



Enhancing Inventory Management: a Case Study on the Impact of e-Kanban in a High Variety, Low Volume Environment

**Master Thesis Supply Chain Management
Tilburg School of Economics and Management**

Author: D.E.M. van de Kimmenade

SNR: 2039416

ANR: u100409

University supervisor: R. Jain

Second reader: I. Ritola

Date: 07-06-2024

Word count: 14,188

Abstract

Purpose: The purpose of this study is to investigate if an electronic Kanban (e-Kanban) system can be used in a high variety, low volume environment and how this impacts inventory management. This study is conducted within a company, which is a supplier of machinery and equipment to the food processing industry, encompassing a variety of products. The following research question has been formulated: “How does e-Kanban impact inventory management in a high variety, low volume environment?”.

Methodology: To be able to answer this research question a mixed-method approach is used. Semi-structured interviews and observations were conducted to be able to understand the current Kanban and e-Kanban processes within the company, as well as insights into the company’s characteristics. Furthermore, secondary data is collected, which enables the quantification of the qualitative findings.

Findings: The findings suggest that e-Kanban can serve as an effective solution for inventory management in the studied high variety, low volume environment. The analysis shows that e-Kanban can work for items across all the classifications in the ABC-XYZ matrix, resulting in reductions in handling costs, purchasing costs, and inventory levels. Therefore, the recommendation for the company is to implement e-Kanban.

Originality: This research adds to the existing literature, by investigating the impact of e-Kanban in a new environment. Existing studies have focused on repetitive environments, mostly the automotive environment. Whereas this study is conducted in a high-variety, low-volume environment.

List of abbreviations

Abbreviation	Meaning
e-Kanban	Electronic Kanban
EDI	Electronic Data Interchange
ERP	Enterprise Resource Planning
FIFO	First In, First Out
HVLV	High Variety, Low Volume
JIT	Just in Time
MOQ	Minimum Order Quantity
MRP	Material Requirements Planning
PDT	Planned Delivery Time
RFID	Radio Frequency Identification
ROP	Re-Order Point
SS	Safety Stock
TPS	Toyota Production System

List of Tables, Figures, and Equations

Figure 1: Conceptual Model.....	10
Figure 2: Areas of Successful Implementation of Traditional and Electronic Kanban.....	21
Figure 3: Current Process Flow.....	35
Figure 4: e-Kanban Process Flow.....	36
Figure 5: Overview Tasks Internal Replenishment Current Process.....	37
Figure 6: Optimal Bin Q Calculation.....	43
Figure 7: Handling Hours and Costs – Current and Future State.....	45
Figure 8: Purchasing Orders and Costs – Current and Future State.....	46
Figure 9: Average Inventory Levels – Current and Future state.....	47
Figure 10: Total Effect – Current and Future State.....	48
Table 1: Limitations of Traditional Kanban System.....	13
Table 2: ABC Classification.....	20
Table 3: List of Interviews.....	28
Table 4: Code Book.....	30
Table 5: Possible Scenarios for Items.....	39
Table 6: Service Level - ABC-XYZ Classification.....	40
Table 7: Distribution of Optimal Scenarios in ABC-XYZ Matrix.....	44
Equation 1: Safety Stock.....	40
Equation 2: Re-Order Point.....	40
Equation 3: Average Inventory Warehouse.....	41
Equation 4: Average Inventory Warehouse.....	41

Contents

- 1. Introduction 6
 - 1.1 Background 6
 - 1.2 Problem indication 6
 - 1.3 Theoretical contributions..... 9
 - 1.4 Managerial contributions..... 9
 - 1.5 Problem statement 10
 - 1.6 Conceptual model..... 10
 - 1.7 Research questions 10
- 2. Literature review 12
 - 2.1 What is e-Kanban and how does the implementation of e-Kanban address the limitations of traditional Kanban systems? 12
 - 2.1.1 Limitations of the traditional Kanban system 12
 - 2.1.2 Framework for implementing e-Kanban..... 16
 - 2.2 How does e-Kanban influence inventory management? 20
 - 2.2.1 ABC – XYZ Classification 20
 - 2.2.2 Benefits of e-Kanban for Inventory Management 22
 - 2.2.3 Limitations of e-Kanban 23
- 3. Methodology 26
 - 3.1 Research nature and research strategy..... 26
 - 3.2 Data collection..... 27
 - 3.3 Data analysis 29
 - 3.4 Reliability and Validity 31
- 4. Findings/results 33
 - 4.1 Current state analysis 33
 - 4.2 How will the replenishment process change when implementing e-Kanban?..... 36
 - 4.3 How are items selected for e-Kanban in a high variety, low volume environment? 38

4.4 What is the effect of e-Kanban on inventory management in a high variety, low volume environment?.....	44
4.4.1 Handling costs.....	45
4.4.2 Purchasing costs.....	46
4.4.3 Inventory levels.....	47
4.4.4 Total impact	47
5. Discussion	49
6. Conclusion.....	52
6.1 Theoretical contributions.....	53
6.2 Managerial contributions.....	53
6.3 Limitations	54
6.4 Future research directions	55
Reference list.....	56
Appendices	66
Appendix 1 – List of predetermined interview questions	66
Appendix 2 – Interviews	67
Appendix 2a - Interview 1	67
Appendix 2b - Interview 2	73
Appendix 2c - Interview 3	82
Appendix 2d - Interview 4	91
Appendix 2e - Interview 5	105
Appendix 2f - Interview 6.....	109
Appendix 2f - Interview 7.....	115
Appendix 3 – Example Coding Interview	118
Appendix 4 – Verification total handling time.....	119
Appendix 5 – Framework Item Selection.....	121

1. Introduction

1.1 Background

Maintaining optimal inventory levels, minimizing waste and, just-in-time (JIT) production can contribute to the competitiveness and success of any manufacturing company, highlighting the crucial role of inventory management (Salman et al., 2023). This thesis explores the impact of e-Kanban on inventory management in a high-variety, low-volume environment within a case study company.

The selected case study company is a supplier of machinery and equipment to the food processing industry, offering both single machines and complete line solutions tailored to client requirements. Notably, the company predominantly adopts a project-driven (engineer-to-order) approach, which classifies it as a high-variety, low-volume environment. This results in the annual purchase of 30,000 distinct items, including around 12,000 new items each year. This variety of items presents unique challenges for inventory management. Consequently, the company is actively seeking to enhance its inventory management processes.

1.2 Problem indication

Efficient management and control of inventory is pivotal for the success of a manufacturing company. Optimal inventory levels, cost control, strategic production planning, and quality assurance collectively contribute to a company's competitiveness and profitability (Salman et al., 2023). One approach that has become almost inconceivable within inventory management is lean inventory management (Eroglu & Hofer, 2010). Lean inventory management is focused on optimizing inventory levels and eliminating waste, which consists of any activity that consumes resources without adding value in order to improve firm performance (Demeter & Matyusz, 2011; Powell, 2013). The Toyota Production System (TPS), which is closely related to lean inventory management, has identified seven types of waste: overproduction, waiting, transportation, processing, inventory, movement, and defects (Ohno, 1988). One of the most widely adopted concepts within lean inventory management and the TPS is Kanban (Rahman et al., 2013).

Kanban, developed by Toyota, was introduced to ensure the flow of materials to their assembly plants while minimizing resource usage (Wakode et al., 2015). It operates as a pull system approach to control production, inventory, and supply of components and raw

materials on a JIT basis (Lage & Filho, 2010; Li & Co, 1991). Unlike push systems that are based on predictions, Kanban uses visual cards as a form of order-calling, signalling the replacement of what has been used (Ramnath et al., 2008; Sugimori et al., 1977). The cards can be represented by a card, bin, or shelf location (JD Edwards EnterpriseOne Applications Kanban Management Implementation Guide, n.d.), or alternatively, even by items such as golf balls (Romeo & Esparrago, 1986). They include essential information, such as product information, quantity, location, and supplier information. This pull system aims to produce only what is needed, when it is needed, and in the right quantities (Arbulu et al., 2003). However, to make the system successful, some basic rules should be followed: bins need to be processed based on a first in, first out (FIFO) principle, the bins should be checked regularly, and the assembly or production can only start when the customer triggers an order (MacKerron et al., 2013).

There are three types of Kanban cards widely used for managing different stages in the production process (Ramnath et al., 2008; Romeo & Esparrago, 1986; Sugimori et al., 1977):

1. Move/Withdrawal Kanban: this card authorizes the movement of a container holding a predetermined quantity of parts from one work centre or sub-process to the next (Romeo & Esparrago, 1986).
2. Production Kanban: this card authorizes the previous process to produce a specific quantity of parts.
3. Supplier/Replenishment Kanban: this authorizes an outside supplier to deliver more parts, signalling the need for replenishment (Ramnath et al., 2008).

None of the actions happens without the authorization of a Kanban card, making them strictly demand-oriented. This mitigates the impact of the bullwhip effect, known as one of the main challenges in supply chain management (Pekarčíková et al., 2020).

The Kanban pull system was originally designed for repetitive production environments (Slomp et al., 2009). One of the challenges to implementing Kanban in a non-repetitive environment, a high variety, low volume environment, is the lack of commonality between the parts (Stockton & Lindley, 1995). However, existing literature shows that different forms of Kanban, such as transfer Kanban, production Kanban, and the Kanban board, can certainly be implemented within a high-variety, low-volume environment (Gravel & Price, 1988; Powell, 2018; Slomp et al., 2009; Stockton & Lindley, 1995).

Although literature shows that Kanban can be implemented in various environments, an increase in product variety will increase the complexity of Kanban applications. This can result in more mistakes in the manual handling of the physical cards, such as delays in the movement of the cards, misplacement or losing cards and incorrect Kanban deliveries, which directly negatively affect the production (Da Wan & Chen, 2007; Houti et al., 2017).

The case study company currently predominantly works with a two-bin move Kanban in the majority of their assembly lines. The empty bins are manually collected, refilled, and brought back to the assembly lines manually once every two days. Around XX items are set up in Kanban, resulting in a lot of internal movement. This process is not only time-consuming, but also present the possibility of errors.

In recent years there has been a growing interest in integrating multiple systems and technologies for the manufacturing process. Two essential methods that are widely adopted by numerous companies are the Enterprise Resource Planning (ERP) and Lean Production system. By integrating the ERP system with a Lean Production system, an electronic Kanban system (e-Kanban) can be implemented (Romeira et al., 2021). Originally developed by Toyota Motor Corporation, e-Kanban utilizes computer technology and establishes a communication network between the company and its suppliers (Kotani, 2007). This digitalized version is a variation of the traditional Kanban with only one modification, the physical signals are substituted for electronic signals (Lage & Filho, 2010). E-Kanban enhances interaction and communication between the organization and its supplier, since a new electronic Kanban (order) is automatically generated in the system and directly sent to the supplier (MacKerron et al., 2013).

Existing studies have already shown several benefits of e-Kanban over traditional Kanban. A study from Mackerron et al. (2013) has shown that several steps in the purchasing process can be mitigated; order proposal, order enquire, generate order, print order, send order, and order confirmation. Other studies also showed improvement in communication with suppliers, leading to more accurate deliveries and minimization of material shortages (Houti et al., 2017; Jarupathirun et al., 2009). Furthermore, it eliminates the human errors that are related to the traditional Kanban, such as the problem of lost cards which arise due to human handling (Da Wan & Chen, 2007; Houti et al., 2017).

While existing studies have demonstrated the benefits of e-Kanban in repetitive industries, such as the automotive industry (Jarupathirun et al., 2009; Menanno et al., 2019; Ricky & Kadono, 2020; Romeira et al., 2021; Svirčević et al., 2013), there is a gap in understanding its application and effectiveness in non-repetitive, high-variety, low-volume environments. Such complex environment, as of the case study company, poses unique challenges for inventory management. Therefore, this research aims to address this literature gap by investigating the applicability of e-Kanban in a high-variety, low-volume context, specifically at the case study company and examining its impact on inventory management. By exploring this understudied environment, this thesis seeks to expand the current adaptability of the e-Kanban system and its effectiveness across diverse environments.

1.3 Theoretical contributions

This research aims to make theoretical contributions by expanding existing theories and frameworks. Existing research is mostly focused on the automotive industry, a repetitive environment (Jarupathirun et al., 2009; Menanno et al., 2019; Ricky & Kadono, 2020; Romeira et al., 2021; Svirčević et al., 2013). This research will investigate the effect of e-Kanban on inventory management in a high variety, low volume environment within the food processing manufacturing industry (the case company). By investigating e-Kanban in a different context/environment, it seeks to add to the existing theories and frameworks of e-Kanban.

Furthermore, existing literature shows that e-Kanban can solve human errors that arise from traditional Kanban systems. These human errors arise due to the complexity of the Kanban system, which increases when there is a high product variety, which is a characteristic of a high variety, low volume environment (Da Wan & Chen, 2007; Houti et al., 2017). By looking at e-Kanban in a high variety, low volume environment, it seeks to add to the adaptability of inventory management systems.

1.4 Managerial contributions

Inventory management is crucial for a manufacturing company's success. This research aims to provide valuable insights to the case study company on the applicability of e-Kanban and its impact on inventory management within the company. The findings might provide guidelines for other companies in a high variety, low volume environment who are seeking to implement e-Kanban.

It furthermore seeks to enhance managerial contributions to the company's suppliers, since implementation of e-Kanban is believed to improve the communication between buyer and supplier (MacKerron et al., 2013). Not only the case study company can benefit from improved communication, but the supplier as well.

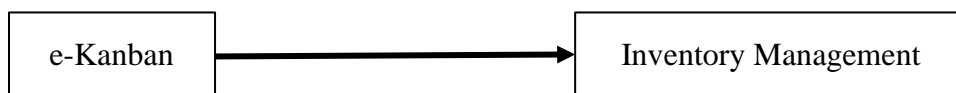
1.5 Problem statement

How does e-Kanban impact inventory management in a high variety, low volume environment?

1.6 Conceptual model

Figure 1

Conceptual Model



1.7 Research questions

This study seeks to provide an answer the problem statement through the following research questions:

Theoretical questions

- What is e-Kanban and how does the implementation of e-Kanban address the limitations of traditional Kanban systems?
- How does e-Kanban influence Inventory Management practices?

Empirical questions

- How will the replenishment process change when implementing e-Kanban?
- How are items selected for e-Kanban in a high variety, low volume environment?
- What is the effect of e-Kanban on inventory management in a high variety, low volume environment?

1.8 Thesis structure

In the next chapter, the literature review, the theoretical questions will be answered. After that chapter three will address the methodology, consisting of the research nature and research strategy, data collection and analysis, and considerations regarding the reliability and validity. In chapter four the findings to the empirical question will be presented. Then the findings will be discussed and finally a conclusion will be presented.

2. Literature review

Chapter 2 seeks to give answer to the theoretical questions as presented at section 1.7. Section 2.1 provides an answer to the first theoretical question 'What is e-Kanban and how does the implementation of e-Kanban address the limitations of traditional Kanban systems?'. Starting with a general definition and highlighting its advantages over the traditional Kanban system. A practical framework for implementation is subsequently proposed.

To address the question 'How does e-Kanban influence inventory management?', section 2.2 first introduces the ABC-XYZ inventory management control technique. It then examines the benefits of e-Kanban on inventory management and lastly it will discuss the limitations of an e-Kanban system. Since there is limited to no literature addressing e-Kanban in a high variety, low volume environment, the literature review draws upon research from other contexts and environments, to provide insights in its potential implications and applicability.

2.1 What is e-Kanban and how does the implementation of e-Kanban address the limitations of traditional Kanban systems?

E-Kanban is a digitalized variation of the traditional Kanban system, substituting the physical signals which arise from the Kanban cards for electronic signals (Lage & Filho, 2010). The system provides real-time data and digital communication, which can enable a vendor-managed inventory (VMI) system based on the Kanban pull principle (Barkmeyer & Kulvatunyou, 2007). The status of the bins is updated electronically through barcode scanning; empty, in process, in transit and full. Scanning an empty bin triggers an immediate electronic order (Kanban) to the supplier. The supplier can receive this signal in different ways, for example a secure website login or automated email. Upon receiving the signal, the order status changes to "in process", setting a time limit for the supplier to fulfil it (MacKerron et al., 2013). E-Kanban is considered the best solution and extension of the traditional Kanban system (Idris et al., 2020). This digitalized system offers several improvements compared to the traditional Kanban system, which will be explored in the following section: 2.1.1..

2.1.1 Limitations of the traditional Kanban system

A review of e-Kanban literature reveals several limitations of traditional Kanban systems, which e-Kanban effectively addresses. These limitations are summarized in Table 1, which

also shows the frequency of their mention in the reviewed literature. The following subsections will discuss these limitations in more detail.

Table 1

Limitations of Traditional Kanban System

Authors	Difficult to adapt to changes in mix production	Misplacement of cards	Loss of cards	Unproductive work manipulation of cards/handling cards	Irregularities in (time) movement of Kanban cards	Failure recovery
Abbadi et al. (2018)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Halgeri et al. (2010)	✓		✓	✓		
Houti et al. (2017)	✓	✓	✓	✓	✓	
Jarupathirun et al. (2009)	✓		✓	✓		
Kouri et al. (2008)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Lage and Filho (2010)	✓	✓	✓	✓	✓	
MacKerron et al. (2013)			✓	✓	✓	
Maříková (2007)			✓	✓	✓	
Mayilsamy and Kumar (2014)	✓		✓	✓		✓
Sapry et al. (2020)	✓	✓	✓		✓	
Svirčević et al. (2013)	✓		✓	✓	✓	
	9	5	11	10	8	3

Authors	Incorrect deliveries	Material shortages	Supply chain transparency	Inefficient optimization of Kanban cards	Measuring supplier efficiency	Communication with suppliers
Abbadi et al. (2018)						
Halgeri et al. (2010)				✓		
Houti et al. (2017)		✓	✓	✓	✓	✓
Jarupathirun et al. (2009)						
Kouri et al. (2008)		✓	✓		✓	
Lage and Filho (2010)					✓	✓
MacKerron et al. (2013)	✓		✓			✓
Maříková (2007)	✓	✓	✓	✓	✓	
Mayilsamy and Kumar (2014)			✓	✓	✓	
Sapry et al. (2020)	✓	✓	✓			
Svirčević et al. (2013)						
	3	4	6	4	5	3

Difficult to adapt to changes in mix production

In the literature, one of the most cited limitations of the traditional Kanban system is that the system is difficult to adapt to changes in mix production. A study from Jarupathirun et al. (2009) on supply chain efficiencies through E-Kanban further emphasizes this limitation by highlighting that in environments with mixed and fluctuating demand, poor quality production processes, or a relatively large variety of products, the traditional Kanban system may not be suitable. This limitation is particularly relevant to the case company, due to its high variety of products, which evidently poses challenges for the traditional Kanban system. Also, existing studies show that e-Kanban can be applied to a greater number of parts compared to the traditional Kanban system (Houti et al., 2017; Maříková, 2007). A deeper understanding about the expanded applicability and the classification of the parts will be presented at section 2.2.

Misplacement and loss of Kanban cards

An increase in the production mix or the number of different parts used increases the complexity of a traditional Kanban system (Houti et al., 2017). An increase in the complexity of the Kanban application often results in more mistakes and delays, due to the misplacement and loss of Kanban cards (Maříková, 2007). The problem of card losses is one of the most frequently mentioned problems, because in the traditional Kanban system manual cards are used, which are prone to human errors. According to a study by Houti et al. (2017), on average 1% of the physical Kanban cards gets lost every day. This can directly disrupt the stock replenishment system (Svirčević et al., 2013).

Unproductive work manipulation and handling of cards

When a company is starting to produce or manufacture more, the number of Kanban cards movements also increases. This contributes to a lot of unproductive work, which is spent on manipulation and handling of the cards directly affecting JIT production (Houti et al., 2017). When transferring to e-Kanban, the elimination of manual card handling ensures that the replenishment signals cannot be lost, thereby reducing the risk of shortages (MacKerron et al., 2013).

Irregularities in (time) movement of Kanban cards

Another limitation that is often mentioned is the irregularities in the movement of Kanban cards. In the traditional Kanban system, the Kanban cards do not move at exactly the same time as the materials being consumed (Abadi et al., 2018; Houti et al., 2017; Kouri et al., 2008). With e-Kanban, a purchase order is immediately sent to the supplier when a bin is scanned, aligning material consumption with the replenishment action (MacKerron et al., 2013). This will lead to a more streamlined replenishment process.

Failure recovery

There are also some less frequently mentioned limitations, each cited at least three times in the literature, as shown in Figure 2. A study by Houti et al. (2017) indicates that quality problems or machine failures can be incorporated into the logic of the e-Kanban system. When such problems or failures occur, the e-Kanban system enables controlled management of these issues, contributing to better failure recovery (Abadi et al., 2018; Mayilsamy & Kumar, 2014). Additionally, a study by Kouri et al. (2008) supports this by noting that an electronic Kanban system helps overcome manufacturing shortcomings such as machine breakdowns, quality problems, and material flow issues.

Incorrect deliveries and material shortages

Furthermore, the number of incorrect deliveries is reduced by formalizing the communication process, while eliminating human errors in methods like emailing spreadsheets to suppliers (MacKerron et al., 2013; Maříková, 2007; Sapry et al., 2020). Additionally, solving the previous mentioned limitations, such as loss of cards, misplacements of cards and incorrect deliveries leads to a decrease in material shortage (Houti et al., 2017; Kouri et al., 2008).

Supply chain transparency

Another aspect that can be improved through e-Kanban is supply chain transparency (Houti et al., 2017; Kouri et al., 2008; Maříková, 2007). Integrating the e-Kanban structure in the ERP systems increases the visibility of the inventory status. It leads to better monitoring, enabling real-time demand signalling, which can lead to improved visibility (Mayilsamy & Kumar, 2014; Sapry et al., 2020). Additionally, an increase in the visibility gives support to continuous improvement, which is a key element of JIT manufacturing (Kouri et al., 2008).

Inefficient optimization of Kanban cards

Furthermore, the transparency in the supply chain can also be increased due to the history that becomes available while using e-Kanban. It enables information on whether the working people are using the Kanban correctly, but it also provides data that can be analysed for relevant settings for e-Kanban (Maříková, 2007). This is linked to the limitation inefficient optimization of Kanban cards, which is mentioned by several studies (Halgeri et al., 2010; Houti et al., 2017; Mayilsamy & Kumar, 2014). When Kanbans are electronic, changes in size and number of bins can be done automatically (Halgeri et al., 2010).

Measuring supplier efficiency and communication with suppliers

Lastly, two limitations for the traditional Kanban system are mentioned regarding the suppliers. The e-Kanban system helps analysing the supplier efficiency, whereas in the traditional Kanban system this is more cumbersome and time consuming (Houti et al., 2017; Kouri et al., 2008; Maříková, 2007). Data on supplier lead and replenishment times can be extracted from the system, enabling a speed analysis of the supplier performance (Mayilsamy & Kumar, 2014). Additionally, e-Kanban provides a mutual base with the supplier, improving the communication (Lage & Filho, 2010; MacKerron et al., 2013).

While various limitations of the traditional Kanban system have been identified in the existing literature, not all of these limitations are relevant to the case study company. The current Kanban process within the company is already partially automated and integrated within the ERP, as it utilizes bar code scanning technology with their bins. Nevertheless, these identified limitations can serve as guidelines for identifying areas of improvement within the company.

Having established the advantages of e-Kanban over the traditional Kanban system, the next paragraph will outline a framework for its successful implementation.

2.1.2 Framework for implementing e-Kanban

When implementing e-Kanban, several aspects should be considered. A study from Mackerron et al. (2013) presented a framework for successful implementation for a supplier replenishment policy using e-Kanban. The study was conducted in a medium sized company, which is a worldwide market leader in the manufacture of hand-held diagnostic instruments. Although the environment differs from the case company and the responsibility for inventory

may vary, the framework can still provide viable guidelines for implementing e-Kanban. The framework is based on critical success factors and incorporates both internal and external integration (Ricky & Kadono, 2020). The following steps provide a structured approach for implementation (MacKerron et al., 2013):

1. Value stream mapping

The fundamental of lean and therefore e-Kanban is to eliminate waste. Value stream mapping is a technique that helps showing the material and information flow in the value stream. It helps visualizing and understanding the current state, which makes it easier to identify waste. It furthermore helps to understand the desired state (with less waste) and how to reach it, coming from the current state (Chen & Meng, 2010). The critical success factors are a description of current situation and setting a target condition (MacKerron et al., 2013).

2. Supplier analysis

E-Kanban can improve the traditional Kanban system, but a successful implementation is to a great extent dependent on the supplier (MacKerron et al., 2013). Since e-Kanban is on a just-in-time basis, it will result in small to even zero safety stock. The timing, quality, and quantity of the suppliers' deliveries are therefore a crucial factor (Waters-Fuller, 1995). The suppliers can be categorized based on an ABC-analysis according to their spending levels (Payaro & Papa, 2023), while also considering qualitative factors, such as the supplier location, its capabilities, and past collaborations. A study by Bottani and Rizzi (2005) presented the following criteria for supplier selection: management capabilities, production capacity and flexibility, design and technological capabilities, financial stability, geographical location, and experience. The critical success factor for this step is the generation of a criteria catalogue (MacKerron et al., 2013).

3. Analysis of selected parts

The analysis of parts can also be done through an ABC-analysis. By sorting parts based on their annual (dollar) volume, calculated by multiplying the price by projected volume or other relevant criteria, they can be classified into three classes: A, B and C. With A classified parts being the items with the highest annual usage (Teunter et al., 2010). In the paper by MacKerron et al. (2013), the implementation of e-Kanban began with 'A' classified materials, following the principle of streamlining procurement procedures for low-value products, despite their critical importance for the company's continuity. However, a selection can also

be made based on projects. A study by Trebuna et al. (2023) introduced the e-Kanban system to certain selected projects. They focused on projects that are the most profitable, so when the efficiency is increased and costs decrease, it will have a significant impact on profits. This can also be taken into consideration, although selecting on materials/parts is more commonly used (Houti et al., 2017). The key to success in this phase is having accurate data and a correct ABC-analysis (MacKerron et al., 2013), which is highlighted further at section 2.2.1.

4. Investigation of selected parts

When parts are selected, it is also important to investigate those. Investigating allows organizations to understand unique characteristics, such as demand patterns, lead time, transportation times, minimum order quantity, bottlenecks, physical restrictions, and its criticality (MacKerron et al., 2013). Furthermore, creating a table including those characteristics and the assembly process is necessary for determining the dimensions of the Kanban loop (Ramnath et al., 2008), which is the next step in the framework (MacKerron et al., 2013).

5. Dimensioning of Kanban loops/sizes

Establishing linked self-regulating control loops between supplier and customer is crucial for an effective Kanban system (Pekarčíková et al., 2020). This step mainly focuses on dimensioning Kanban loops and determining the sizes and quantities of the bins used in the process. It takes into consideration the overall lead time and the demand, including a safety factor and scrap rate (MacKerron et al., 2013). The safety factor is initially higher than needed, to reduce risks, prioritizing the success of the operation over the immediate reduction in inventory. The safety levels are over time fine-tuned and reduced as the process stabilizes (Lee-Mortimer, 2008).

6. Securing material and information flow

An important aspect of an e-Kanban system is the ability of continuous improvement, which relies on collecting and reporting data about manufacturing operations (information) and material flows and storage (Houti et al., 2017). After dimensioning the loops in stage 5, securing a smooth information and material flow thus becomes crucial. Internal and external integration play a pivotal role in optimizing this stage (MacKerron et al., 2013).

7. Supplier preparation

A study by Ricky and Kadono (2020) on the implementation of e-Kanban emphasizes the significance of external integration with suppliers for effective collaboration. It is vital to conduct training, promote the system and establish system implementation guidelines in order to secure the preferred supplier for e-Kanban. The implementation of a supplier e-Kanban introduces new tasks and responsibilities for the company and its suppliers (MacKerron et al., 2013).

8. Internal preparation

To make sure that the process will work in practice, there should also be internal preparation. This preparation should include clear-written procedures, outlining of specific staff responsibilities and the provision of necessary training (MacKerron et al., 2013).

2.2 How does e-Kanban influence inventory management?

Inventory consists of raw materials, work-in-process, supplies used in operations, and finished goods (Muller, 2019). Any company keeps inventory, making inventory management a crucial aspect (Salman et al., 2023). It involves the organization, acquisition, storage, and distribution of the right materials, of the right quality and quantity, at the right time and place (Munyaka & Yadavalli, 2022). When inventory management is done effectively it enables the realization of channel marketing, sales, and logistics strategies. It furthermore makes sure that materials and service value flows from supplier to customer smoothly (Ross, 1998). As advancements like e-Kanban transform inventory practices, understanding its influence becomes crucial. This chapter delves into how e-Kanban impacts inventory management by examining the ABC-XYZ analysis, e-Kanban benefits, and its limitations.

2.2.1 ABC – XYZ Classification

To have an efficient control of different inventory stock units, the inventory is often classified into different groups (Ng, 2007). In inventory management the ABC analysis is commonly used (Flores & Whybark, 1986). The simple version of the ABC analysis is solely focused on cost or usage. The practical classification of the analysis is based on the Pareto principle, with the original numbers being the 80-20 rule. Meaning that 80% of the company's business comes from approximately 20% of the stock units (Flores & Whybark, 1986). However, these numbers have been changed throughout time in accordance with specific company environments. An example of frequent used ABC classification strategy is the following (Pandya & Thakkar, 2016):

Table 2

ABC Classification

Classification	Percentage of total inventory	Percent of annual usage	Actions
A	About 20%	About 80%	Closely monitoring
B	About 30%	About 15%	Periodic review
C	About 50%	About 5%	Infrequent review

Note. Adapted from “A review on Inventory Management Control Techniques”, by B. Pandya and H. Thakkar, 2016, *REST Journal on Emerging Trends in Modelling and Manufacturing*, 2(3), 82-86.

Here A-items are goods with a high annual consumption value and are important for the continuity of the company. B-items are inter-class items with a medium consumption value and C-items are items with the lowest consumption value (Pandya & Thakkar, 2016). However, the ABC classification can extend beyond cost or usage alone, incorporating criteria such as certainty of supply, obsolescence, lead time, cost of review and replenishment, design and manufacturing process technology, substitutability, repairability, criticality, and commonality, reflecting what is considered important to management (Flores & Whybark, 1986; Teunter et al., 2010).

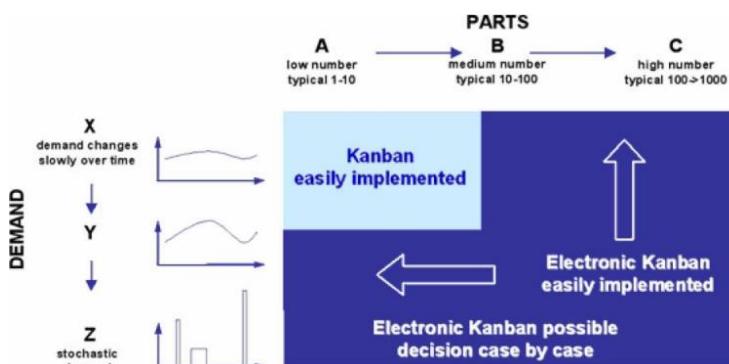
While ABC analysis serves as a valuable tool, it has limitations in achieving optimized stocking, because it doesn't take into account fluctuations in product demand and price, which affects the prediction accuracy and ordering process. To manage fluctuations in product demand, probability is commonly grouped using an XYZ analysis (Pandya & Thakkar, 2016).

- X: relatively consistent consumption, with occasional minor fluctuations.
- Y: higher variability in consumption, often influenced by trends or seasonal patterns.
- Z: completely irregular consumption (Scholz-Reiter et al., 2012).

E-Kanban is more versatile than traditional Kanban systems due to its ability to handle scalability challenges. As manufacturers expand Kanban usage to encompass more suppliers and parts, the traditional system becomes cumbersome. E-kanban system effectively addresses this limitation by electronically handling a significantly larger number of parts and suppliers (Drickhamer, 2012). Particularly for parts with high material volume, rapid changes and variable demand e-Kanban proves more suitable, as indicated in Figure 3 (Houti et al., 2017; Maříková, 2007).

Figure 2

Areas of Successful Implementation of Traditional and Electronic Kanban



Note. From “E-kanban and its Practical Use”, by I.O. Maříková, 2007, *Conference STČ*

2.2.2 Benefits of e-Kanban for Inventory Management

Implementing e-Kanban offers significant advantages that directly influence inventory management practices. The benefits of e-Kanban are related to each other:

Improved Inventory Accuracy

One key factor that increases the inventory accuracy is the real-time nature of the e-Kanban system, where the replenishment trigger happens instantly (Houti et al., 2017). This instantaneous signal allows for real-time visibility, while eliminating delays and ensuring that inventories are reflecting current actual stock levels. Due to this, discrepancies between physical inventory and inventory records are reduced, improving accuracy. Furthermore, by reducing manual handling, the likelihood of misplacing or losing cards, which can disrupt the stock replenishment process, is eliminated, thereby enhancing accuracy (Svirčević et al., 2013). Additionally, the increased visibility and transparency enables informed decision-making based on up-to-date information (Houti et al., 2017; Kouri et al., 2008; Mayilsamy & Kumar, 2014).

Streamlined Replenishment Process

A streamlined replenishment process focuses on minimizing complexity, reducing waste, and improving efficiency. A study by MacKerron et al. (2013) highlights this benefit by demonstrating the mitigation of several steps in the purchasing process, thus making the replenishment process more efficient. Furthermore, the improved inventory accuracy as discussed earlier, can contribute to a more streamlined replenishment process. Since decisions are based upon up-to-date information (Mayilsamy & Kumar, 2014) and manual handling is reduced (Svirčević et al., 2013), fewer errors occur, which positively impacts the replenishment process.

Enhanced Lead Time Management

The improved visibility and transparency, as discussed at the benefit of improved accuracy, allows for better tracking of material movements, which enables also more accurate lead time estimation. Furthermore, the communication with the suppliers is improved, leading to a better tracking of supplier lead and replenishment time (Mayilsamy & Kumar, 2014). Lead time is a critical factor in the bullwhip effect (F. Chen et al., 2000). Increased lead times often result in more rush orders from suppliers as a larger portion of orders exceed the timeframe for standard expediting, leading to additional costs (Magnusson & Simonsson, 2012).

Shortening lead time has been shown to lower safety stock, reduce losses due to stockouts, enhance customer service levels, and increase competitiveness in business (Senapati et al., 2012).

Reduced Inventory Levels

The key to e-Kanban's success in reducing inventory levels lies in its ability to deliver improved inventory accuracy, as discussed above. Enhanced inventory accuracy allows for better decision-making regarding stock levels and reorder points, since the decisions are based on precise data. Additionally, the system supports continuous improvement by enabling adjustments to inventory size based on demand changes, thereby enhancing flexibility (Kouri et al., 2008; Wijaya et al., 2019). By minimizing material shortages and ensuring on-time delivery (Houti et al., 2017; Sapry et al., 2020; Maříková, 2007), e-Kanban allows for a reduction in safety stock levels. As safety stocks decrease, average inventory levels also decline.

Lower Inventory Carrying Costs

Reduced inventory levels lead to decreased financial costs associated with inventory carrying. Additionally, reduced labour costs related to the movement and handling of Kanban cards also contribute to lower overall inventory carrying costs (Halgeri et al., 2010). Consequently, this results in savings in terms of interest, storage costs, handling, and waste (Koumanakos, 2008).

In conclusion, the findings demonstrate improvements in inventory management in various aspects, inventory accuracy, lead time management, the effectiveness of work processes, as well as reductions in waste (Jarupathirun et al., 2009) and inventory levels, all of which lead to reductions in financial costs.

2.2.3 Limitations of e-Kanban

While e-Kanban has emerged as a powerful tool for inventory management, existing research acknowledges some limitations. This section delves into these limitations and assesses their relevance to the specific context of this study.

Lack of Production Information in ERP System

Firstly, two studies mention that the traditional Kanban system might be better than e-Kanban, when there is no appropriate production information available in the ERP system (Abbadi et al., 2018; Houti et al., 2017). However, there is production information available in the ERP system of the case study company. This limitation therefore isn't relevant for the specific research context.

Visualization and Flexibility Issues

A study from Houti et al. (2017) on the impact of the implementation of e-Kanban in the enterprise showed additional aspects where e-Kanban might be limited compared to the traditional Kanban; the visualization of production problems, the ability to set priorities, and improving the flexibility of the production line. It also mentions that some of these might be present in the e-Kanban system, but no further study elaborates on this. Since this research is focused on the effect of e-Kanban on inventory management, those limitations are out of scope considering the problem statement.

Risks associated with Suppliers

Another limitation for the implementation of e-Kanban are the risks associated with the company's suppliers (Hassan et al., 2022; MacKerron et al., 2013). A study from Hassan et al. (2022) presented several problems that are mentioned in the existing literature: lack of supplier support, inability to deliver JIT, physical distance between the company and its suppliers, poor quality of materials and poor and/or inaccurate data. Additionally, a study on supplier replenishment through e-Kanban by MacKerron et al. (2013) also undermines these potential problems. In the presented framework by MacKerron et al. (2013) two stages are especially focused on the supplier: stage 2 - supplier analysis and stage 7 - supplier preparation. These two stages are focused on mitigating problems related with suppliers and are focused on mitigating the effects of the mentioned supplier limitations which are mentioned by a study from Hassan et al. (2022).

Implementation costs

Lastly, implementing an e-Kanban system can incur significant expenses. Maříková (2007) highlights the high costs of terminals and other expenses related to the development and IT implementation. Additionally, Jarupathirun et al. (2009) emphasizes the considerable cost involved in transitioning to radio frequency identification technology (RFID). However, e-

Kanban is compatible with barcode scanning, which is a more cost-effective option compared to RFID and electronic data interchange (EDI) (MacKerron et al., 2013). Since the case company already utilizes barcodes on their bins and the ERP system includes an e-Kanban option, transitioning to an e-Kanban system should not require a substantial investment.

While considering the potential benefits offered by an e-Kanban system and its manageable limitations that can be addressed, it is compelling to explore its possibilities within the unique context of the HVLV environment.

3. Methodology

3.1 Research nature and research strategy

Research nature

This study seeks to answer the following questions: ‘How Does e-Kanban Impact Inventory Management in a High-Variety, Low-Volume Environment?’ through an exploratory inductive approach. While existing literature on the influence of e-Kanban on Inventory Management is mainly focused on the automotive industry, a repetitive environment, there is little to no existing literature on e-Kanban in a high-variety, low-volume environment.

Given the scarcity of the existing literature and the limited knowledge about the specific research problem an exploratory research nature is appropriate (Yin, 2017). This approach involves investigating research questions that have not been extensively explored previously (George, 2023). Given the emphasis on understanding a new phenomenon, an inductive approach aligns well with the exploratory nature of this research. This approach uses reasoning from the specific to the general and it aims to generate new theories or refine existing ones (Johnson, 1996). The inductive approach consists of three stages: observation, seeking patterns and developing a theory or a general (preliminary) conclusion (Streefkerk, 2023). The study involved an in-depth observation of the (e-)Kanban process in the case company, while looking for patterns. It furthermore aims to explore new knowledge and perspectives, by reasoning from the specific to the general, and therefore contributing to the exploratory research nature (Charmaz, 2006; R. B. Johnson & Christensen, 2013).

Furthermore, this research is focused on the impact of e-Kanban within the case study company, therefore the unit of analysis is the case study company. Since it is focused on a single case (company), it is a within-site study (Creswell, 2012). Data collection was conducted at a single point in time, reflecting the current state of the case study company. Therefore, the study is cross-sectional (Olsen & St. George, 2004). This aligns with the exploratory research nature, as it allows for a deep understanding of the situation and the development of new insights.

Research strategy

The problem statement is addressed through a case study research approach, utilizing both qualitative and quantitative data. The current theoretical understanding of the problem is in its early stages of development. According to a study from Edmondson and McManus (2007),

exploring nascent theory necessitates the use of qualitative data. Rich, detailed, and evocative data allows for continuous, intense learning and a flexible approach. While qualitative data serves as the main source, quantitative data is used to quantify the identified qualitative processes.

Case study research is a form of qualitative research, focusing on providing a detailed account of one or more cases. It involves the study of a case within a real-life context (Creswell, 2012), in this case, a high variety, low volume environment. Since the goal is to understand a specific case in-depth, the study can be classified as an intrinsic case study (single-case study). This research strategy is aligned with the exploratory inductive nature of this research, since both seek a deep understanding of the problem at hand (R. B. Johnson & Christensen, 2013).

3.2 Data collection

In case study research, a lot of different data collection methods can be used; observations, interviews, questionnaires, focus groups, tests, and secondary data (R. B. Johnson & Christensen, 2013). This study will use triangulation to collect data, including both primary and secondary data. Triangulation involves utilizing different data collection techniques to confirm the accuracy and reliability of the gathered data (M. Saunders et al., 2007). It aims to overcome biases and limitations associated with single-method studies (Brink, 1993).

The primary data for this study was collected through interviews and observations. Observations are one of the main tools used for data collection in qualitative research (Creswell, 2012). This method was used to gain a better understanding of the current processes involved in the kanban inventory management with the related departments, warehousing, assembly and procurement. Additionally, observations were conducted to get an understanding about the duration of the internal replenishment steps in the current process.

Furthermore, semi-structured interviews were conducted to delve deeper into the problem at hand. Semi-structured interviews are a good method for gathering insights into various aspects, such as opinions, attitudes, experiences, processes, behaviors, and predictions (Rowley, 2012). These interviews were guided by a predefined list of themes and questions, although they could vary between interviews. M. Saunders et al. (2007) highlight that the flexibility of semi-structured interviews allows adaptation of research questions throughout the research process. This enables an exploration of emerging themes and unexpected insights in greater detail.

The interviews were conducted through non-probability sampling, more specifically purposive sampling. M. Saunders et al. (2007) highlights that non-probability sampling allows for subjective judgement in selecting samples. Whereas purposive sampling enables researchers to choose cases that best address their research questions and objectives. This choice is supported by the fact that participants were selected based on their relevance to their research topic, rather than generalizability (Ishak & Bakar, 2014).

For this study, a total of 7 interviews were conducted. The participants were selected based on their relevance to the research topic and in consultation with the company supervisor. The interviews were conducted in-person at the case company and lasted between 20 and 70 minutes. The interviews consisted of a list of predetermined open-ended and closed questions, which can be found in appendix 1. The questions were built upon key themes which have been identified in the extensive literature review in chapter 2.

All the interviews were conducted in Dutch, aligning with the primarily language used by the case company. The interviews are all recorded, since this provides several benefits: improved interviewer focus, accurate formulated questions for future use, reviewability, unbiased and accurate records, direct quote usability and the creation of a permanent, shareable record (Miles & Huberman, 1994). Prior to recording, permission from each interviewee was obtained. The recordings were transcribed in their original language. The transcribed interviews can be found in appendix 2. An overview of the interviews is presented in table 3. To ensure confidentiality, names were left out and replaced with codes.

Table 3

List of Interviews

Interview	Date	Job Title	Years of Experience	Interview Duration
1	10-04-2024	Warehouse employee	15	40 minutes
2	12-04-2024	Operations Improvement Engineer	8	50 minutes
3	17-04-2024	Operational Buyer	5	45 minutes
4	26-04-2024	Operational Buyer	1	70 minutes
5	30-04-2024	Operational Buyer	5	20 minutes
6	06-05-2024	Manager Assembly line 1 and 2	34	30 minutes
7	16-05-2024	Operations Improvement Engineer	8	25 minutes

The secondary data used in this study is coming from the company's ERP system and existing Power BI reports, which are also based on information from the ERP system. The focus of this thesis was on the second assembly line, as this line is the most developed in terms of items in Kanban. This facilitates an in-depth analysis of suitable items and amplifies potential impact. Thus, the information collected was specific to items used in Kanban in the second assembly line, consisting of 613 items.

This information consisted of item number, material description, number of kanban bins, bin quantity, storing position, supplier, safety stock, minimum lot size (used as MOQ within the company), planned delivery time (PDT) in days, purchasing group, ABC-XYZ classification, material group, standard price, consumption levels, purchase orders, number of replenishments and picking times. This data served as the basis for the future analysis and also contributed to the understanding of the environment's characteristics.

3.3 Data analysis

Miles and Huberman (1994) define three concurrent flows of activity in analysing qualitative data: data reduction, data display and conclusion drawing or verification. Furthermore, for the secondary data, some cleaning procedures were done.

Data reduction

The initial step of data reduction involved the selection, focus, simplification, abstraction, and transformation of the data collected (Miles & Huberman, 1994). In addition to interview transcripts, data collected through observations was also included in the analysis process. The transcripts of the conducted interviews are analysed through a thematic analysis. Thematic analysis, as described by Braun and Clarke (2012), offers a flexible approach for identifying patterns or themes within qualitative data. The goal is to recognize and explore significant themes, enabling insights into the research questions (Maguire & Delahunt, 2017).

Data cleaning

Data cleaning is essential for the secondary data collected. Following an initial analysis, 14 items were excluded. This exclusion was due to either outdated Kanban settings or because the items were internal production parts, making them unsuitable for e-Kanban as they do not involve an external supplier. After this process, the remaining dataset yielded 599 items.

Inductive coding

An inductive approach guided the coding process, aligning with exploratory qualitative data analysis. Unlike deductive coding, where categories and codes are predetermined, an inductive approach allows categories and codes to emerge directly from the data (Guest et al., 2012). This method ensures that the analysis remains grounded in the data itself, fostering rich and nuanced interpretations.

Data display

For the step data display, the code book is presented in table 4 and an example of the coded data is displayed in appendix 3.

Table 4

Code Book

Theme	Variable	Definition	(Colour) code
Process	Current Kanban Process	Description of how the current Kanban process works.	CKP
	Future e-Kanban Process	Description of how the future e-Kanban process will work.	FEKP
	Responsibility in Process	Description of who's responsible for a certain task within the process.	RP
	Frequency or duration	Description of how often or long a certain step/task is done or takes.	FD
	Stockout	Description of tasks related to stockouts.	SO
Improvement	Advantages e-Kanban	Description of potential advantages the company strives to achieve.	AEK
	Challenges e-Kanban	Description of the potential challenges associated with e-Kanban implementation.	CEK
	Potential Improvement	Identified tasks/process steps that have room for improvement.	PI
Item criteria	Supplier Performance	Description of why supplier performance is important.	SP
	Service consumption	Description of why service consumption is important.	SC
	Multiple Assembly Lines	Description of why consumption in multiple assembly lines is important.	MALL
	Bin Size	Description of how bin size is determined.	BS
	Other Criteria	Description of other criteria to consider for item criteria.	OC
Company	Company Description	Description of the company's environment and activities.	CD

Drawing conclusions

After the data reduction and data display, conclusion can be drawn from the interviews and observations. These conclusions are also used in the further analysis of the items.

3.4 Reliability and Validity

According to M. Saunders et al. (2007) several data quality issues can be identified while using semi-structured interviews in relation to the reliability, forms of bias and validity and generalizability. Ensuring the reliability and validity is especially crucial in qualitative research, where subjectivity can significantly influence data interpretation (Brink, 1993).

Internal validity

Internal validity assesses whether the observed changes in the dependent variable are truly caused by the manipulation of the independent variable, rather than external factors (Brink, 1993; Quinton & Smallbone, 2005). Utilizing multiple data sources such as observations, interviews, and secondary data allows for triangulation of findings. This strengthens internal validity by ensuring that the data align with and accurately reflect true behaviours and relationships (M. Saunders et al., 2007)

Additionally, the researcher was mindful of potential biases from interviewees, interviewer and observations and implemented appropriate measures to address them. Anonymity and confidentiality were ensured for participants, specifically to reduce social desirability bias, which happens when individuals attempt to adhere to societal norms and therefore portray themselves in a positive manner (Randall & Fernandes, 1991). The complex process of anonymization balanced participant identity protection with data integrity (B. Saunders et al., 2014). Furthermore, after an observation has taken place, debriefing sessions were done, to inform those affected about what has occurred and the reasons behind it (M. Saunders et al., 2007). Lastly, member checking was done with participants to validate the accuracy of the data and the correctness of its interpretations (Candela, 2019).

Construct validity

In qualitative research, construct validity focuses on ensuring that the data truly reflects the concepts being studied (Golafshani, 2015). This is achieved by identifying concepts through existing theories and literature. Additionally, the interview questions were designed based on themes found during the literature review.

External validity

External validity, also known as generalizability, reflects how well a study's findings can be applied to other settings, groups, or situations (Brink, 1993). Quinton and Smallbone (2005) highlights that external validity is typically not a concern in case studies, as generalization is not a primary objective of qualitative research. M. Saunders et al. (2007) further emphasize this point by stating that the main task in a qualitative case study is to explain what is going on in the particular research setting. Therefore, avoiding claims of generalizability for one's results or conclusions resolves any potential issues.

Reliability

Reliability refers to the consistency, stability and repeatability of the information collected in a study (Brink, 1993). It primarily addresses whether different researchers would obtain similar results when repeating the study. There are four main threats to reliability: subject or participant error, subject of participant bias, observer error and observer bias (M. Saunders et al., 2007). According to M. Saunders et al. (2007) when collecting data through observations, the observer bias is the greatest threat to the reliability. This bias occurs when the observer influences data collection and study outcomes through interactions and selective perception (Mouselli & Massoud, 2018). Moreover, when researchers take on the role of observer as participant, they may still inadvertently influence the activity. To mitigate this bias, the findings will be presented to the participants, enabling the verification of the gathered information (Mouselli & Massoud, 2018).

The use of semi-structured interviews may also pose concerns regarding reliability, due to the lack of standardization. However, it is important to note that the findings from non-standardized interviews may not aim for repeatability. This is due to the fact that the interviews capture a specific moment and its flexibility (M. Saunders et al., 2007). Although repeatability isn't the aim, the reliability is improved by taking measures for the interviewer bias and interviewee bias, as discussed at internal validity.

The reliability is furthermore ensured by triangulation of the insights found through interviews, observations, and secondary data.

4. Findings/results

This chapter seeks to answer the three empirical questions as presented in Chapter 1; How will the replenishment process change when implementing e-Kanban? How are items selected and what is the effect of e-Kanban on inventory management in a HVLV environment? To be able to answer these questions, a current state analysis was conducted first.

4.1 Current state analysis

The company currently predominantly uses stock transfer Kanban (warehouse – workplace) in their processes, involving thirteen assembly lines and cells. Each assembly line may use multiple Kanban racks with several shelves. Each item managed through the Kanban system is allocated a minimum of two bins, with the second bin acting as a safety stock to ensure sufficient time for replenishment and reduce disruptions in assembly. Each bin has a label containing the item number, quantity, bin sequence number, bin-specific number, and two barcodes: empty and full. Which will be explained further on.

Through observations and interviews, a comprehensive understanding of the current Kanban process was attained. This process is visually presented in Figure 3. In the visualization, an oval represents a situation, a rectangle represents an action, and a colored rectangle represents an automated action.

When an assembly employee empties a bin, it is placed on the destined top shelf of the Kanban rack, signaling the need for replenishment. Every two days a warehouse employee collects the bins from the top shelves and scans the ‘empty’ barcode. This reveals a delay between the start of the replenishment and moment of consumption, as a bin may be emptied but only collected two days later. The collection is done per assembly line or cell. Scanning the empty barcode updates the bin’s status to empty in the system, which immediately creates a transfer order. The status of the transfer order is indicated by a colored dot: green for available inventory and red for insufficient stock in the warehouse.

The green transfer orders are then selected, and a picking order is printed. During the picking process, it may occur that a bin remains unreplenished. This happens when a bin is collected and scanned as empty, but there is not enough stock in the warehouse for replenishment. In such circumstances, no pick task is generated for this item, as indicated by its red status.

Consequently, the empty bin is relocated to the shortage rack which is located at the end of each assembly line.

Moreover, when a warehouse employee is assigned a pick task but finds no corresponding bin, it signals that the bin is located at the shortage rack and is awaiting replenishment. The bins must be retrieved and subsequently picked. The process of determining whether bins on the shortage rack are eligible for replenishment is thus automatically regulated by the system, facilitating the transition of the colored dot from red to green.

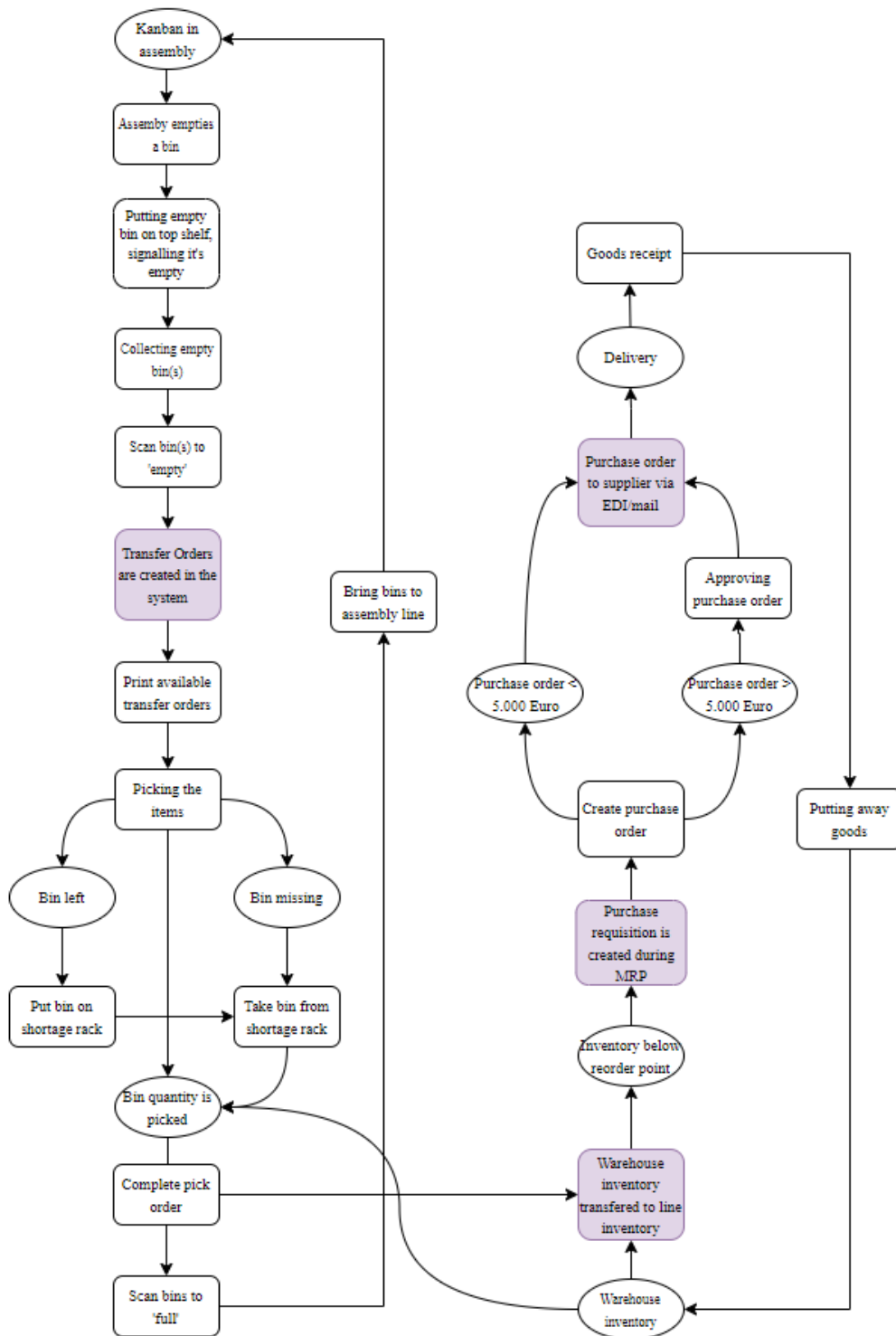
After filling all the bins, the pick order is completed, and the inventory is then transferred from the warehouse to the assembly line inventory in the system. The 'full' barcode is scanned, so that the bin status is updated accordingly. The warehouse employee then returns the bins to the assigned locations in the racks.

Subsequently, warehouse inventory requires replenishment. When inventory level falls below the reorder point, a purchase requisition is created during the Material Requirements Planning (MRP), which runs automatically once every night. A purchasing employee then converts these purchase requisitions into purchase orders. Purchase orders exceeding 5,000 Euros require approval, either from the Purchasing department, the Vice President Operations, or the Finance department, depending on the monetary value. The approved purchase order is subsequently sent to the supplier via EDI or mail. Upon receipt, Incoming Goods books the delivery and transports the items to the correct location in the warehouse. According to interview 4 and the Finance department, the entire purchasing process, including order creation, approval, transmission, receipt, documentation, distribution, invoicing and close, costs approximately 70 Euros per order.

Furthermore, the decision on which items are set up in Kanban is made in agreement with the assembly line and the responsible material planner. For the second assembly line, the guideline is that a bin contains around 3 machines' worth of consumption, though cheaper and smaller items may contain more.

Figure 3

Current Process Flow



The manager of the second assembly line keeps track of shortages using a list of bins that are scanned as empty and unable to be replenished (appendix 2e). If one bin is empty, there is no immediate issue as long as the warehouse inventory is replenished on time by a delivery from the supplier. The assembly line can still assemble approximately three machines (one full

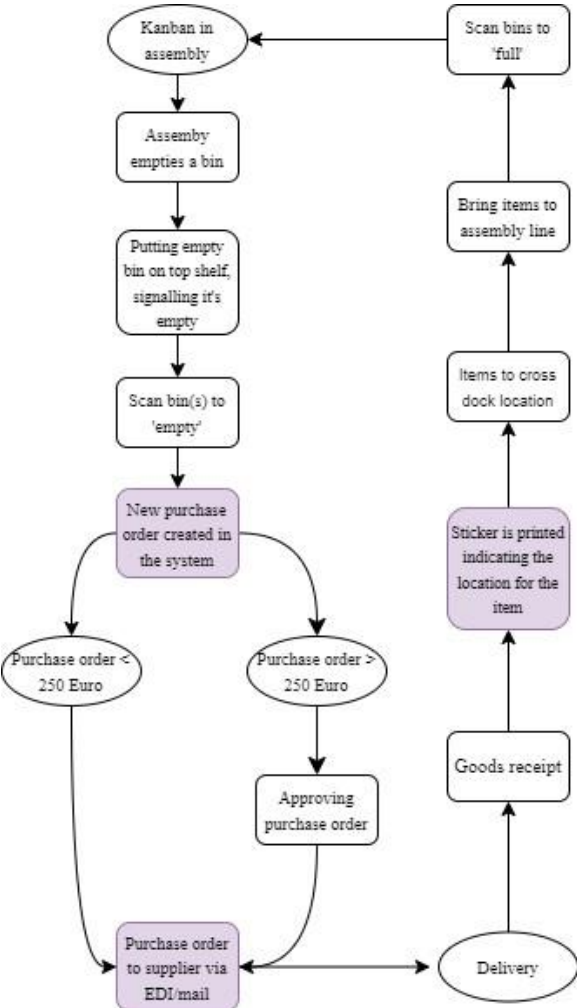
bin). However, when two bins are empty, this could potentially disrupt the assembly line, as there's no remaining inventory in the line. Consequently, heightened attention is given to ensure a prompt delivery. However, the list is not always accurate, as noted in interviews 6 and 7 (appendices 2e and 2f), due to errors in manual handling. Occasionally, a bin is not scanned as 'empty' but is placed on the shortage rack. Consequently, discrepancies arise where bins expected to be on the shortage rack are found on the assembly line instead. Conversely, if a bin is not scanned as 'full' but is in the assembly line, one would expect it to be at the shortage rack.

4.2 How will the replenishment process change when implementing e-Kanban?

The company has not yet implemented e-Kanban, but interviews have provided a conceptual outline of the future process. A visualization of the e-Kanban process is shown in Figure 4.

Figure 4

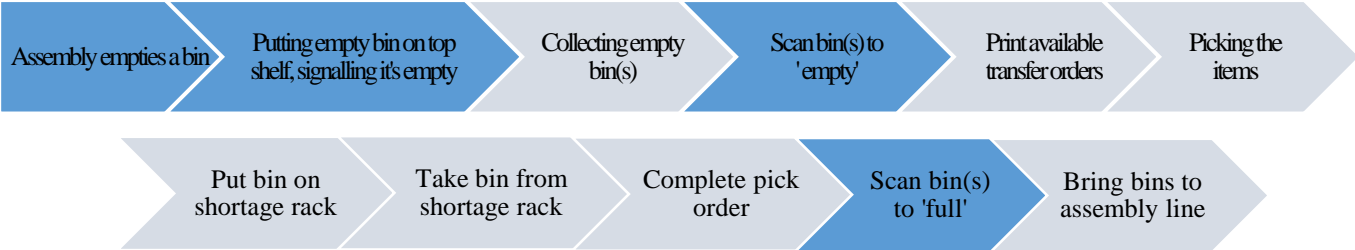
e-Kanban Process Flow



The visualization provides a clear indication of the e-Kanban process’s relative simplicity and reduction in manual tasks compared to the current Kanban process. In the e-Kanban process when a bin is scanned empty, a purchase order will be created immediately, bypassing the need for internal replenishment. The suppliers will still receive the purchase orders through EDI or mail as in the current process, so nothing changes in the process on the supplier side. When the items are received and brought to a cross dock location, a sticker is automatically printed detailing item specifics, including item number, quantity, bin number, and location. An assembly worker will then bring the items from the cross-dock location to its Kanban location and scans the bin to ‘full’.

The implementation of the e-Kanban system results in a reduction of manual tasks, due to the mitigation of internal replenishment. Therefore, the entire replenishment process becomes less time consuming. Specifically, seven steps will be eliminated, as shown by the grey steps in Figure 5, making the replenishment process more streamlined.

Figure 5
Overview Tasks Internal Replenishment Current Process



Note. Blue steps remain present in the e-Kanban process. The grey steps are eliminated.

Through observations, task times for the mitigated steps were measured. Furthermore, an estimate of the total task time for the internal replenishment process on the second assembly line was provided by the responsible warehouse employee, approximating it to be 1.5 hours on each replenishment day (Appendix 1). To validate this estimate, a check was conducted to ascertain if the measured task times aligned with the estimated total task time, which can be found in Appendix 4. Through these times measurement the average costs of a bin replenishment were calculated, amounting to €1.93.

Furthermore, in the e-Kanban process, one step in the external replenishment is eliminated: creating purchase order, and one step is added: items to the cross-dock location. Although the

creation of purchase orders is no longer required in the e-Kanban process, it is not expected to increase overall efficiency, as supported by interview 5 (appendix 2e). This can be attributed to the adjustment in the order approval threshold, which has been reduced from 5,000 Euros in the current process to 250 Euros in the e-Kanban process. Consequently, while less time is required for order creation, more time is allocated to order approval in the e-Kanban process. As a result, it is assumed that the external replenishment process will continue to cost approximately 70 Euros per order, as it does in the current process.

Additionally, if an item is exclusively consumed by the second assembly line, maintaining warehouse inventory will no longer be necessary, thereby reducing the average inventory levels. However, if an item is used across various assembly lines and/or has a significant amount of service consumption, separate inventory in the warehouse is required.

Lastly, transitioning to e-Kanban involves minimal system adjustments as mentioned in interview 2 (Appendix 2b). The primary adjustment entails configuring a printer for label printing. Additionally, one setting in the ERP system must be changed, directing the bins through the e-Kanban process, instead of the stock transfer Kanban process.

4.3 How are items selected for e-Kanban in a high variety, low volume environment?

Having examined the changes in the replenishment process while implementing e-Kanban, this section investigates the item selection for e-Kanban implementation.

Interview 2, 3 and 4 (see appendix 2b, 2c, and 2d) noted that handling and inventory levels are important aspects to consider while looking at the impact of e-Kanban. Since the inventory levels are a trade-off with purchasing costs, this was also included. Thus, the selection of items for e-Kanban relies on three factors within the company: inventory levels, cost of internal handling, and purchasing costs. However, to be able to make decisions based on these factors, it is crucial to understand which scenarios are possible for each item.

The decision-making process is supported by a comprehensive dataset containing item number, material description, number of kanban bins, bin quantity, storing position, supplier, safety stock, MOQ, PDT in days, purchasing group, ABC-XYZ classification, material group, standard price, consumption levels, and amount of purchase orders. These criteria align with the recommendations as mentioned in interview 2, 3 and 4 (see appendix 2b, 2c and 2d).

A crucial aspect of item selection involves distinguishing between machine-specific and standardized items, as this affects the possible scenarios. This differentiation is determined by analyzing consumption booking locations of the items in the ERP system. Initially, machine-specific items do not necessitate separate warehouse inventory in the e-Kanban process, whereas standardized items require separate inventory in the warehouse for other assembly lines. However, this distinction is not straightforward, as it is influenced by service consumption as mentioned in interviews 3 and 4 (see appendices 2c and 2d). In these interviews, it was noted that e-Kanban may not be suitable for items with a certain level of service consumption, since maintaining inventory for service would still be necessary. Additionally, for items with very low service consumption, the need to maintain inventory is questionable.

To simplify the decision-making process, it is assumed that if an item receives fewer than five service orders per year, no separate inventory is held for service. Instead, orders are placed at the moment of consumption demand and will thus accept a potential longer delivery time. Table 5 provides an overview of the possible scenarios for the items.

Table 5
Possible Scenarios for Items

Item type	Less than 5 service PO's	Possible scenarios
Machine-specific	Yes	Current process or e-Kanban
Machine-specific	No	Current process or e-Kanban + warehouse inventory
Standardized	Yes	Current process or e-Kanban + warehouse inventory
Standardized	No	Current process or e-Kanban + warehouse inventory

The three factors – inventory levels, cost of internal handling and purchasing costs – will guide the decision-making process between these possible scenarios, which will be discussed in the following sections.

Inventory levels

To measure the inventory value of the items under the three scenarios, a safety stock calculation is essential. This calculation distinguishes between service consumption, assembly line two consumption, non-assembly line two consumption, and total consumption. The company’s existing format, which considers the last 12 months of data, was used for this purpose. This format calculated the standard deviation (σ) and the Z-value, with the Z-value being related to the service level of each ABC-XYZ classification, as shown in Table 6.

Table 6

Service Level - ABC-XYZ Classification

	AX	AY	AZ	AZ2	BX	BY	BZ	BZ2	CX	CY	CZ	CZ2	N
Service level	0.98	0.95	0.85	-	0.98	0.95	0.85	0	0.98	0.95	0.85	-	-
Z-value	2.05	1.64	1.04	-	2.05	1.64	1.04	0	2.05	1.64	1.04	-	-

Note. Adapted from an internal Excel File provided by the company, May 2, 2024.

As mentioned in Interview 7 (Appendix 2g), the service level for X-classified items is higher than for Y and Z items. This is because X items are more structural and standard; hence, avoiding stockouts for these items is crucial. Consequently, the higher service level leads to a higher z-value. The formulas for safety stock (SS) and reorder point (ROP) are shown in Equations 1 and 2 (Jacobs & Chase, 2013).

Equation 1

Safety Stock

$$SS = Zvalue \times \sigma_L$$

Note. Adapted from “Operations and Supply Chain Management”, by F.R. Jacobs and R.B. Chase, 2013, p. 528.

Equation 2

Re-Order Point

$$ROP = dL + SS$$

Note. Adapted from “Operations and Supply Chain Management”, by F.R. Jacobs and R.B. Chase, 2013, p. 527.

In this equation, d represents the average daily demand, and L denotes the lead time in days.

Using the calculated ROP, the minimum Kanban bin quantity for e-Kanban can be determined. As highlighted in interview 2, 4 and 5 (appendix 2b, 2d and 2e), each bin must contain enough items to cover the lead time of the external replenishment, along with additional safety stock to accommodate for unforeseen circumstances. Therefore, the bin quantity is determined by the ROP and is rounded up to the next whole number, as bins can only contain whole items. Rounding up, rather than rounding to the nearest number, ensures the ROP requirement is consistently met.

With information about the current bin sizes, minimum e-Kanban bin sizes, consumption, lead times, and SS, the average inventories can be calculated. To calculate the average inventory in the warehouse for the current process and the e-Kanban + warehouse inventory process, the following formula was used (Tilburg University, 2020):

Equation 3

Average Inventory Warehouse

$$\text{Average Inventory} = \frac{Q}{2} + SS$$

Note. From “Lecture 7 – part B Inventory Management II”, by Tilburg University, 2020, Slide Show, slide 13.

In this equation, Q stands for the order quantity, which for the company is equal to MOQ.

For the average inventory for two-bin Kanban, the following formula was used (Kanet & Wells, 2019):

Equation 4

Average Inventory Kanban

$$\text{Average Inventory} = \frac{\text{MinI} + \text{MaxI}}{2} = \frac{(3B - 2DL)}{2}$$

Note. From “Setting bin quantities for 2-Bin Kanban systems”, by J. Kanet and C. Wells, 2019, *Omega*.

Here, MinI represents minimum inventory, MaxI represents maximum inventory, B denotes bin quantity and DL signifies the average demand during lead time. For the current state, DL was calculated based on a 2-day lead time. According to interviews 1 and 5 (appendices 2a

and 2e), this can be considered the average lead time, as, on average, the Kanban is replenished every two days. However, for the e-Kanban process, the PDT is used as the average lead time, as replenishment will then come from the supplier and will thus equal the PDT.

Ordering costs

As discussed earlier, it is assumed that the cost for the ordering process will remain €70 for both the e-Kanban process and the current process. The total ordering costs are calculated by multiplying the number of purchase orders by €70. For e-Kanban orders the number of orders are calculated by dividing the consumption by the e-Kanban bin size, whereas for the warehouse inventory, the number of orders is calculated by dividing the consumption by MOQ.

Handling costs

The final cost to consider is the expense associated with handling, specifically internal replenishment. In the e-Kanban process and the e-Kanban + warehouse inventory the internal replenishment steps are eliminated, as there will be no replenishment between the warehouse and the second assembly line. The handling costs are calculated by multiplying the number of replenishments by the €1.93 cost per bin (as discussed in Section 4.2). The number of internal replenishments in the current process is calculated by dividing the consumption by the bin size.

After establishing the approach on how to calculate the three factors and the minimum bin quantity, the subsequent task involves optimizing bin quantities. As shown in Figure 6, there's a trade-off between bin size (x-axis), inventory levels, and purchasing costs. The figure shows how the total costs change when increasing the bin size, considering the minimum bin requirement. Especially for relatively less expensive items, depicted in the left graph, increasing the bin size can decrease the total cost in terms of inventory levels and ordering costs. This optimization process was conducted for each item, however, for some items increasing the bin size is not beneficial, as shown in the right graph.

Figure 6

Optimal Bin Q Calculation



The calculations of the three factors were conducted for the two possible potential scenarios for each item. Subsequently, the scenario yielding the lowest total cost was selected as the best scenario. Based on these outcomes and the item characteristics, a framework was created on item criteria for selection across the three scenarios, which is shown in Appendix 5. This framework takes the minimum and optimal bin quantities into account. The framework provides guidelines for selecting items for e-Kanban (+ warehouse inventory) and indicates when the current process should be chosen instead. In the framework, a short PDT is defined as 0-14 days, moderate as 15-28 days, long as 29-49 days, and very long as 50 days or more.

4.4 What is the effect of e-Kanban on inventory management in a high variety, low volume environment?

Following the selection of the optimal scenario for all items in the Kanban system for the second assembly line, the overall impact of e-Kanban on inventory management can be demonstrated. Table 8 shows the distribution of the best scenarios across the ABC-XYZ classification.

Table 7
Distribution of Optimal Scenarios in ABC-XYZ Matrix

ABC-XYZ	Current process		e-Kanban		e-Kanban + warehouse inventory		Total
	Minimal bin Q	Optimal bin Q	Minimal bin Q	Optimal bin Q	Minimal bin Q	Optimal bin Q	
AX	37	37	2	2	20	20	59
AY	3	2	40	41	13	13	56
AZ	0	0	7	7	1	1	8
BX	48	40	12	13	10	17	70
BY	37	27	58	64	9	13	104
BZ	1	1	9	9	1	1	11
BZ2	0	0	5	5	0	0	5
CX	63	57	1	6	0	1	64
CY	81	53	32	59	0	1	113
CZ	14	7	16	23	0	0	30
CZ2	8	3	60	65	0	0	68
N	0	0	11	11	0	0	11
Total	292	227	253	305	54	67	599

It shows that e-Kanban can be a viable solution for every classification in the ABC-XYZ matrix, depending on item-specific characteristics. Therefore, it is important to consider all types of items when evaluating the potential of e-Kanban. The framework presented in Appendix 5 offers guidance for this evaluation. Additionally, table 8 demonstrates that optimizing bin quantities results in more items being suitable for e-Kanban. Therefore, it is crucial to consider bin optimization. Subsequently, the impact of e-Kanban will be analyzed, focusing on handling, purchasing, and inventory levels on a yearly basis.

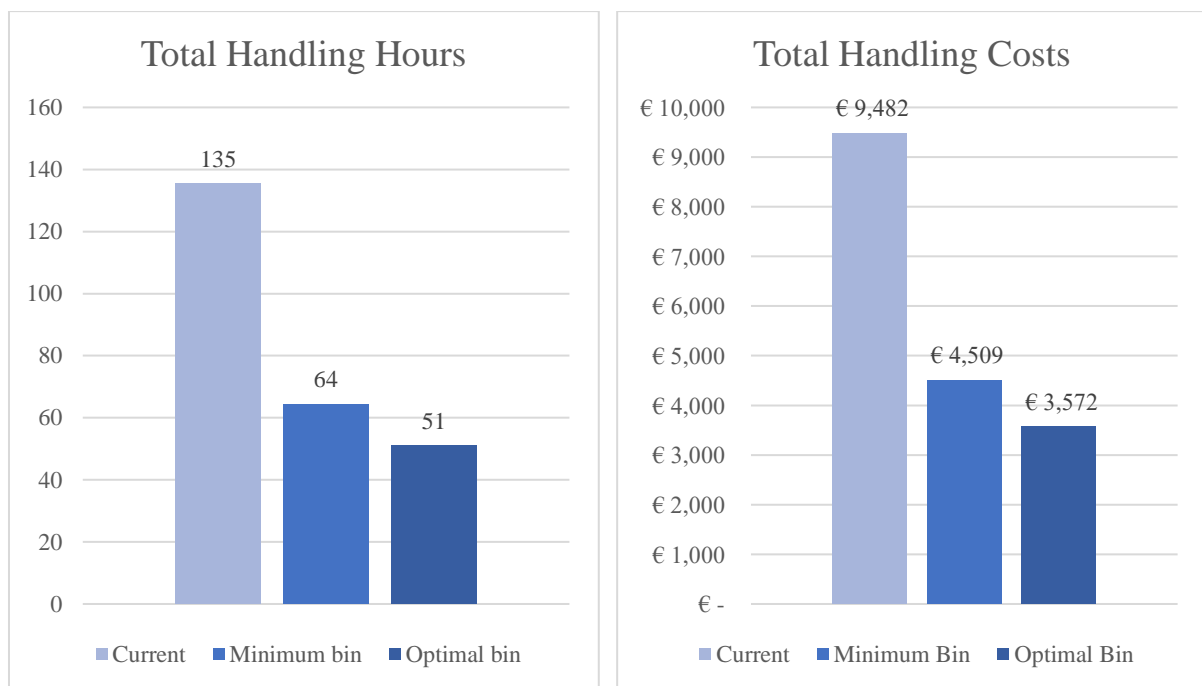
4.4.1 Handling costs

Firstly, e-Kanban affects the internal handling process. As discussed in section 4.2, seven steps in the replenishment process will be mitigated, due to the elimination of internal handling. The elimination of those replenishment steps leads to a reduction in handling costs of €1.93 per replenishment per bin.

In Figure 7 the yearly handling hours and costs are illustrated for the current and the e-Kanban process with minimum and optimal bin quantities. When comparing the current process with the e-Kanban process using minimal bin quantities, the total handling hours and costs are reduced by 52.6%. Furthermore, when using optimal bin quantities, the reduction is even greater, amounting to 62.3%. This can be explained by the fact that more items are suitable for e-Kanban when bin quantities are optimized, thereby reducing the amount of internal replenishment. This underscores the importance of bin optimization.

Figure 7

Handling Hours and Costs – Current and Future State



Although this reduction in handling costs may not translate directly into cost savings, as no employees will be dismissed due to this change, it allows for the reallocation of employees' time to other productive tasks. This reallocation can potentially decrease the need for overtime and temporary employees. Furthermore, if the e-Kanban process is applied to other

assembly lines, the cumulative reduction in manual handling might eventually lead to significant savings which can result in direct cost reductions.

Moreover, a decrease in manual handling decreases the likelihood of misplaced bins, thereby reducing the risk of disruptions in the replenishment process that could impact the assembly line.

4.4.2 Purchasing costs

Furthermore, there is a significant reduction in purchasing costs, as illustrated in Figure 8, which displays the decrease in both total purchase orders and costs. This reduction can be attributed to the reduced need for purchase orders in the e-Kanban process, rather than an increase in process efficiency. Particularly when optimizing the bins, the total purchasing costs are projected to decrease by 11%. This can be explained by the fact that when increasing the bin size, less purchase orders are needed, but this will additionally result in slightly higher inventory levels.

Figure 8

Purchasing Orders and Costs – Current and Future State

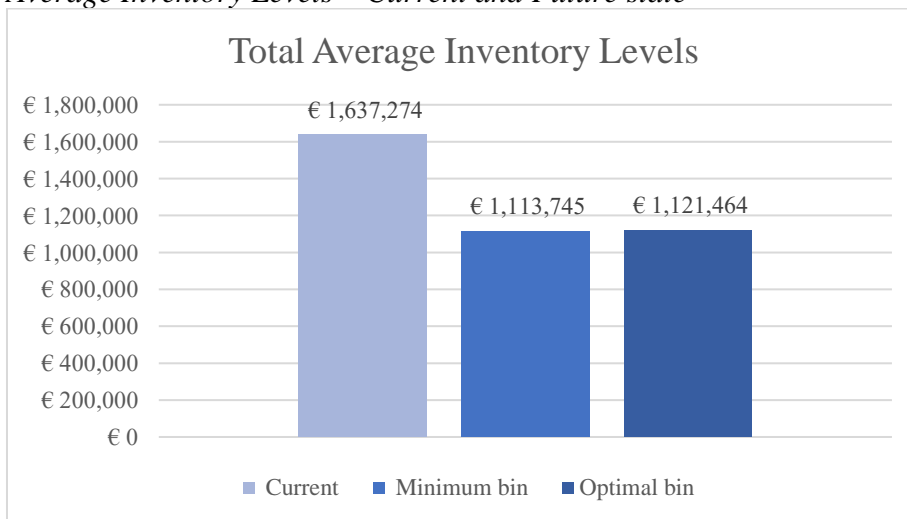


4.4.3 Inventory levels

Lastly, there is a reduction in inventory levels. This reduction can be mostly attributed to the elimination of the need for warehouse inventory in the case of e-Kanban. Additionally, in the e-Kanban + warehouse inventory scenario, SS and ROP are tailored based on consumption patterns. Through this tailoring, inventory levels are optimized, leading to further reductions in inventory levels. Figure 9 shows the reduction in inventory levels. As mentioned earlier, the increase of bin sizes due to the optimization, will increase the average inventory levels. Consequently, there is a slight increase in total average inventory when transitioning from minimal bin quantities to optimal bin quantities.

Figure 9

Average Inventory Levels – Current and Future state

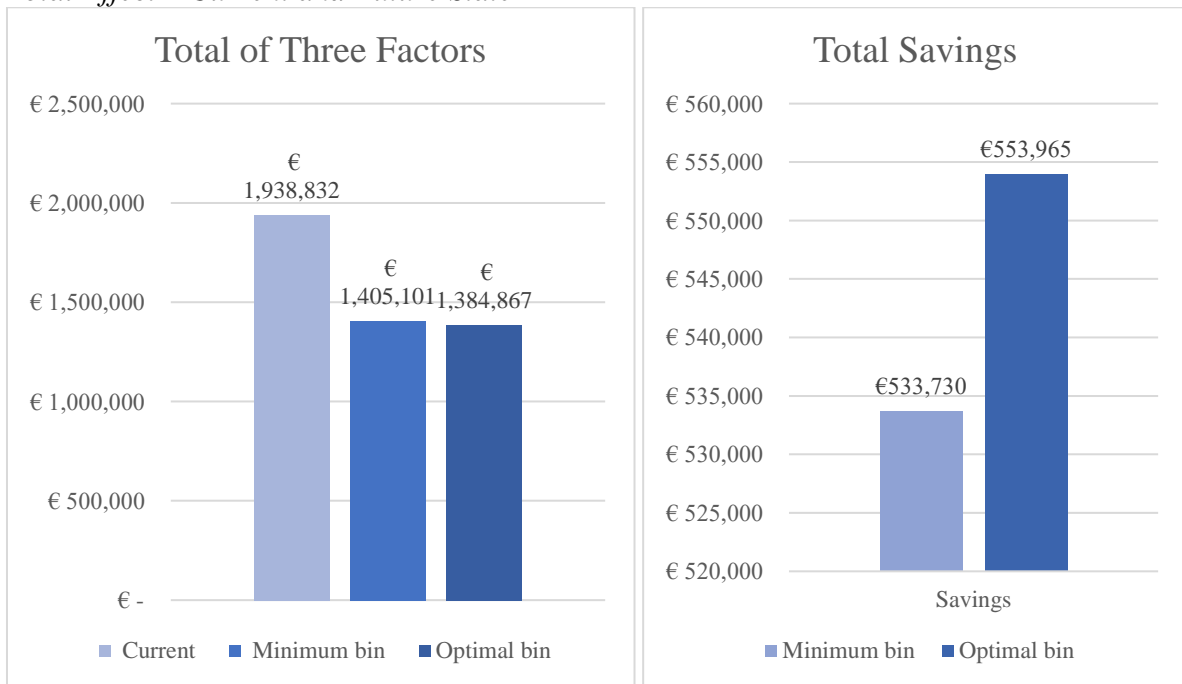


4.4.4 Total impact

In summary, the transition to e-Kanban results in significant reductions in handling costs, purchasing costs, and inventory levels, with a slightly bigger decrease for the optimal bin, which is shown in Figure 10. This leads to minimal savings of €533.730 when following the minimum bin requirement and an even greater total saving of €553,965.

Figure 10

Total Effect – Current and Future State



Another positive outcome of transitioning to e-Kanban + warehouse inventory is the separate allocation of inventory for service and assembly line consumption. In the current process, warehouse inventory is shared between different assembly lines and service. It occasionally occurs that a part is unexpectedly out of stock at the beginning of assembly. One of the biggest root causes for this (13.53%) is when an item is used for service, despite being initially reserved for assembly consumption (company, Power BI, personal communication, May 22, 2024). By maintaining separate inventories, such occurrences can be prevented.

5. Discussion

In this chapter the findings, which consists of a framework for item selection, and three factors contributing to the impact on inventory management, are contextualized within the existing literature on e-Kanban.

Framework for item selection

The findings of this study indicate that for each classification in the ABC-XYZ matrix, the suitability of e-Kanban (+ warehouse inventory) as the optimal solution depends on the specific characteristics of the items. However, existing literature presents a mixed perspective on the ease of e-Kanban implementation for various items. Studies by Houti et al. (2017) and Maříková (2007) suggests that e-Kanban can be implemented easily for X parts and, to some extent, Y parts. For the remaining Y parts and Z parts, a case-by-case evaluation is recommended. Nonetheless, the findings of this study reveal that no classification offers a straightforward scenario for implementation. Hence, a case-by-case decision should be made for all parts using the established framework for item selection.

Three factors influencing inventory management

Reduction in manual handling costs

The findings of this study showed reductions in manual handling due to the mitigation of seven steps in the internal replenishment process, making the entire replenishment process more streamlined. This aligns with the study by MacKerron et al. (2013), which also found that the replenishment process becomes more streamlined. However, in the study by MacKerron et al. (2013), the streamlining occurs due to the elimination of eight steps in the purchasing process. In contrast, this study found that only one step in the purchasing process is eliminated: creating purchase orders. Additionally, one extra step is required: items to cross dock location. While purchase orders are no longer created manually, the threshold for approving purchase orders is lowered, resulting in more frequent approval tasks within the e-Kanban process. Therefore, the replenishment process becomes more streamlined in terms of tasks due to the mitigation of the internal replenishment process, rather than the purchasing process. This can furthermore be supported by the fact that some of the purchasing process is already electronic in the current process, whereas in the study by MacKerron et al. (2013), this is not the case.

Additionally, a study by Svirčević et al. (2013) found that by reducing manual handling, the likelihood of stock replenishment being disrupted by misplaced or lost cards/bins is decreased, which should increase inventory accuracy. Only partial support was found in this study. Since in the e-Kanban process, the manual handling of scanning the bins ‘empty’ and ‘full’ is still required and thus remains a risk for stock replenishment, as this is not always updated accordingly. Contrary, bins don’t need to transfer between the warehouse and the assembly line anymore, decreasing the risk of lost bins.

Reduction in purchasing costs

Even though the streamlining of the replenishment process in terms of task is mainly caused by the mitigation of the internal replenishment process, the study still demonstrates a streamlined replenishment process in purchasing, while looking at the amount of purchase orders and its associated costs. The amount of purchase order is mainly reduced by optimizing bin sizes, considering purchasing costs and inventory levels. As the minimum bin quantity allows for a reduction of 1.8%, whereas the optimization of bins allows for a reduction of 11%. A study by Halgeri et al. (2010) further elaborates on this, mentioning that an ERP system can provide analysis tools, which can be used to update bin sizes and numbers. Which allows for accurate bin quantities with the current consumption patterns, streamlining the replenishment process.

Reduction in inventory levels

The biggest contributor to the improvements in inventory management is the reduction in inventory levels. While existing literature also highlights the benefit reduced inventory levels, studies often attribute the benefit to improved inventory accuracy enabled by e-Kanban. For example, a study by Houti et al. (2017) mentions the fact that the moment of consumption and the moment of replenishment happens at the same time and that it contributes to the inventory accuracy. Furthermore, studies by Kotani (2007) and Wijaya et al. (2019) mentions that the improved accuracy enables continuous improvement, which enhances inventory levels.

However, in this study there is still a delay between the moment of consumption and start of replenishment. Replenishment is only started when a bin is scanned ‘empty’, which is still a manual task. Since some items will still use the current process when transferring to e-Kanban, the frequency of scanning the bins remains every two days, thus keeping the existing delay.

Furthermore, MacKerron et al. (2013) emphasize the importance of supplier commitment in the e-Kanban process, arguing that e-Kanban operates on a JIT basis, which results in minimal to zero safety stock, thereby reducing inventory levels. The importance of a supplier is further supported by a study of Hassan et al. (2022), which summarized several risks related to suppliers: lack of supplier support, inability to deliver JIT, physical distance between the company and its suppliers, poor quality of materials and poor and/or inaccurate data. This is why supplier analysis and preparation are integral to the framework for successful e-Kanban implementation presented by MacKerron et al. (2013). However, in this study, there are no changes on the supplier side, as they receive their orders in the same way, and inventory management remains the company's responsibility, rather than becoming vendor managed. Although supplier reliability remains crucial, its importance is not increased when transitioning to e-Kanban. Therefore, the results of this study contradict the literature, which suggests that supplier analysis, preparation and commitment are critical success factors of e-Kanban.

Since delivery performance was not included in the analysis, safety stock was on the contrary included in the bins to account for risks during lead time. This is important since some items have long lead times. A study by Chang and Lin (2019) supports this decision by arguing that longer replenishment lead time increases the complexity of inventory control and affects the firm's ability to react to unforeseen circumstances. Thus, the choice to include a safety stock in the bins additionally acts as a buffer against uncertainty supply (Van Kampen et al., 2010).

Therefore, the reduction in inventory levels observed in this study is not due to the elimination or reduction of safety stock, as implied by existing literature. Instead, it is attributed to the mitigation of warehouse inventory in the case of e-Kanban, and the optimization of ROP based on specific consumption patterns in the case of e-Kanban + warehouse inventory, since inventory is then divided between different consumption categories.

6. Conclusion

This study aimed to address the research question: “How does e-Kanban influence Inventory Management in a High Variety, Low Volume Environment?”, by looking at how the replenishment process changes when transitioning to e-Kanban and looking at how items are selected and when they are applicable. To conclude, the key findings will be presented, followed by the theoretical and managerial contributions. Subsequently, limitations will be presented and lastly recommendations for future research will be provided.

Key findings

The key findings encompass two primary components: a framework for item selection and an analysis of three critical factors impacting inventory management. The framework for item selection, provided in Appendix 5, demonstrates that e-Kanban (+ warehouse inventory) can serve as a viable solution across all categories within the ABC-XYZ matrix and therefore every item should be considered.

The three factors influencing inventory management consist of handling, purchasing and inventory levels. The following numbers will be based on the scenario with optimized bins and are on a yearly basis.

When transitioning from the current process to e-Kanban, the kanban inventory for the assembly line will come directly from the supplier, instead of being sourced from the shared warehouse inventory. As a result, the internal replenishment process, involving seven steps, will be eliminated, leading to a more streamlined replenishment process. On average, this will lead to a reduction of 84 hours, equalling a saving of €5,911.

Furthermore, bin quantities are optimized based on the total expense, based on purchasing costs and inventory levels. For the cheaper items, this results in an increase in the bin size, compared to the minimum requirement. By increasing the bin size, average inventory is slightly increased, while decreasing the purchasing costs. This resulted in a reduction of 11%, amounting to a reduction of €32,244.

Although inventory levels are slightly increased when optimizing the bin quantities, there is still a significant reduction compared to the current process. This reduction was realized by the elimination of the need for warehouse inventory in the e-Kanban scenario and the tailored adjustment of SS and ROP based on consumption patterns in the e-Kanban + warehouse

inventory scenario. The average inventory levels are decreased with 31.5%, equalling a saving of €515,810.

By transferring to e-Kanban, the company would gain savings in terms of handling, purchasing and inventory levels, equalling to a total of €553,965. This can be contributed to the streamlining of the replenishment process, the elimination of the inventory warehouse in the scenario e-Kanban, and the optimization of the bin quantities, based upon consumption specific SS and ROP calculations.

6.1 Theoretical contributions

This study makes two contributions to the existing literature on e-Kanban.

First, it addresses a gap by investigating the applicability of e-Kanban in a high-variety, low-volume environment. Previous research has primarily focused on repetitive environments, particularly within the automotive industry. The results of this study show that e-Kanban can be a viable solution even in a high variety, low volume environment. Through this study, the applicability of e-Kanban is thus expanded.

Second, this study provides new insights into the suitability of e-Kanban for various types of items. Previous research suggested that e-Kanban can be easily implemented for X and some Y items, with other items requiring case-by-case consideration. However, this study shows that item from every classification in the ABC-XYZ matrix can be suitable for e-Kanban, depending on its unique characteristics. Consequently, a case-by-case approach is recommended for each item. To be able to implement e-Kanban successfully, the study suggests that the creation of a framework that guides the item selection, based on company and item specific criteria, is a crucial success factor for implementing e-Kanban.

6.2 Managerial contributions

This study offers significant managerial contributions for the case company. The development of a practical framework for item selection, presented in Appendix 5, provides actionable guidance. This framework guides the evaluation of each item in the assembly line based on specific criteria, ultimately resulting in a recommended scenario. This framework additionally enables a smoother transition of the e-Kanban implementation to other assembly lines within the company.

Furthermore, the analysis conducted in this study provides valuable insights into potential savings. These savings provide incentive to relevant stakeholders to engage in a possible future implementation. Since future implementation requires engagement from different departments, providing incentives for why the company should pursue it is crucial. Since this study has shown positive results for the e-Kanban process, it is thus recommended for the company to implement it.

While the generalizability of the findings is limited to the company-specific environment, the results offer valuable insights that could provide incentive for other companies operating in a HVLV environment to consider implementing e-Kanban. Since the study demonstrates that e-Kanban is indeed a feasible solution in such environments.

6.3 Limitations

There are also some limitations to the study.

One limitation is the absence of implementation of the e-Kanban process. Although the collected data is found to be reliable, unforeseen challenges may arise during implementation. These potential issues may influence the outcome of the e-Kanban implementation and thus its influence of inventory management. Additionally, certain assumptions have been made, such as the estimated costs of the future purchasing process, which may differ from reality.

Another limitation is the volatile and constantly changing environment of the company, which impacts demand. While a certain level of assembly and service consumption was assumed, based on historical data, it is subject to change over time. Moreover, prices and lead times are susceptible to change. Additionally, the company is striving to standardize its parts for multiple assembly line use. This will affect the e-Kanban implementation, since items will transfer from e-Kanban being the optimal solution, to either e-Kanban + warehouse inventory or the current process.

6.4 Future research directions

The previously presented limitations can be addressed by the following research directions.

First, future research within the company could involve implementing e-Kanban and the development of a customized e-Kanban framework, including tasks for internal preparation. A pilot project is a good starting point for implementation. By doing so, challenges will be identified, and the metrics of the future process will become quantifiable.

Furthermore, future research could focus on the impact of parts standardization and its impact on inventory management through e-Kanban. Additionally, the company could investigate if e-Kanban can be improved by contracting strategies. This entails examining the effects of transitioning to supplier agreements that require maintaining minimum on-hand inventory at the supplier side. Theoretically, such a transition could result in reduced lead times and enhanced delivery performance, thus facilitating the adoption of smaller bin sizes within the e-Kanban system.

Lastly, to improve the external generalizability, future research should adopt a longitudinal approach, rather than a cross-sectional one. This allows for tracking the evolution of e-Kanban implementation and its effects on inventory management over time, allowing for the identification of trends and patterns.

Reference list

- Abbadi, L. E., Manti, S. E., Houti, M., & Elrhanimi, S. (2018). Kanban System for Industry 4.0 Environment. *International Journal of Engineering and Technology*, 7, 60–65.
- Arbulu, R., Ballard, G., & Harper, N. (2003). Kanban in Construction. *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Barkmeyer, E. J., & Kulvatunyou, B. (2007). *An ontology for the e-kanban business process*.
<https://doi.org/10.6028/nist.ir.7404>
- Bottani, E., & Rizzi, A. (2005). A fuzzy multi-attribute framework for supplier selection in an e-procurement environment. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 8(3), 249–266. <https://doi.org/10.1080/13675560500240445>
- Braun, V., & Clarke, V. (2012). Thematic analysis. In *American Psychological Association eBooks* (pp. 57–71). <https://doi.org/10.1037/13620-004>
- Brink, H. (1993). Validity and reliability in qualitative research. *Curationis*, 16(2).
<https://doi.org/10.4102/curationis.v16i2.1396>
- Candela, A. G. (2019). Exploring the Function of Member Checking. *The Qualitative Report*, 24(3), 619–628. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2019.3726>
- Chang, W., & Lin, Y. (2019). The effect of lead-time on supply chain resilience performance. *Yà-tài Guǎnlǐ Pínglùn/Asia Pacific Management Review*, 24(4), 298–309.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.v.2018.10.004>
- Charmaz, K. (2006). *Constructing grounded theory: a practical guide through qualitative analysis*.
- Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K., & Simchi-Levi, D. (2000). Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead times, and information. *Management Science*, 46(3), 436–443. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.3.436.12069>

- Chen, L., & Meng, B. (2010). The application of value stream mapping based lean production system. *International Journal of Business and Management*, 5(6).
<https://doi.org/10.5539/ijbm.v5n6p203>
- Creswell, J. W. (2012). *Qualitative inquiry and research design: Choosing Among Five Approaches*. SAGE Publications.
- Da Wan, H., & Chen, F. F. (2007). A Web-based Kanban system for job dispatching, tracking, and performance monitoring. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 38(9–10), 995–1005. <https://doi.org/10.1007/s00170-007-1145-2>
- Demeter, K., & Matyusz, Z. (2011). The impact of lean practices on inventory turnover. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 154–163.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.10.031>
- Drickhamer, D. (2012, September 14). The Kanban e-evolution. *Material Handling and Logistics*. <https://www.mhlnews.com/technology-automation/article/22047801/the-kanban-e-evolution>
- Edmondson, A. C., & McManus, S. E. (2007). Methodological fit in management field research. *Academy of Management Review*, 32(4), 1246–1264.
<https://doi.org/10.5465/amr.2007.26586086>
- Eroglu, C., & Hofer, C. (2010). Lean, leaner, too lean? The inventory-performance link revisited. *Journal of Operations Management*, 29(4), 356–369.
<https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.05.002>
- Flores, B. E., & Whybark, C. D. (1986). Multiple Criteria ABC Analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 6(3), 38–46.
- George, T. (2023, November 20). *Exploratory Research | Definition, Guide, & Examples*. Scribbr. <https://www.scribbr.com/methodology/exploratory-research/>

- Golafshani, N. (2015). Understanding reliability and validity in qualitative research. *The Qualitative Report*. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2003.1870>
- Gravel, M., & Price, W. L. (1988). Using the Kanban in a job shop environment. *International Journal of Production Research*, 26(6), 1105–1118.
<https://doi.org/10.1080/00207548808947921>
- Guest, G., MacQueen, K. M., & Namey, E. E. (2012). *Applied Thematic Analysis*.
- Halgeri, P., McHaney, R., & Pei, Z. (2010). ERP Systems Supporting Lean Manufacturing in SMEs. In *Enterprise Information Systems for Business Integration in SMEs: Technological, Organizational, and Social Dimensions* (pp. 56–75). IGI Global.
<https://doi.org/10.4018/978-1-60566-892-5.ch005>
- Hassan, M. G., Akanmu, M. D., Pirabarkaran, P., Sharif, K. I. M., Belal, H. M., & Othman, A. (2022). A framework for implementing a Supplier Kanban System through an action research methodology. *Benchmarking: An International Journal*, 30(5), 1562–1587.
<https://doi.org/10.1108/bij-12-2020-0656>
- Houti, M., Abbadi, L. E., & Abouabdellah, A. (2017). E-Kanban the new generation of traditional Kanban system, and the impact of its implementation in the enterprise. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
- Idris, M., Prakash, P., & Abdullah, A. H. (2020, March). E-Kanban Hybrid Model for Malaysian Automotive Component Suppliers with IoT Solution. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dubai*.
- Ishak, N. M., & Bakar, A. Y. A. (2014). Developing sampling frame for case study: challenges and conditions. *World Journal of Education*, 4(3).
<https://doi.org/10.5430/wje.v4n3p29>

- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2013). *Operations and Supply Chain Management*. McGraw-Hill Education.
- Jarupathirun, S., Ciganek, A. P., & Kerdpitak, C. (2009). Supply Chain Efficiencies Through E-Kanban: A Case Study. *International Journal of the Computer, the Internet and Management*, 17(SP1).
- JD Edwards EnterpriseOne Applications Kanban Management Implementation Guide*. (n.d.). Oracle. Retrieved April 8, 2024, from https://docs.oracle.com/cd/E16582_01/doc.91/e15122/understand_kanban_mgmt.htm#EOAKM167
- Johnson, C. F. (1996). Deductive versus inductive reasoning: A closer look at economics. *Social Science Journal*, 33(3), 287–299. [https://doi.org/10.1016/s0362-3319\(96\)90024-5](https://doi.org/10.1016/s0362-3319(96)90024-5)
- Johnson, R. B., & Christensen, L. (2013). *Educational research: Quantitative, Qualitative, and Mixed Approaches*. SAGE Publications, Incorporated.
- Kanet, J., & Wells, C. (2019). Setting bin quantities for 2-Bin Kanban systems (version 3). *Omega*, 87, 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.08.010>
- Kotani, S. (2007). Optimal method for changing the number of kanbans in thee-Kanban system and its applications. *International Journal of Production Research*, 45(24), 5789–5809. <https://doi.org/10.1080/00207540601096940>
- Koumanakos, D. P. (2008). The effect of inventory management on firm performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57(5), 355–369. <https://doi.org/10.1108/17410400810881827>
- Kouri, I., Salmimaa, T., & Vilpola, I. (2008). The principles and planning process of an electronic Kanban system. In *Springer eBooks* (pp. 99–104). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8737-0_18

- Lage, M., & Filho, M. G. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*, 125(1), 13–21.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.01.009>
- Lee-Mortimer, A. (2008). A continuing lean journey: an electronic manufacturer's adopting of Kanban. *Assembly Automation*, 28(2), 103–112.
<https://doi.org/10.1108/01445150810863662>
- Li, A., & Co, H. C. (1991). A dynamic programming model for the kanban assignment problem in a multistage multiperiod production system. *International Journal of Production Research*, 29(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/00207549108930045>
- MacKerron, G., Kumar, M., Kumar, V., & Esain, A. E. (2013). Supplier replenishment policy using e-Kanban: A framework for successful implementation. *Production Planning & Control*, 25(2), 161–175. <https://doi.org/10.1080/09537287.2013.782950>
- Maguire, M., & Delahunt, B. (2017). Doing a thematic analysis: A practical, step-by-step guide for learning and teaching scholars. *AISHE-J*, 9(3).
<https://ojs.aishe.org/index.php/aishe-j/article/view/335>
- Maříková, I. O. (2007). E-kanban and its Practical Use. *Conference STČ*.
- Mayilsamy, T., & Kumar, P. E. (2014). Implementation of E-Kanban System Design in Inventory Management. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(9).
- Menanno, M., Ragno, P., Savino, M. M., & Muhammad, S. A. (2019). Implementing industry 4.0 technologies in lean production through e-kanban automotive production. *Proceedings of the Summer School Francesco Turco*, 1, 458–463.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An Expanded Sourcebook*. SAGE Publications, Incorporated.

- Mouselli, S., & Massoud, H. (2018). Common biases in business research. In *Progress in IS* (pp. 97–109). https://doi.org/10.1007/978-3-319-74173-4_6
- Muller, M. (2019). *Essentials of inventory management*. HarperCollins Leadership.
- Munyaka, J. B., & Yadavalli, S. V. (2022). INVENTORY MANAGEMENT CONCEPTS AND IMPLEMENTATIONS: A SYSTEMATIC REVIEW. *South African Journal of Industrial Engineering*, 32(2). <https://doi.org/10.7166/33-2-2527>
- Ng, W. L. (2007). A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 344–353. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.11.018>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. CRC Press.
- Olsen, C., & St. George, D. M. M. (2004). Cross-Sectional Study Design and Data Analysis. *The Young Epidemiology Scholars Program*.
- Pandya, B., & Thakkar, H. (2016). A Review on Inventory Management Control Techniques: ABC-XYZ Analysis. *REST Journal on Emerging Trends in Modelling and Manufacturing*, 2(3), 82–86.
- Payaro, A., & Papa, A. R. (2023). Supplier integration. *International Journal of Applied Research in Management and Economics*, 6(4), 21–35. <https://doi.org/10.33422/ijarme.v6i4.1123>
- Pekarčíková, M., Trebuňa, P., Kliment, M., & Rosocha, L. (2020). Material Flow Optimization through E-Kanban System Simulation. *International Journal of Simulation Modelling*, 19(2), 243–254. <https://doi.org/10.2507/ijimm19-2-513>
- Powell, D. (2013). ERP systems in lean production: new insights from a review of lean and ERP literature. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(11/12), 1490–1510. <https://doi.org/10.1108/ijopm-07-2010-0195>
- Powell, D. (2018). Kanban for lean production in high mix, low volume environments. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 140–143. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.248>

- Quinton, S., & Smallbone, T. (2005). The troublesome triplets: issues in teaching reliability, validity, and generalisation to business students. *Teaching in Higher Education*, 10(3), 299–311. <https://doi.org/10.1080/13562510500122099>
- Rahman, N. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia. Economics and Finance*, 7, 174–180. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(13)00232-3)
- Ramnath, B. V., Elanchezhian, C., & Kesavan, R. (2008). Application of kanban system for implementing lean manufacturing (a case study). *Journal of Engineering Research and Studies*, 1(1), 138–151.
- Randall, D. M., & Fernandes, M. F. (1991). The social desirability response bias in ethics research. *Journal of Business Ethics*, 10(11), 805–817. <https://doi.org/10.1007/bf00383696>
- Ricky, C., & Kadono, Y. (2020). A case study of E-Kanban implementation in Indonesian automotive manufacture. *2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*. <https://doi.org/10.1109/citsm50537.2020.9268867>
- Romeira, B., Cunha, F., & Moura, A. (2021). Development and Application of an e-Kanban System in the Automotive Industry. *6th North American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
- Romeo, A., & Esparrago, Jr. (1986). Kanban. *Production and Inventory Management Journal*, 29(1), 6–10.
- Ross, D. F. (1998). Supply chain inventory management. In *Springer eBooks* (pp. 193–246). https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4816-1_6
- Rowley, J. (2012). Conducting research interviews. *Management Research Review*, 35(3/4), 260–271. <https://doi.org/10.1108/01409171211210154>

- Salman, M., Bhagat, M., Kumar, N., & Wattal, R. (2023). Role of inventory management and control in a manufacturing company. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11(4), 3836–3841.
<https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.51143>
- Sapry, H. R. M., Sabli, S. F. H. M., & Ahmad, A. R. (2020). EXPLORING E-KANBAN APPLICATION IN THE INVENTORY MANAGEMENT PROCESS. *Journal of Critical Reviews*, 7(08). <https://doi.org/10.31838/jcr.07.08.02>
- Saunders, B., Kitzinger, J., & Kitzinger, C. (2014). Anonymising interview data: challenges and compromise in practice. *Qualitative Research*, 15(5), 616–632.
<https://doi.org/10.1177/1468794114550439>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2007). *Research methods for business students*. Pearson Education.
- Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(4), 445–451.
<https://doi.org/10.1108/17410401211212689>
- Senapati, A. K., Mishra, P. C., Routra, B. C., & Biswas, A. (2012). An Extensive Literature Review on Lead Time Reduction in Inventory Control. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 1(6).
- Slomp, J., Bokhorst, J., & Germs, R. (2009). A lean production control system for high-variety/low-volume environments: a case study implementation. *Production Planning & Control*, 20(7), 586–595. <https://doi.org/10.1080/09537280903086164>
- Småros, J., Lehtonen, J., Appelqvist, P., & Holmström, J. (2003). The impact of increasing demand visibility on production and inventory control efficiency. *International*

- Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33(4), 336–354.
<https://doi.org/10.1108/09600030310478801>
- Stockton, D., & Lindley, R. (1995). Implementing Kanbans within high variety/low volume manufacturing environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 15(7), 47–59. <https://doi.org/10.1108/01443579510090417>
- Streefkerk, R. (2023, June 22). *Inductive vs. Deductive Research Approach | Steps & Examples*. Scribbr. Retrieved March 13, 2024, from <https://www.scribbr.com/methodology/inductive-deductive-reasoning/>
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564.
<https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Svirčević, V. V., Simić, D. S., & Ilin, V. A. (2013). Advantages of e-kanban system compared to classic kanban serving production line. *Logistics International Conference*.
- Teunter, R. H., Babai, M. Z., & Syntetos, A. A. (2010). ABC Classification: service levels and inventory costs. *Production and Operations Management*, 19(3), 343–352.
<https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2009.01098.x>
- Tilburg University. (2020, October). *Lecture 7 - part B Inventory Management II* [Slide show].
- Trebuna, P., Pekarcikova, M., Kliment, M., Kopec, J., & Svantner, T. (2023). Online e-Kanban system implementation in a manufacturing company. *International Journal of Simulation Modelling*, 22(1), 5–16. <https://doi.org/10.2507/ijssimm22-1-614>
- Van Kampen, T. J., Van Donk, D. P., & Van Der Zee, D. (2010). Safety stock or safety lead time: coping with unreliability in demand and supply. *International Journal of*

Production Research, 48(24), 7463–7481.

<https://doi.org/10.1080/00207540903348346>

Wakode, R. B., Raut, L. P., & Talmale, P. (2015). Overview on Kanban Methodology and its Implementation. *International Journal for Scientific Research and Development*, 3(2), 2518–2521. <http://www.ijserd.com/articles/IJSRDV3I2771.pdf>

Waters-Fuller, N. (1995). Just-in-time purchasing and supply: a review of the literature. *International Journal of Operations & Production Management*, 15(9), 220–236. <https://doi.org/10.1108/01443579510099751>

Wijaya, S., Debora, F., Supriadi, G., & Ramadhan, I. (2019). A Framework of e-Kanban System for Indonesia Automotive Mixed-Model Production Line. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(6).

Xiang, C. (2017). *Shelf replenishment with RFID-ERP-Kanban system: A case study in large distribution*.

Yin, R. K. (2017). *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. SAGE Publications, Incorporated.

Appendices

Appendix 1 – List of predetermined interview questions

- What is your current position and how long have you been working at XX?
- How would you describe the environment of XX?
- What are challenges associated with inventory management at XX?
- Are you involved in the Kanban process, if so, how?
 - o How often do you perform your task?
- How does the kanban process work?
 - o Who is responsible?
 - o What goes right/what can be improved?
 - o Do stockouts happen?
 - o Do cards/bins get lost?
 - o How long does it (task) take?
- When are items set up in Kanban?
- What do you think about the current kanban process?
- How will the e-Kanban process work?
- How do you think e-Kanban can change the current process, positively or negatively?
 - o What if an item has service consumption?
 - o What is an item is used at multiple locations?
 - o Which criteria do you think are relevant to consider?
 - o Which costs do you think are relevant to consider?

Appendix 2 – Interviews

Appendix 2a - Interview 1

Geïnterviewde: (G)

Interviewer: Dana van de Kimmenade (I)

Datum: 10-04-2024

Locatie: fysiek

Tijd: 14:45 – 15:25

I: Wat is je huidige functie en hoe lang ben je werkzaam bij XX (bedrijf)?

G: Ik werk als magazijn medewerker. Al bijna 15 jaar.

I: Hoe ben je betrokken bij het kanban proces?

G: Ik ben verantwoordelijk voor het bijvullen van de kanban.

I: Ben je hier als enige verantwoordelijk voor?

G: Ja eerst deden meerdere mensen dit, maar die moesten eruit. En nu ben ik eigenlijk de enige die het kan.

Is wel ooit vervelend.

I: Dat kan ik me voorstellen ja.

Kan je mij vertellen hoe het huidige kanban proces werkt?

G: Ja, dat kan. Je kan wel even meelopen, dan laat ik het een beetje zien hoe het werkt.

We hebben hier verschillende productielijnen en cellen, en ook nog op de XX (andere locatie). In deze lijnen hebben we verschillende rekken met kanban bakjes, voor verschillende subassemblages in de lijn. De productie verbruikt voorraad uit het voorste kanban bakje en wanneer deze leeg is wordt deze boven op het rek geplaatst.

Je kunt hier ook zien dat er staat aangegeven dat de plank bestemd is voor lege bakken. En deze bakken haal ik op.

I: Doet het magazijn hier verder niets aan?

G: Nee, het magazijn hoeft inderdaad verder niets te doen. Ze kunnen gewoon het volgende bakje gebruiken.

I: Oké, duidelijk, en hoe gaat het proces verder na het ophalen van de bakken?
G: Ja, ik haal de lege kanban bakken en plaatjes op, dit doe ik voor alle rekken in de lijn.
Oh ik zie er daar nog een.

...

Dan loop ik terug naar het magazijn met alle bakken en plaatjes. De plaatjes zijn voor grotere artikelen, die niet in een bak passen, deze worden in het andere magazijn gepickt.

Dan scan ik alle bakjes op empty. Zoals je hier kunt zien op de sticker, staan er twee barcodes. Een voor empty en een voor full. In dit geval scan je dus empty.

En nu gaan we naar de computer. Dan log je in op het SAP-account, dan kies je voor het XX (locatie) account, ZWM001. Dat is een keuzemenu. En dan kies je de optie kanban/JIT. Dan klik je op het vinkje. Nu krijg je alle kanban bakjes die in omloop zijn en leeg gescand.

Zoals je ziet zijn sommige rood en sommige groen, groen die zijn op voorraad en die wil ik picken, dus daar filter ik nu op.

I: Gaat een bak meteen op rood als deze niet op voorraad is?

G: Ohja, als een bak leeg wordt gescand geeft het systeem meteen aan of het op voorraad is of niet. Als die niet op voorraad is, wordt die dus inderdaad rood.

I: Wat gebeurt er dan met deze bak? Hoe weet je welke bak leeg is?

G: Dat zal ik laten zien.

Als we nu filteren op alle groene bakken, dan kun je hier zien welke ik net leeg op gescand. Je kijkt zeg maar per lijn en naar de datum. Nu zie je bij deze bijvoorbeeld dat deze op 27-3 is leeg gescand, maar nu groen is. Dus dit artikel is nu binnengekomen. Deze vink ik ook aan want die moet ook bijgevoerd worden.
Nu lopen we naar de printer voor de picklijst.

...

Ik zou nu dan de hele lijst af gaan en alle bakken vullen. Dan merk ik vanzelf dat ik een bak nodig heb, die nu niet op mijn kar staat. Deze staat dan waarschijnlijk in het tekorten rek.

I: Als een artikel niet op voorraad is gaat deze dan naar het tekorten rek?

G: Ja klopt.

I: En waar staat dit tekorten rek?

G: Die heb je voor elke lijn een. Ik kan je dadelijk wel laten zien waar deze staan.

I: Oké duidelijk, ga verder.

G: Ja, uhm. Je scant de pickopdracht in, in de scanner en loopt deze eigenlijk gewoon door. Hier kan je dat wel zien op de scanner. Dan pak je ZQQS, warehouse, pick to, barcode. Hier geeft die dan aan welk artikel, locatie en aantal.

...

Als er een artikel niet op voorraad is, dan is daar ook geen pickopdracht voor gecreëerd en blijft er dus een bak leeg. Deze bak breng je dan naar het tekorten rek. En nadat je alles hebt gepickt dan scan je de bakjes weer op full en breng je ze terug naar de lijn. Op de sticker staat ook de precieze locatie van het bakje.

I: En het bakje dat je niet gepickt hebt, breng je naar het tekorten rek?

G: Ja inderdaad.

I: Oké duidelijk. En de kaartjes? Doe jij dit ook?

G: Uh nee, dit doet iemand anders, want dat wordt gepickt in het andere magazijn waar de grotere artikelen liggen. Hij is bang dat hij de kaartjes kwijtraakt, dus wij houden die in het magazijn. Hij pickt de artikelen en brengt die naar mij en dan breng ik ze met de kaartjes naar de lijn.

I: Komt het ooit voor dat er een bak of kaartje kwijtraakt?

G: Uhm nee, niet dat ik weet. Heel soms vergeet ik wel eens een bak te scannen, maar daar kom je vanzelf weer achter.

En er is echt wel een keer een kaartje opnieuw gemaakt, maar bijna nooit.

I: Hoe bedoel je daar kom je zelf achter?

G: Ja je kan een bak niet overslaan bijvoorbeeld met vullen, want je moet de hele picklijst door.

I: Ohja, duidelijk.

- G: En hoe zit het met de andere productiehal?
Hoe bedoel je?
- I: De houtakker, of hoe heet die?
- G: Oh ja, die hebben ook een kanban systeem. Een deel wordt aangevuld vanuit de voorraad die ze daar hebben. Maar sommige moeten vanuit hier aangevuld worden. Die bakken worden op 1 plek gezet in het magazijn en daar doen we hetzelfde mee.
- I: Haal jij de bakken op?
- G: Ja. En ik doe ze ook vullen.
- I: Oké en hoe vaak wordt het proces van bakjes aanvullen uitgevoerd?
- G: Dat verschilt nogal. Ik denk dat ik het gemiddeld 1 keer in de 2 dagen doe.
Nu is het bijvoorbeeld wat rustiger, dus dan is 1 keer in de twee dagen voldoende.
- I: Heeft de drukte hier invloed op?
- G: Niet per se. Als wij het in het magazijn druk hebben, zal kanban alsnog gedaan worden. De lijn moet blijven lopen.
- I: Dus het heeft een soort van prioriteit?
- G: Ja zo zou je het wel kunnen zien inderdaad. Maar we hebben wel wat speling. Door 2 bakjes. Als er 1 leeg is, kunnen ze alsnog wel even vooruit.
- I: Hoe lang ben je er gemiddeld mee bezig?
- G: Ik denk toch wel 2 dagen.
- I: Bedoel je dat je het proces 2 dagen in de week doet?
- G: Nee nee. In totaal ben ik er ongeveer 2 volle dagen per week mee bezig.
- I: En voor alleen assembly lijn 2, hoe lang ben je daar gemiddeld mee bezig denk je?
- G: Uhm goede vraag, deze duurt zeker het langst. Voor de normale artikelen ben ik er ongeveer 1,5 uur mee bezig op een dag. Dat zijn dan alleen de standaard werkzaamheden.

- I: Ahja. En wie bepaalt wat er in de kanban ligt?
- G: Dat bepalen de material planners. Volgens mij houden ze het verbruik van 3 of 4 machines aan.
- Dus als ik, ik zeg maar wat, 3 pennen nodig heb voor een machine. Dan zal er in een bakje 9 of 12 pennen liggen.
- Een verzoek kan wel vanuit de lijn komen. Zij merken ooit dat ze een artikel vaak nodig hebben en vinden het dan handiger als dit in de lijn komt te liggen zoals kanban.
- I: Heb jij hier nog invloed op?
- G: Nee. Ik hou me hier niet mee bezig.
- I: Merk je structurele stock outs bijvoorbeeld in het systeem dat je dat communiceert?
- G: Nee. Daar let ik eigenlijk ook niet op. Het enige wat ik ooit doorgeef is als ik merk dat ik bepaalde bakjes heel vaak moet aanvullen. Dan geef ik dit nog wel eens door. Ooit moeten er bijvoorbeeld 4 bakjes komen in plaats van 2, dat heb je wel in een lijn. Maar dat is verder niet mijn taak.
- I: Wat vind je persoonlijk van het proces? Zie je mogelijkheden tot verbetering?
- G: Pfoeh
- Ik vind dat het goed werkt.
- Ja, mooi systeem.
- ...
- Het enige wat ik vervelend vind, maar dat heb ik al een keer met XX (operations improvement engineer) besproken. Ik moet alle bakjes per bakje scannen naar full, terwijl ik dat hier in het systeem in een keer kan.
- Maar XX (operations improvement engineer) wilde dit per se zo hebben.
- I: Heb je verder nog opmerkingen die je wilt delen?
- G: Even denken.
- ...
- Ohja een bakje gaat naar oranje. Uh ik bedoel groen en dan picken.
- I: Wat betekent oranje?

- G: Oranje staat voor waiting. Een bakje krijgt die status als die voor het eerst is aangemaakt. En nog nooit leeg is gescand.
Een bakje gaat van empty naar transit naar full.
Oh en ik heb hier nog een lijst van alle kanban locaties. Misschien is die interessant?
- I: Ja, die zou ik wel willen hebben.
- G: Ik maak wel even een kopie en stuur die via de mail. Als je even je emailadres wilt opschrijven.
...
Ik doe ook wel een kopie van de picklijst erbij.
- I: Top, dankjewel. Ik denk dat al mijn vragen zijn beantwoord.
- G: Ja ik heb ook niets meer denk ik. Als je nog meer vragen hebt een andere keer, dan roep maar.
- I: Dan wil ik je bij deze bedanken voor je tijd.
- G: Geen probleem.

Appendix 2b - Interview 2

Geïnterviewde: (G)

Interviewer: Dana van de Kimmenade (I)

Datum: 12-04-2024

Locatie: fysiek

Tijd: 13:00 – 13:50

I: Wat is je functie en hoe lang ben je al werkzaam bij XX (bedrijf)?

G: Ik werk als Operations Improvement Engineer nu z'n 1.5 jaar, en in totaal werk ik al bijna 8 jaar bij XX (bedrijf).

G: Schiet je onderzoek een beetje op?

I: Het gaat wel redelijk, maar ik vind het wel complexer dan ik had verwacht.

G: Ja dat snap ik. Ik ga het nu niet makkelijker maken denk ik haha.

I: Haha ik ben benieuwd dan.

G: Er zitten natuurlijk best wel grote maren aan.

Een leverancier moet kunnen leveren wanneer het gevraagd wordt.

Grote producten, dit zorgt voor veel opslag en je hebt maar een beperkte capaciteit op de werkvloer.

Grote levertijden. Hoe kan ik de levertijd borgen?

I: Qua levertijd, de planned delivery time, is dat wat wij vragen of wat de leverancier afgeeft?

G: Dat is wat wij vragen.

I: Ja oke, dus dat wil niet altijd zeggen dat de leverancier levert volgens die tijd.

G: Nee klopt.

Je kunt wel kijken naar opties hoe je dit beter kunt garanderen. Je kan een contract afspreken met een minimale voorraad. Afspreken wat als ze niet kunnen leveren.

- I: Ja, een soort boete clause bijvoorbeeld?
- G: Ja dat kan zeker. Maar ook een bonus kan, als ze wel altijd goed leveren bijvoorbeeld. Ja en je kan er verder nog over nadenken of over takt tijden en budget. Een XX (machine lijn twee) kan elke 2 dagen een nieuwe machine starten. De replenishment moet dan of de taktijd halen of run rate, dat zijn dingen waar je over na moet denken.
- I: Ja, dat neem ik mee in mijn analyse.
Zou je kunnen uitleggen hoe e-Kanban systeemtechnisch eruit zou komen zien wanneer dit geïmplementeerd zou worden?
- G: Het scheelt eigenlijk niet zo veel van het huidige kanban systeem systeemtechnisch. (start powerpoint op)
Dit is niet zo interessant.
Ja, we hebben drie verschillende strategieën voor de kanban. De eerste is stock transfer, dat is van warehouse naar workplace. Dit gebruiken we nu in bijna alle gevallen. Dan hebben we in-house production, dat is van workplace naar workplace. En als laatste external procurement, dit is van supplier naar workplace. En daar heb jij het als het goed is over.
- I: Ja dat klopt.
- G: Ja dan als we hier kijken. Bij een stock transfer wordt een bakje leeg gescand, die items worden gepick in het magazijn en een vol bakje wordt naar de lijn gebracht. Dan de in-house production, die ziet er wat complexer uit met meer stappen, maar dat valt eigenlijk ook wel mee. Een leeg bakje zorgt dat voor een production order. De artikelen hiervoor worden gepickt en dan wordt de productieorder gemaakt. Dit kan een sub assembly zijn of bankwerk bijvoorbeeld. En daarna gaat het via goods receipt naar de kanban. En dan de external procurement. Wanneer een bakje leeg wordt gescand, zorgt dit automatisch voor een inkooporder. Die inkooporder komt via goederenontvangst binnen en wordt dan direct naar de lijn gebracht.
- I: Ja, dat snap ik.
- G: Ja als je dan gaat kijken naar een stukje set-up. Je vult in hoeveel bins en de hoeveelheid. Je moet minimaal twee bakjes kiezen maar dat kan ook 6 zijn bijvoorbeeld. Dit is per item in te richten. In het huidige proces kies je hier stock

transfer, maar bij external procurement kies je dan voor in-house, with setting SKE1. En je moet de leverancier invullen en de print instellingen aanpassen. Want als je hier kijkt, krijg je een andere sticker. Dit is zodat het voor de lijn ook duidelijk is welke strategie het bakje volgt. En bij het binnen boeken van het item wordt er een sticker geprint, zodat het duidelijk is waar het item heen moet. Maar deze instellingen zijn eigenlijk de enige die veranderen, tenzij je ook gaat kijken naar de fysieke inrichting zoals de masterdata, maar dat stelt niets voor.

I: Dus hier zit niet per se het werk?

G: Nee zeker niet.

Er zit ook nog een stap tussen. Voor operationeel geldt dat er boven de 2000 goedkeuring gevraagd moet worden, bij kanban is dat 250 euro.

I: Dat is in best veel gevallen of niet?

G: Uh ja, ligt eraan. Maar dit is zodat er niet gescand en gescand en gescand kan worden, een stukje veiligheid.

I: Maar als een bakje leeg is gescand kan dit toch niet nog een keer?

G: Nee een bakje dat op empty staat kan je niet nog een keer empty scannen. Je kan van empty alleen naar transit en van transit alleen naar full. Het enige wat wel nog kan is van empty naar wait, dit gebeurt als er niks meer mee gedaan mag worden.

I: Oke duidelijk. En nog even over de stickers, verandert er iets voor de leverancier in dit proces? In de literatuur hebben ze het namelijk soms over dat leveranciers ook stickers moeten printen.

G: Nee, voor de leverancier verandert er niks. Als de leverancier stickers gaat printen dan wordt het echt beheerd door de leverancier. Wij houden het proces nog wel in-house, dus voor de leverancier verandert er niet veel. De purchase order heeft dan wel, purchase order for kanban, maar het loopt via dezelfde systemen, alleen met een andere nummer range.

I: Is er al een keer gekeken naar e-Kanban implementatie?

G: Uhm, nee. Ik heb daar gewoon geen tijd voor gehad. Heel druk.

- I: Want is er wel nagedacht over hoe het proces technisch aangepast wordt?
Bijvoorbeeld het leeg scannen van de bakjes, wie zou hier verantwoordelijk voor zijn.
- G: Waarschijnlijk nog steeds het magazijn.
- I: Ik heb pas met XX (magazijn medewerker) gesproken. Er zit wel een redelijke vertraging in dit systeem, zo 1 à 2 dagen. Want de bakken worden elke 2 dagen opgehaald nu. Zou je er met e-Kanban niet dichterop willen zitten?
- G: Kan, maar hoeft niet perse. Je kunt dit ook oplossen door je safetystock wat te verhogen, zodat je dit extra stukje tijd kunt opvangen.
- I: Oh ja, snap ik.
- G: Maar je kan ook nog altijd kijken of de groepsleider dit zou moeten oppakken.
Bijvoorbeeld 1 keer per dag. Dit kan een tactiek zijn.
- I: Ja er zijn natuurlijk meerdere opties.
- G: Ja.
- I: Wat is jouw gedachten over artikelen in e-Kanban die ook service verbruik hebben?
- G: Dan kan gewoon. Ik zou als ik jou was eens fysiek door de lijn gaan lopen en kijken, zou je dit per bakje in willen kopen. Definieer waarom. En kijk dan ook naar spare parts, bijvoorbeeld H00299.
- I: Is dit een artikel met service verbruik?
- G: Ja, als het goed is wel. Even nakijken voordat ik het verkeerd zeg. Dit is denk ik het enige nummer dat ik nog ken van de XX (tweede lijn).
Ja, deze zit in de XX (machine tweede lijn) en heeft service verbruik.
Deze heeft nu 18 stuks veiligheidsvoorraad. Alleen wat kost het om dit na 7 dagen te hebben, hoeveel moet je dan in de lijn leggen om dit op te vangen.
..
Het zou mooi zijn als je aan het eind van je onderzoek kan laten zien van, dit soort artikelen en deze voorwaardes gelden er om in aanmerking te komen voor purchase order kanban. En hoe kunnen we hieraan voldoen?
- I: En de bingrootte, hoe wordt die bepaald?

G: Haha (maakt gebaar).

I: Haha, uit de duim gezogen?

G: Ja.

We hebben wel een standaard formule voor de safety stock. Die kan ik je wel geven, maar dat geldt eigenlijk alleen voor spare parts.

I: Oke, is goed.

Ik heb ook een vraagje wat betreft de MOQ, volgens mij heet die minimum lot size.

G: Ja?

I: Ik had gekeken naar de XX (tweede lijn). En in heel veel gevallen is de minimum lot size groter dan de bin quantity, ook wanneer er geen staffelkorting aan vast zit.

G: Ik zou dat achterwege laten en enkel advies geven aan de MOQ. Voor B48 kan je een aanneme maken, dit kan je inrichten zoals je zelf wilt. Maar mij lijkt het onwaarschijnlijk dat je dalijk met het advies komt om een ringetje van 5 cent per 10 te gaan inkopen in plaats van 100 haha.

I: Haha nee dat klinkt inderdaad niet logisch.

G: Daarom.

Je wilt minimaal 1 keer binnen de takt tijd leeg scannen, als de bin dan een volledige levertijd dekt, dan zit je veilig. Maar als je hieronder gaat, dan wordt het kritischer.

I: Je tweede bin is eigenlijk safety stock.

G: Ja, zo kun je het wel zien.

I: Is de ABC-XYZ matrix iets om rekening mee te houden?

G: Wordt niet echt naar gekeken. Niet vanuit daar, de groepsleider zegt dit gebruiken wij continue, daardoor is het al vaak een X of Y artikel.

Als je kijkt naar wat er in de kanban ligt van de XX (machine tweede lijn), zul je eigenlijk zien dat het meeste toch zit in AX en AY.

C is toch goedkoop, dus dat maakt niet uit dat dat fluctueert.

Deze is wel gevaarlijker, maar is alsnog een C item.

I: Ohja.

Ik had ook nog een vraagje over de PowerBI where used. Ik zag ook verbruik op XX (sub-assembly) en XX (sub-assembly), behoort dit tot de XX (machine tweede lijn)?

G: Deze bedoel jij?

I: Ja, die inderdaad.

G: Even kijken.

I: Ik heb wel een voorbeeld artikelnummer als je wilt?

G: Ohja doe maar.

I: H002702.

G: De XX (sub-assembly) behoort zeker tot de XX (machine tweede lijn). De XX (sub-assembly) zou ook tot de XX (box twee) kunnen behoren. Maar ga er nu maar vanuit dat dit bij de XX (machine tweede lijn) hoort.

I: En wat is de lege kolom vooraan?

G: Niet kunnen definiëren.

Hoe heb ik dit opgebouwd. SAP kijkt naar een artikel waar is die verbruikt? Wat is er in de productieorder verbruikt, ik kijk niet naar spare parts. Dus dan open ik die productieorder. En, klein momentje hoor.

Dus ik zeg, die wordt gebruikt in deze productieorder. Wat wordt er gemaakt in de productieorder. Wat wordt er gemaakt, XX (sub-assembly) en XX (machine tweede lijn). Stel het is spare parts montage, dan kijkt die niet naar het eindproduct, maar naar een ander artikelnummer. Dus dan zijn deze twee niet gevuld. Als er groot verbruik is, dan is dat waarschijnlijk een sparepart artikel van die lijn. Ik kijk niet nog een laag verder.

I: Nee snap ik, dit is duidelijk.

- I: Wat is jouw kijk op e-Kanban? Denk je dat het effectief/efficiënt zou zijn voor XX (bedrijf)?
- G: Ik denk dat er best wel wat te halen valt met dit. Qua voorraden.
Maar hoe wil je het aanpakken? Want je kan natuurlijk twee kanten op. Je kan kijken per item wat kan en een advies hierover geven. Maar je kan het ook implementeren voor een leverancier. Waar dacht jij aan?
- I: Ik heb zelf wel gekeken naar een leverancier ook, omdat je dan meer data hierover kan verzamelen. Maar ik denk dat een algemenere aanpak ook goede inzichten kan geven.
- G: Ik denk dat fysiek door de lijn lopen makkelijker is, om vanuit daar een strategie te bepalen.
- I: Maar als je een pilot gaat doen, dan doe je dit denk ik op basis van een leverancier?
- G: Ja, kan.
- I: Met XX (operationeel inkoper) had ik gekeken naar XX (leverancier), maar die zijn niet super betrouwbaar. En zelf had ik nog XX (leverancier) gevonden.
- G: XX (leverancier)?
- I: Ja die inderdaad. Die zijn best betrouwbaar en een korte planned delivery time, de meeste 7dagen. Maar ik heb dan weer geen idee wat voor artikelen dit zijn, hoe groot bijvoorbeeld.
- G: Dat is een OTC-leverancier, dus geen contract onderdelen zoals XX (leverancier).
Maar beide zijn interessant om naar te kijken.
- I: Naar welke criteria zou jij kijken voor de items? Misschien een beetje een lastige vraag.
- G: Dat is voor jou om te bepalen haha.
Maar, ruimte.
Geld, wat levert het op en wat is het risico.
MOQ heb je dan niet echt, maar kun je wel naar kijken.
Handling, extra taken eventueel.

Foutkans.

Verbruik in meerdere machines.

Spare part verbruik.

Leveranciersperformance, dat je zegt, dit type leverancier wel of niet.

Of alleen maakonderdelen, of alleen RVS en plastics, of op maat gemaakte artikelen.

Standaard onderdelen of voor de leveranciers ook specials (dus categorie OTC special).

I: Nog een vraagje over het systeem. Als er verbruik is in meerdere lijnen, kan je inkooporders combineren?

G: Nee dat kan niet. De inkooporders worden automatisch gecreëerd en moeten dan apart blijven. Anders weet goederenontvangst bij het inboeken ook niet waar de items heen moeten. Maar dit is wel iets wat je mee moet nemen. Als het in meerdere lijnen ligt, dan is het misschien voordeliger om een pallet te kopen en vanuit het magazijn aan te leveren.

I: Oke duidelijk. En kan ik ergens de doorlooptijd van de kanban bins zien?

G: Dit wordt bijgehouden. Ik ga je hier toegang tot geven. Dit is een oud rapport. Even kijken. Ik ga hem even downloaden, dan weet ik zeker wat ik zeg. Hier zit de hele historie in. Aan het eind van de dag wordt er een snapshot van de kanban gemaakt en die kijkt naar, is de status veranderd ten opzichte van gisteren. Zo ja, dan laat die hem zien.

De filter staat op status full, want als die vandaag wordt leeg gescand en morgen wordt aangevuld, dan zou je andere dubbele zien. Maar, stel je scant een bakje 2 keer op 1 dag, dan mis je er wel eentje.

I: Komt dat vaak voor dat eenzelfde bakje twee keer wordt gescand op een dag? Nee, toch? Want je hebt twee bakjes.

G: Ja dat komt wel voor.

I: Er wordt natuurlijk niet altijd FIFO gewerkt?

G: Nee haha.

Hier kan je nog een filter op de XX (machine tweede lijn) toevoegen. Als het goed is. Ik ga wel een lijstje maken voor je. Hier doen we toch niet zoveel mee.

Zo.

Wat zie je hier? Hoeveel bins er zijn, hoeveel zijn er empty, per locatie. En hierboven hoeveel aanvulling per week. Het kan zijn dat de weeknummers niet altijd goed staan, dat komt door een instelling.

I: Dat is niet zo erg, dit geeft alsnog een duidelijk beeld.

G: Ja precies.

Dus je kan zien hoeveel aanvullingen er zijn geweest in de XX (tweede lijn).

I: MLF is de XX (tweede lijn) neem ik aan?

G: Ja.

Je ziet alleen het kpnum, dus niet het artikelnummer, wel het bakje. En je kan nog doorklikken, dan moet je de lijn selecteren, show data point.

Dus als je de trap wilt pakken, dan kan je zien welke bakjes zijn ervoor en dan zie je de historie. MB41 daar zie je het ook.

Weetje welke strategie je wilt gebruiken?

I: Hoe bedoel je?

G: Ja je kunt twee benaderingen pakken. Stukje implementeren of meer een criteria lijst opstellen. Er zijn wel nog operationale hickups. Het magazijn weet bijvoorbeeld niet wat ze moeten doen. En de printer werkt nog niet. Die print maar halve stickers wanneer deze lang niet print. Wat nu altijd is. Maar je kunt nu ook nog een twee sporen beleid doen. Door een quickscan door de fabriek. Met een half uurtje heb je echt wel 30 artikelen. Het is heel relevant om te weten waarom wel en waarom niet e-Kanban voor items. Maar ook voor OTC leveranciers is het interessant om te weten hoeveel winst er te halen is.

I: Ik denk dat ik weer een heel stuk verder ben.

G: Dat is mooi.

I: Ja, in ieder geval bedankt voor je tijd.

G: Geen probleem, nog veel succes.

Appendix 2c - Interview 3

Geïnterviewde: (G)

Interviewer: Dana van de Kimmenade (I)

Datum: 17-04-2024

Locatie: fysiek

Tijd: 14:00 – 14:45

I: Wat is je huidige functie en hoe lang ben je al werkzaam bij XX (bedrijf)?

G: Mijn functie is operational buyer en in juni werk ik 5,5 jaar bij XX (bedrijf).

I: In het algemeen, hoe zou je de omgeving van XX (bedrijf) omschrijven (high variety, low volume environment)?

G: In jouw verslag benoem je wel al engineer to order, toch?

I: Ja, klopt. Wacht, ik zal het er even bijpakken.

...

Dit heb ik erin staan. Maar is dat voor elke machine?

G: Ja dit is voor bijna elke machine. Heel ooit is het ook configured to order. Misschien kan je Bakel meer focussen op dat ze machines en equipment produceren voor de food processing industry. En naast single machines bieden ze ook complete lijn oplossingen aan.

Single machines zijn vak wat standaarder en een volledige lijn solution is meer gebaseerd op klant wens.

I: Weet jij toevallig hoeveel single machines is en hoeveel lijn solutions.

G: Nee, niet echt. Het is een mix van beide.

...

Nu wel meer lijn denk ik.

...

Met name stukje optimaliseren daar komt de high variety vandaan. Je hebt machines die veel verkopen en relatief minder aanpassingen. Maar je hebt ook machines die je weinig verkoopt, waar veel aanpassingen aan zitten.

I: En kanban, waar is dat meer op gefocust?

G: Kanban is meer ingericht op de standaard machines.

I: Nog een vraag in het algemeen, wat zijn de verschillende productielijnen/cellen?

G: Dat zijn er wel een paar. Vooraan heb je de XX (machine lijn). Daarna de XX (machine tweede lijn).

En dan even kijken, heb je preparation, dat is eigenlijk meer een box, behalve subassembly.

...

Dan heb je XX (productgroep), daar valt XX (machine lijn), XX (machine lijn) en XX (machine lijn) onder. Maar de XX (machine lijn) is er eigenlijk zo goed als uit. De XX (machine lijn) heeft nog wel kanban.

Dan heb je de XX (machine lijn) en XX (machine lijn). En achteraan XX (machine lijn) en XX (machine lijn). De XX (machine lijn) heeft wel wat kanban, de XX (machine lijn) nog niet echt. Maar dat gebeurt ook niet denk ik met deze aantallen, misschien alleen wat bouten en moeren.

En dan nog een hal met XX (machine lijn) en XX (machine lijn).

I: Wat maakt inventory management lastig binnen XX?

G: Uhh ja goede vraag.

I: Jullie hebben bijvoorbeeld al veel verschillende leveranciers, toch?

G: Ja, wij hebben inderdaad heel veel leveranciers. Om het zo te zeggen, we hebben een heel breed product portfolio. 50 verschillende machines, in types zeg maar. Dan in een aantal gevallen zijn deze nog breedte afhankelijk, sommige ook nog lengte afhankelijk.

Dit vertaalt zich dan volgens mij 30.000 artikelen die we inkopen in een pool van 1 miljoen artikelen. XX (operations improvement engineer) weet de precieze cijfers. 10.000 artikelen op jaarbasis zijn hetzelfde en dan heb je elk jaar iets van 20.000 nieuwe. Maar XX (operations improvement engineer) weet dit precies.

I: Dit geeft alsnog een goed beeld.

G: Ja, dat denk ik inderdaad ook.

We hebben dus een breed scala aan artikelen.

I: Wat is een oorzaak van dat er 20.000 nieuwe besteld worden? Zijn dit updates of klantwensen bijvoorbeeld?

G: Dit kan komen door bepaalde klantwensen, verschillende type machines qua breedte, lengte, z'n dingen eigenlijk.

De lengte, breedte, bedieningszijde links rechts, special wishes, opties. Ja. Dat maakt de mix heel moeilijk en mede daardoor kunnen we slecht forecasten.

...

Er zit eigenlijk nog een stapje tussen. Elke order die binnenkomt is engineer to order, daar wordt een tekenpakket van gemaakt. Configure to order kan ook, daar kunnen ook onderdelen inzitten die minder gangbaar zijn. Frequent. Die minder voorkomen. Frequent ja. Voor een bepaald gedeelte weet je het pas nadat de stuklijst wordt vrijgegeven.

I: Wanneer in het proces wordt de stuklijst vrijgegeven?

G: een order komt binnen bij order boek management en die clarifyen die. Ja, zo heet dat.

Dan wordt er een soort interne productiebon gemaakt en dan weten ze wat we moeten maken. Maar t kan nog onduidelijk zijn. Engineering gaat tekenen en samenstellen.

Daarvoor heeft planning al ingepland. Inkoop tijd rekenen, standaard, assembly wordt ingepland en dan ex work datum. En als die enige mate van zekerheid heeft dan wordt die bevestigd naar de klant. Vaak voordat wij het hebben ingekocht.

Dit is onmogelijk om te forecasten, terwijl er denk ik het grootste risico zit in deze onderdelen.

Sowieso best moeilijk om de juiste balans te vinden. Als je voor 1 machine op voorraad gaat leggen en je verkoopt er ineens 2, ja dan ga je nat. Maar als je op voorraad legt en het verkoopt niet, dat wil je ook niet.

...

Maar ook stukje service verbruik. Bijvoorbeeld jouw telefoon, na 5 jaar krijg jij gewoon geen updates meer en dan houdt het een keer op. Maar wij verkopen nog spareparts aan machines die weet ik het, 30 jaar ofzo, al ergens staan.

I: Zit er geen maximumtijd aan de service?

- G: Nee. XX (bedrijf) is bang dat klanten hierdoor iets anders gaan doen, terwijl zo makkelijk is het niet.
- I: Levert service wel wat op?
- G: Niet veel eigenlijk.
En ook service verbruik is niet te voorspellen.
Het is moeilijker om de juiste dingen op voorraad te hebben liggen. Ook veel verschillende leveranciers. We hebben aan aantal grote waar het meeste vandaan komt, zoals een XX (leverancier). Maar je engineert ook naar een bepaalde oplossing toe, je wilt sommige leveranciers wel houden.
- I: Oke, duidelijk. Nu even over het huidige kanban proces.
- I: Wanneer worden er nieuwe artikelen ingeregeld in de Kanban en hoe verloopt dit proces?
- G: Dit verzoekt komt eigenlijk vanuit assembly en wij kijken wat voor item het is en is het niet te duur om in kanban te leggen. Die doe je dan vaak per een.
Maar de wens komt van assembly omdat ze denken er een voordeel uit te kunnen halen. Omdat je het dan niet meer per stuk hoeft te picken. Of in 15 koffers zoeken naar een boutje, in plaats van dat het in een rek ligt.
- I: Haha, die koffers weet ik nog wel. En de aantallen, waarop wordt dit gebaseerd?
- G: Gezond boerenverstand haha. Duurdere dingen wil je minder graag in kanban, deze hebben vaak een hogere veiligheidsvoorraad in het systeem en dat tikt aan met duurdere dingen. Maar tegelijkertijd wil je goedkopere dingen minder vaak in je hand hebben.
- I: Deze wil je ook in een grotere hoeveelheid bestellen denk ik?
- G: Ja. Klopt.
- I: Zijn er richtlijnen voor de artikelen? Bijvoorbeeld op basis van de ABC-XYZ matrix?
- G: Qua aantallen kijken we wel een beetje naar ABC, met duur en niet duur. Een C item zal je meer in een bakje doen.
XYZ ook wel een beetje. Bijvoorbeeld Z items is vaker een artikel dat in een bepaalde optie voorkomt, maar ook niet altijd.

Je wilt je kanban zo stabiel mogelijk hebben.

I: En hoe weet je bijvoorbeeld hoeveel er in een bin past?

G: In samenspraak met assemblage. Als zij er 3 motoren willen, dan kijken wij wel of dat logisch is.

I: Hoe wordt dit gecommuniceerd met andere afdelingen? Jullie regelen het systeemtechnisch in en het magazijn de rest?

G: Het is eigenlijk een driehoek met assemblage, magazijn en inkoop. Samenspraak met de drie. Assemblage maakt de ruimte, magazijn print stickers en vullen het bakje aan. Je moet een bepaald moment van omzetten hebben. Maar ook andersom, bij uitfasering, moet je ook een bepaald punt hebben.

I: Worden er prestaties van het kanban systeem gemonitord? Bijvoorbeeld fill rate of stock outs? Hoe zorg je ervoor dat de instellingen up to date zijn?

G: XX (operations improvement engineer) heeft hier wel een power BI voor gemaakt. Maar we doen hier op het moment weinig mee.

Er zou wel meer aandacht voor morgen zijn.

Dure items zou je bijvoorbeeld wel willen verlagen als dat nodig is volgens de fill rate.

Maar de opvolging is nu meer incident machine. Dus wanneer er dingen worden in of uitgefaseerd, dan pas je hier je kanban ook op aan.

I: Als een artikel niet op voorraad is, dan wordt dit in het tekorten rek geplaatst. Volgt dit de inkoopafdeling op?

G: Ja, dit doet de material planner.

I: De material planner die verantwoordelijk is voor de lijn dan?

G: Ja klopt. We kijken dan naar sessie PK11. Die laat zien, het aantal bakken en aantal per bak en de verschillende statussen die die kan hebben. Dit zou eigenlijk elke dag gecheckt moeten worden.

Bijvoorbeeld deze .

Oh nee deze is niet genoeg op voorraad.

- I: Wordt een bak wel bijgevuld als er nog iets van voorraad is?
- G: Als er te weinig op voorraad is, dan wordt die alleen in het geval van 2 lege bakken bijgevuld wat kan.

Wat dubbel leeg is checken we ongeveer elke dag en eens in de zoveel tijd ook van één leeg.

Je wilt dit percentage wel zo laag mogelijk houden.

We willen hier iets mee gaan doen, want we nemen dit nu niet mee in clear to built, terwijl dat eigenlijk wel van toepassing is.

- I: Ik weet niet of jij daar inzicht in hebt, maar komt het vaak voor dat de lijn mispakt op een kanban artikel?

- G: Dat kan natuurlijk altijd een keer, als een leverancier leveringsproblemen heeft, dan wil je nog wel eens mispakken. In principe is de veiligheidsvoorraad bedoeld om de leverdatum af te dekken. Maar als deze verdubbeld ga je een keer nat.

- I: Ben je op de hoogte over hoe het huidige kanban systeem werkt?

- G: Ja, ik weet hoe dit werkt.

- I: Wat denk je dat de voordelen zijn van het overgaan op e-kanban, voor inkoop en inventory management?

- G: Ik denk dat dit vooral zit in efficiënte en voorraadwaarde. Je haalt er replenishment stappen uit waardoor je efficiënter gaat werken. Ik denk dat er qua voorraadwaarde ook wel wat te halen valt, omdat je ideaal gezien geen voorraad meer hebt in het magazijn. Misschien ook nog een stukje opslag, maar je kan dat niet echt zien als kostenbesparing, want het pand blijft natuurlijk.

- I: Welke artikelen denk je dat het meeste geschikt zijn voor e-kanban/purchase order kanban? MOQ (minimum lot size, service verbruik, verbruik op meerdere plekken, planned delivery time, staffelkorting, ABC-XYZ, leveranciersbetrouwbaarheid)

- G: Ik denk dat het belangrijkste is om te kijken naar service verbruik, verbruik in meerdere lijnen, de planned delivery time en de betrouwbaarheid van de leveranciers. Je kan zeggen als er een bepaalde hoeveel service verbruik op zit, dat dan e-kanban

niet gunstig is, omdat je alsnog voorraad moet aanhouden voor service ook. Het is een afweging tussen het aantal boekingen en de hoogte van de voorraad.

- I: Jullie hebben nu ook ooit dat de lijn mispakt doordat service de voorraad heeft weggenomen toch? Je houdt dan de voorraad wel gescheiden.
- G: Ja, dat klopt in principe. Maar als er dan een probleem is met een artikel, dan heb je twee afdelingen die dit gaan navragen bij de leverancier en dan krijg je een beetje van, nee dit is voor mij, nee dit is voor mij. Dat wil je ook niet.
- I: Ik had eerst gekeken naar XX (leverancier), maar hun betrouwbaarheid is niet echt hoog. Terwijl de meeste artikelen zijn wel contractartikelen. Ik open even die PowerBI.
Kijk, de donkerblauwe lijn, dat is in principe de planned delivery time toch? Die is niet echt hoog.
- G: Ja dat is inderdaad de planned delivery time. Die is voor de kanban wel interessant. Maar dit zijn alle artikelen van XX (leverancier) of niet?
- I: Ja klopt, ik weet niet of ik kan filteren op contractartikelen?
- G: Dat kan als het goed is wel. Even kijken. Die purchasing group code en dan B48.
- I: Dit is alsnog niet echt goed toch? Ik zou verwachten dat dit hoger is, aangezien ze deze artikelen op voorraad moeten hebben liggen.
- G: Ja ik had dit inderdaad ook hoger verwacht.
- I: Ik had ook zelf nog gekeken. Bijvoorbeeld, even kijken hoe die heet, XX (leverancier)?
- G: XX (leverancier)? Ja kan, zit in Helmond.
- I: Ja die hebben best veel artikelen ook in de kanban en veel daarvan een planned delivery time van 7, dus redelijk kort. Bijna geen verbruik in andere lijnen en een hoge betrouwbaarheid.
- G: Dat is ook wel interessant. Want dit is een OTC leverancier. Maar kan je ook zeker bekijken. Ik vind het al goed dat dit uit je analyse is gekomen.

I: Dan heb ik nog een vraagje.

G: Ja.

I: Er zit een verschil in de standaardprijs van de artikelen die in de kanban liggen en de prijs volgens staffelkorting, waardoor komt dit?

G: Is dat ongeveer 12 procent?

I: Eventjes rekenen.

Ja, komt inderdaad ongeveer uit op 12 procent.

G: Ja dat is een toeslag boven op de basisprijs.

I: Wat wordt er allemaal meegenomen in deze toeslag?

G: Daar zit een stukje logistieke opslag in, kosten magazijn, inkoop. De indirecte organisatie wordt hiervan betaald.

I: Oke. Even kijken naar mijn vragen.

Ja.

Ik heb hier al een opzet van het proces van de huidige situatie. Maar ik vroeg me af, wordt de voorraad van het magazijn overgeboekt naar de lijn wanneer de pickopdracht afgerond is of als een bakje vol gescand wordt?

G: Ik kijk even.

...

Ja, als een pick order wordt voltooid, dan wordt de voorraad overgeboekt van het magazijn naar de lijn.

I: Oke dankje. En klopt dit verdere proces qua inkoop?

G: Voorraad wordt dan overgeboekt ja. Als de voorraad onder het reorder point komt dan wordt er een purchase requisition gecreeerd ja, misschien kan je erbij zetten dat dit door MRP gebeurt. Dit gebeurt namelijk 1 keer per dag of je moet dat handmatig doen.

Ja en dan op basis van de purchase requisition wordt een inkooporder aangemaakt.

Hans heeft hier een lijst voor.

I: Ja, die had ik inderdaad gezien.

G: Inkooporders boven de 5000 hebben goedkeuring nodig, dat klopt.

Dat zitten eigenlijk drie degradaties in als het ware. Hans kan dat doen, maar ook een Jurgen of finance kan ervoor nodig zijn voor echt grote bedragen. Maar dat hoeft hierin niet te worden opgenomen. Een inkooporder zit hier best vaak boven dit bedrag, want je koopt in bulk in in het huidige proces zeg maar.

I: Klopt het verder zo?

G: Ja ik denk dat dit een goed overzicht is.

G: Heb je nog meer vragen?

I: Ik denk dat dit het voor nu was en anders weet ik je te vinden haha.

G: Nou mooi.

I: Ja, bedankt voor je tijd.

Appendix 2d - Interview 4

Geïnterviewde: (G)

Interviewer: Dana van de Kimmenade (I)

Datum: 26-04-2024

Locatie: fysiek

Tijd: 15:00 - 16:10

I: Fijn dat ik je mag interviewen.

G: Ja geen probleem

I: Als eerste vraag, wat is je functie en hoe lang werk je bij XX (bedrijf)?

G: Ik werk er sinds januari vorig jaar, dus nu een jaar en 3 maanden als operational buyer.

I: Ik heb een overzicht gemaakt van het huidige proces. Klopt dit volgens jou?

G: Waar begint die?

I: Ik begin meestal hier.

G: Ohja. Deze begint onderaan. Oh, waar begint die rechtse dan?

I: Ja die loopt zo.

G: Je zou uiteindelijk nog misschien een pijltje willen naar de linkerkant denk ik. Maar verder klopt het volgens mij ja.

I: Welke?

G: Ja terug vanuit het magazijn met picken. De voorraad.

I: Oh dat is wel een goede. Die voeg ik nog toe ja.

I: Waar denk je dat er voordelen te behalen zijn wat betreft e-Kanban?

G: Ja een stukje dat het efficiënter is.

I: In de handling?

G: Ja, maar ik denk dat dat, dat is leuk. Maar ik denk vooral voor de dure items, dat je die niet allemaal op safety stock moet hebben.

- I: In het magazijn zeg maar?
- G: Ja want wat er nu gebeurt. Ik kan jou het wel even laten zien. Dit is wel een goede. Dit is dan de kanban locatie, daar liggen er nu 2. Er staan hier wel al allemaal reserveringen in, die heb je in de toekomst nodig. Maar die gaan we nog niet inkopen. We hebben dan 5 op safety stock, en 3 bakjes van 1. 1 is er leeg, dus hij gaat er nu eentje aanvullen. Als je er dan een aanvult, dan bestellen we er weer 1. Maar deze heb je eigenlijk allemaal al in de toekomst nodig. Je hebt die safety stock nodig omdat je niet weet wanneer je er eentje nodig gaat hebben.
- I: Ja in de kanban ga je kopen op echt verbruik. Maar ik denk dat je met purchase order kanban alsnog safety stock hebt, maar dan in de lijn.
- G: Ja ik denk dat je dat dan verwerkt in je bakje.
- I: Ja.
- G: Dat is denk het grootste voordeel.
- I: Ja nu heb je in principe in het magazijn en in de lijn.
- G: Ja.
- I: Want in de lijn pak je een extra bakje, zodat de lijn niet stil valt. Maar in het hoofdmagazijn eigenlijk nog een keer.
- G: Ja omdat je niet weet wanneer er verbruik is.
- I: Ja dus eigenlijk haal je er wel eentje uit.
- G: Ja maar stop je die safety stock dan weer in het bakje of het aantal bakjes. In ieder geval in de hoeveelheid in de lijn.
- I: Ja je moet wel ophogen.
- G: Ja dat weet ik wel zeker. Ja bijvoorbeeld die van net. Die heeft een levertijd van 21 dagen bijvoorbeeld en we hebben nu een safety stock van 5. maar eigenlijk zou je dan moeten zeggen dat er 5 in de lijn moeten liggen. Of misschien eentje minder, maar 5 denk ik. Maar het scheelt wel dat je dan niet en 5 in het magazijn hebt en in de lijn.

- I: Ja precies.
Maar ook voor efficiëntie, dit is ook een lastig iets, want uiteindelijk als het 4 uur bespaart in de week.
- G: Ja je kan daar niet iemand voor ontslaan zeg maar.
- I: Nee precies
- G: Ja dat staat niet supersterk in je verslag, maar je kunt wel zeggen dat de tijd dan aan andere dingen besteed kan worden.
En toch als je optelt, je kan er wel iets leuks van maken. Ik weet niet hoe dat op de uni is, maar je kan wel zeggen. Je hebt hier best wel wat mensen op uitzendkracht basis werken, nu hoeft je minder uren in te huren bij een extern bedrijf.
- I: Opzich is dat ook wel een redelijk aanname.
- G: Ja en dan heb je toch wel je besparing. Je ze willen geloof ik 20% uitzendkracht en 80% vaste kracht.
- I: Hoe denk jij over service verbruik in combinatie met e-Kanban? Denk jij dat het mogelijk is.
- G: Ik denk dat dat altijd kan, maar het is wel een afweging. Als iets heel weinig service verbruik heeft, moet je hier dan wel voorraad voor aanhouden?
- I: Ja dat vroeg ik mij ook af. Ja want, gebeurt dat nu in principe wel ooit ook? Als er echt iets nodig is dat het uit de lijn wordt gehaald?
- G: Ja, dat kan denk ik wel ooit voorkomen dat er iets niet meer in het magazijn ligt maar wel in de kanban.
- I: Ja.
- G: Als iemand het dan perse nodig heeft, volgens mij wordt het dan eerst vanuit de kanban teruggeboekt naar het magazijn en dan wel vanuit het magazijn verstuurd.
- I: Dus in principe kan dat wel, maar dan moet je ff terugboeken.
- G: Ja ik weet niet of we dan het best, want die percentages van service.

I: Ja.

G: Dat is dan ff de vraag of dat over die aantallen gaat.

I: Ik heb die uit de ABC-XYZ matrix.

G: Ja want als het over het aantal boekingen gaat zeg maar, dat is iets anders dan absolute aantallen. Dus dat maakt wel ook uit. Want of je 1 keer 5 stuks uit de kanban moet pakken en terug moet boeken, dan valt dat wel mee. Of 5 keer 1, dat is wel anders natuurlijk.

I: Dat weet XX (operations improvement engineer) denk ik toch?

G: Ja die weet dat wel.

Opzich is dat wel handig om die te bekijken.

I: Stel er zit wel service verbruik op, is het dan überhaupt nuttig of hou je dan bij allebei voorraad aan? Dat je dat apart doet?

G: Ja je kan je ook afvragen of het dan wel naar de machinelijn moet. Dat kan ook nog he. Als het eigenlijk altijd voor service weg moet, dan heeft het weinig zin om het daar neer te leggen.

I: Ja klopt.

Weet jij wanneer iets een G categorie wordt en wanneer B?

G: In principe begint een item geloof ik altijd op een B categorie en als er dan meer 60% service behoeftes op zit zeg maar, dan wordt het een G item. En wanneer het een G item is, dan moet er weer meer aan 60% new sales behoefte zitten. Dus eigenlijk een grijs gebied tussen de 40 en 60%.

Snap je wat ik bedoel?

I: Nee niet helemaal.

G: Misschien moet ik het anders zeggen. Als je een B item hebt waar meer dan 60% service verbruik op zit, dan wordt het een G item, dat is opzich logisch. Wanneer het een G item is.

- I: Ja.
- G: Dan blijft het een G item totdat er weer meer dan 60 nieuw sales verbruik op zit. Dus minder dan 40% service verbruik.
- I: Ja ik snap hem.
- G: Dat is geen 50% want anders blijven die items constant verspringen.
En daarnaast is het ook nog wel een beetje zo dat het een handmatige actie is. Dit wordt niet altijd meteen geüpdatet.
Contracten, dus B48 blijven vaak sowieso op B staan, maar in de toekomst komt er wel nog een nieuw contract voor G48.
- I: Dus die zijn dan voor service?
- G: Ja
- I: Want ik was ook aan het denken. Als je doet tot 5%, deze categorie. Dat je zegt, ik hou geen voorraad aan in het hoofdmagazijn, maakt die levertijd nog iets uit. Denk je dat die levertijd hier invloed op heeft?
- G: Nee in principe maakt dat niet heel veel uit, alleen moet het bakje dan groter zijn. Want je moet het verbruik tijdens de levertijd opvangen.
- I: Ja, dat wil je met een bakje opvangen.
- G: Ja, maar als het dan grote items zijn dan is het misschien niet zo handig.
- I: Ja daar heb ik zo niet echt een goed beeld bij. Want ik had wel een keer gekeken als je service op 0 zet en ik had dit met XX (operations improvement engineer) besproken, de XX (sub-assembly) en XX (sub-assembly). De XX (sub-assembly) zit altijd in de XX (machine tweede lijn), maar de XX (sub-assembly) kunnen ook in de XX (box twee) zitten als ik het goed zeg.
- G: Ja dat klopt.
- I: Ik mocht er nu vanuit gaan dat die altijd in de XX (machine tweede lijn) zitten. Dus dat doe ik denk ik. Dus als je dat verbruik op 100 zetten. Dan blijven er 185 artikelen over, die 0 serviceverbruik hebben en alleen in de XX (tweede lijn) worden gebruikt.
- G: Ook mooi toch? Met wat ga je dan doen als een item wel weer service verbruik krijgt?

I: Ja.

G: Kan he.

I: Ja want volgens mij gaat die ABC-XYZ matrix maar over 1 jaar, vorig jaar zeg maar.

G: Ja die ABC-XYZ wel en die service verbruik ook ja.

I: Dat is dan wel weer lastig.

G: Maar ff kijken, maar misschien dat je voor je onderzoek wel kunt zeggen, dit item wel en deze niet. Kan ook he.

Het is wel logisch om, ja ik weet niet. Het zijn heel veel verschillende soorten items.

Bijvoorbeeld z'n frame, ik zou niet denken dat daar service verbruik op komt.

I: Nee.

Maar ik weet zo ook niet of het grote of kleine artikelen zijn.

G: Nee dat weet ik zo ook niet.

I: Want dat is natuurlijk wel nog iets om naar te kijken. Want stel iets heeft een langere levertijd, dan moet je een grotere voorraad in de lijn hebben liggen. Ja dat kan natuurlijk niet als het een heel groot product is.

G: Je zou kunnen zeggen, je wilt alleen maar, ik weet niet of je dan een bepaalde waarde overhoudt. Maar dat je zegt ik wil alleen artikelen met een levertijd korter dan 21 dagen.

3 weken.

I: Ik zet even die filter aan

G: SMC zijn volgens mij vaak wel goedkope dingetjes.

Die heb jij hier niet inzitten of wel?

I: Wat?

G: De prijs.

I: Jawel, deze.

G: Ohja

I: Daar zie je het misschien ook wel al een beetje aan.
G: Daaraan kan je ook wel al een beetje zien of het grote of kleine items zijn.

I: Ja.
G: Je zou uiteindelijk ook kunnen zeggen, van dat willen we niet omdat er dan te veel aan de machine lijn staat. Dat je zou kunnen kijken of je die voorraad bij een leverancier kunt leggen op contract.

I: Ohja.
G: Dat maakt het wel nog breder.

I: Ja dan heb je inderdaad wel meer zekerheid.
G: Ja die levertijd zet je daarmee vast, want die kan je wel afroepen.

I: Dat zou een optie kunnen zijn voor grote artikelen dan.
G: We hebben nu eigenlijk gezegd, de linksboven hoek, dat je dat in contract legt. Dus AX, BX, AY en BY.

I: Ohja, dat ligt in contract?
G: Dat zou in contract kunnen.

I: Die heb ik er nu denk ik niet in staan, die ABC-XYZ. Nee.
G: Dat zijn vaak de duurdere dingen.

I: Ik had ook nog een vraag over de leveranciers performance. Want je had vier categoriën, within, on, as requested en above lead time and requested. Maar wat denk jij dat het meest relevant is voor kanban? Ik dacht misschien deze twee.
G: On en within, ja dat denk ik ook wel.

I: Want is die levertijd, is dat deze? Die planned delivery time?
G: Ja dat is de leadtime zeg maar.

I: Want vragen wij nog ooit anders?

- G: Ja kan. Voor service bijvoorbeeld. Voor kanban kan het ook wel ooit gebeuren. Als we op safety stock bestellen en als die leeg is, dan vraagt het systeem al voor de datum van morgen. Maar omdat het zoveel dagen lead time heeft, gaat Hans wel bestellen op lead time. Als ze dan te laat zijn, dan zijn ze gewoon zelf de laat eigenlijk.
- I: Dat is deze dan denk ik?
- G: Ja dat is sowieso te laat, want die is buiten lead time en gevraagde datum. Ik denk dat. Die getallen, is dat aantal keer?
- I: Aantal purchase orders.
- G: Oke. Dan kan je jezelf ook wel nog afvragen of die levertijd wel goed staat. Maarja. Maar kijk in principe als je zorgt dat die bakjes zo vol zitten dat er ook nog safety stock in zit.
- I: Ja sowieso. Als er geen service verbruik op zit en alles in de XX (tweede lijn), dan maakt dit denk ik niet heel veel uit. Want of je nou in het magazijn voorraad aanhoudt of in de lijn, je bent met dezelfde leverancier aan het werk. Voor hun veranderd er niks.
- G: Nee dat klopt. Ja zou kunnen zeggen een bepaald item, heb je een levertijd van drie weken en dan verbruik je er 10 normaal. Als je dan zorgt dat die bakjes, weet ik het, 15 of 20 groot zijn, dan heb je altijd iets meer liggen. Dan bestel je altijd op tijd.
- I: Ja je moet.
- G: Je haalt dan een stukje leverbetrouwbaarheid eruit
- I: Ja je moet met een bakje moet je wel een lead time, moet je wel een lead time kunnen overbruggen, want anders heb je een stock out.
- G: Ja het belangrijkste is dat ze door kunnen bouwen. Voor duurdere items zou je uiteindelijk met de leverancier betere afspraken kunnen maken. Maar ook daar moet je een safety stock hebben.
- I: Ja over die leveranciers en contracten had ik eigenlijk nog niet nagedacht. Opzich is dat ook een best goed advies.
- G: Dat je die onder contract kunt leggen?

I: Ja. Gebeurt dat eigenlijk vaak?

G: Laatste tijd niet zo veel, want we hebben niet zoveel capaciteit bij strategisch, om dit te regelen. Als ik niet lieg, volgens mij hebben we 900 items onder contract.

I: Dat is nog best veel.

G: Ik kan wel opzoeken denk ik. Dat heb ik zo gevonden.

I: Dat is b48 of niet?

G: Ja B48 ja. Dat zal ongeveer 900 zijn. Want alleen bij XX (leverancier) hebben we er al 169, XX (leverancier) , XX (leverancier).

I: Ja bij de XX (machine tweede lijn) zijn dat er 50. Opzich ook al best veel. Ik denk dat het grootste probleem zit in service verbruik en verbruik op andere lijnen. Want als het in meerdere lijnen zit, dan is het een afweging, ga je door met het huidige systeem of ga je voor allebei e-kanban inregelen, maar dan krijg je weer meer inkooporders.

G: Dat kan ook nog op andere lijnen ja. Ja, best lastig. Ze hebben bij ons op een vestiging, volgens mij in Duitsland, doen ze dat wel he. Ik weet niet of je dat al gehoord had?

I: Ik heb dat een keer vaag gehoord, maar verder niet echt. Maar die hebben dat volgens mij op basis van RFID?

G: Ja dat, maar ook dat die hem dan bestelt geloof ik.

I: Maar opzich zit het verbruik in de meeste wel in de XX (tweede lijn). Dus dat is denk ik niet het grootste probleem

G: Nee. Maar daar ook, hoe ga je dan, als het ook in een andere lijn komt, hoe doe je dat dan?

I: Komt dat vaak voor? Of heb je daar geen idee van

G: Ik hoop steeds meer

I: Oh ja want dan heb je natuurlijk meer standaard items.

G: Dus ja

I: Hmm, die maakt het wel lastiger.

- G: Ik denk dat dat dalijk opzich wel meer
- I: Ja dan wil je eigenlijk dat je inkooporders kunt combineren. Maar dat kon nu volgens XX (operations improvement engineer) niet.
- G: Ja eigenlijk moet je dan iets hebben van. Als we nu een order inschieten, ff kijken hoor, ik pak er even een order bij. ff kijken hoor. Dit is voor een order en dan hebben we hier storage location, dus dat is eigenlijk waar die dan binnen komt. Dan hebben we hier vaak gewoon components, dus hoofd magazijn. Maar als je meerdere regelt hebt, dan weet ik niet of je kunt zeggen, die moet daarheen, die moet daarheen.
- I: Nu is het zo, als je het gaat inregelen, als iets wordt binnengeboekt, dan krijg je een sticker met de locatie waar het heen moet in de kanban. Maar als je het combineert, dan valt die sticker waarschijnlijk weg.
- G: Ja je wilt dan eigenlijk zien waar komt die behoefte om dat ding in te kopen vandaan?
- I: Ik weet niet of die dat uitsplitst, of dat kan. Maar dat is misschien meer iets voor later nog.
- G: Ja dan zou het wel in meerdere lijnen kunnen liggen.
- I: Ja dan is het niet echt een probleem. Dan krijg je wel alsnog meer inkooporders dan dat je het in bulk koopt.
- G: Ja maar dat heb je sowieso.
- I: Hoezo?
- G: Uhh. Ja. Ja trouwens, dat is wel een goede vraag. Volgens mij als je. Nee je hebt wel minder inkooporders als je gewoon in een keer in het magazijn en vanuit daar verdeeld in plaats van dat je het los doet.
- I: Ja nu heb je dan losse bakjes. In het magazijn ligt natuurlijk meer.
- G: Ik weet niet of jij deze powerBI hebt gezien? Even kijken hoor. Want hier zie je items with low replensihment rate. Dit bakje, die wordt maar 3 keer per jaar vervangen.
- I: Dat is wel echt weinig.

G: Of je kan er heel veel machines mee bouwen met een bakje of er worden weinig machines mee gebouwd.

I: Ja of er ligt te veel in een bakje.

G: Ja

I: Maar is dit per jaar?

G: Ja volgens mij wel.

I: Want deze is 116, dat is het allermeeste, maar dat vind ik alsnog niet echt heel veel.

G: Ja deze wordt wel vaak geboekt. Ja, het is wel per jaar. Maar hier zou je je af kunnen vragen of het bakje groter zou moeten zijn. Ik denk dat je best wel weinig ziet dat ze te laat zijn met een bakje aanvullen. Terwijl je zou wel weer kunnen zeggen, als je het efficiënter wilt aanvullen. Als je ergens inzichtelijk kunt krijgen van al deze bakjes van deze lijn zijn leeg. Dat je nog even kan wachten met aanvullen, dat je meteen veel van de lijn kunt doen. Dat zou ook nog kunnen.

I: Ja

G: Ik zou zeggen bij dure items wil je juist dat ze wat vaker leeggescand worden, omdat je dan niet te grote of dure bakjes hebt.

I: Nee klopt

G: Maar die goedkoper items, als het in een bakje, prop er zoveel mogelijk in.

I: Ja XX (operationaal inkoper) zei dat ook al, z'n C items, dat ga je niet per 10 inkopen haha.

G: Die wil je ook niet per 10 aanvullen.

I: Ja het lastigste vind ik hoe ik het moet aanpakken voor de artikelnummers.

G: Ja ik weet ook niet of je een soort pilot kunt doen.

I: Ik heb het daar wel over gehad en ook naar gekeken. Bijvoorbeeld als je kijkt naar leveringsbetrouwbaarheid en het verbruik in de lijn. Dan heb je XX (leverancier) die het best goed doet, maar die heeft dan weer veel service verbruik ook.

G: Maar je kan ook een soort advies geven. Bijvoorbeeld een aparte service voorraad. Daar haal je dan ook de proces stappen uit van het terugboeken uit de lijn. Je kan dan die analyse van XX (operationeel inkoper) pakken, die van clear to built.

I: Zit dat daar in?

G: Ja daarin staat ook in hoeveel % er iets door service wordt weggepakt. Dan heb je er denk ik best wel een beeld bij.

I: Ja je hebt dan minder handling en service kan je voorraad niet zomaar wegnemen. Maar wat er dan weer tegenover staat is waarschijnlijk weer meer inkooporders.

G: Maar als je het automatiseert, dan maakt dat minder uit. En je kan ook voor volgend onderzoek zeggen want de extra inkoopkosten zijn bijvoorbeeld. Want voor een leverancier, of die drie pakketjes moet versturen, dat is prima, maar als dat op een gegeven moment 20 moeten worden, uiteindelijk betaalt de waardeketen er toch voor.

I: Ja ook MOQ is best lastig. Want dit wordt vaak door XX (bedrijf) bepaalt, maar dit onderscheid is lastig te maken.

G: dat is denk ik ook niet heel relevant. Dat heeft misschien meer met de praktische uitvoering te maken.

G: Ik zou als ik jou was als eerste naar contract items kijken. Dat zijn vaak ook wat duurdere items dus daar valt meer te halen. Ik weet niet of dat het beste is, maar dat komt als eerste in me op.

I: Ja je hebt daar wel de meeste zekerheid denk ik. In ieder geval op papier. Als je filtert op minder dan 5% service verbruik, want daar ga je niet echt voorraad voor aanhouden.

G: Nee dat denk ik ook niet.

I: Dan blijft er niet super veel over.

G: Ja je kan ook zeggen dat je OTC onderdelen pakt met een korte levertijd. Deze zijn misschien ook beter beschikbaar, omdat meer bedrijven die gebruiken, dat is B41. Daar zitten misschien ook wel goedkopere dingen tussen, die misschien wil je die niet doen, want dan ga je wel weer heel veel inkooporders inkopen.

- I: Ja dat is een afweging met de kosten.
- G: Ja precies, je moet dan kijken van wat kost het om een x aantal maanden verbruik op voorraad te hebben in tegenstelling tot wat het kost om een order te plaatsen, binnen boeken etc. Ik ben hier al een keer mee bezig geweest, voor de handling rekenen wij ongeveer 70 euro.
- I: En dit is voor? Het plaatsen van de inkooporders, binnen boeken en op locatie leggen of?
- G: Nee ja dat is eigenlijk voor het maken van de order, voor het binnen boeken, wegbrengen, afhandelen van de factuur. Ja dat eigenlijk.
Maar hoe toon je dan aan van deze artikelen zijn te goedkoop, misschien toch een grafiek maken. Maar misschien maak je het dan lastiger dan dat het is.
- I: Ja maar ik moet het wel kunnen onderbouwen waarom wel en waarom niet.
- G: Ik denk dat uiteindelijk het belangrijkste is dat al je deelvragen beantwoord zijn.
Hoeveel kost het nou om een bakje aan te vullen?
- I: Ja met het uurloon van magazijn.
- G: Ja dat zit rond 50 euro, als je alles meeneemt. Dat rekenen we ervoor. En je weet al wat het kost om een order te binnen boeken ens, dat is die 70 euro. Dan kan je wel kijken hoe je hier wat uit kunt halen. En dan stukje werkkapitaal en voorraad.
- I: Ja
- G: 25% van de waarde van het inkoopprijs. Elk jaar, mocht een artikel niet gebruikt worden, dan wordt er 25% afgeschreven. Als die meteen gebruikt wordt dan is dat natuurlijk weer anders. Dus opslagkosten zijn denk ik wel moeilijk.
- I: Ik vind opslagkosten sowieso moeilijk, want het is niet dat je het pand verkoopt. Er komt wel meer vrij, maar je betaalt dezelfde kosten zeg maar.
- G: Ja dat klopt.
- I: Weet jij trouwens de waardes van die ABC-XYZ matrix?

G: ABC kijkt naar het verbruik, de consumptiewaarde. Dus verbruik keer die standaardprijs. De C categorie is 5%. Die B items volgens mij 30%. Zeg ik het dan goed? Ik kan het hier wel zien.

I: Ik heb hier ook wel een overzicht uit de literatuur. Hier is het 15%.

G: Ja dat zou wel kunnen kloppen. En dan A is 80% van de consumptiewaarde en dan maar 20% van de items. Dus ik zou niet kijken naar C, want daar valt niet veel te halen, levert alleen maar meer inkooporders op.

I: Ja en ik wil me nu focussen op huidig en toekomstig en daaruit de besparing.

G: Ja dat is wel logisch.

I: En je kunt dan kijken naar items of leveranciers. Maar ik denk in dit geval item specifiek, aangezien een leverancier al heel veel verschillende items heeft, dus daar kan je niet een richtlijn voor maken.

G: Item specifiek klopt misschien ook niet helemaal. Maar inkoopvoorwaardes, de maat, levertijd, betrouwbaarheid is belangrijker.

I: Ja de kenmerken.

G: Ja en dan niet echt de fysieke kenmerken, maar ja. Want dan kan je zeggen, dit artikel voldoet, dus dat doen we. En dit voldoet er niet aan, dus dat doen we niet. Maar het is wel lastig moet ik zeggen.

I: Ja, dat vind ik ook. Maar het zal vast goed komen.

G: Dat denk ik ook wel.

I: Onze tijd zit erop denk ik.

G: Ja, tijd voor weekend.

I: Haha ja precies. Bedankt voor je tijd in ieder geval.

G: Geen probleem en ja als je nog meer vragen hebt, dan vraag maar gewoon.

I: Komt goed.

Appendix 2e - Interview 5

Geïnterviewde: (G)

Interviewer: Dana van de Kimmenade (I)

Datum: 30-04-2024

Locatie: fysiek

Tijd: 14:00 – 14:20

I: Bedankt dat je nog een keer tijd hebt.

G: Geen probleem.

I: Als eerste heb ik een vraag over het berekenen van de gemiddelde voorraad. Ik heb deze formule voor het hoofdmagazijn, maar ik moet ook de voorraad berekenen voor de kanban. Hoe zouden jullie dit gemiddeld uitrekenen?

G: De formule voor het hoofdmagazijn kan je wel gebruiken ja. En voor de kanban. Ja een vol bakje heb je eigenlijk altijd in de lijn. Het andere bakje duurt 1, 2 of hooguit 4 dagen voordat het aangevuld wordt. Ik denk als je uitgaat van 1,5 vol bakje in de kanban dat je wel goed zit.

I: Wat denk jij dat de gemiddelde lead time is in het huidige proces voor het aanvullen van de lege kanban bakjes?

G: Ik weet niet hoe vaak XX (magazijn medewerker) het nu bijvult?

I: In het interview zei hij 1 keer in de 2 dagen.

G: Ja dan denk ik gemiddeld 2 dagen, omdat je ook nog wel even doet over het aanvullen van alle bakjes.

I: Oke mooi, want als ik twee dagen aanhou, dan kom ik uit op een voorraad van 71% van het totaal. Dus dat komt in de buurt van een half bakje leeg.

G: Mooi.

- I: En in het toekomstige proces. In principe is 1 bakje dan safety stock en tegelijkertijd je re-order point zeg maar.
- G: Ja je wilt dan dat een bakje genoeg is om de levertijd van het andere bakje op te vangen.
- I: Dus dan ga je uit van 1 vol bakje? Met safety stock, maar dat zit al in de grootte van het bakje verwerkt dan.
- G: Ja dat is wel aannemelijk 1 bakje gemiddeld op voorraad.
Je kunt natuurlijk ook nog spelen met het aantal bakjes en de grootte ervan. Of je nou 4 bakjes van 1, of 2 bakjes van 2 hebt, dit scheelt ook in bestelkosten.
- I: Dat is ook nog een afweging tussen, hoeveel past er in een bakje en hoeveel bakjes passen er in de lijn.
- G: Ja, maar de lege bakjes zet je waarschijnlijk in het tekorten rek, dus in de lijn hoeft dat niet per se een probleem te zijn denk ik.
- I: Ohja, dat klopt ook.
- G: En je kan verder nog nadenken. Leg je de verantwoordelijkheid bij de leverancier, gaan we ervanuit dat ze binnen de levertijd leveren. Of neem je zelf ook nog verantwoordelijkheid, door een stukje veiligheidsvoorraad aan te houden.
- I: Ja, ik denk dat je altijd een stukje veiligheidsvoorraad aan moet houden. Maar dat is zeker iets om over na te denken.
En voor service, houden ze een bepaalde levertijd aan voor de klant?
Want ik heb nu sommige artikelen die goedkoper zijn om helemaal geen voorraad aan te houden en per order te bestellen of uit de kanban te halen.
- G: Zij kijken weer anders naar safety stock, volgens mij langer terug. Maar in principe streven ze ernaar om spareparts binnen 2 dagen te leveren. Maar wanneer er maar 1 keer service verbruik op zit in het jaar, dan houden ze hier geen voorraad voor aan.
- I: Ja ik heb nu gekeken naar of ze het dan uit de lijn kunnen halen.
- G: Ik weet niet of MRP hier nu naar kijkt en dan heb je wel weer een extra handling ook.

- I: Ja dat is waar inderdaad.
Maar voor service, zij streven in principe naar 2 dagen, tenzij er weinig tot geen service verbruik op zit, dan dus geen service voorraad aanhouden?
- G: Ja klopt, dan accepteer je de langere levertijd eigenlijk.
- I: Het gehele inkoopproces kost nu ongeveer, als je alles meerekent, 70 euro per order.
Hoeveel denk jij dat het gaat kosten in het nieuwe proces?
- G: Ik denk dat je het ongeveer gelijk kunt houden. Nu is de grens voor het goedkeuren van orders 5.000 euro, maar in het nieuwe proces wordt dat lager.
- I: Ja, 250 euro.
- G: Ja precies, dus dan zal je vaker moeten goedkeuren. Maar tegelijkertijd hoef je geen handmatige orders aan te maken. Je meet dan conservatief zeg maar.
- I: Ja ik denk dat het eerder positiever uitpakt dan negatiever, dus dan is het altijd goed.
- G: Ja.
- I: En voor deze stappen, denk jij dat deze gemeten tijden representatief zijn?
- G: Even kijken.
Ik denk wel redelijk ja.
- I: Oké dat dacht ik ook, het sluit ook aan op de totale tijd die XX (magazijn medewerker) er mee bezig denkt te zijn, dus dat is mooi.
Verder twijfel ik nog om een check doen op de maximale bingrootte. Want nu ga ik uit van een minimale bin Q en een optimale bin Q,
- G: Dat is denk ik niet nodig. Er is als het goed is meer 1 bakje vol in de lijn, dus ik denk dat het vaak wel kan, in ieder geval uitgaande van de minimale Q.
- I: Oke, dan laat ik het zo.
Even kijken verder. Ohja, welke kosten zijn voor jullie belangrijk. Ik kijk momenteel naar de voorraad verlaging zeg maar en de kosten voor inkopen en interne handling. Is het goed dat ik kijk naar de verlaging in voorraad of kan ik beter kijken naar holding kosten bijvoorbeeld?
- G: Je kijkt nu naar voorraad waarde dan?

I: Ja, klopt.

G: Dat is denk ik wel goed. Alles wat wij meten is in voorraadwaarde, zoals DOI bijvoorbeeld.

I: Oke top, dan laat ik dat zo.

En bijvoorbeeld opslagkosten, in hoeverre mag ik dat meenemen als besparing?

G: Finance ziet het pas echt als een besparing als de locatie opgezegd kan worden zeg maar.

I: Dat dacht ik al, dus dan kun je dit niet echt als een besparing zien. Is het dan van belang om deze mee te nemen?

G: Nee niet echt.

Appendix 2f - Interview 6

Geïnterviewde: (G)

Interviewer: Dana van de Kimmenade (I)

Datum: 06-05-2024

Locatie: fysiek

Tijd: 15:00 – 15:30

I: Fijn dat je even tijd hebt.

G: Dat is geen probleem.

Waar studeer je eigenlijk?

I: Aan Tilburg University. Ik zit nu in mijn master.

G: Oh dan ben jij een stuk slimmer dan ik.

I: Nou dat wil ik niet zeggen haha.

G: En welke opleiding doe je dan?

I: Master Supply Chain Management.

G: Oh. Ja. Interessant. En hoe lang duurt dat in totaal?

I: Ik heb hiervoor mijn bachelor gehaald, die duurde 3 jaar. En nu de master duurt 1 jaar.

G: Hoe jong ben je dan nu? 22?

I: Ik ben 23.

G: Aha.

I: Oke, even kijken. Allereerst zou ik graag weten, wat is je functie en hoe lang ben je hier al werkzaam?

G: Ik ben teamleider van lijn 1 en 2 en ik werk hier. Even denken. Al 34 jaar.

I: Oke.

G: Dat is al lang he.

I: Ja, dan heb ik nog wel eventjes te gaan.

Je hebt dat misschien al wel een keer gehoord, maar ik doe onderzoek naar de kanban en dan met name voor de multiformer lijn.

G: Ja.

I: Dan is mijn eerste vraag, wat denk je van het huidige kanban proces?

G: Ja perfect. Ik ben heel tevreden.

Niet voor de monteur, maar voor de teamleider en meewerkend voorman is het ook overzichtelijk. Als er iets gewijzigd moet worden, bijvoorbeeld een ander artikelnummer, dan gaat dit wel altijd via mij. Of over wat er op het bakje staat, hoeveel er in een bakje moet, welke artikelnummers, dat loopt via de teamleider.

I: Ja, anders heb je er zelf ook geen overzicht meer op uiteindelijk.

G: Ja, de monteur heeft er gewoon niks mee te maken.

I: Want in de multiformer lijn liggen wel veel artikelen toch?

G: Ja. Eigenlijk bijna alles.

Als een machine wordt besteld met alles standaard, dan kan deze compleet vanuit de lijn worden gemaakt. Behalve frames.

I: Snap ik, maar die zijn natuurlijk ook groot.

G: Ja, ook.

I: Zijn er dingen die goed of fout gaan?

G: Vrijwel alles gaat goed. Voordat we begonnen met de kanban in de lijn stonden we met 12 monteurs in de lijn. Nu staan we nog met 3.

I: Dat is een flink verschil.

G: Ja. En dat is natuurlijk ook door een andere manier van werken, meer werkomschrijvingen bijvoorbeeld. Maar een groot deel daarvan komt door de kanban. Het werkt goed.

Maar er gaat ooit wel wat fout. Maar dat zijn dan eigenlijk menselijke fouten.

Bijvoorbeeld het tekortenrek. Als een bakje leeg is, dan wordt deze op de bovenste plank gezet. Dan wordt die opgehaald en leeg gescand. Als deze aangevuld kan

worden dan laat het systeem dat zien, als dat niet kan, dan wordt deze rood in het systeem en wordt het bakje hier in het tekorten rek gezet.

1 bakje heeft in principe voorraad voor 3 machines. Dus als we twee bakjes hebben, kunnen wij als we twee volle bakjes hebben, in principe 6 machines maken. Als een bakje leeg is, dan zijn er al 3 machines in voor assemblage, want anders is het bakje niet leeg. Maar dan kunnen we dus nog steeds 6 machines maken. Dus de lijn valt niet stil.

Maar jouw vraag was wat er fout gaat toch haha?

I: Ja haha.

G: Ja. Dus bijvoorbeeld dit bakje moeten er 10 in. Als er dan in het magazijn 9 stuks op voorraad zijn, dan wordt het bakje niet aangevuld en hier in het rek gezet.

I: Tenzij het echt nodig is, toch?

G: Ja klopt. Als dit het tweede bakje is dat leeg wordt gemaakt en we hebben het echt nodig. Dan worden die 9 wel overgeboekt, maar dat moet dan handmatig.

I: Ja precies.

G: Maar het wordt wel een probleem als er van 1 item hier 2 lege bakjes staan. Als het morgen binnenkomt, is het alsnog geen probleem. Want ik heb nog machines in voorassemblage. Maar als dat pas over twee maanden binnenkomt, dan is het wel een probleem. Die lijst uit PK11 die volgt dan een Angélique, of een Rick ook op, want dan gaan er alarm bellen af. Als er een leeg is, dan gaat er maar een klein alarmbelletje af.

Maar, ik heb dat toevallig vandaag nagelopen.

Als je dan naar deze lijst kijkt. Let maar niet op mijn handschrift. Dit zijn het aantal bins en dit zijn de pieces. Dus deze is 2 bakjes 2 stuks leeg en dat is dan een probleem. Maar waar het dan fout gaat. Deze bijvoorbeeld, op deze lijst staan 2 lege bakken. Maar ik heb gekeken, ik heb er hier maar 1 staan en in de lijn 1.

I: Dus dan zijn ze vergeten vol te scannen.

G: Nee of leeg. Oh nee. Vergeten vol te scannen in dit geval inderdaad.

Maar die heb ik hier dan bijgeschreven. Deze heb ik hier twee staan, maar staan niet op de lijst. Dus een is er dan niet goed leeg gescand.

I: Ja, dat snap ik.

G: Dus ik zet ze dan weer gewoon op de bovenste plank.

I: Ja en dan volgt het gewoon het proces weer.

G: Ja een magazijnmedewerker pakt dan gewoon weer dat lege bakje en scant die. Die hebben dat verder niet door.

Ja, dus dat gaat wel ooit fout.

En verkeerd terugplaatsen van een bakje, maar ja.

I: Ja, dus eigenlijk allemaal menselijke fouten.

G: Ja.

I: Ik denk dat je misschien ook al gehoord hebt waar mijn onderzoek over gaat. Maar ik ben aan het kijken, wat als je, een bin leeg scant, en er dan direct een inkooporder naar de klant gaat.

G: Ja. Leverbetrouwbaarheid is dan wel een groot issue. Een leverancier moet op tijd leveren, anders valt de lijn stil.

Ik ben hier nog erg argwanend over. Het loopt nu goed.

Als je een pilot zou willen doen, dan zou ik zeggen, haal de kanban nu leeg. Hou die voorraad hier 'illegaal' achter de hand, werkt het een half jaar, ja dan zou je kunnen zeggen dat het werkt.

I: Ja en dan kan je verder uitbreiden.

G: Ja maar de leverbetrouwbaarheid is wel echt belangrijk. Ik zou dat wel meenemen als je een pilot gaat doen.

I: Ik heb natuurlijk nu al wel een analyse gedaan. In principe wil je met een bakje de levertijd opvangen en een stukje safety stock.

G: Hoe bedoel je levertijd?

I: Omdat het bakje meteen een inkooporder stuurt naar de leverancier, wil je de tijd dat het duurt voordat het bakje wordt aangevuld opvangen met het andere bakje. Plus een safety stock.

G: Oke.

I: Dus als een leverancier een keer wat te laat levert, dat je dat nog kan opvangen met safety stock. Maar dan kom je bij het volgende, bins worden groter of meer.

G: Ja we hebben al sommige grote artikelen.

Zoals die cleaning kart, daar hebben we dan 5 bins van.

Je moet minimaal 2 bins, dus 1 keer 5 mag niet, maar 5 keer 1 mag wel.

I: Ja, dat weet ik inderdaad.

G: Maar deze dingen, konijnenvoer, dat zit niet zo snel te vol. Maar daar valt ook niet veel te halen waarschijnlijk.

I: Nee klopt, als ik in mijn analyse kijk zie ik inderdaad dat de winst daar minimaal is.

G: Ja maar bijvoorbeeld deze. Maak onderdelen, speciaal voor de machine, die zijn het vaakste te kort. Deze artikelen zijn vaak het lastigste, maar je bent ook afhankelijker van de leverancier.

I: Ja, terwijl die artikelen wel interessanter zijn.

G: Ja, want dit zijn vaak duurdere artikelen.

I: Precies.

G: En wat ook is. Als een bakje op meerdere locaties staat. Bijvoorbeeld in stage 1 zit die een keer in de machine, dus dan heb je er 3 in het bakje. Dan in deze stap heb je ze 4 keer nodig in de machine, dus dan heb je er 12 nodig. Maar dan moeten alle bakjes toch 12 zijn.

I: Dus als een item in de kanban zit, dan moet deze overal dezelfde grootte hebben.

G: Ja.

Of dat is mij wijsgemaakt.

Maar volgens mij wel. Terwijl je hebt het niet nodig in het eerste stage. Dus dat bakje wordt ook minder vaak gebruikt.

- I: Ja dat is zonde eigenlijk van de voorraad.
- G: Ja. Maar, wat ik je wel wil meegeven, ook in je carrière. Zorg altijd dat je vooroploopt. Lijn 1 en 2 doen het eigenlijk het beste, dus ik heb inspraak in wat er gebeurt. In plaats van dat je iets krijgt dat je wat door moet voeren.
- I: Ja snap ik, dan heb je tenminste nog inspraak.
- G: Dus ook bijvoorbeeld dit, ik denk dat het er een keer komt. Maar dan ben ik er liever bij betrokken.
- I: Ja, dat snap ik inderdaad. Ook omdat het nu gewoon goed loopt.
- G: Ja precies.
Ik hou dan liever een vinger in de pap. Dat ik ook kan meedenken over hoe of wat.
- I: Ja snap ik. Ik denk dat voor nu al mijn vragen wel zijn beantwoord.
- G: Nu al?
- I: Ja haha, viel mee he.
- G: Ja zeker. Maar mocht je me nog een keer nodig hebben, kom vooral langs.
- I: Ik weet nu in ieder geval waar ik moet zoeken haha. In ieder geval bedankt.
- G: Geen probleem, jij nog veel succes.
- I: Dankjewel.

Appendix 2g - Interview 7

Geïnterviewde: (G)

Interviewer: Dana van de Kimmenade (I)

Datum: 16-05-2024

Locatie: fysiek

Tijd: 09:00 – 09:25

I: Fijn dat je nog even tijd hebt. Ik heb nog enkele vragen.

G: Kleine moeite.

I: Hoe zou je XX (bedrijf) omschrijven als omgeving? Wat is kenmerkend?

G: Ik zou XX (bedrijf) als een bedrijf met een grote variëteit aan producten, dus tegelijkertijd best wel complex.

De meeste machines die worden gemaakt zijn engineer-to-order, dus klant specifiek.

En dit zorgt er ook voor dat we veel verschillende artikelen hebben.

Zo kopen wij jaarlijks ongeveer 20.000 nieuwe artikelen in en werken we met meer dan 700 verschillende leveranciers.

I: En hoeveel artikelen zijn er dan ongeveer?

G: Pfoeh.

Ja in deze PowerBI kan je zien dat er ongeveer 19.000 items nu op voorraad zijn, dus volgens mij hebben we iets van tussen de 20.000 en 25.000 actieve items.

En op jaarbasis worden er ongeveer 100.000 orderregels ingekocht.

I: Ben je het er mee eens, dat het gezien kan worden als een high mix, low volume omgeving?

G: Ja, dat zou ik wel zeggen.

I: Verder nog een algemene vraag, wat gaat er naar jou mening goed of fout in het huidige kanban proces?

G: Ik denk dat het een mooi systeem is en het over het algemeen goed werkt.

I: Zijn er ook nadelen naar jouw mening?

G: Ja, uiteraard gaat niet alles goed. Er zit best wel wat handling in het proces. Dit kost niet alleen veel tijd, maar dat zorgt ook nog wel ooit voor problemen.

I: Kan je hier een voorbeeld van noemen?

G: Ja bijvoorbeeld dat bakjes verkeerd terug naar de lijn worden gebracht, of dat het scannen niet goed wordt afgehandeld.

I: Ah ja. Heb je enig idee hoe vaak dit voorkomt?

G: Nee dat durf ik niet te zeggen. Over het algemeen loopt het proces goed, dus het is geen groot probleem. Maar het is wel iets wat voorkomt.

We houden verder niet bij hoe vaak dergelijke dingen gebeuren.

I: Oke duidelijk.

Dan heb ik nog een specifieke vraag over een PowerBI. Voor het verbruik heb ik gekeken of het lijn specifiek is of niet. Maar bijvoorbeeld dit artikel, dit heeft verbruik op locatie 8010, maar volgens de PowerBI zou dit wel tot de XX (tweede assemblage lijn) kunnen behoren.

G: Ja dit is een modificatiesetje. Even kijken hoor. Ja hier kan je zien dat het alleen picken en een setje maken is en dan een terugboeking op het hoofdmagazijn.

I: Dus dit loopt niet via de lijn?

G: Nee deze niet. Dat kan wel hoor, als er iets van assemblage bij hoort, maar voor alleen samenvoegen gebeurt dat niet.

I: Hoort het uiteindelijk wel bij de XX (tweede assemblage lijn)?

G: Ja dat wel.

I: Oke.

Dan even kijken.

Voor het berekenen van de bin groottes en voorraadwaardes heb ik gekeken naar de safety stock specifiek voor consumptiegroepen, dus toegespitst op service, XX (tweede assemblage lijn) en andere lijnen consumptie. Hiervoor heb ik het standaard document gebruikt.

Zou je kunnen uitleggen waarom X artikelen een hogere service level hebben dan Y

en Z artikelen? Hierdoor houd je namelijk meer voorraad aan, terwijl het verbruik beter te voorspellen is toch?

G: Ja het verbruik van X artikelen verloopt stabiel, dus minder fluctuaties. Dan van Y en Z fluctueert meer.

(tekent grafiek verbruik)

Het service level wordt berekend op dit stukje. Voor X artikelen maakt het niet heel veel uit als je een hoger service level aanhoudt. Voor Y en Z maakt dit meer uit, hier of hier.

Ook is het zo dat X artikelen standaard zijn en belangrijker, je wilt hier niet op misgrijpen, dus hou je een hogere voorraad aan. Tegelijkertijd zou je misschien op Y en Z een keer mispukken, maar tegelijkertijd ook weer niet, omdat dit verbruik minder stabiel is.

I: Ah ja.

G: Ja, duidelijker?

I: Ja, ik snap het.

Dan nog een laatste vraag. In het huidige proces zijn er redelijk wat artikelen specifiek voor een assemblage lijn. Weet jij wat de visie van XX (bedrijf) hierop is? Is dit iets wat in de toekomst zo blijft?

G: Dat ligt er misschien aan wie je het vraagt. Maar over het algemeen wordt er wel naar gekeken om artikelen te standaardiseren.

Niet alleen vanuit inkoop, maar ook vanuit engineering is dit wel iets waar naar wordt gekeken ja. Het is veel makkelijker om in elke machine dezelfde motoren te hebben, dan tien verschillende.

I: Oke, dat is duidelijk. Dat waren de vragen die ik nog had. Bedankt weer.

G: Gaat het nog goed met je onderzoek?

I: Ja mijn resultaten heb ik redelijk. Alleen is het goed verwoorden ook nog wel een werk haha.

G: Ja snap, maar het telt af.

I: Dat zeker ja.

Appendix 3 – Example Coding Interview

I: Wat denk je dat de voordelen zijn van het overgaan op e-kanban, voor inkoop en inventory management?

G: Ik denk dat dit vooral zit in efficiënte en voorraadwaarde. Je haalt er replenishment stappen uit waardoor je efficiënter gaat werken. Ik denk dat er qua voorraadwaarde ook wel wat te halen valt, omdat je ideaal gezien geen voorraad meer hebt in het magazijn. Misschien ook nog een stukje opslag, maar je kan dat niet echt zien als kostenbesparing, want het pand blijft natuurlijk.

I: Welke artikelen denk je dat het meeste geschikt zijn voor e-kanban/purchase order kanban?

G: Ik denk dat het belangrijkste is om te kijken naar service verbruik, verbruik in meerdere lijnen, de planned delivery time en de betrouwbaarheid van de leveranciers. Je kan zeggen als er een bepaalde hoeveel service verbruik op zit, dat dan purchase order kanban niet gunstig is, omdat je alsnog voorraad moet aanhouden voor service ook. Het is een afweging tussen het aantal boekingen en de hoogte van de voorraad.

I: Jullie hebben nu ook ooit dat de lijn mispakt doordat service de voorraad heeft weggenomen toch? Je houdt dan de voorraad wel gescheiden.

G: Ja, dat klopt in principe. Maar als er dan een probleem is met een artikel, dan heb je twee afdelingen die dit gaan navragen bij de leverancier en dan krijg je een beetje van, nee dit is voor mij, nee dit is voor mij. Dat wil je ook niet.

The screenshot shows a chat window with five messages from a contact named 'Dana van de Kimmen...'. Each message has a red circular icon with a white 'D' and a 'Reply' button below it. The messages are:

- Message 1: 'AEK' (with a 'Reply' button)
- Message 2: 'SC' (with a 'Reply' button)
- Message 3: 'MAL' (with a 'Reply' button)
- Message 4: 'SP' followed by 'May 15, 2024 at 3:56 PM' (with a 'Reply' button)
- Message 5: 'SC' (with a 'Reply' button)

Appendix 4 – Verification total handling time

This verification involved multiplying the measured task time for each step (in seconds) by the total number of annual replenishments for the second assembly line (8,647) and dividing by the average number of working days (255). On average, two transfer orders are generated per replenishment day for the second assembly line. Furthermore, it is assumed that each transfer order necessitates the retrieval and return of a bin to the shortage rack. Additionally, scanning the bin empty and full, averaging 3.76 seconds, were factored in. As these tasks remain relevant in the e-Kanban process, they are presented in the table, but not taking into account when calculating the cost of internal replenishment of a bin, since the tasks scanning the bins to empty and full are still performed in the e-Kanban process..

Furthermore, an additional check was conducted on the picking time, as it accounts for the largest portion of the process. This check used secondary picking data, including various days and different warehouse employees. The finding was further triangulated by existing company research, which also identified 35 picks per hour.

Table

Task Time Current Process in Seconds

Current process	Measured Task Times	Total Task Time	Task Time per Bin
Collecting empty bin(s)	7.32 per bin	248.22	7.32
Scan bin(s) to 'empty'	1.88 per bin	63.75	-
Print available transfer orders	101 per order	202	5.96
Picking the items	102 per bin	3,458.80	102
Put bin on shortage rack	79 per bin	158	4.66
Take bin on shortage rack	79 per bin	158	4.66
Complete pick order	7.42 per order	14.84	0.44
Bring bins to assembly line	13.95 per bin	473.04	13.95
Scan bins to 'full'	1.88 per bin	63.75	-
Total task time		4,840.40	138.99
		Cost per bin	€1.93

The total calculated task time is 1.34 hours, a close match to the 1.5-hour estimate. However, this calculation does not consider factors such as informal interactions, transition times between tasks, and setup times, all of which could influence real-time efficiency.

To be able to measure the savings from the mitigation of internal handling, the task time was multiplied by the fully loaded labor rate of a warehouse employee, which is 50 Euros according to the Finance Department. Thus, on average, the internal replenishment of a bin costs approximately 1.93 Euros.

Appendix 5 – Framework Item Selection

ABC-XYZ	More than 4 service PO's?	All 2 nd assembly line?	PDT	Price	Scenario
AX	No	Yes	Very long	50-500	e-Kanban
AX	No	No	Short	10-200	Current process
AX	Yes	No	Short	0-10	Current process
AX	Yes	No	Short	10-50	Differs per item
AX	Yes	No	Short	50-100	Current process
AX	Yes	No	Moderate	50-200	Current process
AX	Yes	No	Long	10-2000	Current process
AX	Yes	No	Very long	10-50	Current process
AX	Yes	Yes	Short	0-10	Current process
AX	Yes	Yes	Short	10-100	Differs per item
AX	Yes	Yes	Short	100-2000	e-Kanban + warehouse
AX	Yes	Yes	Moderate	50-10	Current process
AX	Yes	Yes	Moderate	200-2000	e-Kanban + warehouse
AX	Yes	Yes	Long	50-1000	e-Kanban + warehouse
AX	Yes	Yes	Very long	50-100	Current process
AX	Yes	Yes	Very long	100-500	Differs per item
AY	No	Yes	Short	10-3000	e-Kanban
AY	No	Yes	Moderate	50-2000	e-Kanban
AY	No	Yes	Long	100-2000	e-Kanban
AY	No	Yes	Very long	1000-2000	e-Kanban
AY	Yes	No	Short	10-50	Current process
AY	Yes	Yes	Short	50-100	Differs per item
AY	Yes	Yes	Short	200-3000	e-Kanban + warehouse
AY	Yes	Yes	Moderate	200-2000	e-Kanban + warehouse
AY	Yes	Yes	Long	100-500	e-Kanban + warehouse
AY	Yes	Yes	Very long	1000-2000	e-Kanban + warehouse
AZ	No	Yes	Short	500-3000	e-Kanban
AZ	No	Yes	Moderate	500-100	e-Kanban
AZ	No	Yes	Long	500-1000	e-Kanban
AZ	No	Yes	Very long	200-500	e-Kanban
AZ	Yes	Yes	Long	1000-2000	e-Kanban + warehouse
BX	No	Yes	Short	10-50	Differs per item
BX	No	Yes	Moderate	10-50	e-Kanban
BX	No	Yes	Long	10-100	e-Kanban
BX	No	No	Short	0-10	Differs per item
BX	No	No	Moderate	0-10	e-Kanban
BX	Yes	No	Short	0-50	Differs per item
BX	Yes	No	Moderate	0-10	Current process
BX	Yes	No	Long	0-10	e-Kanban + warehouse
BX	Yes	Yes	Short	0-10	Current process
BX	Yes	Yes	Short	10-50	Differs per item
BX	Yes	Yes	Short	50-200	Current process
BX	Yes	Yes	Moderate	0-50	Current process
BX	Yes	Yes	Moderate	50-100	e-Kanban + warehouse
BX	Yes	Yes	Long	0-10	Current process
BX	Yes	Yes	Long	10-50	Differs per item
BX	Yes	Yes	Very long	0-10	Current process
BX	Yes	Yes	Very long	10-50	Differs per item
BY	No	Yes	Short	10-50	Differs per item
BY	No	Yes	Short	50-500	e-Kanban
BY	No	Yes	Moderate	0-50	Differs per item
BY	No	Yes	Moderate	50-200	e-Kanban

BY	No	Yes	Long	10-50	Differs per item
BY	No	Yes	Long	50-200	e-Kanban
BY	No	Yes	Very long	0-200	e-Kanban
BY	No	No	Short	0-50	Current process
BY	No	No	Moderate	10-50	Current process
BY	No	No	Moderate	100-200	e-Kanban
BY	Yes	No	Short	10-50	Current process
BY	Yes	No	Moderate	10-100	Current process
BY	Yes	No	Long	10-50	e-Kanban + warehouse
BY	Yes	Yes	Short	10-100	Differs per item
BY	Yes	Yes	Moderate	0-50	Current process
BY	Yes	Yes	Moderate	50-100	e-Kanban + warehouse
BY	Yes	Yes	Moderate	100-200	Current process
BY	Yes	Yes	Long	10-50	Current process
BY	Yes	Yes	Long	50-100	e-Kanban + warehouse
BY	Yes	Yes	Very long	50-100	e-Kanban + warehouse
BZ	No	Yes	Short	0-10	e-Kanban
BZ	No	Yes	Moderate	10-200	e-Kanban
BZ	No	Yes	Long	100-500	e-Kanban
BZ	Yes	No	Very long	10-50	Current process
BZ2	No	Yes	Short	200-1000	e-Kanban
BZ2	No	Yes	Moderate	200-500	e-Kanban
BZ2	No	Yes	Very long	200-500	e-Kanban
CX	No	Yes	Short	0-10	Differs per item
CX	No	Yes	Moderate	0-10	e-Kanban
CX	No	Yes	Moderate	10-50	Differs per item
CX	No	No	Short	0-10	Differs per item
CX	No	No	Short	10-50	Current process
CX	No	No	Moderate	0-10	Current process
CX	Yes	No	Short	0-10	Current process
CX	Yes	Yes	Short	0-10	Differs per item
CX	Yes	Yes	Moderate	0-10	Current process
CX	Yes	Yes	Long	0-50	Current process
CY	No	Yes	Short	0-100	Differs per item
CY	No	Yes	Moderate	0-10	Differs per item
CY	No	Yes	Moderate	10-50	e-Kanban
CY	No	Yes	Moderate	50-100	e-Kanban
CY	No	Yes	Long	10-100	e-Kanban
CY	No	Yes	Very long	10-50	Current process
CY	No	No	Short	0-10	Differs per item
CY	No	No	Short	50-200	e-Kanban
CY	No	No	Moderate	0-50	Current process
CY	Yes	Yes	Short	0-10	Differs per item
CY	Yes	Yes	Short	10-50	Current process
CY	Yes	Yes	Moderate	0-10	Current process
CZ	No	Yes	Short	0-10	Differs per item
CZ	No	Yes	Moderate	0-50	Differs per item
CZ	No	Yes	Moderate	50-100	e-Kanban
CZ	No	Yes	Long	0-100	e-Kanban
CZ	No	Yes	Very long	0-10	e-Kanban
CZ	No	No	Short	0-50	Current process
CZ	Yes	Yes	Long	0-10	Current process
CZ2	No	Yes	Short	0-200	e-Kanban
CZ2	No	Yes	Moderate	0-50	Differs per item
CZ2	No	Yes	Moderate	50-200	e-Kanban
CZ2	No	Yes	Long	0-500	e-Kanban
CZ2	No	No	Short	0-100	e-Kanban

CZ2	No	No	Moderate	10-50	Differs per item
CZ2	No	No	Moderate	50-500	e-Kanban
N	No	Yes	Short	100-200	e-Kanban
N	No	No	Short	50-100	e-Kanban
N	No	No	Moderate	10-200	e-Kanban
N	No	No	Long	0-10	e-Kanban