehouses en de bijhorende processen raken. Men kan hierbij denken aan ontwikkelingen binnen e-commerce, omni-channel, kortere levertijden, stijgende klanteneisen (Kindt & van der Meulen, 2016) of het toenemende tekort aan personeel in de logistieke sector (de Weerd, logistiek.nl, 2018). Deze trends en ontwikkelingen hebben gevolgen voor de inrichting van een warehouse. Voor de toekomst zien Kindt & van der Meulen (2016) bijvoorbeeld een toenemende rol weggelegd voor mechaniserings- en automatiseringsopties zoals AGV's en goederen in het warehouse die met elkaar 'kunnen communiceren' via Internet. DHL verwacht een grote impact van robotisering op de logistieke wereld (Bonkenburg, 2016). Uit een literatuurscan uitgevoerd door De Koster et al. (2017) blijkt dat er steeds meer aandacht is voor nieuwe geautomatiseerde technologieën, zoals zeer hoge-dichtheid opslagsystemen. Technologische ontwikkelingen waardoor (verdere) automatisering mogelijk is bij het warehouseontwerp bieden ondersteuning bij het omgaan met de trends en ontwikkelingen, of zoals McCrea aangeeft in een blog 'Technology is

providing at least some relief' (McCrea, 2019). Bedrijven moeten wel openstaan voor de marktsignalen en de verbanden en dit vertalen naar kansen en ideeën voor het bedrijf (Kindt & van der Meulen, 2016).

### *Grote diversiteit aan trends en ontwikkelingen en een grote diversiteit aan reacties*

Over het algemeen hebben alle geïnterviewden een beeld van de impact van de bedrijfscontext op de automatiseringsvraag. De manier waarop bedrijven ermee omgaan verschilt echter sterk per case: van de signalering dat er stappen nodig zijn, naar een bedrijf dat weet wat de impact is van de trends en ontwikkelingen op de bedrijfsvoering en werkt aan de vertaling daarvan, tot en met een organisatie die al gereageerd heeft op trends en ontwikkelingen en dit continu doet.

De cases geven een grote diversiteit aan trends en ontwikkelingen aan welke impact hebben op de warehouseprocessen en de automatiseringsbehoefte. Het varieert van levertijdverkorting, wet- en regelgeving en steeds verder toenemende diversiteit aan klantenwensen.

138

De manier waarop de bedrijven dit vertalen naar automatiseringsbehoefte is ook divers: Tijdens twee interviews werd aangegeven dat de inzet van meer mensen in het warehouse niet de oplossing was voor het omgaan met de grotere diversiteit aan klantenwensen. Automatisering van de workflow biedt hier volgens de geïnterviewden kansen. Bij de drie logistiek dienstverleners kwam naar voren dat zij door de ontwikkelingen aan klantzijde de processen anders moeten inrichten. Dit vertaalt zich in de noodzaak voor meer geautomatiseerde (deel)oplossingen in de goederenstroom en informatietechnologie. Als knelpunt wordt aangegeven dat de waan van de dag een belemmering is voor het nadenken over de vraag wat de impact is van de trends en ontwikkelingen op het bedrijf en het warehouse.

#### **b. Positionering van het bedrijf in de keten: verder kijken dan de muren van het magazijn**

Garlund & Wiktorsson (2014) halen in hun artikel aan dat automatisering in specifieke logistieke gebieden in bedrijven vaak wordt gebruikt. Ze wijzen bijvoorbeeld op automatic storage and retrieval systemen in grote warehouses. Bij warehouseautomatisering kan echter verder worden gedacht dan alleen 'binnen de vier muren' van het warehouse door ook te kijken naar het verbeteren van de totale supply chain tot en met het aanbieden van nieuwe diensten zoals snellere leveringen en het rendabeler maken van e-fulfilment (Welch, Jacobsen, Mercier, & Souza, 2012). Daarom stellen Veeramani et al. (2012) dat DC-automatisering gezien moet worden vanuit een supplychain optimalisatie/integratie context.



### **Kijk intern naar andere functies**

In aanvulling op de theorie blijkt in de verkennende casestudies dat het niet verstandig is warehouseautomatisering los te zien van andere logistieke functies. Bij drie cases werd duidelijk dat het afbakenen naar warehouseautomatisering te beperkend was. In één van de cases staat bijvoorbeeld een palletizerrobot en wordt dit beschouwd als productieautomatisering terwijl dit net zo goed onder warehouseautomatisering zou kunnen vallen. In twee andere cases kwam de wisselwerking tussen transport(planning) en het warehouse naar voren.

### **Goede relatie tussen ketenpartijen als vertrekpunt**

De plaats van de drie logistiek dienstverleners binnen de keten leidt tot specifieke uitdagingen: Automatisering van de besturing heeft alleen zin wanneer de klant betrouwbare, volledige en tijdige informatie aanlevert. Eén van de geïnterviewden stelt daarbij: "Een goede relatie met de klant om samen te werken aan efficiencyverbeteringen is het beste uitgangspunt."

## **c. Sector- en marktkenmerken: iedere sector eigen uitdagingen maar ook eigen kansen; automatisering als enabler**

*"Although many industry sectors face the same challenges with regard to their in-house material flow, their strategies and solutions are incredibly diverse".* Dit stelt de leverancier van warehouse oplossingen SSI-schaefer (2019). Naast de sector waarin een organisatie zich bevindt, zijn ook concurrentieverhoudingen van invloed op de noodzaak om te automatiseren en kan automatisering een concurrentievoorsprong opleveren. Automatisering van de interne logistiek is een 'enabler' om het algehele concurrentievermogen van een organisatie te vergroten (Granlund. & Wiktorsson, 2014).

### **De concurrentie en automatisering**

Een van de bedrijven geeft aan dat de concurrentie niet stil zit. Ze moeten zelf daarom nog een slag gaan maken, mede op het vlak van automatisering. In een andere case is logistiek een hygiënefactor in de sector en biedt de concurrent dezelfde prestatie. Het bedrijf vervult deze factor mede door een vergaand gemechaniseerd en geautomatiseerd magazijn.

### **Impact van contractduur op automatiseringsopties bij de drie logistiek dienstverleners**

Bij de drie cases van de dienstverleners viel de cruciale rol van de klant op: Bij een kortere contractduur is een businesscase voor (volledige) automatisering minder snel haalbaar. Hierdoor zullen de dienstverleners sneller investeren in automatisering van 'subprocessen', waarbij de oplossing voor meerdere klanten interessant is. Eén van de dienstverleners zoekt zelfs klanten die passen bij de automatiseringsoplossing.

**d. Strategie en de logistieke focus van het bedrijf: sturend voor de (her)inrichting**

De doelstellingen van het warehouse dienen strak aan te sluiten bij de bedrijfsdoelstellingen (Lapide, 2014). Het logistieke concept toont duidelijk de relaties tussen de strategie van het bedrijf, de doelstellingen en de gerelateerde structuur van de goederenstroom (Ploos van Amstel, 2014). Een concreet voorbeeld van de samenhang tussen de strategie en automatisering in de vorm van een WMS, geeft Faber (2015): *“When logistics is considered a main differentiator, a tailor-made WMS is the preferred solution (...) However, when a low-cost strategy is pursued even by a complex warehouse, a standard WMS is an obvious solution”*.

Bij het ontwerpen van een (geautomatiseerd) magazijn dient dan ook rekening te worden gehouden met strategische vraagstukken. Dubey en Veeramani (2017) onderscheiden in hun ontwerp kader voor geautomatiseerde magazijnen bijvoorbeeld strategische vraagstukken gerelateerd aan het ontwerpen van geautomatiseerde magazijnen, de keuze van de technologie en evaluatie van de prestaties van het systeem. Zij starten vanuit de bedrijfsstrategie en de supplychainstrategie en nemen zaken als groeiplannen, klantvraag en het concurrentielandschap mee in het kader.

**Kwaliteitsdoelen, efficiencydoelen, foutreductie en automatisering**

Case 6 heeft een vergaand gemechaniseerde en geautomatiseerde warehouseoplossing. Dit heeft bijgedragen aan het verbeteren van de levertijd als onderdeel van haar kwaliteitsdoelen. Eén van de bedrijven haalt de efficiencydoelstelling aan die worden meegenomen in de afweging of het nieuw te bouwen magazijn geautomatiseerd moet worden, in welke mate en op welke gebieden. Een ander genoemd voorbeeld is het doel om fouten te reduceren en de rol die automatisering van de workflow daarbij kan spelen.

**Groep 2: automatiseringsniveau huidige situatie**

In de vorige paragraaf stond de urgentie voor automatisering centraal vanuit omgevingsontwikkelingen en de potentiële rol van warehouseautomatisering daarbinnen. Het huidige niveau van automatisering kan voor een bedrijf ook een stimulus zijn om na te gaan denken over doelgerichte veranderingen. Maar wat is dan het huidige niveau van automatisering? Om deze vraag te verkennen is een geïntegreerd model opgesteld. Dit model onderkent vier niveaus van automatisering: conventioneel, procesondersteunend, deels geautomatiseerd en volledig geautomatiseerd. In het model worden de niveaus toegepast op vijf elementen welke zijn afgeleid van het integraal logistiek concept (Visser & Van Goor, 2015)<sup>11</sup>. Het doel van het model is *niet* om een oordeel te vellen, maar om bedrijven bewust te maken van de stappen die in automatisering gezet kunnen worden. Een hoger automatiseringsniveau is géén synoniem voor een beter of meer volwassen

<sup>11</sup> Met betrekking tot de elementen: Strategie en doelstelling is besproken bij groep 1. KPI's zijn niet meegenomen in het onderzoek

magazijn. Het is een duiding van de feitelijke situatie. Tabel 3 geeft het geïntegreerde model<sup>12</sup> weer inclusief de positionering van de zes cases.

**Tabel 3** Overzicht van het geïntegreerde model en positionering van de zes cases<sup>12</sup>

Niveau Onderdelen van automatisering	1. Conventioneel	2. Handmatig ondersteund	3. Deel-auto- matisering	4. Volledig automatisch
a. Fysieke goederenstroom	1,2,4,5	3	6	6
b. Planning en besturing	1,2,4,5	4	3,6	6
c. Logistieke ICT	1,2,4	1,4,5	3,6	6
d. Personele organisatie (operationeel)	1,4	1,2,4,5,6	3	3
e. Personele organisatie (support)	4	1,2,4	1,3,5,6	6

#### a. Automatisering van de fysiek goederenstroom: van Man to Goods naar Goods to Man

141

De structuur van de goederenstroom heeft betrekking op de fysieke stroom van de goederen in het magazijn.

- Vier van de zes cases bevinden zich op *conventioneel* niveau. Dit wil zeggen dat bij deze bedrijven de inrichting bijvoorbeeld bestaat uit blokstapelning en palletstellingen en dat er 'traditionele' hulpmiddelen als pallettrucks en heftrucks ingezet worden. Bij het picken is er sprake van 'Man to Goods'.
- Case 3<sup>13</sup> is een voorbeeld van *handmatig ondersteund*. Er is gekozen voor oplossingen zoals conveyors ter ondersteuning van de handmatige processen.
- Case 6 is hier een voorbeeld van *deelautomatisering*. Dit warehouse heeft een vergaand geautomatiseerd magazijn: Voor de slow en medium movers is dit volledig 'Goods to Man' en voor de fast movers deels 'Goods to Man'. Niet alleen de goederen gaan hierbij naar de picker toe, ook de orderverzamelbox gaat automatisch naar de verzamelaar en wordt na afloop automatisch gesloten. Uiteindelijk palletiseert een robot de orders.
- In case 6 gaat de integratie van de oplossingen zo ver dat de case ook elementen van *volledige automatisering* omvat. Het menselijk handelen en denken is op dit niveau in de structuur van de goederenstroom afwezig.

<sup>12</sup> Voor de verdere uitwerking van de niveaus en de onderdelen zijn naast de bronnen voor de onderdelen en de niveaus de volgende bronnen gebruikt: (Pontius, 2019), (Supply chain services, 2015), (Granlund, 2011), (F. Curtis Barry & Company, z.d.), (Varsha, 2018), (Banker, 2009), (Dölling & Larrson, 2016), (Frazelle, 2016) en (Mantey, n.d.).

<sup>13</sup> Dit bedrijf beschikt over meerdere warehouses met diverse inrichtingsvormen.

**b. Automatisering van planning en besturing: van papier tot volledig automatisch**

Het gaat hierbij om de wijze waarop de primaire processen worden aangestuurd en bewaakt. De centrale vraag die hierbij gesteld kan worden is: wie geeft de impuls tot een transactie in de keten en welke planningsactiviteiten en keuzemomenten vinden vervolgens plaats? Ook hier zijn vier niveaus herkenbaar. Tussen de cases is er iets meer diversiteit te vinden qua niveaus van automatisering ten opzichte van automatisering in de goederenstroom.

- Drie cases gaan uit van *conventionele* planning en besturing. Hierbij staat ervaringsplanning en -besturing centraal en gaat men uit van de ervaring van en keuzes door de medewerkers zelf bij bijvoorbeeld ontvangstplanning, goederenallocatiekeuzes of interne verhuizingen.
- In case 4 zijn *besturingsondersteunende* technieken (zoals een ontvangstplanning) aanwezig en wordt gestuurd vanuit de productie(planning).
- Case 3 en case 6 zitten op het niveau van *deelautomatisering*. Deelautomatisering slaat op de inzet van automatisering voor optimalisatie van de taakuitvoering in de warehouseprocessen. In de cases is dit o.a. terug te vinden in locatiebepaling door een WMS en 'pick-to-light' oplossingen.
- In case 6 zijn daarnaast elementen van *volledige automatisering* te vinden. De diverse opslagoplossingen worden aangestuurd door warehouse control systems (WCS) die de opslagoplossingen, zoals de doorrolstellingen, aansturen en ervoor zorgen dat deze automatisch worden aangevuld zodra dat nodig is.

142

**c. Automatisering logistieke ICT: hoe 'automatisch' vindt de data-uitwisseling plaats?**

De logistieke ICT heeft betrekking op het verzamelen, verwerken en doorvoeren van informatie en de daarbij gebruikte informatietechnologie. De spreiding onder de cases qua automatisering hiervan is weer groter dan bij het vorige onderdeel.

- Drie bedrijven zien het niveau *conventioneel* als dominant. Dit niveau slaat op communicatie via 'papier', gebruik van ad-hocoverlegmomenten en inzet van bijvoorbeeld kantoorautomatisering.
- Bij *handmatig ondersteund* wordt er ondersteunende ICT ingezet zoals bijvoorbeeld een registrerend WMS of scanoplossingen voor registratie. Dergelijke oplossingen zijn in drie cases te vinden.
- Bij *deelautomatisering* is het 'denken' nog meer overgenomen door bijvoorbeeld het (sturende) WMS en zijn (delen van) datastromen gedigitaliseerd. Bij Case 3 is bijvoorbeeld een sturend WMS aanwezig.
- Bij *volledige automatisering* is de logistieke ICT volledig geautomatiseerd en zijn informatiesystemen geïntegreerd met de automatisering van de fysieke stroom. Case 6 gaat richting *volledig automatisch*. De klantenorder, waarvan 60% elektronisch binnenkomt, gaat via het Enterprise Resource Planning pakket (ERP) naar het Warehouse

Management Systeem (WMS) die op zijn beurt weer gekoppeld is aan het WCS. Het WMS geeft ook de informatie door aan het planningssysteem waarin de ritten worden samengesteld.

**d. Personele organisatie: de rol van operatie**

De mate van automatisering van de vorige onderdelen hangt samen met de personele organisatie in de zin van taken en verantwoordelijkheden.

- Op *conventioneel niveau* is de operationeel medewerker degene die de keuzes maakt en is de medewerker relatief autonoom.
- Bij het niveau *handmatig ondersteund* maakt een medewerker op de werkvloer keuzes met ondersteuning van een systeem.
- Qua operationeel personeel bevinden alle cases, op case 3 na, zich tussen niveau één en twee, wat wil zeggen dat het personeel op de werkvloer veel autonomie heeft en zelf keuzes maakt.
- Bij *Deelautomatisering* stuurt een systeem de processen aan en maakt daarbij keuzes voor bijvoorbeeld optimale locatiebepaling of voor het picken van producten in het warehouse. Case 6 valt in dit kader op. Het warehouse uit deze case is vergaand geautomatiseerd, waarbij verwacht zou worden dat de autonomie van het operationele personeel beperkt is. Het operationele personeel zou dan volgens verwachting passen bij het niveau van deelautomatisering, waarbij bijvoorbeeld een sturend WMS de keuzes maakt voor het operationele personeel. Het bedrijf geeft aan dat dit klopt voor bijvoorbeeld de orderpickers in haar proces, maar niet voor de teamleiders, zij hebben nog steeds zelf keuzeruimte.

143

**e. Personele organisatie: de rol van support**

Met 'Personeel (support)' wordt het personeel bedoeld dat wordt ingezet voor de instandhouding en beheer van de automatiseringsoplossing en optimalisatie.

- De personele organisatie qua support loopt in de cases redelijk in de pas met de niveaus van automatisering in de fysieke stroom, besturing en planning en de logistieke ICT. De kennis en ervaring ten aanzien van supportmedewerkers voor automatiseringsoplossingen is niet of beperkt nodig als de inrichting ook *conventioneel* is.
- In het geval van *handmatig ondersteunde* automatisering in een of meerdere van de genoemde gebieden zal er wel personeel met (beperkte) kennis op het vlak van warehouseautomatisering aanwezig zijn, gericht op beheer en/of aanpak van problemen bij de automatiseringsoplossingen. Case 1, 2 en 4 passen bij conventioneel en/of handmatig ondersteund.
- Case 1 valt in dit kader wel op. Dit bedrijf heeft nieuwe mensen aangenomen met geavanceerde kennis op het gebied van warehouseautomatisering en de inzet daarvan voor procesverbetering en daardoor heeft de personele organisatie (support) kenmerken van deelautomatisering.

- Bij *volledige automatisering* is het aantal Fte's op de werkvloer beperkt tot volledig afwezig. Support is cruciaal, kennisontwikkeling en –behoud op het gebied van ontwerp en management van warehouses staat hier centraal. Dit is bijvoorbeeld terug te zien in case 6 met het geautomatiseerde magazijn, waarbij dergelijk support noodzakelijk is maar ook de trigger kan zijn voor verdere verbeteringen.

### **Zelfreflectie**

Bij twee van de interviews is expliciet door de respondenten aangegeven dat door de categorisering van de eigen warehousesituatie inzichten worden verkregen in de eigen situatie en het aanzet tot nadenken.

### **Inschatting geïnterviewden en interviewer grotendeels gelijk**

Aan de geïnterviewden is gevraagd om het eigen automatiseringsniveau in te schatten aan de hand van de opgestelde matrix. Parallel daaraan heeft de interviewer ook een eigen inschatting gemaakt van het automatiseringsniveau. Hieruit komt naar voren dat de inschatting gemaakt door de geïnterviewden past bij de inschatting zoals gemaakt door de interviewers.

144

### **Scores op de tussengroepen door bedrijven en personele organisatie vraagt om aandacht**

Wat opvalt is dat een aantal bedrijven aangeeft dat ze 'tussen' een groep scoren (lees: op een rij twee niveaus afdekken). Twee geïnterviewden merkten op dat bij de personele organisatie er ook een splitsing is te maken tussen support op de werkvloer (lees: degene die de taken toedelen/teamleiders e.d.) en de centrale supportafdeling.

### **Samenhang tussen onderdelen en niveaus**

De niveaus tussen de onderdelen van Structuur goederenstroom, Planning en besturing, Logistieke ICT en Personele organisatie (operationeel) lopen niet per definitie gelijk ten aanzien van automatisering. Dus bij een weinig geautomatiseerde fysieke stroom betekent dit niet automatisch dat de planning en besturing ook weinig geautomatiseerd is. Automatisering vindt bij de bedrijven uit de cases op diverse onderdelen plaats. Wel valt op dat in case 6, waarbij er sprake is van een geautomatiseerd magazijn, de verschillende onderdelen sterk geïntegreerd zijn.

## **Groep 3: Transitie**

De aanleiding voor eventuele automatiseringstappen is verkend en een bedrijf heeft een eerste (zelf)beeld verkregen van het huidige automatiseringsniveau. Dan is het de vraag of een transitie naar een hoger automatiseringsniveau zinvol en wenselijk is. Bij de transitievraag zijn drie aspecten van belang.

**a. Kennis over oplossingen: de basis om te denken over opties bij transities**

Om te bepalen of en in welke mate automatiseringsopties kansrijk zijn, is kennis nodig over automatisering(soplossingen). Bij kennis gaat het over de ervaringen, vaardigheden en de attitude die iemand heeft, welke stuurt hoe hij of zij omgaat met de expliciete informatie over bijvoorbeeld warehouseautomatisering (gebaseerd op (Weggeman, 2000)).

*Diverse bronnen van informatie, ervaring en vaardigheden*

De geïnterviewden raadplegen diverse bronnen: van vakbladen tot seminars. Daarnaast werden consultants, externe adviseurs of studenten die actief zijn in het bedrijf genoemd als bron. *“Dit zijn mensen die de ‘waarom’ vraag stellen en je aanzetten tot nadenken”* Eén van de bedrijven gaf aan geen consultants in te willen zetten bij voorselectie van automatiseringsoplossingen. Het belangrijkste argument was de vraag of de consultant de markt wel kent.

*“Maak er zelf tijd voor, leef je goed in en probeer het goed te begrijpen”*

Twee geïnterviewden geven aan dat zelf ervaring op doen bij selectie van oplossingen belangrijk is. Twee logistiek dienstverleners merken daarbij nog op dat zij veel zien en ervaren bij haar verschillende klanten en daar ook kennis op doen. Deze kennis wordt zoveel mogelijk gedeeld in de organisatie.

145

**b. Transitie: hoe draagt de automatiseringsoplossing bij aan het wenselijke proces?**

De urgentie is verkend, een bedrijf heeft het beeld van zichzelf qua automatiseringsniveau en de kennis over automatiseringsoplossingen is verzameld. Dé vraag is echter niet beantwoord: is een transitie wenselijk? Van belang hierbij is:

- Inzicht in de operationele urgentie. In de literatuur zijn diverse (operationele) kenmerken beschreven die van invloed zijn op de vraag of automatiseringsoplossingen een geschikte optie zijn voor verbeteringen in het warehouse<sup>14</sup>. Hierbij kan men denken aan kenmerken als orderomvang, aantal ontvangsten, vereiste doorlooptijd of verschijningsvorm van de goederen. Dit vraagt om gedetailleerd inzicht in de huidige situatie ten aanzien van die kenmerken.

*Operationele kenmerken: complexiteit*

Een groot aantal operationele factoren spelen een rol bij de bepaling van geschiktheid van automatiseringsoplossingen. Alle respondenten noemen het volume van de goederenstroom als meest relevant bij het bepalen van de transitiemogelijkheid. Verder viel op dat de geïnterviewden diverse andere kenmerken aanhaalden: data-

---

<sup>14</sup> Zie onder andere (Treasure, Oury, & Soni, 2017), (Boysen, de Koster, & Weidinger, 2018) en (Dallari, Marchet, & Melacini, 2009). In de achtergrondrapportage is een gedetailleerder overzicht te vinden van de diversiteit aan kenmerken die de urgentie en geschiktheid voor automatisering op operationeel niveau weergeven.

beschikbaarheid, cut-offtijden, systeemmogelijkheden van klanten, contractduur et cetera.

- Expliciet benoemen van de gewenste situatie. Steeds meer bedrijven zoeken naar mogelijkheden om kosten te verlagen in het warehouse en willen tegelijkertijd de productie verbeteren (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007). Automatisering van conventionele processen kan dan een oplossing zijn. In de fysieke stroom wijzen Veermani et al. (2012) op uiteenlopende nadelen van een handmatig proces zoals: significante hoeveelheid tijd en arbeid bij het opbouwen en afbreken van pallets, inefficiënte material handling en kans op schade door verkeerd stapelen. Dit kan ondervangen worden door automatisering in de fysieke stroom. Bij bijvoorbeeld een volledig automatische oplossing zoals een carrouselstelsel kunnen wel 1.000 picks per werknemer per uur worden gerealiseerd (SSI Shaefer, 2014)<sup>15</sup>. Uiteraard kleven er ook nadelen aan automatiseringsstappen waaronder een hoge initiële investering, onderhoud, niet geschikt zijn voor zeer variabele processen en dat het technische vaardigheden en omscholing kan vereisen (Ziegler, 2019). Hetzelfde geldt voor de automatisering van de planning, besturing en de inzet van logistieke ICT. Bijvoorbeeld bij het ondersteunen van het orderpicken kan gedacht worden aan oplossingen als eenvoudige papieren picklijsten, barcodescanners, handheld-RFID-scanners of meer geautomatiseerde oplossingen als voice picking en pick-to-light oplossingen. Iedere optie presteert weer anders ten aanzien van fouten, taaktijd, looptijd en bijvoorbeeld subjectieve taakbelasting (zie (Battini, Calzavara, Persona, & Sgarbossa, 2015) & (Guo, 2014)). Dit geldt ook voor de automatisering van de informatiestroom door bijvoorbeeld een WMS waarbij de keuze loopt van een eenvoudig registrerende WMS-oplossing tot en met een sturend WMS. De essentie is: weegt de wens op tegen de nadelen?

146

### *Het start met goed inzicht*

Twee geïnterviewde bedrijven gaven expliciet aan dat een transitie start met het goed en gedetailleerd in kaart brengen van het eigen proces en het gewenste eigen proces. Ook gaf een van de bedrijven aan dat er bij een transitie moet worden opgelet dat het gat tussen huidige en de nieuwe situatie (na implementeren) niet té groot is. Zij zien in praktijk nieuwe klanten die ergens een volledig geautomatiseerde operatie hebben bezocht en dat ook willen, terwijl ze zelf nog maar op het basisniveau van automatisering zitten.

### *Overwegen de bedrijven uit de cases transitie?*

- Investerings, contractduur (bij de logistiek dienstverleners) en te grillige goederenstroom wakkeren twijfel over stappen qua automatisering in de fysieke stroom aan.
- Eén bedrijf breidt momenteel haar geautomatiseerde oplossingen uit.

<sup>15</sup> Voor meer empirisch onderzoek t.a.v. orderpickoplossing en de picks per tijdseenheid verwijzen we naar het artikel van (Dallari, Marchet, & Melacini, 2009).



- Transities in deelprocessen worden onderzocht door twee van de bedrijven.
- Transities in planning, besturing en informatiestromen worden in diverse interviews aangehaald als kansrijk. Er zijn uiteenlopende redenen genoemd: van verbeteren van interne communicatie tussen productie en de warehousefunctie, beter workflowmanagement op de magazijnvloer tot en met het ondervangen van ervaringsplanning.

### c. Reflectie

In de literatuur wordt over het algemeen gesteld dat automatisering voor grotere organisaties tot voordelen leidt. Er zijn echter ook voorbeelden te vinden van bronnen die aangeven dat een hogere mate van automatisering niet noodzakelijkerwijs leidt tot een hogere efficiency (zie (Baker & Halim, 2007) en (Hackman et al., 2001)) of Kaps (2017). Robinson (2012) stelt in zijn opiniestuk dat de eerste vraag die gesteld moet worden is: is automatisering echt nodig? Het bepalen van de geschiktheid van een automatiseringsoplossing is mogelijk door het uitwerken van een businesscase met daarin de (verwachte) kosten en de baten. Bestaande afstudeerrapporten vormen een handige bron van input voor het ontwerp van een businesscase. Bij het uitwerken van de businesscase is informatie nodig, zowel van het eigen proces als over de oplossing. Robinson (2012) geeft bij de uitwerking van mogelijke oplossingen een volgens hem voordehand liggende tip: bezoek referenties en simuleer de oplossing. Een leverancier en implementatiepartner van automatiseringsoplossingen is hierin zelfs heel specifiek. Op de vraag hoe bepaald moet worden wat een WMS kost is het antwoord: "Doe je huiswerk, ga bellen, regel demo's en stel vragen" (Radley, 2019).

147

#### *ROI*

Onderbouwing van de Return on Investment (ROI) is door twee van de bedrijven genoemd als belangrijkste aandachtspunt van de businesscase. In aanvulling daarop wees het bedrijf uit case 6, met het meest geautomatiseerde magazijn, op de uitdaging bij het bepalen van de baten: "We hadden de kwaliteitseffecten niet uitgedrukt in keiharde euro's. Dit is ook lastig te kwantificeren."

#### *Ondersteuning*

In het onderzoek is de vraag gesteld waar behoefte aan is qua ondersteuning bij de uitwerking van mogelijke automatiseringsoplossingen in de praktijk. Het antwoord varieerde van het ondersteunen bij het uitwerken van ideeën en oplossingen tot en met hulp bij afvangen van valkuilen bij implementatie.

## Conclusie en vervolgonderzoek

Dit onderzoek heeft een eerste versie van een kader opgeleverd waarmee bedrijven het besluitvormingsproces voor automatisering kunnen versterken. De eerste stap is gezet in het identificeren van de belangrijkste aspecten die een rol (kunnen) spelen in dit proces.

### Aanleiding tot automatiseren

In het algemeen hebben alle geïnterviewden een beeld van de noodzaak tot automatisering om haar rol in de supplychain te kunnen blijven vervullen, maar de (actieve) vertaling richting aanpassingen in het warehouse is divers. De bevinding is dat dit onder andere afhangt van specifieke sectoreisen en de plek van het warehouse in het bedrijf en de keten. Zo valt in de cases op dat de drie logistiek dienstverleners andere uitdagingen kennen dan de twee productiebedrijven en dat dit weer afwijkt van het handelsbedrijf. Dit hangt ook weer af van het marktsegment waarbinnen ze actief zijn. Ook het interne belang van de warehousefunctie kan afwijken. Bij de twee cases van de productiebedrijven lijkt productieautomatisering belangrijker dan warehouseautomatisering. Het handelsbedrijf ziet logistiek in den brede als hygiënefactor welke ingevuld wordt door bijna volledige automatisering.

148

*Een relevante vraag is: "Welke (kwantitatieve) relatie er is tussen sector en marktsegment en de mate van automatisering en keuzeaspecten daarbij?"*

### Het (zelf)beeld van de automatiseringsniveaus in de huidige situatie.

Bij de niveaus van automatisering viel op dat de bedrijven in vijf van de zes cases een voornamelijk conventionele structuur hebben van de goederenstroom. Het beeld zoals geschetst in de inleiding – dat er nog veel conventionele magazijnen zijn – past hierbij wat betreft de goederenstroom. Dit geldt in mindere mate voor automatisering van de besturing en planning en de logistieke ICT. De essentie is dat automatisering van toepassing kan zijn op diverse onderdelen. De relatie tussen de diverse onderdelen lijkt niet één op één samen te hangen; de niveaus tussen de onderdelen kunnen verschillen. Bedrijven dienen zich dan ook af te vragen: op welke onderdelen zien we automatisering als kansrijk?

*De genoemde samenhang is kwalitatief verkend, een kwantitatieve analyse van de samenhang, bijvoorbeeld uitgesplitst naar sector (zie vorige vraag) zal meer inzicht geven in de statistische relaties en de verschillen en overeenkomsten in en tussen sectoren. Dit maakt meer onderbouwd inzichtelijk waar aandachtspunten en waar kansen voor automatisering kunnen liggen.*

### **Transities**

Er is een diversiteit aan operationele redenen die de keuze voor automatisering beïnvloeden. Iedere geïnterviewde kon, naast de genoemde redenen in de literatuur, nog diverse situatiespecifieke redenen opvoeren. Dit geeft het signaal dat een bedrijf de (operationele) aspecten voor de eigen specifieke situatie moet benoemen en invullen. Vervolgens is de vraag: als we dit weten wat is dan de volgende stap? Automatisering kan op verschillende onderdelen in het warehouse plaatsvinden: van mechanisatie en automatisering in de goederenstroom, planning en besturing tot en met ICT.

De specifieke onderbouwing voor de bedrijven uit de cases om wel of geen transitie te verwachten verschilt onderling sterk. Per situatie is een degelijk specifiek inzicht in de huidige en gewenste situatie en een goed uitgewerkte businesscase noodzakelijk. Bijna iedere geïnterviewde gaf het belang hiervan dan ook aan. Daarbij valt op dat juist op dit vlak wordt aangegeven dat ondersteuning wenselijk is voor bedrijven waar de waan van de dag het nadenken over het proces onder druk zet. Men moet hierbij denken aan: het gedetailleerd in kaart brengen van de processen en het doorrekenen van de potentiële oplossingen tot en met het vergaren van data uit het huidige proces. De inzet van experts of studenten met logistieke of bedrijfskundige achtergrond kan voor sommige bedrijven hierin veel toegevoegde waarde bieden. Ter nuancering: één van de geïnterviewden benadrukte dat het zelf doen veel ervaring oplevert.

149

*Een verdiepend onderzoek naar (operationele) redenen per sector geeft een beter inzicht in de motieven voor transities. Hierbij is het van belang om een goede businesscase te maken. Een diepgaand inzicht in de eigen situatie en de kosten en baten van de gewenste oplossing in de vorm van een businesscase is wenselijk. Maar wat moet een businesscase omvatten?*

*Tot slot: dit onderzoek is uitgevoerd op beperkte schaal en heeft geleid tot een basismodel als denkkader met daarbinnen een eerste versie van een model ter bepaling van het automatiseringsniveau. Verder onderzoek kan voorgaande verdiepen en valideren.*

## Bibliografie

- Baker, P., & Halim, Z. (2007). An exploration of warehouse automation implementations: cost, service and flexibility issues. *Supply Chain Management: An International Journal*, 129-138.
- Banker, S. (2009). *Automated vs. Manual Warehouses: A Different Way of Thinking About ROI*. Opgehaald van Logistics Viewpoint: <https://logisticsviewpoints.com/2009/03/09/a-different-way-of-thinking-about-roi/>
- Battini, D., Calzavara, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2015). A comparative analysis of different paperless picking systems. *industrial management & data systems*, 483-503.
- Bonkenburg, T. (2016). *ROBOTICS IN LOGISTICS, A DHL perspective on implications*. Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation.
- Boysen, N., de Koster, R., & Weidinger, F. (2018). Warehousing in the e-commerce era: A survey. *European Journal of Operational Research*, 396-411.
- Dallari, F., Marchet, G., & Melacini, M. (2009). Design of order picking system. *International Journal of advanced Manufacturing Technology*, 1-12.
- de Koster, R. (2018). Automated and robotics warehouses developments and research opportunities. *Logistics infrastructure*, 33-40.
- de Koster, R., Johnson, J. A., & Roy, D. (2017). Warehouse design and management. *International Journal of Production Research*, 6327-6330.
- 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*, 481-501.
- de Weerd, P. (2018, 12 7). *logistiek.nl*. Opgehaald van Personeelstekort in de logistiek: de stand van zaken: <https://www.logistiek.nl/carriere-mensen/artikel/2018/12/personeelstekort-in-de-logistiek-de-stand-van-zaken-101166313>
- Del Franco, M. (2017). *Batch vs. Wave Picking: Which One is Right for Your Business?* Opgehaald van Multi Channel Merchant: <https://multichannelmerchant.com/operations/batch-vs-wave-picking/>
- Dölling, A., & Larrson, T. (2016). *Masterthesis: Selection of Automated Order Picking Systems*. Gothenburg: Chalmers university of technology.
- Dubey, V., & Veeramani, D. (2017). A framework for sizing an automated distribution centre in a retail supply chain. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 113-126.
- F. Curtis Barry & Company. (z.d.). *Assessing and applying the proper level of automation in your warehouse*. Opgehaald van <https://www.fcaco.com/blog/bid/156271/assessing-and-applying-the-proper-level-of-automation-in-your-warehouse>
- Faber, N. (2015). *Structuring Warehouse Management*. Rotterdam: Erasmus Research Institute of Management.
- Frazelle, H. (2016). *World-class warehousing and material management*. New-York: McGraw-Hill education.
- Granlund, A. (2011). *Master thesis: Competative internal logistic systems through automation*. Västerås: Mälardalen University.

- Granlund, A., & Wiktorsson, M. (2014). Automation in Internal Logistics: Strategic and Operational Challenges. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 538-558.
- Guo, A. e. (2014). Comparison of Order Picking Assisted by Head-Up Display (HUD), Cart-Mounted Display (CMD), Light, and Paper Pick List. *ISWC 2014*, (pp. 72-78). Seattle.
- Hobkirk, I., & O'Neill, J. (2007). *Warehouse Automation—What's Really Working*. Boston: Aberdeen group.
- Kaps, C. (2017). *Towards better warehouse efficiency distinction through cross-efficiency measurement (Master Thesis)*. Rotterdam: RSM.
- Kindt, M., & van der Meulen, S. (2016). *Sectorstudie Transport en Logistiek*. Zoetermeer: ING, TVM, TLN.
- Lapide, L. (2014). *Do Your Warehouse Goals Support Business Strategy?* Opgehaald van supplychain247: [https://www.supplychain247.com/article/do\\_your\\_warehouse\\_goals\\_support\\_business\\_strategy](https://www.supplychain247.com/article/do_your_warehouse_goals_support_business_strategy)
- Leen, J., & Mertens, J. (2017). *Praktijkgericht onderzoek in bedrijf*. Bussum: Coutinho.
- Mantey, C. (sd). *The case for warehouse automation*. Opgehaald van Supply and demand chain executive: <https://www.sdexec.com/software-technology/article/12221929/the-case-for-warehouse-automation>
- Marchet, G., Melacini, M., & Perotti, S. (2011). A model for design and performance estimation of pick-and-sort order picking systems. *Journal of Manufacturing Technology*, 261-282.
- McCrea, B. (2019, 3 7). *Six Warehouse Management Trends to Watch in 2019*. Opgehaald van Supplychain 247: [https://www.supplychain247.com/article/six\\_warehouse\\_management\\_trends\\_to\\_watch\\_in\\_2019/cloud](https://www.supplychain247.com/article/six_warehouse_management_trends_to_watch_in_2019/cloud)
- Ploos van Amstel, W. (2014). *Logistiek*. Pearson Benelux B.V.
- Pontius, N. (2019). *The Complete Guide to Warehouse Automation: Basics of Organization and Warehouse Labeling, Automation Technologies, Best Practices, and More*. Opgehaald van Camcode.com: <https://www.camcode.com/asset-tags/guide-to-warehouse-automation/>
- Radley. (2019). *Warehouse management systems: a complete guide*. Opgehaald van Radley cooperation: <https://www.radley.com/warehouse-management-systems-complete-guide/>
- Robinson, A. (2012). Warehouse automation: how to ensure payback? *Focus*, 39-41.
- sologlobe. (n.b.). *Determine the best approach for your warehouse*. Opgehaald van <https://www.navug.com/home>: <https://www.navug.com/HigherLogic/System/DownloadDocumentFile.ashx?DocumentFileKey=56cf9024-96f2-4bbd-84b7-e16a44a4d610>
- SSI Schaefer. (2019). *Expertise for every sector*. n.b.: ssi-schaefer. Opgehaald van Expertise for : <https://www.ssi-schaefer.com/en-de/market-sectors>
- SSI Shaefer. (2014). *Greater efficiency wit SSI Shaefer*. Duisburg: SSI Shaefer.

- Supply chain services. (2015). *The future of warehouse efficiency*. Oakdale: Supply chain services. Opgehaald van <http://www.mhi.org/media/members/75421/130721984634737299.pdf>
- Treasure, W., Oury, M., & Soni, A. (2017). *Javelin Group White Paper Warehouse Automation*. n.b.: Javelin Group.
- Trottman, M., & Zhang, S. (2018). *The trend towards warehouse automation*. Wellesley: Westernacher.
- Uzonwanne, F. (2016). Rational Model of Decision Making. *Global Encyclopedia of Public Administration, Public Policy, and Governance*, 1-6.
- Varsha, S. (2018). *What is Warehouse Automation?* Opgehaald van Camcode: <https://www2.camcode.com/asset-tags/what-is-warehouse-automation/>
- Veeramani, R., Krishnamurthy, A., Martagan, T., & Dubey, V. (2012). Supply chain conference. *Strategic Implications and Business Case for Warehouse Automation*, (p. 53). Orlando.
- Viastore. (2016). *Warehouse Automation Debunked*. Grand Rapids: Viastore systems.
- Visser, H., & Van Goor, A. (2015). *Werken met logistiek* (6e ed.). Groningen / Houten: Noordhoff Uitgevers.
- Weggeman, M. (2000). *Kennismanagement: de praktijk*. Schiedam: Scriptum.
- Welch, D., Jacobsen, R., Mercier, P., & Souza, R. (2012). *Warehouse automation as a strategic catalyst*. Washington: Boston Consultancy Group.
- Ziegler, M. (2019). *Pros and Cons of AS/RS for Warehouse Automation*. Opgehaald van Conveyco: <https://www.conveyco.com/pros-cons-asrs-warehouse-automation/>



# Bijlage

**Tabel 4** Algemeen beeld van de cases. Zie achtergrondrapportage voor volledige uitwerking

	Case 1: LDV	Case 2: LDV	Case 3: LDV
Urgentie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De diversiteit van klantenwensen heeft impact op de workflow.</li> <li>• De waan van de dag kan een belemmering vormen over het nadenken over impact trends en ontwikkelingen</li> <li>• De klant en contractduur speelt cruciale rol en afstemming in keten is noodzakelijk bij automatisering.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levertijdreizen en e-commerce heeft impact op de warehouse-activiteiten.</li> <li>• De klant en contractduur speelt prominente rol.</li> <li>• Een goede relatie is het vertrekpunt net zoals het automatiseringsniveau van de klant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversiteit van klantenwensen en impact e-commerce beïnvloedt de activiteiten. De waan van de dag kan reflectie op trends en ontwikkelingen belemmeren.</li> <li>• De klant en contractduur speelt een belangrijke rol. Dit heeft o.a. impact op haalbaarheid van automatiseringsoplossingen.</li> </ul>
Automatiseringsniveau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conventioneel met ondersteuning van o.a. een registrerend WMS, scanning en EDI-verbindingen. Prominente rol van (ervaring) van het personeel op de werkvloer. Er is automatiseringskennis aanwezig doordat onlangs mensen met die kennis zijn aangenomen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voornamelijk conventioneel (qua opslagmethode en ze werken bijvoorbeeld met vaste goederenallocatie). Qua proces en ICT is het samengevat als 'Paper based'. Met betrekking tot de personele organisatie is er de wens voor een on site proces engineer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De fysieke stroom is te zien als handmatig ondersteund. De fysieke stroom wordt o.a. ondersteund met conveyors. Qua overige onderdelen valt het bedrijf in de groep deel-automatisering. Zo is er inzet van pick-to-light en voice-picking en is er een sturend WMS aanwezig, maar het personeel blijft ook invloed houden op keuzes.</li> </ul>
Transitie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voorlopig geen transitie in de fysieke stroom, maar bij nieuwbouw die ze gaan uitvoeren nemen ze de optie mee om te mechaniseren en te automatiseren. De investering is echter groot en ze gaat verkennen wat nodig en mogelijk is.</li> <li>• Ze doen zelf veel bij de selectie van oplossingen en bij (delen van) de implementatie. Ze hebben nieuwe mensen aangetrokken met automatiseringskennis.</li> <li>• Qua besturing en ICT is de ambitie van dit bedrijf om qua informatiesysteem en besturing naar een hoger niveau te gaan door de aanschaf van een sturend WMS om zo het huidige ervaringsplanning te kunnen ondervangen. Ze verwacht ook door workflow automatisering fouten te voorkomen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ze willen een transitie gaan maken waarbij ze een automatiseringsoplossing gaan invoeren voor legbordachtige artikelen waarmee ze bij een andere klant al ervaring hebben opgedaan. De businesscase moet echter wel positief zijn.</li> <li>• De specifieke klant van deze LDV had een conventionele manier van werken (paper based). Indien voor een geautomatiseerde werkwijze gekozen gaat worden zal dit impact hebben op de klant. Het niveau van automatisering van een klant is dus van belang.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De transitie in de fysieke stromen qua automatisering zal met name in deelprocessen gaan zitten. Kennis is beschikbaar gekomen na overname van een e-fulfilment center. In deze case werd aangegeven dat de meeste besturing vanuit het WMS kwam en dat er over het algemeen een goede informatiestroom is; voor de klanten waarvoor dit nog niet het geval is, staat het op de planning dit te realiseren. Het aannemen van nieuwe personeelsleden is aangegeven als kans: nieuwe energie en/of frisse blik op mogelijke verbeteringen.</li> </ul>



---

#### Case 4: Productie

---

- Specifieke wensen van klanten hebben o.a. impact op diversiteit aan sku's. Het bedrijf erkent dat er iets moet gebeuren richting de toekomst met automatisering
- De vele toeleveranciers maken automatisering in de fysieke stroom lastig.

---

• Voornamelijk conventioneel qua grondvorm en met elementen van ondersteuning bij besturing en ICT. Er is bijvoorbeeld een scanningoplossing t.b.v. registratie in het ERP. De operatie in warehouse wordt gestuurd door productieorders.

---

• Er kan voor kennis gebruik worden gemaakt van ervaring van consultants of studenten. Transities in de fysieke goederenstroom qua automatisering wordt niet verwacht. Ten aanzien van mechanisering en automatisering zijn er wel ideeën zoals geen heftruckverkeer in productie en er is ooit gedacht over AGV's aan gereed productzide. Het bedrijf ziet vooral kansen bij de koppeling van informatie (ontvangst en productie) ten behoeve van de besturing van het warehouse.

---

---

#### Case 5: Productie

---

- Specifieke wensen van klanten en wet- en regelgeving vragen om een kloppende informatievoorziening. Dit is terug te zien in de automatisering van de informatiestroom. Leveringen worden bijvoorbeeld vooraf aangemeld via EDI.

---

• Conventioneel/ handmatig ondersteund en voor informatie met elementen van deelautomatisering voor het centrale magazijn: besluitvorming vindt plaats door personeel met ondersteuning van een WMS. Informatiedeling in de keten wordt door een EDI-oplossing ondersteund.

---

• Bij de bouw van een nieuwe productieplant mogelijke transities in het warehouse qua automatisering.

---

#### Case 6: Handel

---

- Cutoff tijden van klanten, hoogfrequente leverschema's, kleine hoeveelheden en het gegeven dat logistiek als hygiëne factor wordt gezien heeft impact op de automatiseringsbehoefte. Kwaliteit staat hoog in het vaandel. Dit vervult het bedrijf door middel van vergaande automatisering van het proces zowel binnen het bedrijf als met bijvoorbeeld toeleveranciers.
- Ze spreidt bijvoorbeeld de aankomsten van de FTL's en maakt afspraken met toeleveranciers.

---

• Deelautomatisering/volledige automatisering. Goods to Man oplossingen zijn aanwezig, met bijvoorbeeld WMS, WCS en FTL-ontvangstplanning. Uitgebreide supportafdeling: Dit loopt van ondersteuning bij 'randzaken' zoals kleine storingen en het achterhalen van de oorzaken daarvan tot en met de inrichting van het warehouse.

---

• De nadruk wordt gelegd op het vooral zelf tijd maken voor de business case. Ze geeft specifiek aan geen consultants in te willen zetten bij de voorselectie van automatiseringsoplossingen.

• Dit bedrijf heeft een transitie van groep 2 doorgemaakt naar de situatie zoals hiervoor beschreven is. Inmiddels zijn ze al een tweede uitbreiding in praktijk aan het realiseren met een vergaand geautomatiseerd magazijn om te kunnen blijven voldoen aan de klantwens

---