

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA PODNIKOVÉHO MANAŽMENTU**

Evidenčné číslo: 104002/I/2024/36122176493146116

Implementácia princípov inteligentného skladu v logistike podnikového skladovania

Diplomová práca

2024

Bc. Matúš Turčány

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA PODNIKOVÉHO MANAŽMENTU**

**Implementácia princípov inteligentného skladu v logistike
podnikového skladovania**

Diplomová práca

Študijný program: ekonomika a manažment podniku

Študijný odbor: ekonómia a manažment

Školiace pracovisko: Katedra podnikovohospodárska

Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Patrik Richnák PhD.

Bratislava 2024

Bc. Matúš Turčány

Pod'akovanie

Moja veľká vďaka patrí vedúcemu záverečnej práce doc. Ing. Patrikovi Richnákovi, PhD. za jeho odborný prístup, fundované rady a vecné pripomienky pri vypracovávaní diplomovej práce.

Bratislava

.....

Bc. Matúš Turčány

Abstrakt

Turčány, Matúš: *Implementácia princípov inteligentného skladu v logistike podnikového skladovania*. – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta podnikového manažmentu; Katedra podnikovohospodárska – Vedúci diplomovej práce: doc. Ing. Patrik Richnák, PhD. – Bratislava: FPM EU, 2024, 91 s.

Cieľom diplomovej práce je aplikovať princíp moderného skladovania v podobe WMS v sklade vo vybranom podniku, za účelom optimalizácie vybraného podnikového procesu a priblíženia sa štandardom moderného inteligentného skladu. Výsledný návrh nového skladového procesu po zavedení SAP EWM je výsledkom analýzy podnikových požiadaviek, skúmania analogických postupov a uplatnenia efektívnych skladových operácií. Práca je rozdelená do piatich kapitol, obsahuje 4 grafy, 19 tabuliek a 32 obrázkov väčšinou slúžiacich na prezentáciu krokov v module SAP EWM. Úvodná teoreticky orientovaná kapitola referuje o aktuálnych trendoch podnikového skladovania, princípoch inteligentného skladu a systémoch riadenia skladu. Pri písaní úvodnej kapitoly sme postupovali od všeobecných pojmov, po konkrétne vlastnosti a funkcionality zahrnutých technológií. Druhá kapitola vymedzuje hlavný cieľ práce, podporený 11-timi sekundárnymi cieľmi rozdelenými medzi teoretickú a praktickú časť záverečnej práce. Nasledujúca kapitola zameraná na metodiku práce opisuje naše pracovné postupy, uplatnené metódy skúmania a spôsoby získavania údajov. Štvrtá kapitola, Výsledky práce, zahŕňa kardinálnu časť diplomovej práce, ktorú predchádza charakteristika podniku, analýza produktov a podmienok ich produkcie. Jadro praktickej časti pozostáva z aktuálneho stavu skladových operácií, s návrhom na optimalizáciu prostredníctvom WMS softvéru. Návrh rozvíjame rozdelením materiálových pohybov na tri samostatné skladové operácie: Príjem, Odloženie a Doplnenie. Následne v chronologickom poradí úkony charakterizujeme a sformujeme do pracovných postupov, doplnených o grafickú podobu z prostredia SAP EWM. Záverečná, piata kapitola obsahuje diskusiu o potenciálnych prínosoch vyplývajúcich zo zavedenia WMS. Po identifikácii kvalitatívnych prínosov sa zameriavame na vyčíslenie ekonomických výnosov v porovnaní s nákladmi na zavedenie. V závere navrhujeme implementáciu komplementárnych technológií v podobe RFID a automaticky navádzaných vozidiel, AGV.

Kľúčové slová: inteligentný sklad, Warehouse 4.0, RFID, systém riadenia skladu,

Abstract

Turčány, Matúš: *The implementation of intelligent warehouse principles in corporate warehouse logistics*. – University of Economics in Bratislava. Faculty of business management – Thesis supervisor: Ing. Patrik Richnák, PhD. – Bratislava: FPM EU, 2024, 92 p.

The aim of the thesis is to apply the principle of modern warehousing in the form of WMS in the warehouse of a selected company, with the purpose of optimizing the selected business process and approaching the standards of a modern intelligent warehouse. The resulting design of the new warehouse process after the implementation of SAP EWM is the outcome of analyzing company requirements, studying analogous procedures, and implementing efficient warehouse operations. The work is divided into five chapters, containing 4 graphs, 19 tables and 32 images mainly used to present steps in the SAP EWM module. The introductory theoretically oriented chapter refers to current trends in corporate warehousing, principles of intelligent warehouses, and warehouse management systems. When writing the introductory chapter, we proceeded from general concepts to specific features and functionalities of the included technologies. The second chapter defines the main objective of the work, supported by 11 secondary objectives divided between the theoretical and practical parts of the thesis. The following chapter focusing on the methodology of the work describes our work procedures, applied research methods, and data acquisition methods. The fourth chapter, includes the cardinal part of the thesis, preceded by a characterization of the company, analysis of products, and conditions of their production. The core of the practical part consists of the current state of warehouse operations, with a proposal for optimization through WMS software. We develop the proposal by dividing material movements into three separate warehouse operations: Receipt, Put Away and Replenishment. Subsequently, we characterize and shape the actions in chronological order into work procedures, supplemented by a graphical representation from the SAP EWM environment. The final, fifth chapter contains a discussion of potential benefits resulting from the implementation of WMS. After identifying qualitative benefits, we focus on quantifying economic returns compared to implementation costs. At the end, we propose the implementation of complementary technologies in the form of RFID and automatically guided vehicles, AGVs.

Keywords: Intelligent Warehouse, Warehouse 4.0, RFID, WMS

Úvod

S rastom celkového globálneho dopytu po tovaroch a službách sa naskytá kardinálna úloha zvyšovania efektívnosti logistických operácií, s intenciou udržateľnosti tejto rapidnej hospodárskej progresie. Podniky neustále kolidujú s výzvami v oblasti skladovania a distribúcie vyplývajúcich z rastu objemu tovarov v kombinácií s faktorom časovej tiesne. Implementácia princípov inteligentného skladu prináša revolučné inovácie s potenciálom udržať krok s vysoko-nastavenými požiadavkami zákazníkov. Výrazná technologická zastaranosť a neochota inovovať znamená vo väčšine prípadov postupný úpadok a následný krach, alternatívne pohltenie konkurenciou.

Princípy inteligentného skladu transformujú postupy a procesy riadenia zásob, tokov a vnútro podnikovej logistiky. V dnešnom ponímaní inteligentný sklad zahŕňa technológie a princípy, ktoré so sebou prináša štvrtá priemyselná revolúcia a nástup inteligentného priemyslu. Technológie z inventára Industry 4.0 ako Internet vecí (IoT), Internet služieb (IoS), virtualizácia, digitálne dvojčatá a nástroje umelej inteligencie už v súčasnosti umožňujú generačnú zmenu v riadení zásob a skladu. Súčasťou tejto generačnej zmeny sú aj moderné verzie systémov WMS (Warehouse Management System), ktoré lepšie vyhovujú komplexným nárokom omni-kanálovej distribúcie. Práve sklady a skladové procesy sú obvykle prvotným objektom zámeru digitalizácie zásobovacieho reťazca a logistiky.

Úvodná kapitola diplomovej práce sumarizuje nadobudnuté vedomosti zo skúmanej problematiky do celistvého textu s množstvom poznatkov čerpaných z odbornej a vedeckej literatúry. Použité informácie z prípadových štúdií približujú čitateľovi ich uplatniteľnosť v praxi na škále príkladov. V podkapitolách cieľme na informatívnosť a aktuálnosť prezentovaných teoretických téz a aj účelných príkladov.

Druhá kapitola práce pojednáva o hlavnom celi práce doplnenom o sekundárne ciele, ktorých mieru a spôsob dosiahnutia opisujeme v závere práce.

Na metodológiu zameraná tretia kapitola je prehľadom nami použitých metód a pracovných postupov, doplnená o spôsoby získavania údajov k záverečnej práci.

Prakticky zameraná časť práce s výsledkami sa nachádza v štvrtej kapitole a v jej úvode sa nachádza pohľad na aktuálny stav spoločnosti a jej vzťahov. Neskôr v kapitole stanovujeme potreby vhodného WMS systému pre podnik a uplatňujeme komparáciu pri

aktuálnom stave podnikového procesu a našom návrhu. Výsledkom sú v piatej kapitole analyzované prínosy nášho návrhu s odporúčaním na implementáciu WMS systému od spoločnosti SAP a nami navrhnutých procesov, doplnené o potenciálne rozšírenie ďalšími technológiami.

Obsah

Úvod	6
1 Stav súčasnej problematiky doma a v zahraničí	11
1.1 Trendy v optimalizácií podnikového skladovania	11
1.2 Princíp inteligentného skladu.....	19
1.2.1 Umelá inteligencia	20
1.2.2 Internet vecí.....	22
1.2.3 Big data	25
1.2.4 RFID.....	27
1.3 Integrácia prvku inteligentného skladu v podobe WMS	31
1.3.1 SAP WMS	33
2 Cieľ práce.....	36
3 Metodika práce a metódy skúmania.....	37
3.1 Pracovné postupy a metódy skúmania.....	37
3.2 Spôsoby získavania údajov a ich zdrojov	38
4 Výsledky práce.....	40
4.1 Charakteristika a podmienky podniku	40
4.2 Skladové operácie podniku MT Automotive s.r.o.....	47
4.2.1 Aktuálny proces toku materiálu	49
4.2.2 Systémové podmienky implementácie SAP EWM	53
4.2.3 Transfer kmeňových dát.....	56
4.2.4 Hardvérové vybavenie potrebné na prevádzku EWM	59
4.3 Skladové operácie po implementácií SAP EWM	61
4.3.1 Príjem materiálu	61
4.3.2 Stratégia a proces put away	64
4.3.3 Doplnenie zásobníkov	70

5 Diskusia.....	77
Záver	86
Zoznam použitej literatúry	87

1 Stav súčasnej problematiky doma a v zahraničí

Skladovanie predstavuje logistický proces, ktorý zahŕňa systematické usporiadanie zásob v priestore tak, aby bolo možné ich jednoducho lokalizovať a efektívne riadiť. Primárnou funkciou je uchovávanie zásob medzi príjmom a výdajom, prípadne spotrebou, s cieľom udržiavať optimálnu hladinu a tok zásob skladu, podľa nastavenej filozofie. Z vyššie uvedených faktov je zrejmé, že skladovanie nie je iba statickým usporiadaním položiek, ale komplexným procesom, ktorý zohľadňuje mnoho faktorov. Je to neoddeliteľná súčasť logistických a obchodných stratégií, ktorá ovplyvňuje efektívnosť a konkurencieschopnosť podniku. Kontrolné nástroje ako monitorovanie stavu inventára, evidencia príjmov a výdajov, minimalizáciu strát a zásobovacích chýb, prispievajú k naplneniu optimálneho stavu skladu. Legislatívne a podnikové normy bezpečnosti, kvality, ergonómie či kybernetického zabezpečenia plnia ochrannú funkciu pri skladovaní. V kombinácii s udržiavaním kroku s technologickým pokrokom v spomenutých oblastiach prispieva k znižovaniu fixných, variabilných aj neočakávaných nákladov spojených so skladovaním.

Obsah úvodnej kapitoly sa zameriava na teoretické poznatky z oblastí trendov v skladovej logistike, princípov inteligentného skladu a využívaniu WMS. Začiatok kapitoly sa venuje globálnym trendom v skladovej logistike, so zameraním na cloudové riešenia skladových systémov, zelené sklady, prediktívnu analytiku a na on-demand alebo dopytové skladovanie. V druhej časti približujeme detailnejšie koncept inteligentného skladu s využitím technológií vychádzajúcich z Warehouse 4.0, konkrétnejšie rozoberieme RFID, Internet vecí, umelú inteligenciu a veľké dáta. Záver venujeme Warehouse Management System (WMS), ich výhodám a sústredíme sa na verziu od poskytovateľa SAP AG.

1.1 Trendy v optimalizácií podnikového skladovania

Technologická transformácia a pokrok poslednej dekády neobišla ani oblasť logistiky Industry 4.0 inak známa aj ako štvrtá priemyselná revolúcia, je konceptom

zameraným na automatizáciu systémov a procesov, digitalizáciu a výmenu dát v priemysle. Technologická transformácia a pokrok poslednej dekády neobišla ani oblasť logistiky.¹

Automatizácia v skladovaní sa objavila už s predošlou technologickou revolúciou, avšak až v spojení s konceptami a vedomosťami z Industry 4.0 napĺňa svoj plný potenciál. Podniky neustále aplikujú nové robotické vyberacie systémy, automaticky navádzané vozidlá (AGV) a dopravníky, pre zlepšenie efektivity, presnosti a rýchlosti v skladových procesoch.

Pri zapojení prvkov Industry 4.0, dokáže podnik, nie len automatizovať procesy, ale vytvoriť takmer autonómne a kontinuálne optimalizujúce prostredie skladu na základe zozbieraných dát. Trend vyplývajúci z kombinácie prvkov automatizácie a digitalizácie nazývame "smart skladovanie". Smart skladovanie je inovatívny prístup k riadeniu skladových operácií, s cieľom optimalizovania a zefektívňovania všetkých skladových aspektov. Integrácia sofistikovaných systémov a procesov mení zaužívané normy reakčných schopností skladu. Predefinované praktiky komplexného riadenia skladu prostredníctvom robotiky, umelej inteligencie, senzorov a pokročilej analytiky dát vplývajú pozitívne na produktivitu hlavných aj vedľajších operácií. Spojené s vysokými nákladmi, vysokou úrovňou odbornosti, know-how a veľkým rozsahom pri implementácii nie sú vhodné pre malé skladové riešenia. Zvyčajne sú využívané spoločnosťami poskytujúcimi logistické služby, veľkými výrobnými podnikmi a v odvetviach s vysokými technologickými nárokmi, napr. výroba čipov.

Nielen tlakom spoločnosti, ale aj investorov zameriavajúcich sa čoraz viac na ESG aspekt podnikania, núti podniky uvažovať v rovinách udržateľnosti a spoločenskej zodpovednosti. Tento trend neobchádza ani oblasť skladovej logistiky, kde sa zameriava ako na budovy skladov, tak aj aplikované štandardy v nich.

Pojem zelená budova označuje procesy navrhovania a výstavby budov zamerané na nižšiu škodlivosť pre životné prostredie a užívateľov než väčšina budov. Pri vysoko

¹ ABIRAD, Maryam, KRISHNAN, Krishna. Industry 4.0 in Logistics and Supply Chain Management: A systematic Literature Review. *Engineering Journal*, [online]. 12.06.2020, no.33, p. 1-15. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/342910559_Industry_40_in_Logistics_and_Supply_Chain_Management_A_Systematic_Literature_Review

účinnnej zelenej budove redukuje spotrebu energie, vody a iných materiálov, zlepšuje kvalitu vnútorných podmienok alebo znižuje negatívny vplyv na životné prostredie.²

Na dosiahnutie označenia zeleného skladu, sa používajú rovnaké riešenia, avšak v prípade udržateľného skladu sa kladie väčší dôraz na integráciu a synergické účinky. Sklad ako budova je charakterizovaný dodatočnými aspektmi, ktoré ho odlišujú od iných budov, prebieha v ňom nepretržitý skladový proces a jeho priebeh je podmienkou pre využitie možných udržateľných úprav. Súčasne implementované skladovacie a manipulačné technológie musia spĺňať podmienku zelených technológií, bez negatívneho vplyvu na operácie. Udržateľný sklad možno definovať ako súbor organizačných a technologických riešení zameraných na efektívnu realizáciu skladového procesu, pri zachovaní najvyšších sociálnych štandardov, minimalizovaní environmentálneho vplyvu s ohľadom na finančnú efektívnosť.

Medzi kritéria pre hodnotenie skladov v kontexte udržateľnej prevádzky môžeme zaradiť:

1. Šetrné zdroje osvetlenia zavedením stropných automaticky riadených LED svietidiel.
2. Prístup prírodného svetla inštaláciou strešných okien.
3. Využívanie obnoviteľných zdrojov energie prostredníctvom solárnych panelov, veternej energie a vodných čerpadiel.
4. Zvedenie dažďových zberníc, úžitkovej vody, na miestach kde štandard nekáže inak, a mechanických obmedzovačov prietoku vody.
5. Šetrenie tepla zavedením termostatov s tepelnými senzormi, adekvátnou tepelnou izoláciou budovy a konštrukciou zelených striech.
6. Vysoká úroveň digitalizácie a z nej vyplývajúca efektívna kontrola zásob.
7. Skrátenie vzdialeností skladových operácií.
8. Školenia zamestnancov o ekológii, recyklácií a šetrení prírodných zdrojov.
9. Využívanie nízko emisných zariadení v sklade.
10. Cirkulárne obalové hospodárstvo.
11. Odpadové hospodárstvo orientované separáciu a recykláciu odpadu.
12. Aplikácia vysokých štandardov bezpečnosti a zdravia pri práci.

² MALINOWSKA, Magdalena; RZECZYCKI, Andrzej; SOWA, Mariusz. Roadmap to sustainable warehouse. *SHS Web of Conferences*. EDP Sciences, [online]. 03.01.2018, no. 57, p. 01-28. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/329185965_Roadmap_to_sustainable_warehouse

Zelené sklady môžu výrazne znížiť negatívny vplyv na životné prostredie a zároveň prinášať úspory v oblasti spotreby zdrojov. Ich výhodou je aj zlepšená kvalita vnútorných podmienok, čo môže mať pozitívny vplyv na zdravie a pohodu zamestnancov pracujúcich v týchto priestoroch. Pri hľadaní optimálnych riešení pre zelené sklady je dôležité brať do úvahy nielen ekologické aspekty, ale aj ekonomické, ktoré sú ovplyvnené zvýšenými vstupnými nákladmi, predĺžením času stavby a celkovej náročnosti investície. Zlepšovanie udržateľnosti skladovania je proces, ktorý vyžaduje systematický prístup a neustálu snahu o inovácie a zlepšenia. Pre potreby súčasného aj budúceho životného prostredia predstavujú zelené sklady smerovanie k udržateľnejšiemu a efektívnejšiemu hospodárstvu.

3

Ďalej sa zameriame na princípy trendu cloudových softvérových riešení v skladovej logistike. Cloudové riešenia softvérov sa postupne stávajú novým štandardom, nie len v spotrebiteľskom sektore, ale čoraz viac aj v podnikovej sfére. Najmä pri malých a stredných podnikoch, znižujú bariéry vstupu na trh, dostupnosťou kvalitných informačných služieb za pomerne nízke náklady.

Cloud je služba zahŕňajúca všetky položky prostredia, v ktorom softvér a úložisko je poskytované, ako súbor zdieľaných virtualizovaných zdrojov prostredníctvom internetu.⁴ Ponúka výhody outsourcovných cloudových riešení vo forme úspor na návrhu architektúry, implementácií a výziev s ňou spojených a v poslednom rade na údržbe a aktualizácií systému.⁵

Národný inštitút štandardov a technológií (NIST) v USA definuje cloud computing pod podmienkami nasledovných charakteristík:

1. On-demand samoobslužný: Zákazníci môžu získať nové funkcie či prístupy, napr. serverový čas, sieťové úložisko alebo funkcionality aplikácie, podľa potreby sami.
2. Univerzálny prístup k sieti: Cloudové zdroje musia byť prístupné pomocou sieťových a internetových zariadení, vrátane mobilných platforiem.

³OLORUNTOBI, O., MOKHTAR, K., MOHD ROZAR, N., GOHARI, A., ASIF, S., CHUAH, L. F. Effective technologies and practices for reducing pollution in warehouses. *Cleaner Engineering and Technology*, [online]. 04. 03.2023, vol. 13, ISSN 2666-7908. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790823000277>

⁴ STAIR, Ralph – REYNOLDS, George – CHESNEY, Thomas. *Principles of Business Information System*. 3. edition. Hampshire: Cengage EMEA, 2018. p. 165. ISBN 978-1-4737-4841-5

⁵ LAUDON, Kenneth C. - LAUNDON, Jane P.. *Management information systems: Managing the Digital Firm*. 16. edition. New York: Pearson Education, Inc, 2019. p. 183-185. ISBN 978-0-13-519179-8

3. Lokalizačne nezávislé združovanie zdrojov: Výpočtové zdroje sú zoskupené na obsluhu viacerých používateľov, pričom virtuálne prvky sú dynamicky pridelené podľa dopytu zákazníkov.
4. Rapídna elasticita: Jednotlivé komponenty cloudu môžu byť v reálnom čase poskytnuté, zvýšené alebo znížené podľa meniaceho sa dopytu používateľa.
5. Meraná služba: Poplatky za cloudové zdroje sú založené na množstve skutočne využívaných služieb.⁶

V prípadovej štúdií papierní Mohawk Papers v New Yorku autori definujú 3 spôsoby ako cloudové riešenia dokážu transformovať klasické odvetvia produkcie či logistiky:

- presun od výroby ako svojho primárneho zamerania na poskytovanie služieb,
- prechod od modelu sebestačnosti k spolupráci so sieťou partnerov,
- zabezpečuje, aby bola partnerská sieť flexibilná a jej schopnosti boli integrované v informačnom systéme spoločnosti.

Mohawk dosiahol túto flexibilitu pomocou nástrojov zameraných na poskytovanie služieb (SOA), ktoré umožňujú podniku okamžite škálovať technologické služby a náklady podľa jej potrieb.⁷⁸

V podnikovej skladovej logistike sa môžeme stretnúť s implementovanými cloudovými riešeniami v rôznych formách. Najbežnejším je vo forme ERP systému pokrývajúceho väčšinu operácií naprieč úrovňami podniku, nie zameranými výhradne na logistiku a skladovanie. Druhou možnosťou môže komplexný SCM (Supply Chain Management) zameraný na aktivity súvisiace s dodávateľských reťazcom, zahŕňajúce aj obsluhu viacerých skladových lokácií. Cloudový WMS je riešenie určené výhradne pre skladovú logistiku využívajúcu moderné štandardy skladovania. Zvyčajne sa nevyužíva samostatne, ale slúži ako špecializovaný softvér integrovaný ku ERP alebo SCM, na rozšírenie možností optimalizácie a zlepšovania skladových procesov.

⁶ MELL, Peter - GRANCE Tim. *The NIST Definition of Cloud Computing*. [online]. Version 15. NIST. 2019

⁷ PEARLSON, Keri E. – SAUNDERS, Carol S. – GALLETTA, Dennis F. *Managing and Using Information Systems: A STRATEGIC APPROACH*, 6. edition. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2015. p. 340, ISBN 978-1-119-24428-8

⁸ STAMAS J. Paul. KAARST-BROWN Michelle L., and SCOTT Bernard, "The Business Transformation Payoffs of Cloud Services at Mohawk," *MIS Quarterly Executive* [online]. 2014, vol. 13, no. 4, p. 177-192. Dostupná: https://www.researchgate.net/publication/287840066_The_Business_Transformation_Payoffs_of_Cloud_Services_at_Mohawk

Vyplývajúce výhody pre podnik zahŕňajú okamžitý prístup k dátam, poskytujúcich objektívny obraz podnikovej logistiky, vrátane jej trendov a úzkych hrdiel. Schopnosť včas detekovať problémy, adekvátne reagovať a rýchlo rozhodovať na základe dátami podložených informácií. Benefitom je aj úplná dôvera medzi partnermi, pretože všetci majú prístup k správnym údajom. Pomáha to predchádzať nedorozumeniam medzi dodávateľmi, výrobcami, distribútormi a v neposlednom rade aj zákazníkmi. Takáto forma komunikácie dáva priestor lepšie predpovedať dopyt, plánovať zásoby a zaoberať sa neočakávanými situáciami.

Cloud computing v skladových priestoroch umožňuje integráciu s inými platformami alebo zavedenie nových technológií (AI, blockchain, IoT atď.), skracuje čas aktualizácií a vyhýba sa dlhým komplikovaným implementáciám. Rovnako zvyšuje efektívnosť podnikových procesov automatizáciou opakujúcich sa úloh, nastavením pravidiel a smerníc. Finančné úspory sa prejavia najmä znížením administratívnych nákladov, minimalizovaním chýb, úsporou na fyzických serverov, sieťových zariadeniach a energiách.

Existujú však aj výzvy spojené s využívaním cloudových aplikácií, zahŕňajú dlhodobú nákladovosť, bezpečnosť a súkromie citlivých dát, nedostatok kvalifikovanej pracovnej sily, správa, riadenie a súlad s podnikovými smernicami a štandardmi.

Okrem cloudu a existujú v skladovej logistike aj iné trendy spojené s optimalizáciou už existujúcich informačných technológií, jedným z nich je aj prediktívna analýza. Prediktívna analytika, ako špecifická časť Business intelligence, zodpovedá za predikciu správnych informácií a ich poskytnutie kompetentným ľuďom, prípadne UI. Analytické nástroje pomáhajú rýchlo porozumieť informáciám a prijať optimalizačné opatrenia.

Dôležitou schopnosťou prediktívnej analýzy je modelovať budúce udalosti a správanie. Prediktívna analýza využíva štatistickú analýzu, techniky dobývania dát, historické údaje a predpoklady o budúcich podmienkach na predpovedanie budúcich trendov a vzorov správania. Identifikujú sa premenné, ktoré možno merať na predpovedanie budúceho správania. Súbor predikcií je zlúčený do modelu na predpovedanie budúcich pravdepodobností s akceptovateľnou úrovňou spoľahlivosti. Prediktívna analýza začína využívať veľké dáta z oblasti súkromného aj verejného sektora, vrátane údajov z sociálnych médií, transakcií zákazníkov a výstupov zo sensorov a strojov.

V rámci sektoru logistiky sú reporty a predikcie orientované na backlog, status spokojnosti, čas obehu objednávky, dĺžku trás, hladina zásob a analýza BOM.⁹

Konkrétnejšie v skladovej logistike sú modely zamerané v prvom rade na hladinu zásob, nakoľko je previazaná s procesmi výroby, controllingu či účtovníctva. Prediktívna analýza je prakticky aplikovaná v systéme riadenia zásob na aspekty:

- Predvídanie dopytu – predpovede sa opierajú o historické dáta a aktuálne trendy.
- Optimalizácia objednávok – minimalizovať riziko nedostatku alebo naopak prebytku objednávok od dodávateľov.
- Riadenie sezónnych a trendových zmien – efektívnejšie riadenie dopytových vrcholov a dien.
- Minimalizácia rizika vyčerpania zásob – berie do úvahy nie len dodávky, ale aj priebežnú nadspotrebu či škodové udalosti a umožňuje podniku včas prijať opatrenia.
- Synchronizácia procesov v dodávateľskom reťazci – nezameriavať sa len na jednotlivé procesy a operácie, často na úkor iných, ale komplexne optimalizovať komplementárne procesy.

Iné využitia prediktívnej analýzy v skladovej logistike zahŕňajú organizáciu skladových priestorov, údržbu zariadení, udržanie kvality a prediktívne riadenie rizík.¹⁰

Z praxe môžeme uviesť príklad spoločnosti, ktorá FedEx používa prediktívnu analýzu na vytváranie modelov predpovedajúcich, ako zákazníci zareagujú na zmeny cien a nové služby, ktorí zákazníci sú najviac ohrození prechodom k konkurencii a koľko príjmu bude generovaného novými miestami predajní alebo boxami na zásielky. Presnosť systému prediktívnej analýzy FedEx sa pohybuje od 65 do 90 percent.¹¹

Priamo prepojeným a vyšším stupňom prediktívnej analýzy je digitálne dvojča. Princíp digitálneho dvojčata vychádza z virtuálnych modelov reálnych fyzických systémov, procesov alebo produktov vytvorených pomocou digitálnych technológií a dát.

⁹ STAIR, Ralph – REYNOLDS, George. *Fundamentals of Information System*, 8. edition. Boston: Cengage Learning, 2016. p. 157-165 . ISBN978-1-305-11850-8

¹⁰ XU, J., PERO, M., FABBRI, M. *Unfolding the link between big data analytics and supply chain planning. Technological Forecasting and Social Change*, [online]. 2023, vol. 196, no. 122805. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162523004900>

¹¹ LAUDON, Kenneth C. - LAUNDON, Jane P.. *Management information systems: Managing the Digital Firm*. 16. edition. New York: Pearson Education, Inc, 2019. p. 472. ISBN 978-0-13-519179-8

Modely sú navrhnuté tak, aby presne kopírovali a simulovali chovanie ich reálnych dvojčiat v digitálnom priestore.¹²

V skladovaní predstavujú inovatívny nástroj, ktorý transformuje spôsob, akým sú skladové operácie riadené, monitorované a optimalizované. Navrhované virtuálne modely skladových prostredí ponúkajú komplexný a interaktívny pohľad na fungovanie skladu.

Nielenže umožňujú simuláciu rôznych scenárov a podmienok, ale poskytujú dôležité údaje pre monitorovanie v reálnom čase a rozhodovanie založené na dátach.¹³

Pred rozmachom e-commerce bolo skladovanie integrálnou operáciou podnikov s fyzickým tovarom, slúžiacou na sústredenie tovaru do oblastí s dopytom po produktoch. Dopytové skladovanie je skladovacia stratégia spočívajúca v nákupe skladovacích služieb na základe modelu platenia za používanie (pay-per-use). Môže ísť o celkovú skladovaciu stratégiu pre podnik alebo aktivitu, ktorá dopĺňa existujúcu sieť postavenú na dlhodobých kontraktach. V oboch prípadoch umožňuje podniku rýchlo sa prispôsobiť premenným dopytovým a nákladovým podmienkam.

Rovnako možnosť prenajímať malé kapacity na mnohých miestach v krajine umožňuje rýchle doručenie veľkému množstvu zákazníkov. Dodávateľ získava prístup k veľkej sieti skladov a širokú škálu služieb od spracovania veľkých stohov paliet po kompletizáciu balenia v malom rozsahu a na pomerne krátke obdobie a v podstate „na počkanie“. Okrem toho, kvôli významnej úlohe technológie pri správe zásob, prichádzajúcich a odchádzajúcich zásielok a objednávok v elektronickom obchode zvyčajne získava softvér na správu objednávok a integrovaný WMS, ktorý môže prepojiť so svojím CRM systémom.¹⁴

Podnikatelia platia len za jednotkové náklady za služby, ktoré využívajú, čím sa vyhýbajú zvýšeným finančným výdavkom na fixné náklady. Samozrejme existuje riziko, že jednotkové náklady účtované poskytovateľom skladu môžu byť vyššie, než náklady

¹² FULLER, Aidan, FAN, Zhong, DAY, Charles, BARLOW, Chris. Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*, [online]. 2020, vol 8: p. 108952-108971. ISSN: 2169-3536. Dostupné online: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9103025/>

¹³ MAHESHWARI, P., KAMBLE, S., KUMAR, S., BELHADI, A. a GUPTA, S. Digital twin-based warehouse management system: A theoretical toolbox for future research and applications. *The International Journal of Logistics Management*, [online]. 2023. ISSN: 0957-4093 Dostupné na: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJLM-01-2023-0030/full/html>

¹⁴ UNNU, A. a PAZOUR, J. A. A large-scale heuristic approach to integrate on-demand warehousing into dynamic distribution network designs. *Computers & Industrial Engineering*, [online]. 2023, vol. 186, ISSN 0360-8352. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835223007763>.

spojené s prevádzkou skladu. Stratégia je obzvlášť uplatniteľná v elektronickom obchode, kde obchodníci často čelia vysokému stupňu neistoty dopytu a súčasne majú obmedzené alebo takmer žiadne vlastné skladovacie kapacity. Systém je analogický s využívaním externých transportných služieb alebo cloud-based WMS.

Ten druh skladovania poskytuje pozitívnu hodnotovú propozíciu aj pre majiteľov skladov. Výstavba skladu je nákladnou investíciou a nevyužitý priestor má náklad ušlej príležitosti. Majitelia skladu majú zvyčajne dlhodobé zmluvy s podnikmi alebo poskytovateľmi logistiky tretích strán na väčšinu svojho priestoru. Akýkoľvek zostávajúci priestor môže byť premenený na zdroj príjmov umiestnením priestoru na trh dopytového skladovania. V závislosti od prevádzkových nákladov, príležitostných nákladov, trhových dynamík či obdobia môže s cenou pracovať vo väčšej škále ako pri dlhodobých zmluvách.¹⁵

1.2 Princíp inteligentného skladu

Logistika 4.0 je základným pilierom prepojenia medzi inteligentným skladovaním a priemyslom 4.0, pretože sa zaoberá digitalizáciou celej dodávateľskej siete a optimalizáciou logistických procesov v rámci tejto siete. Priemysel 4.0, ako širší koncept, zahŕňa digitalizáciu nielen hlavných výrobných procesov, ale aj prevádzkových a podporných procesov výroby. Digitálna transformácia v priemysle 4.0 zahŕňa využitie inteligentných technológií, dátovej analýzy, internetu vecí či UI pre dosiahnutie efektivity, flexibility a schopnosti rýchlo reagovať na trhové zmeny. Preto logistika 4.0 a z nej vyplývajúce inteligentné sklady významne prispievajú k dosahovaniu cieľov priemyslu 4.0 tým, že zabezpečujú plynulý tok materiálov a informácií od dodávateľov cez výrobu až po distribúciu. Výsledkom synergetickej interakcie je vytvorenie inteligentného a vzájomne prepojeného ekosystému dodávateľského reťazca.

Warehouse 4.0, logistika 4.0 a priemysel 4.0 sú vzájomne prepojené koncepty, vychádzajúce z technologických inovácií a digitálnych riešení. Výhody jedného konceptu podporujú a rozvíjajú výhody ostatných, čím vytvárajú praktický a efektívny model

¹⁵ UNNU, K. a PAZOUR, J., Evaluating on-demand warehousing via dynamic facility location models. *IJSE Transactions*. [online]. 2022, vol. 54, n. 10, p. 988-1003. ISSN 2472-5854. Dostupné na: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/24725854.2021.2008066>

riadenia dodávateľských reťazcov. Snímanie výkonu a zlepšovanie procesov sú dôležité prvky neustáleho zdokonaľovania skladových operácií.

Koncept Warehouse 4.0 definuje princípy moderného, prispôsobivého a digitálne integrovaného skladu využívajúceho pokročilé technológie, ako automatizácia, robotika, umelá inteligencia a pokročilú analýzu dát v reálnom čase. V prostredí Warehouse 4.0 sa tradičné sklady transformujú na inteligentné prepojené zariadenia, kde stroje, systémy a ľudia spolupracujú na dosiahnutí strategických cieľoch podniku. Využitie technológií RFID, IoT (internet vecí) senzorov, autonómnych vozidiel a cloudových systémov umožňuje kontinuálne zvyšovanie efektívnosti, presnosti a agilnosti v riadení zásob, vybavovaní objednávok a logistických procesoch.

Cieľom zavedenia princípov Warehouse 4.0 je vytvoriť digitálne, reaktívne a dátami riadené prostredie skladu, schopné prispôbiť sa meniacim požiadavkám trhu, zlepšiť prevádzkovú operatívu, znížiť chybovosť a nakoniec zvýšiť spokojnosť zákazníka. Implementácia Warehouse 4.0 však vyžaduje nielen investície do technológií, ale aj zmenu kultúry a procesov v organizácii. Často ide ruka v ruke so zlepšením digitálnej gramotnosti zamestnancov a vyššou dôrazom na bezpečnostné opatrenia a ochranu dát.¹⁶

1.2.1 Umelá inteligencia

Na konferencii na Dartmouth College v roku 1956 navrhol John McCarthy použitie termínu umelá inteligencia (AI) na popis počítačov s schopnosťou napodobňovať alebo duplikovať funkcie ľudského mozgu. Výhody AI v podnikaní a výskume možno vidieť dnes, a rapídny tempom napreduje vývoj podobných systémov. Systémy umelej inteligencie zahŕňajú ľudí, postupy, hardvér, softvér, dáta a znalosti potrebné na vývoj počítačových systémov a strojov, ktoré prejavujú charakteristiky inteligencie. Pri vývoji týchto systémov sa okrem softvérových inžinierov často zúčastňujú výskumníci, vedci a odborníci na to, ako ľudia myslia.¹⁷

Od počiatkov pionierstva v oblasti umelej inteligencie bola výskumná dôraz venovaný vývoju strojov s inteligentným správaním. Avšak dosiahnutie strojovej inteligencie je náročné. Niektoré konkrétne charakteristiky (umelého) inteligentného

¹⁶ TUTAM, Mahmut. Warehousing 4.0 in Logistics 4.0. *Logistics 4.0 and Future of Supply Chains*, 1. ed., Springer Singapore, 2022, 95-118. ISBN 978-981-16-5644-6

¹⁷ STAIR, Ralph – REYNOLDS, George. *Fundamentals of Information System*, 8. edition. Boston: Cengage Learning, 2016. p. 199-203. ISBN 978-1-305-11850-8

správania zahŕňajú schopnosť učiť sa zo skúseností a aplikovať získané poznatky z týchto skúseností, riešiť zložité situácie aj bez kľúčovej informácie, rýchlo a správne reagovať, rozumieť vizuálnym obrazom a používať heuristiky.¹⁸

Menované schopnosti nachádzajú svoje miesto aj v skladovej logistike. Prostredníctvom pokročilých algoritmov a technológií slúžia na zlepšenie rôznych aspektov skladových operácií.

Umelá inteligencia aplikovaná už v pilotnej časti konštrukcie skladu môže pozitívne vplyvať na budúcu prevádzku skladových priestorov. Spôsob využitia spočíva v generovaní a simulácií rôznych variant rozloženia skladu na základe stanovených faktorov a kritérií. Podmienky vychádzajú z veľkostných parametrov skladu, skladovaných tovarov alebo surovín, foriem vnútropodnikovej dopravy a ďalších špecifických podmienok pre daný sklad. Podniky zvyčajne očakávajú minimalizáciu vzdialeností medzi regálmi, maximalizáciu dostupného priestoru a minimalizácia času potrebného na prepravu. Okrem toho, generované simulácie poskytujú cenné informácie o usporiadaní regálov, pracovných stanovnísk a manipulačných priestorov, pre zabezpečenie maximálnej efektivity a priepustnosti.

V nasledujúcej fáze sa modely zameriavajú na logické rozloženie tovarov a surovín v skladovacích priestoroch, pre dosiahnutie komplementárneho efektu s prvou fázou. stanovnísk a manipulačných priestorov, pre zabezpečenie maximálnej efektivity a priepustnosti.¹⁹

V prevádzke skladu systémy riadené UI prinášajú široké možnosti na zlepšenie efektivity a presnosti skladových operácií. Pri využití prediktívnej analýzy dopytu môže AI analyzovať históriu predaja a sezónne trendy na predpovedanie budúcich dopytových vzorov. Vygenerované východiskové vzorce slúžia na optimalizáciu úrovne zásob a minimalizáciu skladovania nadmerných množstiev. Ďalším z aspektov optimalizácie prostredníctvom UI nástrojov je tok materiálu v sklade úzko prepojený s pohybmi v sklade. Preplánovaním trás, kvôli zmenám dopytu, hladiny zásob, druhov tovarov či balných množstiev, pre manipulačné zariadenia tak, aby boli zásoby neustále ľahko a logicky

¹⁸ DAVENPORT, Thomas H. a Rajeev RONAKI. Artificial Intelligence for the Real World. *Harvard Business Review*. [online]. 2018 Dostupné na: <https://hbr.org/webinar/2018/02/artificial-intelligence-for-the-real-world>.

¹⁹ TIWARI, S. Smart warehouse: A bibliometric analysis and future research direction. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, [online]. 2023, vol. 2, no. 100014. ISSN 2667-3444. Dostupné online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667344423000063>.

dostupné pre výdaj objednávok. Vďaka robotike a automatizácii môže UI riadiť a koordinovať robotické systémy a automatizované zariadenia zabezpečujúce rýchlosť a presnosť pri manipulácii so zásobami.

Alternatívne automatizácie rutinných operácií, prediktívnej údržby, zlepšenia procesov vyberania a balenia či aplikovanie rozhodnutí v reálnom čase sú oblasti, kde UI prináša významné výhody v prevádzke skladu, minimalizáciu rizika výpadkov a rýchlu identifikáciu príležitostí a rizík.²⁰

V dnešnom dynamickom podnikateľskom prostredí sa môžu sklady využitím UI technológií prispôbiť sa meniacim sa trhovým podmienkam, urýchliť procesy rozhodovania a udržať si konkurencieschopnosť.²¹

1.2.2 Internet vecí

Pred vznikom internetu, mobilných zariadení a cloudových aplikácií, sa údaje väčšinou nachádzali na obrovských mainframoch a neskôr na pevných diskoch osobných počítačov. Väčšina týchto počítačov bola iba samostatnými ostrovmi v rozľahlom mori zariadení, preto prenos údajov medzi nimi nebola jednoduchá úloha.

Rozsiahle prijatie počítačových sietí v 90. rokoch všetko zmenilo. Ethernet a LAN umožnili organizáciám zdieľať údaje interne, niekedy aj s obchodnými partnermi a ďalšími stranami mimo štyroch stien podniku. Konektivita a prepojenosť boli stále mimo dosahu pre väčšinu ľudí a zariadení. Všetko sa zmenilo keď v roku 1995, po rokoch diskusií, bol komercializovaný Internet a World Wide Web. Skok do roku 2022 prezrádza, že až 91% domácností a 99,3% inštitúcií v Spojených štátoch amerických je pripojených k internetu a celkovo má internet viac ako 5,5 miliardy používateľov.^{22 23 24}

²⁰PANDIAN, A. Pasumpon. Artificial intelligence application in smart warehousing environment for automated logistics. *Journal of Artificial Intelligence*, 2019, vol. 1.02, p. 63-72.. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/338820946_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_APPLICATION_IN_SMART_WAREHOUSING_ENVIRONMENT_FOR_AUTOMATED_LOGISTICS

²¹ GUNASEKARAN, A.; NGAI, E. W. T. Expert systems and artificial intelligence in the 21st century logistics and supply chain management. *Expert Systems with Applications*, [Online]. 2014, vol. 41, no. 1, p. 1-4. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417413007252>

²² Statista.com Počet domácností s internetovým pripojením v roku 2022. [Online]. Dostupné na: <https://www.statista.com/statistics/189349/us-households-home-internet-connection-subscription/>

²³ Statista.com Digitálna populácia v roku 2022 [Online]. Dostupné na: <https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/>

Internet vecí doslova znamená internet prepojených „vecí“ alebo „objektov“, ktoré sa pripájajú k internetu a k sebe navzájom. Jednotlivé veci sa pripájajú pomocou káblov alebo bezdrôtových technológií, vrátane satelitov, mobilných sietí, Wi-Fi a Bluetooth. Využívajú zabudované elektronické obvody, ako aj schopnosti identifikácie rádiových frekvencií (RFID) alebo blízkych komunikácií (NFC), ktoré sú dodatočne pridané pomocou čipov a značiek. Bez ohľadu na presný prístup, IoT zahŕňa prenos dát umožňujúcich procesy v rámci miestnosti alebo z inej časti sveta.²⁵

Ďalší pojem vstupujúci do sféry Internetu vecí, priamo prepojený s logistikou je "Priemyselný internet", točiaci sa okolo integrácie strojov so senzormi, softvérom a komunikačnými systémami. Poskytuje základnú platformu na podporu prepojených strojov s dátami a zlučuje technológie z oblastí ako veľké dáta, strojové učenie a konektivita M2M. Niektorí autori sa na takto prepojený podnikový svet odkazujú ako na priemysel 4.0, narážajúc na štvrtú vlnu priemyselnej revolúcie alebo jednoducho ako inteligentný priemysel.

Samostatne či v spolupráci, zariadenia poskytujú nové funkcie a úplne nové možnosti pre podniky. Okrem toho technológia prináša možnosti využiť dáta novým a fascinujúcim spôsobom pomocou sociálnych médií, crowdsourcingu, geolokačných dát, veľkých dát a analýzy. Žiadne odvetvie v hospodárstve neostane v blízkej budúcnosti nedotknuté internetom vecí. Technológia IoT prináša inteligenciu a oveľa väčšiu úroveň porozumenia do širokého spektra fyzických a virtuálnych systémov.²⁶

Skladové operácie podporované IoT tvoria spojenie transformujúce spôsob, ako sa zásoby riadia, sledujú a spravujú v distribučných procesoch. Súčasne prinášajú do skladovej logistiky vyššiu úroveň presnosti, efektívnosti a spoľahlivosti. Prvou technológiou, ktorá je v tejto oblasti najviac spájaná s internetom vecí je RFID. RFID v skladových priestoroch slúži na lokalizáciu a presné sledovanie polohy počas skladových operácií a procesov. Priamo pripojená RFID značka ku každej položke v zásobách prispieva, okrem určovania lokácie, aj ako alternatívny nástroj sledovania úrovne zásob.

²⁴ GREENGARD, Samuel. *The internet of things*. 3. ed. Cambridge: MIT press, 2021., p. 296 ISBN 9780262542623

²⁵ GREENGARD, Samuel. *The internet of things*. 3. ed. Cambridge: MIT press, 2021. p. 296, ISBN 9780262542623

²⁶ AHMED, S. F.; ALAM, M. S. B.; HOQUE, M. Industrial Internet of Things enabled technologies, challenges, and future directions. *Computers and Electrical Engineering*, [Online]. 2023, vol. 110, no. 108847. ISSN 0045-7906 Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790623002719>.

Následne je možné porovnávať dáta zo systému riadenia skladu, fyzický stav zásob a dát z RFID, pre zníženie inventúrnych rozdielov a presnejšiu operatívu zásob. Tieto výhody sa prejavujú najmä v skladoch s veľkým množstvom alebo variabilitou položiek a fyzických lokácií uskladnenia. Technológií RFID venujeme ďalej v práci samostatnú podkapitolu.

Okrem RFID sú dôležitým doplnkom senzory zbierajúce špecifické dáta potrebné pre zabezpečenie kvality v logistickom reťazci. Sensory okolitého prostredia na meranie teploty alebo vlhkosti sú kritické pri operáciách s citlivými produktami, najčastejšie liekmi alebo potravinami. Využitie dronov v prepravnej logistike je stále viac presadzovaným trendom prepojeným s Internetom vecí. Sensory drona zbierajú dáta o jeho polohe, dostupného doletu, vetra a podobne, čím poskytujú informácie potrebné pre prevádzkovateľa dronu, ale aj prijímateľa zásielky. Sensory umiestnené v sklade na regáloch alebo v regálových vozíkoch môžu automaticky identifikovať prázdne miesta a zefektívňovať tok zásob. Systém na základe upozornenia o prázdnej pozícii, môže poslať pokyn automatizovaným vozidlám, ktoré vykonajú doplnenie zásob. Rovnako roboty alebo AGV majú integrované ultrazvukové senzory, snímače odrazu, skenery, kamerové systémy alebo dokonca LiDAR. Stále viac podnikov v praxi zavádza inteligentné merače, ktoré sledujú a zobrazujú vzory spotreby v reálnom čase, pri riadení cenných zdrojov ako sú elektrická energia, voda, peniaze či ropa.^{27 28}

Všetky technológie napojené na Internet vecí prinášajú rýchle informácie, zaznamenávanie udalostí v reálnom čase spolu s okamžitými riešeniami riadenými automatizovanými systémami. Opisovaný koncept sa približuje umelej inteligencii a približuje cieľ, dimenziu jej aplikovateľnosti v podniku. Napodobniť ľudské myslenie a rozhodovanie, ale škálu využitia zviest' ďaleko za ľudské schopnosti.²⁹

²⁷ SONG, Yanxing, et al. Applications of the Internet of Things (IoT) in smart logistics: A comprehensive survey. *IEEE Internet of Things Journal*, [Online]. 2020, vol. 8, no. 6, p.4250-4274. Dostupné na: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9241736>

²⁸ TAJ, S., IMRAN, A. S., KASTRATI, Z., DAUDPOTA, S. M., MEMON, R. A., & AHMED, J. IoT-based supply chain management. *Internet of Things*, [Online]. 2023, vol. 24, no. 100982. ISSN 2542-6605. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660523003050>.

²⁹ AHMED, S. F.; ALAM, M. S. B.; HOQUE, M. Industrial Internet of Things enabled technologies, challenges, and future directions. *Computers and Electrical Engineering*, [Online]. 2023, vol. 110, no. 108847. ISSN 0045-7906 Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790623002719>.

1.2.3 Big data

Nie je prekvapujúce, že množstvo čipov a senzorov, ako aj ľudský vstup zo smartfónov alebo počítačov, generuje obrovské množstvá dát. Spolu s existujúcimi zdrojmi údajov, mnohé organizácie majú databázy a záznamy existujúce desaťročia, stále napreduje nová oblasť skúmania údajov. Celkové objemy údajov sa rozširujú niekde medzi 50 a 60 percent ročne, pričom mobilná dátová prevádzka sa zvyšuje ročným tempom asi 61 percent, podľa Cisco Systems. V roku 2020 bol globálny objem dát vyčíslený približne na 64 zetabajtov údajov (Jeden zetabajt by znamenal asi 250 miliárd DVD).³⁰

Aj keď sa big data stal módny výraz, ide o platný koncept, ktorý sa sústreďuje na zber, ukladanie a používanie data setov generovaných zo štruktúrovaných údajov v databázach alebo neštruktúrovaných údajov mimo nej. Dáta sú uložené typicky vo forme tokov správ, textových dokumentov, fotografií, videozáznamov, zvukových súborov a sociálnych médií. Podľa Douga Laneyho, má big data tri hlavné zložky: objem, rýchlosť a rozmanitosť. Objem sa týka množstva údajov, rýchlosť vyjadruje generovanie nových dát a ich schopnosť využitia, a rozmanitosťou opisuje existujúce formáty a šírku údajov.

Nie len logistika, ale aj disciplíny ako meteorológia, prieskum ropy a plynu boli odkázané na obrovské súbory dát na riešenie problémov a vytváranie modelov. Internet vecí exponenciálne zvyšuje počet zdrojov údajov spolu s objemom, rýchlosťou a rozmanitosťou údajov, zahŕňa všetko, čo môže streamovať údaje do cloudu a systémov na analýzu dát v reálnom čase. Schopnosť prehľadávať big data a využívať ich určuje či pripojené zariadenia plnia svoj plný potenciál. Štandardne existujúcim úzkym bodom v procese s najvyšším potenciálom zlepšenia je rýchlosť analýzy a rýchlosť akcie na získané dáta. Výzvou naďalej ostáva selekcia dát a ich relevantnosť, nie všetky dáta prispievajú k výsledkom podniku, avšak podniky vynakladajú prostriedky na ich získanie a prispievajú k dátovej redundancii. Na základnej úrovni ide o údaje a získavanie hodnoty z nich. Dnes, vďaka takmer všadeprítomnej sieti, sa dáta presúvajú po celom svete v

³⁰ CISCO Systems, Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper, [Online]. 2023 Dostupné na: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>

reálnom čase. Rastúci rad zariadení, slúži ako prepojujacie prvky na zber, zdieľanie a prístup k rýchlo rastúcim objemom údajov.³¹

Vedci v oblasti údajov vymysleli pojem "hodnota perfektných informácií", ktorý sa točí okolo schopnosti zarovnať údaje, ich zbieranie a analýzu takým spôsobom, že poskytuje hlboké poznatky. Dosiachnutie tohto cieľa je neuveriteľne náročné, pretože je mimoriadne ťažké získať všetky údaje potrebné na perfektné informácie a zostaviť algoritmus, ktorý zohľadní všetky premenné správnym spôsobom.

Aspoň zatiaľ existuje príliš veľa premenných a obmedzení, aby sa dosiahol dokonalý pohľad na akýkoľvek zložitý jav - či už ide o dopravnú situáciu, letectvo, výrobu, zdravotníctvo alebo burzu. Preto sa miesto budovania dokonalých modelov sústreďia vedci na budovanie čo najlepších možných modelov s použitím veľkých údajov a analýz. Podniky sa obracajú na prediktívnu analýzu, ktorá si kladie za cieľ identifikovať alebo pochopiť udalosť predtým, ako sa stane. Tiež pomáha organizáciám pochopiť, kedy je pravdepodobné, že súčasť stroja zlyhá alebo aké produkty si pravdepodobne spotrebiteľ objedná.³²

Neprekvapujúco sa údaje stávajú cenným ekonomickým aktívom. Je možné, že časom sa informačné aktíva a údaje objavia v bilanciách korporácií, ako forma majetku, v priebehu niekoľkých rokov. Vznik údajov ako meny či majetku by mohol ovplyvniť hodnoty akcií, akvizície a oveľa viac, avšak ekonomická hodnota sa rozširuje aj za hranice aktív. McKinsey Global Institute odhaduje, že veľké údaje by mohli znížiť náklady na vývoj produktov výrobcov o 50 percent alebo viac.³³ Schopnosť softvéru na analýzu veľkého množstva údajov by tiež mohla identifikovať medzery v kvalite alebo službách, znížiť prevádzkové náklady a zásadne zmeniť spôsob, akým organizácie vnímajú investície do strojov a ľudí.

Skutočne sa mení pohľad organizácií na dáta, ako ich používať a využiť. Aj keď databázy, softvérové aplikácie a neštruktúrované prúdy údajov už poskytujú množstvo

³¹ TALWAR, Shalini, KAUR, Puneet, FOSSO WAMBA, Samuel, DHIR, Amandeep. Big Data in operations and supply chain management: a systematic literature review and future research agenda. *International Journal of Production Research*, [Online]. 2021/02/23, vol. 59, p. 1-26. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/349545851_Big_Data_in_operations_and_supply_chain_management_a_systematic_literature_review_and_future_research_agenda

³² GREENGARD, Samuel. *The internet of things*. 3d ed. Cambridge: MIT press, 2021. p. 296, ISBN 9780262542623

³³ McKinsey and Company, McKinsey Global Institute, Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition and Productivity. June 2011. Dostupné na: http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/big_data_the_next_frontier_for_innovation.

poznatkov, tieto zdroje sa v porovnaní s obrovským nevyužitým údajovým priestorom, ktorý existuje vo fyzických obmedzeniach našej planéty, skutočne nevyrovnávajú. Historicky neexistoval žiadny spôsob, ako tieto údaje zmerať, zbierať alebo spracovávať. Informácie existovali mimo hraníc našej vízie, zmyslov a prístrojov podobným spôsobom, ako rádiové vlny, ultrafialové svetlo a ďalšie signály sa zdajú neexistovať. Stali sa relevantnými pre ľudí až po tom, čo sme postavili zariadenia a systémy schopné detegovať tieto elektromagnetické vlny.

1.2.4 RFID

V procese skladovania chyby a čas narastajú exponenciálne v závislosti od počtu operácií spoliehajúcich sa na ľudský faktor. Procesy ako identifikácia objektu, vkladanie primárnych dát do databázy a následné úpravy na sledovanie zmien polohy, množstva či typu balenia sú príkladmi, kedy čím menej sa spolieha na ľudský zásah tým aktuálnejšie a presnejšie budú podnikové dáta.

Automatická identifikácia (Auto ID) zahŕňa široký okruh technológií, ktoré pomáhajú strojom identifikovať objekty bez potreby ľudského vstupu. Medzi tieto technológie patria čiarové kódy, inteligentné karty, rozpoznávanie hlasu, niektoré biometrické technológie, optické rozpoznávanie znakov a identifikácia rádiovými frekvenciami - RFID. Jednorozmerné lineárne čiarové kódy sú najbežnejšou metódou automatizovanej identifikácie inventára. Menej používanou verziou sú vrstvené symboly, často nazývané "2D symboly". Technologicky najpokrokovejšie sú moderné RFID technológie.

Rádiofrekvenčná identifikácia (RFID) je termínom vzťahujúcim sa na súbor stále rozvíjajúcich technológií využívajúcich rádiové vlny na identifikáciu objektov, prípadne ľudí.

Najpoužívanejšia metóda identifikácie funguje na základe evidencie sériového čísla identifikujúceho objekt, a ďalšie informácie na mikročipe. Mikročip je pripojený k anténe spolu tvoria RFID transpondér, značku alebo tag. Anténa umožňuje čipu vysielat' informácie o identifikácii čísla čitateľovi. Čítačka konvertuje rádiové vlny odrazené alebo odoslané zo RFID značky na digitálnu stopu. Digitálne dáta zbiera server alebo cloud

a spracované informácie o objekte sú dostupné prostredníctvom aplikácie. Denne sa stretávame s RFID značkami nalepenými na tovaroch vo forme nálepky, používame vstupné karty alebo čipy, v priemysle rovnako s nálepkami, malými plastovými, papierovými či keramickými tagmi.³⁴



Obrázok 1 Príklady RFID značiek

Zdroj:<https://www.researchgate.net/profile/Jayant-Shekhar-3/publication/332319065/figure/fig3/AS:746026419884032@1554877967405/Type-of-an-RFID-tags.jpg>

Typy RFID značiek rozdeľujeme podľa prítomnosti batérie na:

- Pasívne značky - fungujú bez internej batérie. Elektromagnetické vlny odoslané z čítačky spustia prúd v anténe značky a značka využíva túto energiu na odpoveď na čítačku.
- Aktívne značky - napájané internou batériou a sú typicky zariadenia na čítanie/zápis údajov.

Triedy RFID značiek podľa funkcií:

³⁴ UNHELKAR, B., JOSHI, S. Enhancing supply chain performance using RFID technology and decision support systems in the industry 4.0. *International Journal of Information Management Data Insights*, [Online]. 2022, vol. 2, no. 2, p. 100084. ISSN 2667-0968. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667096822000271>.

- TRIEDA 0 - Veľmi jednoduchá značka s minimálnymi údajmi vhodná iba na čítanie. Údaje sú zvyčajne jednoduché identifikačné číslo, jednorazovo zapísané v procese výroby.
- TRIEDA 1- Podobne ako nultá trieda avšak tieto typy značiek možno programovať iba výrobcom alebo používateľom len raz.
- TRIEDA 2 - Pri týchto tagoch je možné čítať aj zapisovať dáta do pamäte.
- TRIEDA 3 - Ide o aktívne značky so zabudovanými senzormi na zaznamenávanie parametrov ako teplota, tlak, pozícia atď. a môžu tieto merania ukladať do pamäte značky.
- TRIEDA 4 - Najvyššia trieda RFID tagov môže komunikovať navzájom medzi sebou bez pomoci od čítačky, vďaka zabudovaným vysielateľom.

Okrem odborného rozdelenia, RFID je upravené hneď skupinou štandardov zavedených medzinárodnými organizáciami. Jeden z najviac uznávaných štandardov pre RFID je vyvíjaný Medzinárodnou organizáciou pre štandardizáciu (ISO).

- ISO/IEC 18000 poskytuje všeobecné informácie o vzdušnom rozhraní pre systémy RFID. Rôzne časti série pokrývajú špecifické frekvencie a aplikácie.
- ISO/IEC 21481 štandard špecifikuje spôsob kódovania údajov v nosiči údajov.

Okrem ISO, organizácia EPCglobal, vyvinula štandard EPC Gen2 pre vysokofrekvenčné (UHF) RFID tagy používané v oblasti dodávateľského reťazca a logistiky. Napriek existujúcej kategorizácii a štandardizácii v danom segmente, väčšina systémov je uzavretých a neintegrovateľných medzi sebou.³⁵

Tabuľka 1 Výhody RFID v porovnaní s čiarovými kódmi

Čiarové kódy	RFID
Potreba priamej viditeľnosti vytlačeného bar kódu.	Bez potreby priamej viditeľnosti bar kódu. Schopnosť čítať značku cez väčšinu objektov.
Dosah zvyčajne do 5 metrov od skenera k bar kódu.	Dosah čitateľnosti až do 100 metrov.

³⁵ ISO.org RFID Standards [online]. , Dostupné na: <https://www.iso.org/search.html?q=rfid>

Štandardne prečítanie bar kódu trvá aspoň pol sekundy a viac v závislosti od množstva dát.	Schopnosť čítať až 40 značiek za sekundu.
Náchylné na poškodenia, zašpinenie, stratu a podobne.	RFID značky sú odolnejšie, pretože sú v plastovom obale a môžu byť vložené priamo do produktu.
Čiarové kódy nemajú schopnosť čítania/zápisu. Raz vygenerované a vytlačené, nie je možné pridávať nové informácie.	RFID značky môžu slúžiť na čítanie aj zápis dát. RFID čítačka môže komunikovať s tagom a zmeniť tak informácie .
Štandardné čiarové kódy identifikujú len výrobcu a produkt, nie jedinečný predmet.	RFID tagy identifikujú každý objekt.

Zdroj: MULLER, Max. Essentials of inventory management. 3d ed. HarperCollins Leadership, 2019. 122-132. ISBN 978-1-4022-1237-8.

Hoci poskytovatelia RFID neustále zlepšujú mechanizmy, konfigurácie, hardvér a softvér, existuje niekoľko výziev spojených s RFID.³⁶

Zatiaľ čo globálne normy sa stále vyvíjajú a vyvíjali, rôzni výrobcovia implementovali RFID odlišnými spôsobmi, často inštalované ako uzavreté systémy. Praktický príklad, spoločnosť A implementovala systém na sledovanie položiek, ktoré neopustia jej vlastnú kontrolu, pomocou určitej technológie. Podnik B aplikoval RFID od iného poskytovateľa. Systém spoločnosti B nedokáže čítať značky umiestnené spoločnosťou A, a naopak. Mnohé z výhod dodávateľského reťazca RFID sú odvodené od schopnosti sledovať položky, medzi jednotlivými článkami dodávateľského reťazca, dokonca medzinárodne. Nedostatok štandardizácie neguje tieto výhody.

Náklady a návratnosť pokračujú byť hlavným otáznikom v prípade RFID technológií. Čítačky RFID používané v logistike stoja stovky eur, násobok potrebný na pokrytie aspoň všetkých vnútropodnikových potrieb často presahuje desiatky tisíc eur. Niektoré spoločnosti by potrebovali stovky až tisíce čítačiek na pokrytie všetkých svojich závodov, skladov a obchodov. RFID tagy sa tiež môžu stať drahými až do takej miery, že

³⁶ZHU, X., MUKHOPADHYAY, S.K., KURATA, H. A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. *Journal of Engineering and Technology Management*, [Online]. 2012, vol. 29, no. 1, pp. 152-167. ISSN 0923-4748. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0923474811000994..>

ich cena môže byť neúnosná. Hoci sa cena jednej značky pohybuje v rozmedzí 10 až 20 centov, náklady na umiestnenie na stovky tisíc položiek v inventári a manažment s tým spojený celkové náklady aplikovania znásobuje.³⁷

Vzhľadom k tomu, že systémy RFID využívajú elektromagnetické spektrum, sú pomerne jednoducho narušiteľné pomocou energie pri správnej frekvencii. Okrem toho môže byť batéria v aktívnych RFID značkách používaných na zväčšenie dosahu systému, opakovane vypočúvaná či prepisovaná, čo vedie k opotrebovaniu batérie a následnému narušeniu systému.

Problém kolízie značiek a čítačiek nastávajú, keď sa signály z dvoch alebo viacerých čítačiek prekrývajú. Alebo v opačnom prípade keď je v malom priestore prítomných veľa značiek, ktoré sa snažia súčasne poslať informácie čítačke. Moderné systémy majú túto možnosť ošetrenú proti kolíznym systémom, ktorý umožňuje značkám vyslať údaje na čítačku postupne.

Etické a bezpečnostné otázky RFID značiek zahŕňajú ťažkú odstrániteľnosť, potenciálnu prepojenosť na kreditnú kartu alebo zber dát u konečného spotrebiteľa produktu.³⁸

1.3 Integrácia prvku inteligentného skladu v podobe WMS

Warehouse Management System (WMS) je softvér, ktorý pomáha podnikom riadiť a kontrolovať skladové operácie od okamihu, keď tovar či materiál vstúpia do distribučného alebo zásobovacieho centra, až do okamihu, kedy odídu.³⁹

Aktuálny rast trhu systémov na riadenie skladu predbieha rast sektoru logistiky a iných čiastkových trhov odvetvia. Podľa správy spoločnosti Grand View Research globálny trh s WMS sa rozrastie z 3,94 miliardy USD v roku 2023 na viac ako 13 miliárd do roku 2030, s medzročným rastom až do 19,5 %.⁴⁰

³⁷ POPOVA, I., ABDULLINA, . Application of the RFID technology in logistics. *Transportation Research Procedia*, [Online]. 2021, vol. 57, pp. 452-462. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146521007006>.

³⁸ MULLER, Max. *Essentials of inventory management*. 3. ed., HarperCollins Leadership, 2019. p. 140-142. ISBN 978-1-4022-1237-8.

³⁹ BARTHOLDI, John J.; HACKMAN, Steven Todd. *Warehouse & distribution science..* Atlanta, GA: The Supply Chain and Logistics Institute, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, 2006, p. 34. OCLC 938330477.

⁴⁰ Grand View Research, *Warehouse Management Systems Market Report 2024-2030*. [Online]. Dostupné na: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/warehouse-management-system-wms->.

Jedná sa o softvérový nástroj optimalizácie skladového toku na každej pozícii – od príjmu a skladovania cez vychystávanie, balenie, odosielanie, sledovanie inventára a všetky kroky medzi tým. Systém na riadenie skladu (WMS) pomáha firmám zvýšiť operačnú efektívnosť a znížiť prestoje, odpad a náklady, zatiaľ čo zlepšuje riadenie práce, vzťahy so zákazníkmi a dodávateľmi. Skladové manažérske systémy sa integrujú s ďalšími nástrojmi a softvérmi vrátane ERP systémov, čítačiek čiarových kódov, systémov riadenia prepravy (TMS) či rozšírenej reality (AR).⁴¹

Informačné systémy WMS sú kľúčovou súčasťou riadenia dodávateľského reťazca a ponúkajú prehľad o celom inventári spoločnosti v reálnom čase, v skladoch a pri preprave. Okrem riadenia zásob ponúka WMS nástroje na procesy vychystávania a balenia, optimálne využívanie zdrojov, analýzu či kontrolu. Správne nastavený WMS zabezpečuje spoločnostiam príjem, spracovanie a skladovanie položky najefektívnejším spôsobom na základe podnikových noriem a toku skladu. Pred zavedením moderných skladových systémov sa na prijímanie tovaru, jeho porovnávanie s nákupnými objednávkami voči fyzickým príjmom používalo pero, papier a ľudský vizuálny. Dokonca aj v súčasnosti niektoré menšie sklady uprednostňujú manuálny prístup, podľa prieskumu Peerless Research z roku 2018 uviedlo 87% respondentov, že počas procesu prijímania stále manipulovali s materiálmi manuálne.⁴²

Rozdelenie WMS softvérov podľa úrovne komplexnosti implementácie v podniku:

- Základný WMS podporuje riadenie zásob a manažment pozícií v sklade, tento stupeň je takmer neodlíšiteľný od systému na riadenie zásob.
- Pokročilý WMS je schopný analyzovať kapacitu a úrovne zásob, možno ním priradiť čas ku jednotlivým aktivitám, tým generuje údaje, ktoré merajú efektívnosť a navrhuje spôsoby jej zlepšenia. Väčšina dnes používaných WMS patrí do tejto kategórie, na pokročilej úrovni WMS môže začať prekrývať alebo prevyšovať schopnosti Systému na riadenie skladu alebo Systému na vykonávanie úloh vo sklade.

⁴¹ ANDIYAPPILLAI, Natesan. Factors influencing the successful implementation of the Warehouse Management System (WMS). *International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS)*, [Online]. 2020, vol. 12, no. 35. ISSN 2249-0868. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/338632081_Factors_Influencing_the_Successful_Implementation_of_the_Warehouse_Management_System_WMS.

⁴² PEERLESS RESEARCH GROUP, *Materials Handling Technology Study*, 2019, Dostupné na: <https://www.peerlessresearch.com/2019/07/materials-handling-technology-study/>

- Kontrolovaný WMS komunikuje a vymieňa si údaje s inými systémami mimo skladu (CRM, EIS, kontrola výroby) a naopak. Softvér dokáže riadiť alebo získavať spätnú väzbu od automatizovaných zariadení alebo zariadení Internetu vecí a umožňuje neustále simulovať a testovať stratégie pre zlepšenie prevádzky skladu.⁴³

Rozdeliť WMS je možné aj podľa typu implementácie na cloudové a lokálne riešenia.

Cloud WMS sú systémy, ktoré sú umiestnené a prevádzkované v cloude, sú dostupné cez internet a nie sú viazané na konkrétny hardvér alebo miesto. Výhodami pri cloudových riešeniach sú jednoduchší prístup, flexibilita, automatické aktualizácie a škálovateľnosť.

Lokálne WMS systémy sú naopak nainštalované a prevádzkované priamo na mieste v podnikovej infraštruktúre. Výhodami môžu byť vyššia bezpečnosť údajov, individualizovateľnosť, úplná kontrola nákladov, hardvéru a dát.

1.3.1 SAP WMS

SAP Extended Warehouse Management (SAP EWM) je softvérové riešenie pre správu skladu zahrnutý v balíčku riešení SAP Supply Chain Management (SAP SCM). Ide však o samostatné softvérové riešenie pre riadenie skladu, ktoré je možné integrovať s SAP S/4HANA. Flexibilný systém pre správu skladu bol vyvinutý na riadenie skladových operácií s vysokým objemom. Poskytuje flexibilnú a automatizovanú podporu na riadenie pohybu zásob celého skladovacieho procesu, od príjmu až a po odoslanie. Ďalej poskytuje pokročilé funkcie pre riadenie inventára vo sklade, ako je stav skladu v reálnom čase, štruktúra skladu a riadenie pracovnej sily.

EWM verzia vychádza zo staršej jednoduchšej verzie SAP Warehouse Management. SAP oznámil, že v roku 2025 ukončí všetku vývojovú a údržbovú podporu pre SAP Warehouse Management kvôli rastúcemu dopytu po skladoch, plánovaní a obstarávaní. SAP EWM bol vyvinutý v súlade s rastúcimi potrebami v procesoch dodávateľského reťazca. Rozšírený systém pre správu skladu SAP je podobný, ale poskytuje viac funkcií na riadenie skladových funkcií, ako sú agregácia, skladovanie,

⁴³ TOMPLING A.James. Facilities planning. 4th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. 2010. pp. 385–386. ISBN 978-0-470-44404-7

rámec pre RFID, štruktúra skladu a flexibilnejšie možnosti. Okrem toho sa v SAP EWM môžu vytvárať nové prvky, ako sú oblasti činnosti, zdroje, riadenie pracovnej sily a pracovné centrá, ktoré nie sú k dispozícii v predošlej verzii.

Softvér bol navrhnutý aby mohol byť modulovaný podľa potrieb podniku a mohol sa prípadne prispôbiť možným zmenám s cieľom odstrániť akékoľvek nedostatky zistené prostredníctvom praktických akcií. Okrem toho umožňuje organizáciám spájať účtovníctvo a finančné aspekty so skladovými, čo pomáha plánovačom robiť najlepšie rozhodnutia a tak znížiť náklady.⁴⁴

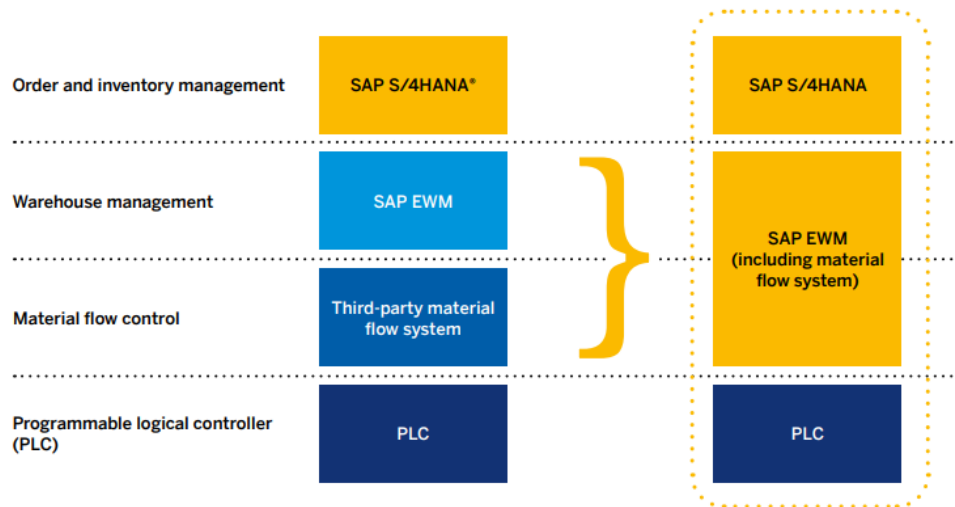
Ďalšie funkcie zahŕňajú:

- Skladovanie, spracovanie a prepravu nebezpečných materiálov v súlade s predpismi SAP Environmental Health and Safety.
- Plánovanie časov prevádzky a prostriedkov, čím organizácii pomáha riadiť sklad efektívne pomocou kľúčových úloh spojených s manažmentom zdrojov.
- Vizuálnu prezentáciu dôležitých skladových údajov a vyhodnocovanie alebo sledovanie prevádzky podľa stanovených štandardov.
- Cross-docking, ktorý môže byť použitý na presun dopravných jednotiek z viacerých distribučných centier alebo skladov pred dosiahnutím konečnej pozície
- Nastaviť alarmy na zmenu údajov pred prijatím materiálu systémom ERP.
- Vyhodnocovanie skladovej koncepcie prostredníctvom lokácií a automaticky optimalizuje usporiadanie skladových produktov.
- Umožňuje podniku spravovať a riadiť viacero skladov v rôznych geografických polohách.

Výhodami SAP EWM sú zaužívané procesy pre riadenie skladu ponúkané organizáciám pripravené poskytovateľom. Procesy prešli testovaním a sú ustálené praxou v podnikoch, tým sú eliminované riziká pre vami používané aj nevyužité funkcie.

⁴⁴ SAP Extended Warehouse Management, Dostupné na: <https://www.sap.com/products/scm/extended-warehouse-management.html>

Integrácia s ďalšími systémami ako Systémom materiálových tokov (MFS) či celý komplexný SAP ERP.



Obrázok 2 Možnosti integrácie SAP EWM

Zdroj:https://community.sap.com/legacyfs/online/storage/blog_attachments/2014/05/ewm_454596.png

Rovnako konfigurácia SAP EWM sa bude zhodovať so strategickými, obchodnými a ostatnými plánmi organizácie. Implementácia systému navyšuje obchodnú hodnotu a efektívnosť skladových operácií pre podniky zaoberajúce sa výrobou, skladovaním a logistikou. EWM automaticky aktualizuje skladové procesy v reálnom čase priamo v systéme SAP a poskytuje živý prístup ku všetkým relevantným obchodným údajom, čo umožňuje okamžité odpovede a reakcie. Existuje široká škála mobilných aplikácií špeciálne navrhnutých na integráciu procesov EWM do systému SAP.⁴⁵

⁴⁵ SAP Extended Warehouse Management, Dostupné na: <https://www.sap.com/products/scm/extended-warehouse-management.html>

2 Cieľ práce

Momentálna situácia kreuje neustále väčší tlak na optimalizáciu podnikových skladových procesov za cieľom zníženia nákladov, reakciou na trhové zmeny a spokojnosť zákazníkov. Informačno-komunikačné technológie zjednodušujú túto úlohu cez použitie WMS aplikácií s podporou ďalších výdobytkov Logistiky 4.0. Schopnosť zužitkovať ich, dostáva spoločnosť do konkurenčnej výhody, s možnosťou optimalizácie zdrojov a zvýšenia ziskov.

Hlavným cieľom diplomovej práce je aplikovať princíp moderného skladovania v podobe WMS v sklade vo vybranom podniku nachádzajúcim sa na Slovensku za účelom optimalizácie vybraného podnikového procesu a priblíženia sa štandardom moderného inteligentného skladu. Práve implementácia WMS a návrh nových procesov sú výsledkom dôkladnej analýzy sektorových požiadaviek, trhových trendov, skúmania analogických postupov v iných spoločnostiach a uplatnenia logických súvislostí.

Sekundárne ciele v teoretickej časti diplomovej práce :

1. Priblížiť problematiku princípu inteligentného skladu.
2. Vymedziť základné pojmy používané v inteligentnom sklade.
3. Opísať používané technológie a ich základné úlohy a funkcionality.
4. Ozrejmiť aktuálne trendy v optimalizácii skladového hospodárstva.
5. Definovať funkciu WMS, ako základného piliera v modernom sklade.

Sekundárne ciele v praktickej časti diplomovej práce

1. Komplexná charakteristika podniku a podmienky podnikania.
2. Zber informácií o aktuálnom stave podnikových procesov.
3. Opis aktuálneho stavu toku materiálu vo vnútri podniku.
4. V chronologickej postupnosti objasniť proces toku materiálu po implementácií WMS softvérového riešenia.
5. Ekonomicky vyčíslieť náklady a prínosy riešenia moderného skladu vo forme WMS.
6. Navrhnuť doplnujúce prvky moderného skladu, komplementárne s implementáciou WMS..

3 Metodika práce a metódy skúmania

Objektom skúmania záverečnej práce bolo aplikovať princíp moderného skladovania v podobe WMS v sklade vo vybranom podniku MT Automotive s.r.o., v závode na západnom Slovensku. Predmetom činnosti je výroba sedadiel pre automobilový priemysel. Pre získanie faktických informácií sme komunikovali s viacerými pracovníkmi aj manažérmi z podniku.

3.1 Pracovné postupy a metódy skúmania

Pri písaní záverečnej práce sme začali študovaním vybranej problematiky z domácich i zahraničných zdrojov. Po dostatočnom oboznámení sa s problematikou sme vybrali vhodný podnikateľský subjekt, ktorý budeme skúmať v záverečnej práci. Vybraný podnik bol ochotný s nami spolupracovať za predpokladu použitia fiktívneho mena a zachovania mlčanlivosti o citlivých interných dátach a know-how. Následne nám bol ochotný sprostredkovať všetky potrebné informácie z internej dokumentácie. Zároveň sme sa stretli hneď s niekoľkými pracovníkmi, čím sme získali pohľad o dianí a podmienkach v podniku priamo z praxe. Odbornosť pracovníkov nám zjednodušila, nielen zber informácií, ale aj rozšírila obzory v skúmanej problematike.

Počas spracovávania získaných informácií sme využili škálu metód na dosiahnutie výslednej podoby záverečnej práce. Hoci sa použité metódy v kapitolách opakovali, dôvod ich výberu bol odlišný, čo opisujeme nižšie. V prvej kapitole sme uplatnili najmä analýzu na získanie rozhľadu v problematike princípov inteligentného skladu prostredníctvom študovania odbornej a vedeckej literatúry, rešerše aktuálnych názorov a postojov z odborných článkov a konferencií. Zamerali sme sa na objektívne vykreslenie súčasného stavu a spracovanie problematiky do prehľadného logického celku.

Komparácia bola nevyhnutným dielcom, ktorým sme poukázali na rozdiely medzi modernými technológiami a ich prínosmi, voči nedigitálnym manuálnym operáciám.

Zásluhou postupného osvojenia definícií a získaním širších poznatkov v problematike sme uplatnili v prvej kapitole aj syntézu. Boli sme schopní rozvíjať komplikovanejšie myšlienky, zoradiť jednotlivé podkapitoly a pomohla nám kapitulu upraviť do celistvej podoby s logickými nadväznosťami medzi podkapitolami.

Pre štvrtú kapitolu sme použili tiež vybranú škálu metód, pre jej komplexnosť a dôležitosť v záverečnej práci. Opätovne bola uplatnená analýza pri charakteristike podniku a opise aktuálneho stavu podnikových procesov. Počas štruktúracie výsledného procesu bola zvolenou metódou syntéza, aplikovaná predovšetkým pri riešení logických problémov a nadväzností. Rovnako pri kombinovaní potrieb závodu, so skladovými podmienkami a možnosťami poskytovanými softvérovým riešením.

Opis procesov bol spojený s uplatnením dedukcie, pri vymedzovaní krokov v chronologickom poradí, doplnených o demonštrácie z prostredia SAP EWM. Generálne požiadavky stanovené ako súčasť procesu boli rozložené do elementárnych činností, využívajúc detailné poznatky získané štruktúrovaným rozhovorom. Súčasne sme využili indukciu, pri opačnom postupe, keď sme viacero menších úkonov generalizovali a zostručnili do jednej aktivity.

Využitie Analýzy spôsobov zlyhania a ich účinkov (FMEA), Analýzy nákladov a prínosov (CBA) a nadobudnuté odborné vedomosti nám umožnili vyhodnotiť prínosy implementovaného WMS s ohľadom na vyplývajúce spojené úlohy.

Znalosť štandardu Kaizen nám umožnila myslieť v širšom kontexte a v diskusiách sa zamerať aj na budúce možnosti kontinuálneho zlepšovania skladovania a toku materiálu v podniku.

3.2 Spôsobý získavania údajov a ich zdrojov

Údaje z prvej kapitoly diplomovej práce sme čerpali predovšetkým z odbornej a vedeckej literatúry domácich a zahraničných autorov. Doplnili sme ich o elektronické internetové zdroje vo forme článkov, konferenčných zborníkov a časopisov.

V praktickej časti sme získavali údaje a informácie z internej dokumentácie spoločnosti, štandardov, návodiek a smerníc uplatnených v nami sledovanom závode. Absolvovali sme niekoľko štruktúrovaných rozhovorov s manažérom skladu, key userom SAP, pracovníčkou oddelenia ľudských zdrojov a koordinátorom kontinuálneho zlepšovania. Rozhovory prebiehali formou interview, kde sme my kládli otázky a predostierali myšlienky, na ktoré pracovníci odpovedali, prípadne upravovali naše hypotézy. Obsah otázok spočíval predovšetkým v administratívnych, finančných a personálnych podmienkach procesu po implementácii WMS softvéru.

Okrem toho nás rozhovory hlbšie ponorili do problematiky, rozšíril obzory o okolnostiach v podniku a stanovil podmienky skladového procesu. Pre získanie podkladov k aplikácií EWM sme strávili čas najmä na online fóre SAP, kde používatelia zdieľali svoje skúsenosti s pravidelným používaním vybraného softvéru. Obsah otázok spočíval predovšetkým v administratívnych, finančných a personálnych podmienkach procesu po implementácií WMS softvéru.

4 Výsledky práce

Kapitola začína charakteristikou skúmaného podniku, pozostávajúcou z opisu predmetu podnikania, ekonomicko-sociálnymi údajmi, organizačnou štruktúrou a pozíciou v komplexnom just in sequence dodávateľskom reťazci. V nadväznosti pokračuje kapitola špecifikovaním pilierov podnikovej filozofie v oblasti logistických procesov a ich aktuálnym nastavením. Po definovaní podmienok opisujeme nové procesné postupy, smernicami stanovené dokumenty a konečný stav po implementácii nami vybranej WMS aplikácie.

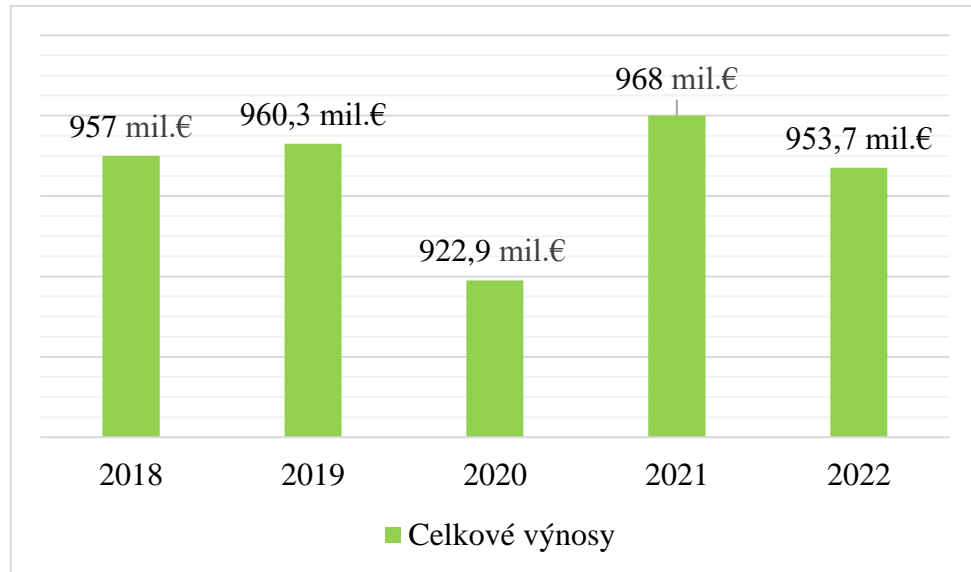
Cieľom kapitoly je definovať optimálny skladový proces po zavedení WMS aplikácie v logistike podniku, s efektom zníženia pracovného času, úspory finančných zdrojov na viacerých nákladových položkách, zvýšenej spokojnosti zákazníka a potenciálne zvýšenej konkurencieschopnosti.

4.1 Charakteristika a podmienky podniku

Podnik MT Automotive s.r.o. je obchodnou spoločnosťou so sídlom v Bratislave, s viac ako 2 000 zamestnancami a piatimi strediskami na Slovensku. Zároveň je dcérskou spoločnosťou francúzskeho globálneho dodávateľa automobilových dielov MT SE. Spoločnosť MT SE vznikla fúziou dvoch menších automobilových dodávateľov v roku 1997. Dnes je siedmi najväčší automobilový dodávateľ na svete, kótovaný na parížskej burze. Hlavnú časť produktového portfólia predstavujú sedadlá, interiérová elektronika, interiérové moduly, výfuky. Stratégia spoločnosti je orientovaná na budúcnosť čistej mobility prostredníctvom vodíkových článkov. V tomto segmente podnikla viacero akvizícií, získala viacero patentov a zameriava väčšinu svojho vývoja.

Dcérska spoločnosť MT Automotive s.r.o. v dnešnej podobe existuje od roku 2016, podnik však pôsobí na Slovensku takmer 20 rokov. Ako hlavný predmet podnikania, podľa účtovných závierok, figuruje 29320 Výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motorové vozidlá. Slovenský podnik za rok 2022 vygeneroval stratu 3,06 milióna eur pri tržbách v celkovej výške 949,3 milióna eur. Aktíva podniku v sledovanom roku predstavovali 240 miliónov eur, z toho 154 miliónov predstavovalo dlhodobý majetok, súčasne zdroje majetku pozostávajú takmer zo 70% z krátkodobých pohľadávok. Podnik dlhodobo nevykazuje znaky rastu, naopak v období vysokej inflácie, spojených s nárastom

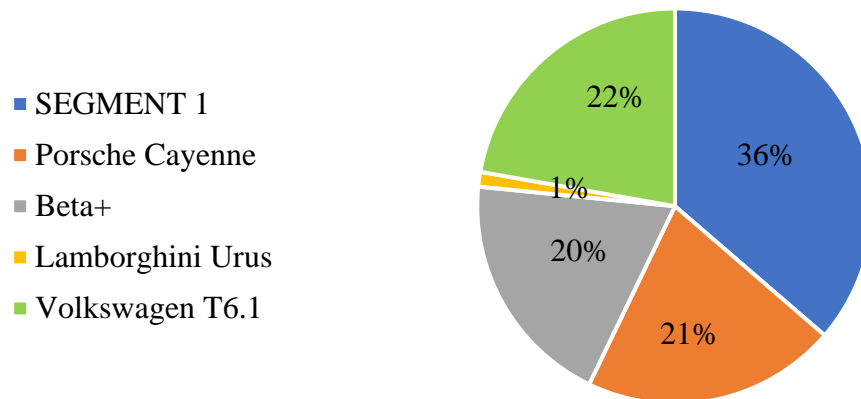
mzdových, energetických i materiálových nákladov stagnuje, čo predstavuje reálne zhoršenie stavu spoločnosti.



Graf č.1 Vývoj výnosov spoločnosti MT Automotive s.r.o.

Zdroj: vlastné spracovanie

Praktickú časť práce aplikujeme a referujeme na produkčný závod podniku MT Automotive s.r.o v priemyselnom parku na západnom Slovensku. Jedná sa o najväčšie pracovisko s takmer 1200 zamestnancami, podieľajúcim sa na celkových tržbách spoločnosti takmer zo 72%, špecializujúce sa výhradne na výrobu automobilových sedadiel. Primárnym zákazníkom strediska je Volkswagen Slovensko a.s., odoberajúci sedadlá do prémiových SUV (Audi Q7/Q8, Volkswagen Touareg, Porsche Cayenne) a vozidiel strednej triedy (Volkswagen Passat, Škoda Superb). Menované projekty sú dodávané Just-in-Sequence, najvyššou formou Just-in-Time stratégie. Vedľajšími projektami sú prestížne sedadlá do SUV od Automobili Lamborghini S.p.A. a sedadlá pre úžitkové vozidlá Volkswagen T6.1 dodávané do Hannoveru. Sedadlá pre tieto projekty sú dodávané Just-in-Time metódou na dlhé vzdialenosti. Celkovo podnik vyprodukuje sedadlá pre približne 2160 automobilov denne na všetkých projektoch. Sedadlá pre automobily Audi Q7/Q8 a Volkswagen Touareg majú zlúčenú produkciu pod názvom projektu Segment 1, rovnako spojená produkcia sedadiel Volkswagen Passat a Skoda Superb pod názvom Beta+.



Graf č.2 Pomer objemov produkcie jednotlivých projektov.

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie

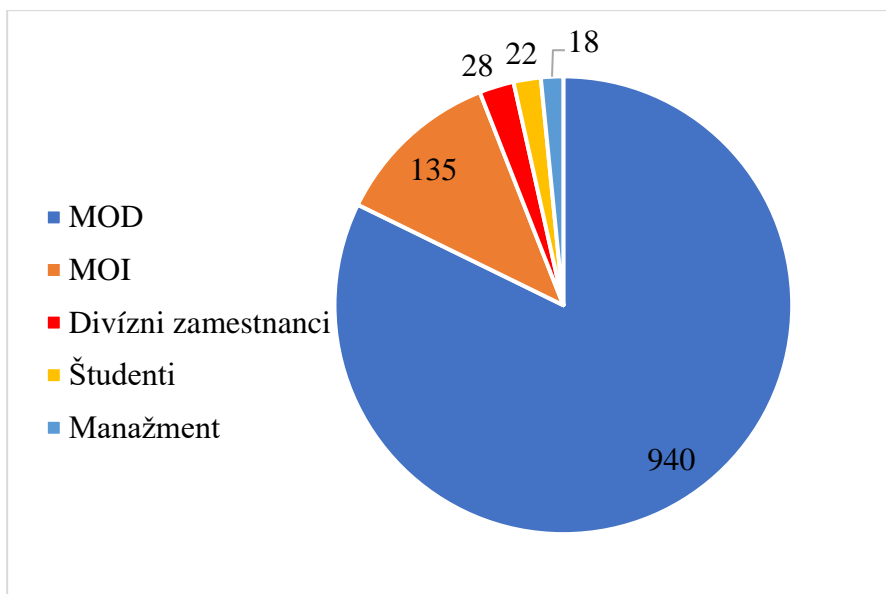
Na podniku je možné dobre demonštrovať príklad funkčnej organizačnej štruktúry, podľa rozdelenia jednotlivých oddelení reprezentovaných manažérom na výrobu, logistiku, kvalitu, ľudské zdroje, výrobné inžinierstvo a údržba, finančný controlling, IT a BOZP. Manažér závodu zosobňuje vedúcu pozíciu strediska a prepája jednotlivé oddelenia.



Obrázok 3 Organizačná štruktúra podniku

Zdroj: vlastné spracovanie

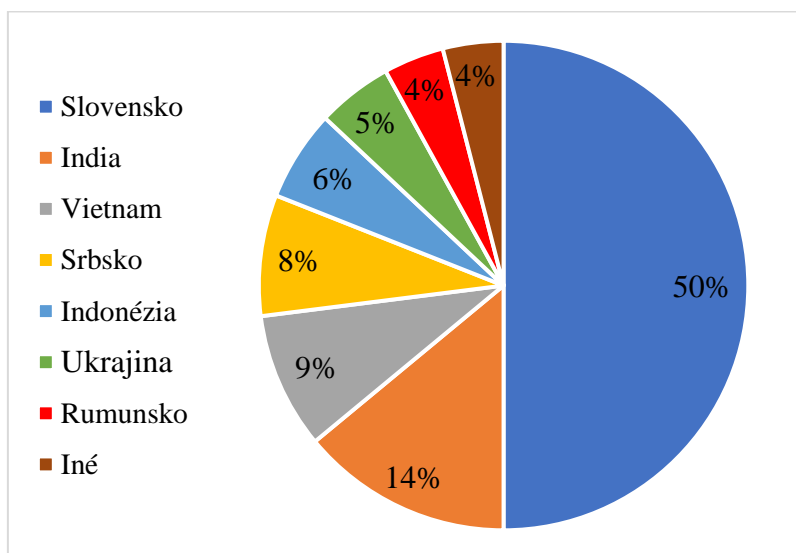
Okrem manažmentu sú zamestnanci rozdelení do dvoch hlavných skupín, MOD a MOI. V kategórii MOD sú zamestnanci priamo zapojení do výrobného procesu, zahŕňa pracovníkov oddelenia výroby, logistiky a údržby. MOI sú zamestnanci naviazaní na administratívne a špecializované úlohy spojené s chodom výroby a prevádzkou závodu. V kategórii MOD sa aktuálne nachádza 940 zamestnancov, respektíve 135 v MOI. V závode je celkovo zastúpených viac ako 20 národností. Najväčší podiel predstavujú zamestnanci slovenskej národnosti, nasleduje indická, vietnamská, srbská a ďalšie. Presnejšie odprezentované presné pomery kategórií zamestnancov a zastúpenie národností vidíme v grafoch nižšie.



Graf č. 3 Počty zamestnancov v jednotlivých kategóriách

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

V závode je celkovo zastúpených viac ako 20 národností. Najväčší podiel predstavujú zamestnanci slovenskej národnosti, nasleduje indická, vietnamská, srbská a ďalšie. Presnejšie odprezentované zastúpenie národností vidíme v grafe nižšie.



Graf č. 4 Pomer národností v závode

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Vysoká produktová komplexnosť vyplýva z odlišnosti jednotlivých produktov a vysokej individualizácie najmä pri drahých automobiloch. Celkovo je v závode

používaných viac ako 10 000 čísel dielov, s najvyšším podielom z kategórie poťahov. Napríklad na projekte Urus je vplyvom širokej palety farieb, materiálov a doplnkov dostupných až 3549 variant sedadlových poťahov. V tabuľke č.2 skupina Iné diely obsahuje elektroniku, plasty, bezpečnostné prvky, spojovací materiál, skrutky, matice a obaly. Často ide o spoločné diely pre viacero produktov, ktoré sú fyzicky identické, avšak evidované pod rozdielnymi číslami dielu pre každý projekt.

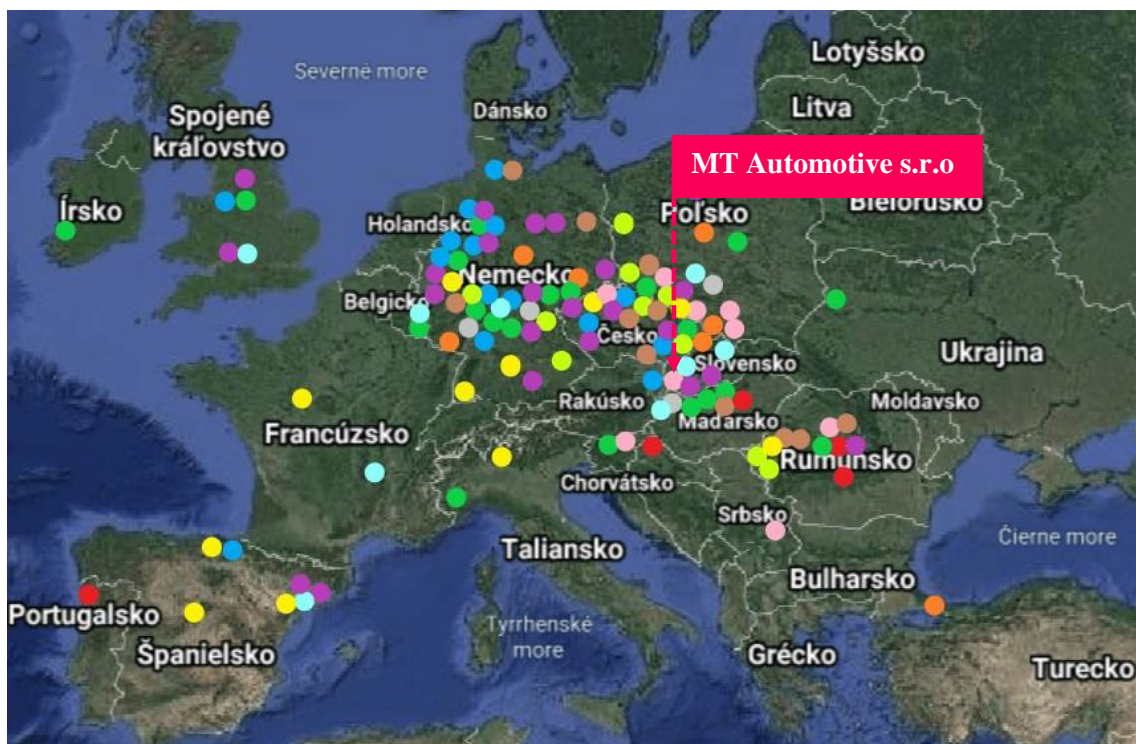
Tabuľka 2 Produktová komplexnosť

Materiál	Cayenne	Q7	Q8	Touareg	Urus	VW T6.1	Beta+
Poťahy	671	671	480	341	3549	117	166
Hlavové opierky	62	80	73	66	146	16	43
Kabeláž	112	75	70	57	18	15	26
Peny	54	72	53	37	38	24	32
Rámy	16	27	19	12	12	27	12
Iné diely	628	502	429	334	605	195	143
Spolu	1543	1427	1124	847	4368	394	422

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Produktom závodu sú sedadlá, ale tie sa ešte delia na jednotlivé moduly, ktoré sú zvlášť vyrábané a aj prepravované. Pre ozrejenie, prvý rad sedadiel je rozdelený iba na pravé a ľavé sedadlo. Druhý rad sedadiel je zložitejší a delí sa na operadlovú časť a sedadlovú časť. Operadlové časti môžu byť rozdelené na 2 alebo 3 moduly v závislosti od výbavy vozidla. V prípade dvoj modulovej konfigurácie sa delí na ľavú a pravú, kde ľavá operadlová časť zahŕňa aj stredovú operadlovú časť, ak ide o 3 moduly, sú štandardne rozdelené na ľavú, strednú a pravú operadlovú časť. Sedadlová časť môže byť pozostávať z jedného, dvoch aj troch modulov, kde pri jednom module je sedadlová časť pre celý druhý rad sedadiel spoločná, 2 a 3 modulová konfigurácia je zhodná s tou s operadlami.

Logistická komplexnosť vyplýva z faktu, že závod má 240 dodávateľov naprieč Európou, Severnou Afrikou a Áziou. Denne prijme podnik 45 kamiónov s materiálom a vyše približne 100 kamiónov s hotovými produktami.

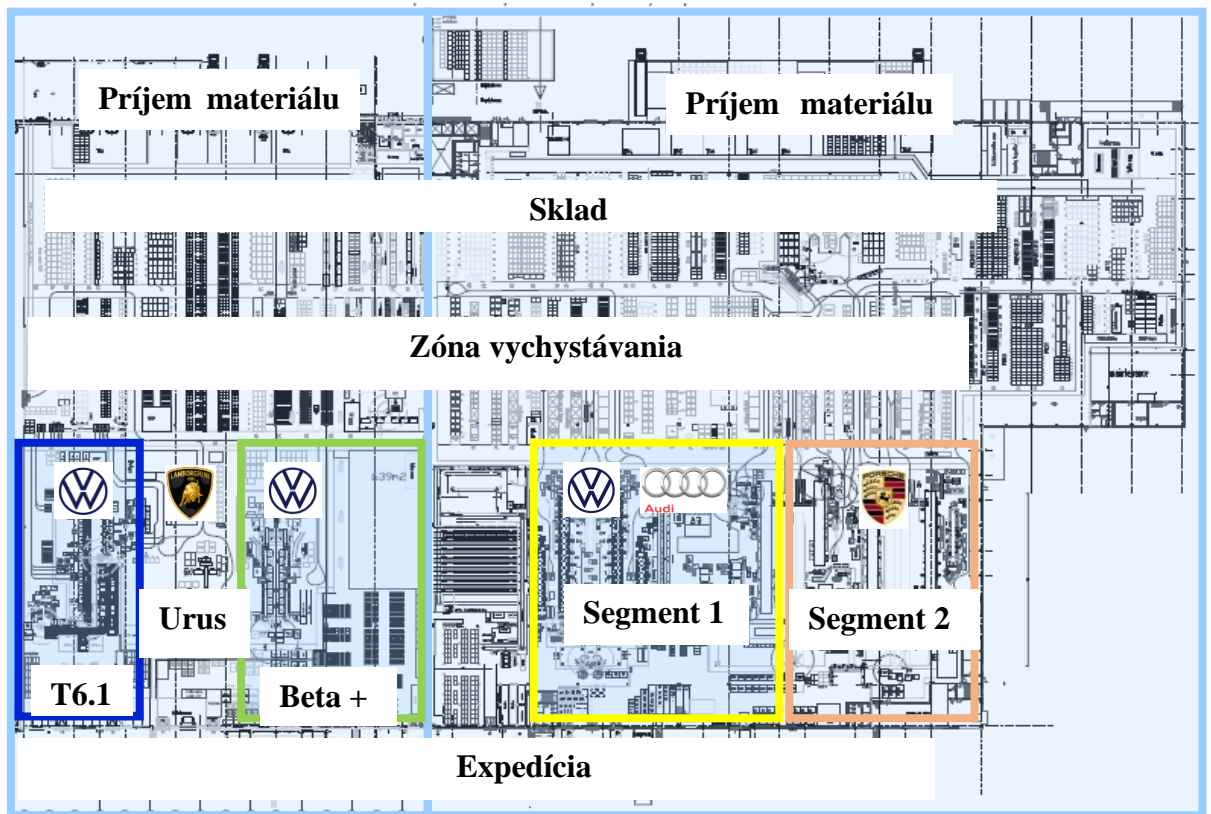


Obrázok 4 Dodávateľská mapa v Európe

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Zároveň sa denne sa uskutoční približne 11 800 pohybov kontajnerov, paliet a iných obalových foriem v rámci závodu. Pre projekty dodávané do Volkswagen Slovakia a.s. vo forme JIS je čas uskutočnenia procesu, od začatia chystania materiálu po dodanie na linku zákazníčkovi, približne 7 hodín. Pri produktoch odosielaných do Talianska ide o približne 5 dní a do Nemecka 7 dní.

Výrobný proces sa podniku uskutočňuje súčasne na 12-tich hlavných linkách. Výrobné linky sú rozdelené podľa projektov a podľa rady sedadiel. Sedadlá do automobilov Audi Q7/Q8 a Volkswagen Touareg sú vyrábané na spoločných linkách, pod názvom Segment 1, rovnako spojená produkcia sedadiel pre Volkswagen Passat a Skoda Superb pod názvom Beta+, ostatné projekty majú výrobu oddelenú na separátnych produkčných linkách. Štandardne predná rada sedadiel má osobitnú linku a zadné sedadlá majú osobitú linku, výnimkou je projekt Audi Q7 kde existuje aj tretí rad sedadiel. Nižšie vidíme rozmiestnenie jednotlivých logistických a výrobných úsekov v rámci závodu.

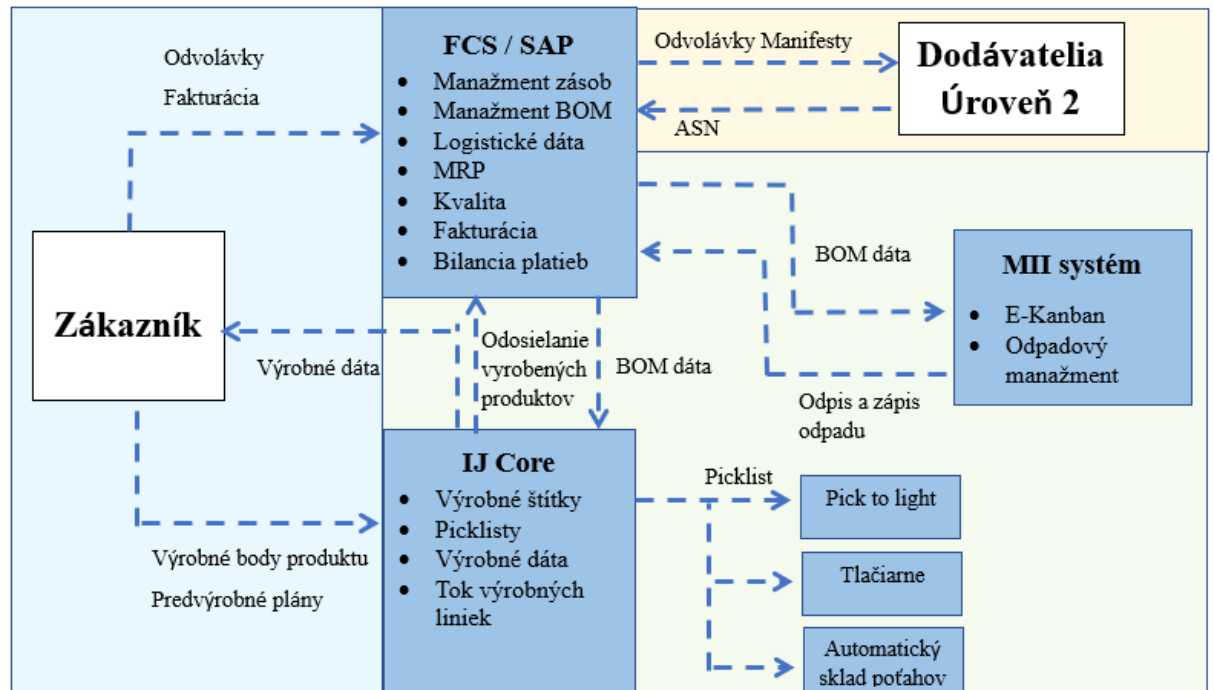


Obrázok 5 Schéma rozloženia závodu

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Záver charakteristiky podniku venujeme informačnému systému podniku so zameraním na výrobné a logistické informačné procesy. Hlavným softvérom pokrývajúcim väčšinu podnikových procesov je SAP ERP 6.0. Avšak kontrolu procesov spojených s výrobou, JIS dodávkami, tokom materiálu smerujúcim do linky a tokom produktov vo výrobných linkách v reálnom čase, spracováva interné softvérové riešenie s názvom IJCore 12.0. Zároveň IJCore je prepojeným softvérom so zákazníkovi linkami a dátovým prenosom medzi závodmi. Podnik vidí pozíciu automobilu v závode Volkswagen Slovakia, do ktorého má dodať sedadlá, na základe dosiahnutých produkčných bodov (A5,R1,X1 a pod.), odosielaných do systému IJCore. Prvý bod vo výrobe zákazníka je v štandardnom procese približne týždeň pred začatím výroby sedadiel. Po dosiahnutí montážneho bodu (M1) v produkcii automobilu a odoslání informácie, sa spúšťa tlač výrobných a logistických štítkov, obsahujúcich informácie pre výrobu a logistiku. Podnik MT Automotive má necelých 7 hodín na dodanie na linku zákazníka. Správa z montážneho bodu M1 obsahuje aj presné počty potrebných dielov a podľa nej je po ukončení výroby a odoslání produktov, odpisovaný materiál zo skladu. Po produkcii odosiela zákazníkovi

IJCore výrobné dáta, ako čas spracovania, bezpečnostné dáta, momenty dotiahnutia skrutiek, ktoré sú povinnou súčasťou informácií o každom vyprodukovanom automobile.



Obrázok 6 Architektúra informačného systému podniku

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

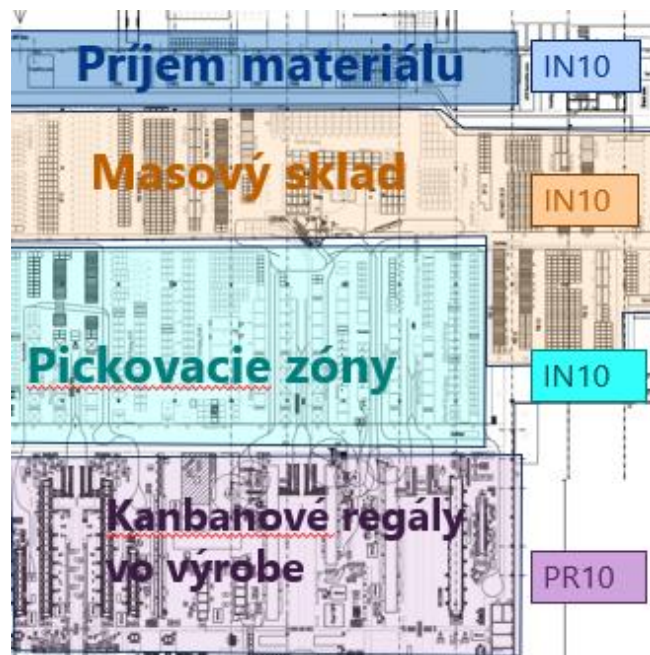
Do SAP ERP sa rovnako integrujú dáta od zákazníka, avšak v nich je orientácia na dlhodobé plány produkcie a fakturáciu služieb. Dlhodobé dáta sa využívajú na objednávanie materiálu od dodávateľov MT Automotive a plánovanie dodávok. Súčasne sa aj výrobné dáta s krátkym oneskorením integrujú do SAP ERP, kde slúžia primárne na odpisovanie použitého materiálu, kontrolu, potreby reportingu a analýz, podkladov pre fakturáciu za produkty a podporu kvality.

4.2 Skladové operácie podniku MT Automotive s.r.o.

V MT Automotive s.r.o. sa zatiaľ nevyužívajú žiadne prvky inteligentného skladu, hoci sa nachádza ére orientovanej na digitálnu transformáciu známu ako Industry 4.0. Napriek zrejmej potrebe, podnik zatiaľ nevyužíva ani komponenty konceptu Warehouse 4.0, ktorý sa sústreďuje na využitie pokročilých technológií, ako sú senzory, automatizácia a analytika dát, na optimalizáciu a efektívnejšie riadenie skladových operácií.

S nástupom Industry 4.0 a potrebou zvyšovať efektívnosť a konkurencieschopnosť, je dôležité, aby podniky využívali moderné technológie na optimalizáciu svojich skladových procesov. Implementácia inteligentného skladu by mohla zlepšiť sledovanie a riadenie zásob, minimalizovať chyby a zlepšiť tok materiálu, čím by sa simultánne zvýšila efektívnosť výroby a potenciálne znížili náklady. Preto do budúcnosti je pre MT Automotive s.r.o. dôležité preskúmať možnosti implementácie inteligentného skladu a prispôbiť sa trendom a požiadavkám moderného priemyslu.

Podnik MT Automotive aktuálne nevyužíva žiaden systém riadenia skladu a má jednoduché skladové operácie, z ktorých však v čase plynú problémy. Skladové priestory sú rozdelené na príjem, veľkokapacitný sklad, vychystávacie zóny a kanbanové regály vo výrobe. Veľkokapacitný sklad sa ďalej delí na zóny, kde sú palety a obaly s materiálom na zemi a na paletové regály. Materiál v sklade ostáva na rovnakej skladovej lokácii a aj napriek pohybu medzi príjmovou plochou, sklacom a vychystávacími zónami. Na obrázku vidíme, že až po vstup do linky ostáva materiál systémovo iba na jedinej skladovej lokácii napriek pohybu medzi zónami.



Obrázok 7 Logistické zóny a ich systémové skladové lokácie

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Hlavnými skladovými lokáciami sú IN10, PR10 a OU10, medzi ktorými dochádza k toku materiálu v rámci závodu. Existujú aj ďalšie skladové lokácie, ako OB10, EX10,

EX20 alebo PT10, avšak tie sú využívané pre špecifické potreby a nesúvisia s priamym materiálovým tokom.

Tabuľka 3 Systémové skladové lokácie

Skladová lokácia	Význam
IN10 = Inbound	Príjem
PR10 = Produkcia	Produkcia
OU10 = Outbound	Expedícia
PT10 = Prototype stock	Zásoby pre vývoj
OB10 = Obsolete parts	Zastarané alebo poškodené diely
EX10 = External Lozorno	Externý sklad
EX20 = Safety Stock	Rezervy zásob

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

4.2.1 Aktuálny proces toku materiálu

Proces toku materiálu začína objednaním materiálu prostredníctvom systému LISA, integrovaným v SAP ECC. LISA je systém, ktorý umožňuje optimalizáciu dodávaných množstiev a variant materiálu do podniku, podľa posledných dát integrovaných od zákazníka. Potom ako materiálový plánovač potvrdí správnosť objednávky, spustí tvorbu budúcich prichádzajúcich dodávok, tým sa automaticky spustí aj vytvorenie správy DELJIT pre dodávateľa.

Materiál dorazí od dodávateľa/dodávateľov nákladným kamiónom, všetky kontajnery, prípadne boxy na paletách sa vyložia z prívesu na príjmovú plochu. Pri prijímaní materiálu, osoba zodpovedná za príjem vykoná skenovanie pomocou 3 krokov, materiál, množstvo a dodávateľský štítok cez transakciu ZLE_CHECK_DLY alebo manuálne vpíše jednotlivé položky do skeneru. Materiál je prijímaný do SAP na skladovú lokáciu IN10 (INBOUND = Príjem). Neexistuje prepojenie špecifickej palety alebo transportného boxu s materiálom, prostredníctvom štítkov od dodávateľa.

Ďalej materiál putuje podľa typu na niektorú z fyzických skladových lokácií, nasledujúce schémy prezentujú tok materiálu pre jednotlivé druhy dielov.

Veľké diely (peny, rámy, plastové panely)

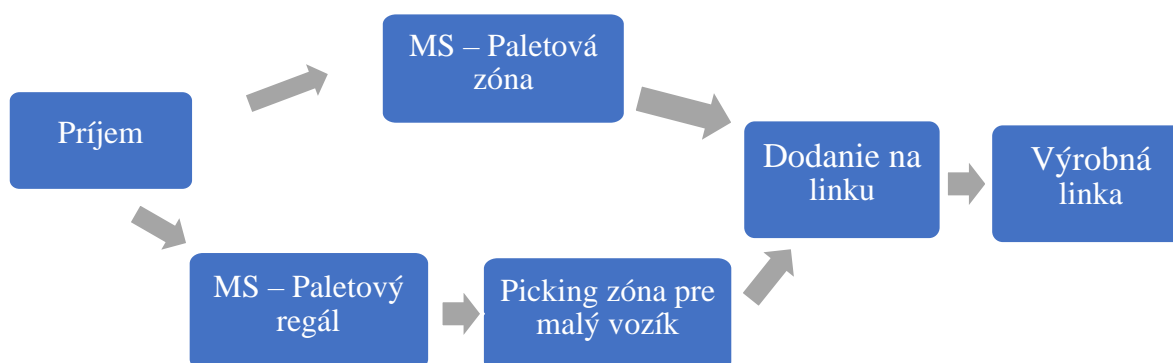


Obrázok 8 Materiálový tok veľkých dielov

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Veľké diely sú štandardne skladované vo veľkokapacitnom sklade v špecifických obaloch, ako kovové kontajnery, viacnásobne použiteľné kartónové a plastové obaly. Tieto obaly je možné skladovať na sebe od 3 do 5 v jednom stĺpci, v závislosti od obalu a povolenej nosnej hmotnosti.

Malé diely (hlavové opierky, skrutky, plasty, bezpečnostné prvky)



Obrázok 9 Materiálový tok malých dielov

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie

Malé diely sú dodávané v skladateľných plastových krabiciach s názvom KLT, poukladané na europaletách. Na vrchu je položený poklop, ktorý umožňuje ukladanie, troch takto poskladaných paliet na seba. Malé diely sú vo veľkokapacitnom sklade uložené na paletách v zóne na zemi alebo aj v paletových regáloch, ako vidíme na obrázkoch.



Obrázok 10 Skladové pozície vo veľkokapacitnom sklade

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Diely z veľkokapacitného skladu dopĺňajú do jednotlivých picking zón do regálov na priradené pozície, podľa potrieb objednávok. Podnet na transfer je uskutočnený prostredníctvom integrovaných aplikácií Webpicking a E-kanban. Avšak tie iba odčítavajú materiál z pozícií, podľa prichádzajúcich M1 správ od zákazníka, nezohľadňujú poškodenie dielu a nahradenie, interné objednávky, doobjednávky a pod. Tieto rozdiely sú v niektorých prípadoch systémovo dodatočne riešené, ale často neskôr a vznikajú rozdiely medzi fyzickým a systémovým stavom zásob v regáli.



Obrázok 11 Zóny vychystávania

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Po obdržaní výrobného bodu M1 zo systému IJCore sa vytlačia štítky s potrebnými dielmi, diely pracovníci z regálov vyberú a naložia do AGV vozíka, prípadne manuálne transferovaného vozíka a putujú na výrobnú linku.

Vo výrobnom procese pracovníci skenujú výrobné štítky, kde sken potvrdzuje správny prechod jednotlivými produkčnými bodmi. Zároveň spúšťajú transfer materiálu z lokácie IN10 na PR10. Na stanovisku na konci linky nasleduje vizuálna kontrola

a takzvaná e-kontrola, ktorá potvrdí funkčnosť bezpečnostných a komfortných funkcií sedadla, ako ohrievanie, aktivácia airbagu, masáž a polohovateľnosť. Pri pozitívnom výsledku kontroly spĺňajúcim, všetky potrebné kvalitatívne štandardy a požiadavky zákazníka, pokračuje sedadlo na expedičný dopravník. V prípade zistených nedostatkov sedadlo putuje na opravnú stanicu. Na opravnú stanicu sú smerované aj individuálne objednávky so špeciálnymi požiadavkami pre dodatočné úpravy a vyššiu kvalitu dokončenia. Úspešný prechod záverečnou kontrolou zároveň posunie v IJCore na status sedadla na “vyrobené“ a slúži ako spúšťač transferu materiálu v SAP z lokácie PR10 na OU10.

Na expedičnom dopravníku čakajú sedadlá na naloženie do prepravných vozíkov. Existujú 4 druhy prepravných vozíkov, každý z nich prepravuje iný modul zo setu sedadiel. Dôvodom rozdelenia je, že druhé rady sedadiel nie sú prepravované v celku, ale montované až u zákazníka na linke.

1. Prvý rad sedadiel
2. Druhý rad sedadiel operadlá
3. Druhý rad sedadiel sedadlové časti a hlavové opierky
4. Tretí rad sedadiel (iba pre vozidlá Audi Q7)

Moduly sú prepravované v rôznych množstvách, v tabuľke vidíme jednotlivé počty modulov pre každý vozík a koľko celých automobilových výbav obsahuje jeden vozík.

Tabuľka 4 Druhy vozíkov a prepravované množstvá sedadiel

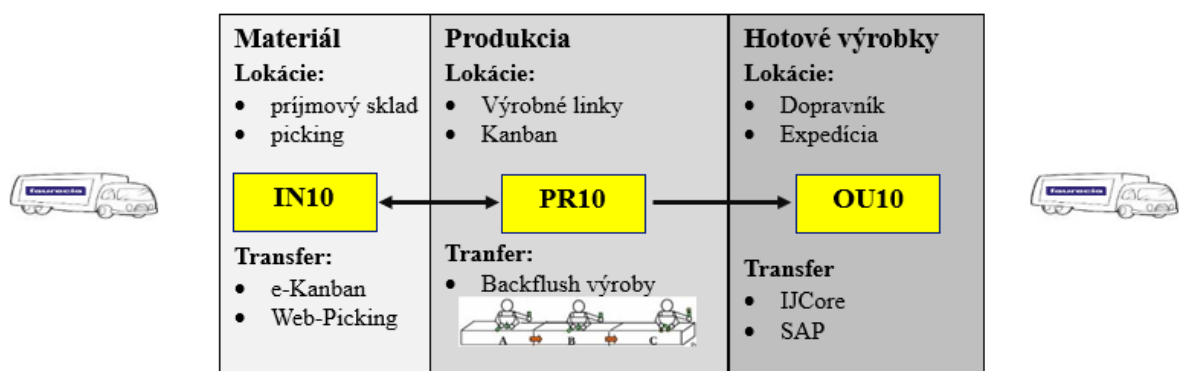
Druh vozíka	Počet kusov sedadiel	Počet automobilov
Prvý rad	4	2
Druhý rad operadlá	4 - 6	2
Druhý rad sedadlové časti	4 - 12	4
Tretí rad	4	2

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Druhé rady sedadiel majú variabilitu modulov, bližšie sme opísali túto skutočnosť v podkapitole charakteristika a podmienky podniku, kde sme sa zaoberali aj produktovou komplexnosťou podniku.

K vozíkom sa generujú tzv. Kontajnerové štítky, ktoré obsahujú moduly a čísla áut, ktoré by mali byť naložené. Sedadlá sa nakladajú do vozíkov hydraulickým manipulátorom, po naložení pracovník oskenuje výrobné štítky všetkých sedadiel vo

vozíku. Vozík, systémovo kontajner, sa v IJCore uzavrie a je priradený ku kamiónu. Plné vozíky sú nakladané vysokozdvížným vozíkom do kamiónov. Do jedného kamiónu sú mixované vozíky z liniek prvej, druhej a prípadne tretej rady a naplnený obsahuje kompletne sedadlové sety pre 16 automobilov. Celkovo je teda v jednom kamióne je prevážaných 24 až 30 prepravných vozíkov, v závislosti od počtu modulov a prítomnosti tretej rady sedadiel. Proces končí nakladaním a skenovaním všetkých vozíkov priradených ku pristavenému kamiónu a nasleduje expedičný transfer ku zákazníkovi. Obrázok nižšie dáva ucelený pohľad na celý proces od príjmu materiálu až po expedíciu hotových sedadiel.



Obrázok 12 Zjednodušený systémový a fyzický materiálový tok

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Ako sme poukázali podnikový proces toku materiálu je jednoduchý, avšak nie sú ideálne zadané princípy, postupnosti a nadväznosti medzi skladovými lokáciami, či už fyzicky alebo systémovo. Tie existujúce vytvárajú priestor na chyby, rozdiely medzi systémom a fyzickým stavom a spôsobujú spomalenú reakčnú dobu na nedostatok materiálu v regáloch, aj v celom sklade. Rovnako nie sú priradené palety, KLT boxy, kontajnery s materiálom k pozícií, ale pozícia je odvodená od materiálu, ktorý sa naskladňuje alebo transferuje medzi lokáciami. To zhoršuje dohľadávanie materiálu, predlžuje čas inventúr a aj príbežných ABC analýz na kritické diely. Všetky tieto problémy by mohol vyriešiť WMS.

4.2.2 Systémové podmienky implementácie SAP EWM

Pre riešenie podnikových problémov so skladovaním implementujeme jeden z princípov Warehouse 4.0 vo forme WMS.

Podnik disponuje v balíku SAP ERP integrovaným modulom EWM, ktorý sme priblíži v teoretickej časti. Celým názvom Extended Warehouse Management slúži na efektívne riadenie zásob v sklade a na podporu spracovania pohybu materiálu. Umožňuje spoločnosti kontrolovať vstupné a výstupné procesy skladu a pohyb materiálu v sklade.

Výrobný závod je rozdelený systémovo na 2 závody v systéme SAP, my budeme zavádzať EWM na závode číslo 1111. K závodu číslo 1111 sú priradené projekty Porsche Cayenne a Segment 1. Ide o najdlhšie prevádzkované projekty vo fáze, kde nenastávajú časté technické zmeny, zmeny dodávateľov a väčšie zásahy do zaužívaných procesov, ktoré by komplikovali implementáciu. Závod už je napojený prostredníctvom integračného modelu do decentralizovaného EWM, súčasne sú v ňom vytvorené časti dodávateľského reťazca aj obchodní partneri.

Systémové skladové lokácie sú organizačné jednotka, ktorá umožňuje diferenciáciu zásob materiálu v rámci závodu. Všetky údaje, týkajúce sa predovšetkým zásob v skladovacích priestoroch, ktoré odkazujú na určité miesto uloženia, sú uložené na úrovni závodu, nie však mimo neho. Vytvorí sa nová skladová lokácia, aby sa zabezpečilo prepojenie medzi SAP FC1, modul vytvorený špeciálne pre závod, a SAP EWM. Lokácia bude spravovaná v SAP EWM, EW10 bude názov skladovej lokácie a na ňu priamo bude prijímaný materiál v EWM.

Jediná relevantná lokácia iba pre EWM je EW10 a musí byť zároveň novou skladovou lokáciou integrovanou na úrovni závodu do SAP ECC. V tabuľke spomenuté skladové lokácie v SAP existujú v závode 1111 a môžu byť integrované do EWM.

Tabuľka 5 Skladové lokácie

Skladová lokácia	Význam
IN10 = Inbound	Príjem
PR10 = Produkcia	Produkcia
OU10 = Outbound	Expedícia
PT10 = Prototype stock	Zásoby pre vývoj
OB10 = Obsolete parts	Zastarané alebo poškodené diely
EX10 = External Lozorno	Externý sklad
EX20 = Safety Stock	Rezervy zásob
EW10 = EWM lokácia	Kontrola pohybu zásob v sklade

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Lokalita úložiska IN10 dnes pokrýva tri hlavné oblasti:

- Zóna príjmu materiálu
- Veľkokapacitný skladovací priestor
- Zóna vychystávania.

Plánovanie a objednávanie materiálu budú aktualizované s lokáciou EW10, ako novou lokáciou na prijímanie materiálu, namiesto IN10 pre príslušné čísla dielov. EWM bude spravovať veľkokapacitný sklad a novovytvorené supermarketky dielov, za ktoré zodpovedá logistický tím. Rezervné zásoby a miesta externého skladovania ako EX10 zostanú nezmenené.

V IN10 existuje niekoľko automatizovaných oblastí, ktoré ostanú mimo rozsahu implementácie EWM:

- Automatický sklad pot'ahov (ACW),
- Autonómne riadené vozidlá (AGV)
- Stojan Pick-To-Light namontovaný na vrchu AGV

Nebude zmena na systémovej skladovej lokácií v transfere v zariadení ACW, ktoré má vlastný príjem, vstupnú kvalitatívnu kontrolu a špecifický materiálový tok. To znamená, že komodita v systéme SAP-e zahŕňajúca pot'ahy, bude úplne vyňatá z EWM. Na technológiách AGV bude materiál transferovaný po prechode EWM, avšak transfer z regálu na zariadenie, nebude systémovo zaznamenaný.

Ďalej si zadefinujeme organizáciu a hierarchiu jednotlivých pojmov, ktoré sa budú objavovať a používať v skladových procesoch po implementácii EWM.

Číslo skladu - každý sklad má označenie, ktoré je na najvyššej úrovni v systéme riadenia skladu. Každé číslo skladu pozostáva z nižších štruktúr, ktoré mapujú vzťah skladu.

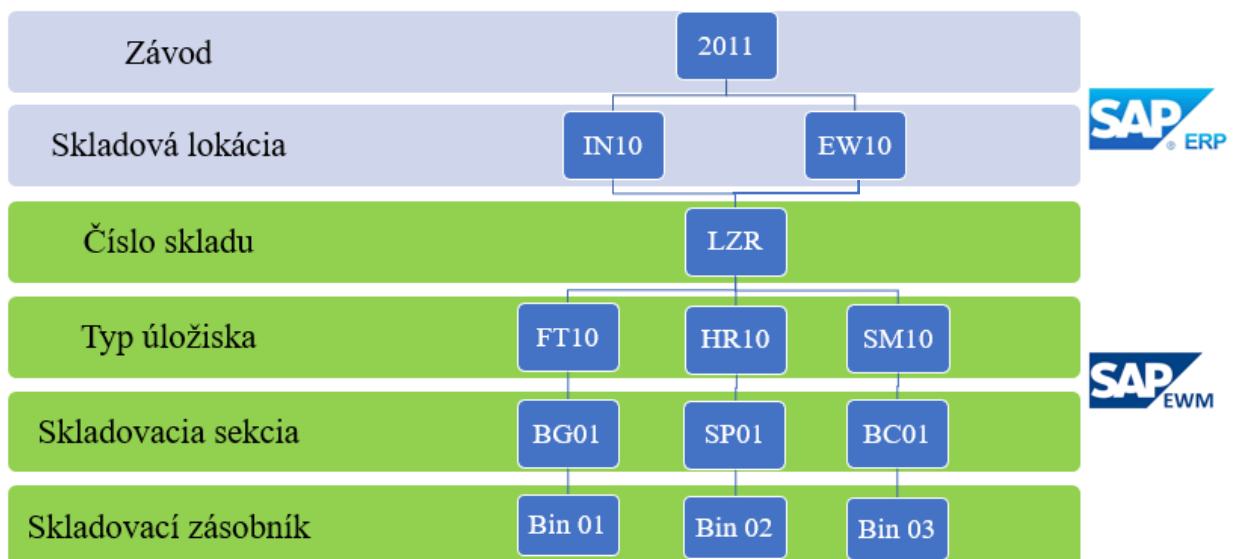
Typ úložiska štvormiestny názov a zobrazuje fyzické alebo logické rozdelenie skladu. Typ úložiska môže pozostávať z jednej alebo viacerých úložných sekcií a zásobníkov. Sú zadefinované rolou, na ktorú sa používajú v sklade. Existujú 4 hlavné typy uskladnenia, na ktorých sú výrobky fyzicky skladované v závode

- Príjem tovaru (GR-Zone)
- Veľkokapacitný sklad, pozemné lokácie (FT10 - Flat storage)
- Regály v sklade (HR10 – High racks, SM10 - Supermarket)

- Regály vo zóne vychystávania (PR10)

Skladovacia sekcia je zložkou typu úložiska a predstavuje skupinu zásobníkov s rovnakými vlastnosťami alebo pozíciou v jednej bunke. Príkladom môže byť konkrétny regál v zóne vychystávania s hlavovými opierkami alebo 3. poschodie regálu v úložisku HR10. Označenia sú variabilné, podľa jednotlivých projektov a pozícií, vo vychystávacej zóne sa zhodujú s označením pre pick-to-light.

Skladovacie zásobníky predstavujú fyzické umiestnenie skladovacieho priestoru, kde sú výrobky uložené v sklade. Sú na najnižšej úrovni organizačnej štruktúry a charakterizujú jeho presné umiestnenie v sklade.



Obrázok 13 Hierarchia skladových úložísk v systémoch SAP ERP a SAP EWM

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

4.2.3 Transfer kmeňových dát

Úspešný prenos kmeňových dát je jedným z dôležitých krokov v procese úspešnej implementácie EWM. Synchronizácia dát medzi rôznymi modulmi a systémami v SAP prostredí poskytuje integrovaný pohľad na obchodné procesy, zvyšuje efektivitu riadenia zásob a plánovania výroby. Na prenos údajov medzi systémom ERP a EWM budú použité dve odlišné techniky.

CIF (Core interface) je rozhranie, ktoré umožňuje výmenu dát medzi rôznymi modulmi SAP ERP a inými systémami, ako je napríklad EWM alebo APO(Advanced

Planning and Optimization). Systémom CIF budú prenášané kmeňové dáta súvisiace s polohou a materiálom.

Remote Function Call (RFC) je štandardné rozhranie SAP pre komunikáciu medzi modulmi. Princíp RFC spočíva v spúšťaní pokynu vykonania funkcie v diaľkovom systéme. Pri prenose dokumentačných dát využijeme QRFC (Queue Remote Function Call). Jedná sa o variantu technológie RFC, ktorá umožňuje asynchrónne spúšťanie funkcií medzi SAP systémami. V porovnaní s bežným RFC, ktorý vyžaduje okamžitú odpoveď, QRFC umožňuje pridať jednotlivé pokyny do radu a môžu byť spracované neskôr. To je užitočné pre prípady, keď je potrebné spracovať veľké množstvo úloh alebo keď sa musí počkať na dostupnosť určitých zdrojov alebo systémov.

Kmeňové dáta súvisiace s umiestnením pozostávajú z lokalizačného kľúča, priradených údajov o názve a adrese, z tabuliek nasledujúcich objektov:

- Závod: Z tabuľky definície závodu v prispôbení ERP.
- Miesta doručenia: Z tabuľky definície miesta odoslania v prispôbení ERP.
- Hlavný zákazník: Z kmeňových dát zákazníka v ERP.
- Hlavný dodávateľ: Z kmeňových dát dodávateľa v ERP.

Údaje relevantné pre polohu zákazníka a dodávateľa sa používajú predovšetkým na poskytovanie informácií o mene a adrese funkciám EWM, ako je spracovanie prichádzajúcich a odchádzajúcich zásielok.

Kmeňové dáta o umiestnení závodu a expedičného miesta sa môžu použiť aj na definovanie priradenia jednotky dodávateľského reťazca k číslu skladu a strane oprávnenej disponovať kmeňovými dátami produktu.

Kmeňové dáta materiálu zo systému ERP sa prenášajú do kmeňových dát produktu v systéme EWM. Prenášané údaje pozostávajú najmä z opisov materiálu, merných jednotiek, polí kódovania materiálových produktov, ako je skupina materiálov, špecifikácia hmotnosti a objemu. Dátové polia špecifické pre EWM sa zadávajú po vytvorení kmeňových dát produktu.

Zmeny v základných údajoch materiálov v systéme SAP FC1 je možné, buď v hromadnom režime odoslať do systému EWM, alebo synchronne. To znamená ihneď po

zmene materiálu v SAP ERP je automaticky odoslaný do systému EWM pomocou CIF na základe nastavení v systéme SAP ERP.

Materiál relevantný pre EWM sa v sklade vyskytuje v troch druhoch.

Tabuľka 6 Druhy materiálu relevantné pre SAP EWM

Označenie	Druh materiálu
COMP	Surový materiál
SFIN	Vyrobené výrobky
PACK	Obaly

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Číslo materiálu môže obsahovať ako čísla, tak aj písmená, príklady označenia materiálov: 1131735Y00; 1466898XSW09; 2055942X05

Informácie špecifické pre sklad, ktoré by sa mohli udržiavať v EWM, ako hlavné údaje o materiáloch popisujeme nižšie.

- Preferovaná alternatívna jednotka merania je jednotka, v ktorej sa obvykle manipuluje s produktom na sklade, v našom prípade by to boli kartóny.
- Kontrolný indikátor riadenia umiestnenia môže podnik použiť na riadenie umiestnenia produktov počas uskladnenia tak, aby sa zhodné produkty preferenčne uskladňovali do určitých typov úložiska. Indikátor je priradený v hlavnom registri produktu k príslušnému produktu.
- Ukazovateľ sekcie skladovania zabezpečuje, že systém určí, že produkt sa má umiestniť do jednej skladovacej sekcie pred inou. Môžete definovať viac ako jednu skladovaciu sekciu podľa poradia priorit v tabuľke.
- Typy skladovacieho zásobníku sú voliteľné kategórie, ktoré možno voľne definovať v prispôsobení správy skladu, aby sa hrubo špecifikovala dimenzia priestorov na skladovanie. Tento parameter je priradený aj k bunkám na skladovanie, materiál môže byť potom umiestnený len do buniek s konkrétnym typom priestoru.
- Kontrolný indikátor odobratia zásob umožňuje usmerňovať odobratie zo zásob s preferenciou vybraných skupín skladových úložísk.
- Indikátor Typ manipulačnej jednotky sa používa pre obalové materiály, ide o kľúč používaný na popis jednotky manipulácie. Tento kľúč opisuje oblasť a výšku jednotky manipulácie, môže ísť paletu zloženú z viacerých

KLT, kontajner a pod.. Typ manipulačnej jednotky obalových materiálov sa berie ako predvolená hodnota pri zostavovaní jednotky manipulácie. Napríklad môžete priradiť všetky štandardné palety (DB, JEP, jednorazové palety), ktoré nie sú zabalené do výšky väčšej ako 1m, k rovnakému typu a tým pádom k rovnakému kľúču.

Všetky boxy s materiálom sú paletizované, nie sú priamo skladované v úložných bunkách na vysokom regáli alebo na zemi. V závode neexistuje prípad box v boxe, ani v prípade kontajnerov či špecifických obalov je v balenej jednotke už len materiál. Boxy obsahujú vždy len jeden produkt, neexistujú žiadne s miešaným materiálom, avšak palety môžu obsahovať rôzne boxy s rôznymi materiálmi (miešané palety).

Počet dielov v krabici je uvedený na štítku krabice, zvyčajne ide o štandardné množstvá alebo dávkové veľkosti. Avšak, kvôli poškodeniu alebo problémom s kvalitou, počet dielov v krabici môže byť znížený a odchyliť sa od uvedeného množstva na štítku. V tomto prípade musí byť uvedené množstvo na štítku nečitateľné a množstvo musí byť v EWM príslušne upravené.

Manipulačná jednotka je štandardne paleta, prípadne kartónová škatuľa, vytvorená a so zadanými parametrami v SAP ERP a CIF rozhraním integrovaná do EWM. Každá musí byť pri prijímaní materiálu označená nálepkou s bar kódom. V prípade straty alebo poškodenia bar kódu je potrebné v EWM "rozbaľiť" manipulačnú jednotku, nalepiť nový bar kód a vytvoriť novú manipulačnú jednotku s materiálom.



Obrázok 14 Paletová nálepka

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

4.2.4 *Hardvérové vybavenie potrebné na prevádzku EWM*

Zdroje potrebné pre implementáciu, okrem systémového zabezpečenia, sú aj nové zariadenia na prevádzku systému. Potreby zahŕňajú nové skenery a ich príslušenstvo, spolu s tlačiarňou na paletové štítky. Celkovo je pre plnohodnotnú prevádzku potrebných 20

skenerov s krátkym dosahom, 9 skenerov s dlhým dosahom, 45 batérií a 9 nabíjacích staníc.

Tabuľka 7 Zariadenia potrebné pre implemetáciu EWM

Zariadenie	Kusy
Skener Terminal MC930B-G SR	20
Skener Terminal MC930B-G LR	9
Batérie	45
Nabíjacie stanice	12

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Skenery budú rozdelené na viaceré miesta v sklade, podľa potrieb počtu operácií a pracovníkov na ich vykonanie. Časť skenerov bude vyhradená pre priebežnú inventúru na oddelenie Cycle countingu a pre potreby oddelenia kvality, ako kvalitatívne KPI či triedenie poškodeného materiálu.

Tabuľka 8 Počty skenerov pre jednotlivé oddelenia

Rozdelenie zariadení	Počet zariadení
Príjem	14
Segment 1 Sklad	7
Porsche Cayenne Sklad	4
Cycle count	3
Kvalita	2

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie podniku

Ako skenery, tak aj tlačiareň sú rádiové zariadenia spojené s aplikáciou SAP EWM prostredníctvom middleware, ako je konzola SAP alebo mobilné zariadenie ITS. Rádiová frekvencia v SAP EWM Mobile Data Enting sa používa na vykonávanie všetkých skladových činností pri prichádzajúcich, odchádzajúcich a interných skladových činnostiach prostredníctvom skenerov.

Po zabezpečení systémových podmienok a hardvérového vybavenia je hlavnou časťou definovanie a nastavenie nových skladových operácií.

4.3 Skladové operácie po implementácii SAP EWM

Proces skladovania sa zmení podľa postupov dostupných v SAP EWM, so zachovaním princípov a štandardov spoločnosti. V sklade budú 3 hlavné pohyby spojené s materiálom a to príjem, odloženie a doplnenie. Prvým krokom je úprava procesu prijímania materiálu.

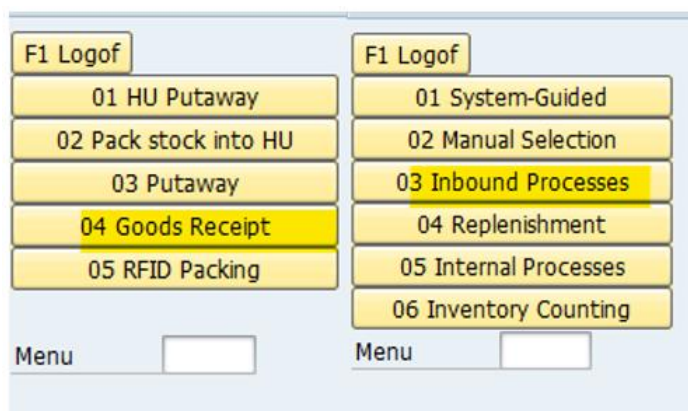
4.3.1 Príjem materiálu

Vytvorenie prichádzajúcej dodávky a integrácia ASN (Advanced Shipping Notice) pre dodávateľov používajúcich LISA NG, zostanú v systéme ERP nezmenené a sú súčasťou už pôvodného procesu.

Fyzická kontrola prijímaného množstva u dodávateľa pred distribúciou a potvrdenie zhody s ASN, je posledná možnosť úpravy pred distribúciou. Predbežná kontrola je uvedená ako krok postupu, ktorý zdôrazňuje, že po distribúcii prichádzajúcej dodávky už nie je možné manuálne aktualizovať ho v ERP.

Integrácia prichádzajúcej dodávky do EWM prostredníctvom transakcie VL06I. Súčasne prichádzajúca dodávka sa už automaticky vytvorí v systéme EWM podľa ERP s rovnakými prijímanými manipulačnými jednotkami (HU).

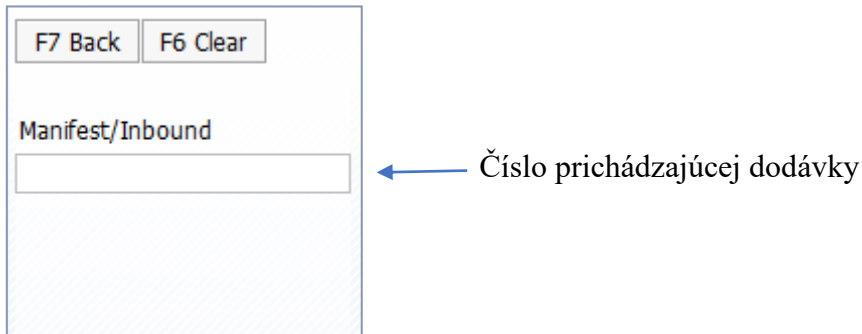
Po fyzickom vybratí materiálu z kamióna, nasleduje nový proces skenovania a prijímania materiálu už v rámci systému EWM. Skladový operátor so skenerom zadá transakciu /SCWM/RFUI, ktorá ho preniesie do RF prostredia, ak to nie východiskové nastavenie skenera. a vyberie procesy príjmu tovaru a potom príjem tovaru.



Obrázok 15 Proces príjmu materiálu krok 1 a 2

Zdroj: vlastné spracovanie zo SAP EWM

System požiadá o prepravný list alebo číslo príjmu do poľa by mal naskenovať číslo prichádzajúcej dodávky alebo zoznamu tovaru. Kliknutím na "Enter" systém vyhľadá správne číslo prichádzajúcej zásielky v EWM.



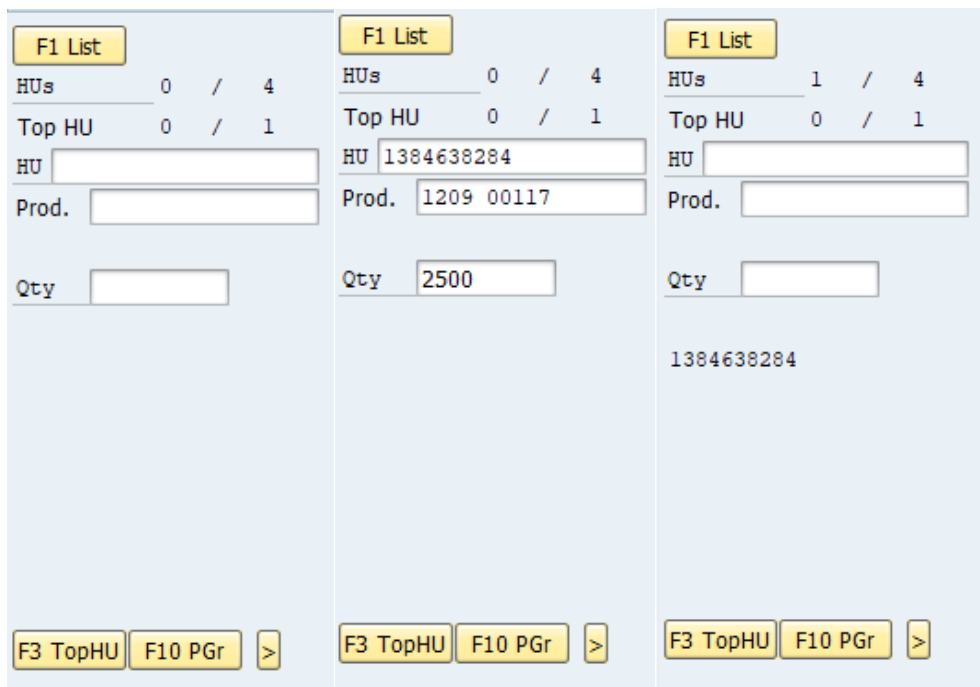
The screenshot shows a SAP EWM interface window titled "Manifest/Inbound". At the top, there are two buttons: "F7 Back" and "F6 Clear". Below them is a text input field. A blue arrow points from the right side of the input field to the text "Číslo prichádzajúcej dodávky".

Obrázok 16 Popis procesu príjmu materiálu krok 3

Zdroj: vlastné spracovanie zo SAP EWM

System by mal skontrolovať, či ide o LISA NG alebo nie, ak ide o proces LISA NG, operátor skenuje iba HU. Ak nejde o proces LISA NG, operátor musí naskenovať HU, materiál a množstvo.

Príklad dodávka obsahuje 4 boxy na jednej palete a nejde o LISA NG proces.

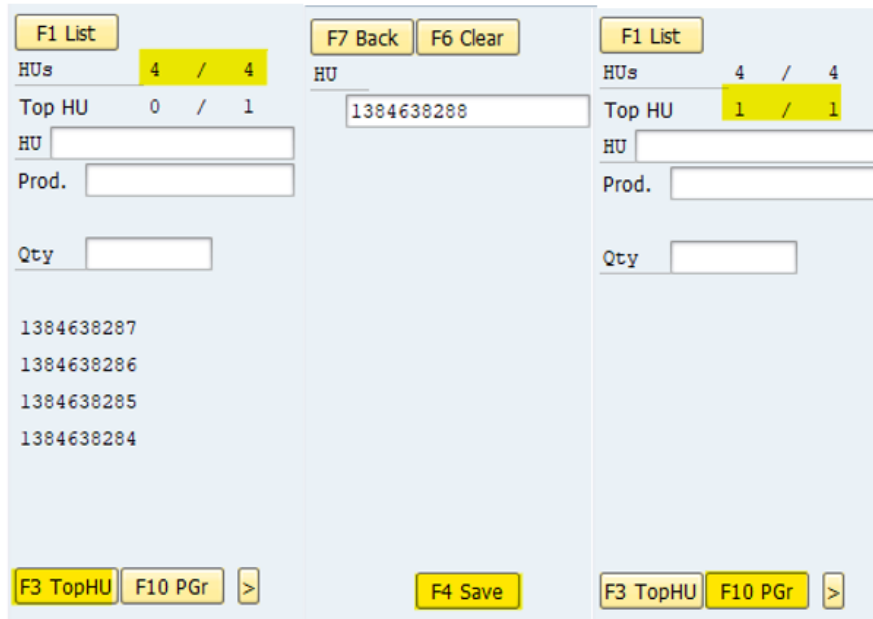


The image shows three side-by-side screenshots of the SAP EWM interface, each displaying the "F1 List" screen. The first screenshot shows "HUs 0 / 4" and "Top HU 0 / 1". The second screenshot shows "HU 1384638284" and "Qty 2500". The third screenshot shows "HUs 1 / 4" and "Top HU 0 / 1". Each screenshot also shows a "Prod." field and "F3 TopHU" and "F10 PGr" buttons at the bottom.

Obrázok 17 Príjem materiálu krok 4-6

Zdroj: vlastné spracovanie zo SAP EWM

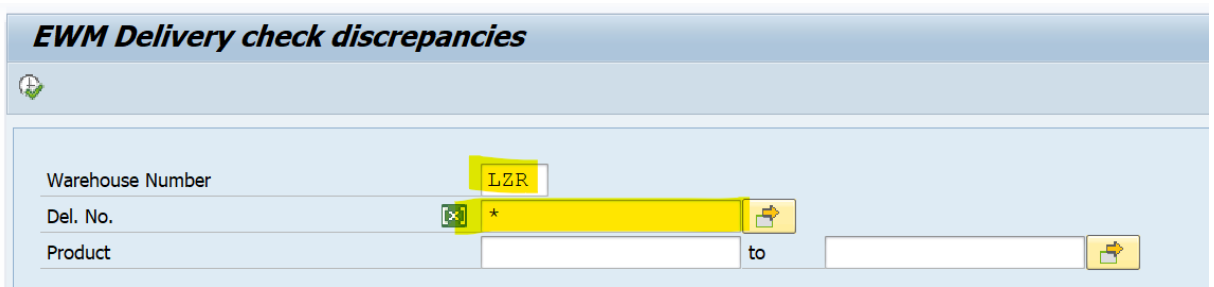
Po nahratí všetkých štyroch HU, vyberie tlačidlo „TopHU“ pre naskenovanie palety ako Vyššej HU, ku ktorej sú priradené boxy. Ak paleta nie je označená nalepí na ňu štítok s bar kódom a naskenuje bar kód. Klikne sa “Save“ pre uloženie Vyššej HU a na novej obrazovke vyberie možnosť “PGr“, čím zapíše príjmu tovaru a priradí ho na GR-Zónu. V GR-Zóne je prijatý materiál, ktorý nebol ešte uložený na pozíciu, zároveň sa využíva na úpravu HU a Vyšších HU, nakoľko na priradenej pozícií nie je možné robiť niektoré úkony.



Obrázok 18 Príjem materiálu krok 7-9

Zdroj: vlastné spracovanie zo SAP EWM

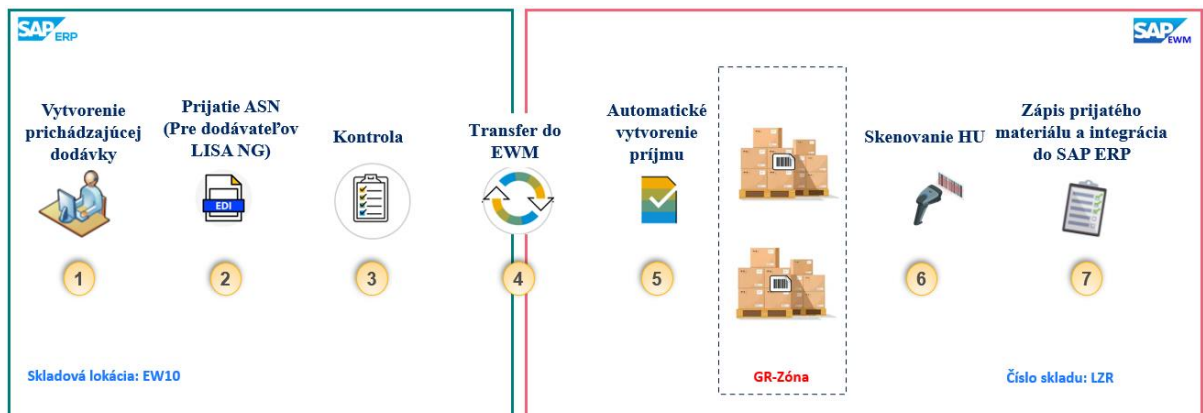
Na kontrolu nesúlador medzi fyzickým stavom a ASN prejde do transakcie ZEWM_REP_CHECK_DISC. Do poľa čísla skladu napíše LZR a do Čísla dodávky, číslo príjmu z predošlej transakcie.



Obrázok 19 Kontrola príjmových rozdielov

Zdroj: vlastné spracovanie zo SAP EWM

Ak nepríde ku žiadnemu rozporu medzi ASN a fyzickou dodávkou, potvrdenie o úspešnom prijatí sa automaticky replikuje v systéme ERP. Ak dôjde k nezrovnalosti, množstvo v prijíme ERP sa aktualizuje o množstvo v systéme EWM.



Obrázok 20 Prehľad procesu príjmu

Zdroj: vlastné spracovanie podľa SAP EWM

Takto sformovaný proces má niekoľko pridaných hodnôt pre podnik:

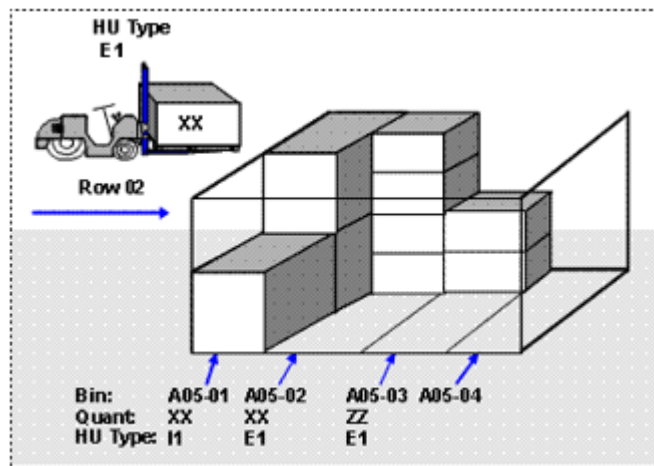
- Kombinujte príjem a skenovanie materiálu v jednom kroku.
- Príjem do EWM umožní v budúcnosti ďalšie využitie funkcií v rámci EWM, ako je kontrola kvality, využitie RFID, automatizovaného zaskladňovania a podobne.
- Pre celý sklad sa zníži variabilita zariadení a systémov, doteraz boli používané rôzne skenery a systémové moduly na príjem materiálu, inventúru a vychystávanie materiálu. Po implementácii budú verzie a zariadenia zjednotené, všetky napojené iba na modul EWM.

4.3.2 *Stratégia a proces put away*

Nasledujúca časť procesu nazvaná odloženie z anglického put away je zameraná na logické rozmiestnenie prijatého materiálu v sklade. Materiál je po prijatí na skladovej lokácii EW10 a druh úložiska je GR-Zóna, predstavujúca priestor medzi príjmom a odložením, fyzicky je materiál na príjmovej ploche.

Stratégiu odloženia je možné upraviť podľa závodu a podmienok v sklade. V našom prípade sa zameriame na päť stratégií, ktoré by boli najvhodnejšie pre závod.

Stratégia hromadného ukladania je vhodná pre veľké diely, ktoré sa dodávajú vo veľkých množstvách a vyžadujú veľké množstvo úložného priestoru. Medzi výhody hromadného skladovania patrí znížená potreba fyzických boxov, rýchly prístup a prehľadné štruktúrovanie skladu do blokov a riadkov. Stratégiu by sme uplatnili vo veľkokapacitnom sklade na pozemných pozíciách, kde bude vyhľadávať zásobníky vo veľkom úložisku. Obrázok nižšie ukazuje hromadné ukladanie.

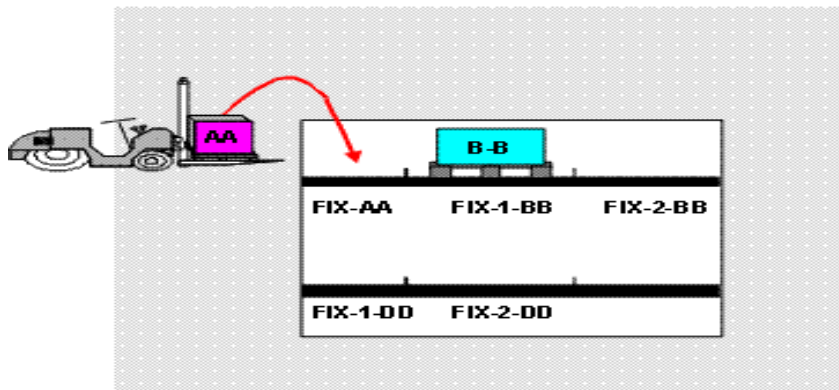


Obrázok 21 Všeobecná stratégia odkladania

Zdroj: Interný dokument podniku

Pomocou indikátora hromadného skladovania definujeme, v akých množstvách chceme materiál skladovať. Za týmto účelom zadáme indikátor hromadného skladovania do kmeňových dát materiálu a do tabuľky sekcií hromadného skladovania pri definovaní štruktúry bloku.

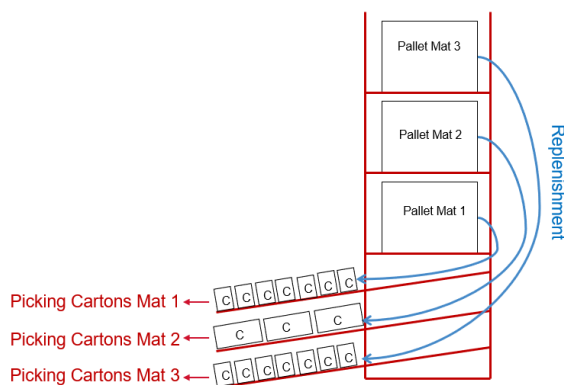
Stratégia pevného alebo fixného zásobníka sa uplatňuje, ak chceme výrobok odložiť do konkrétnych skladovacích zásobníkov v type. Uplatnenie nachádza predovšetkým pri typoch skladovania, z ktorých sa vychystávanie vykonáva ručne a zásobníky sú priradené manuálne. Nasledujúci obrázok je príkladom priradenia fixného zásobníka. V tomto príklade má skladovacia sekcia pevné zásobníky FIX-AA, FIX-BB a FIX-DD a pracovník ma naskladniť materiál priradený do zásobníku FIX-AA.



Obrázok 22 Príklad stratégie pevného zásobníka

Zdroj: interný dokument spoločnosti

Stratégia takmer pevného vychystávacieho zásobníka sa používa na uloženie výrobkov do rezervných skladovacích priestorov. Primárne určená pre situácie, keď sú rezervné zásobníky umiestnené priamo nad pevnými zásobníkmi alebo blízko nich. Systém sa najprv pokúsi nájsť rezervný zásobník v stĺpci, kde sa nachádza pevný zásobník, začína na najnižšej úrovni a postupuje nahor. Ak nenájde prázdny zásobník, prehl'adá napravo od pevného skladovacieho koša a potom doľava v tej istej uličke a potom hľadá v susedných uličkách. Stratégia je vhodná na uplatnenie v rámci Supermarketu a niektorých vychystávacích pozícií.



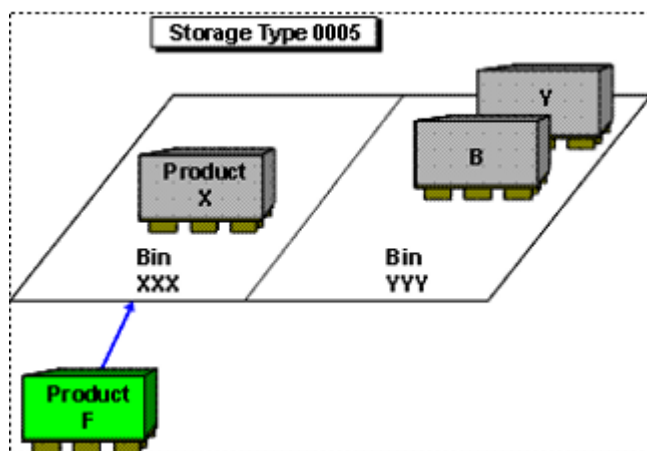
Obrázok 23 Príklad stratégie pevného vychystávacieho zásobníka

Zdroj: interný dokument spoločnosti

Pri uplatnení stratégií prázdneho zásobníka systém navrhuje prázdny zásobník pre odloženie materiálu. Stratégia je využívaná na podporu náhodne usporiadaných skladov, kde sú výrobky uložené v jednotlivých skladovacích sekciách, obzvlášť vhodná pre skladovanie vo vysokých paletových regáloch a regáloch vychystávanej zóny.

Všeobecná stratégia skladovania využíva nájdenie zásobníka vo všeobecnom úložnom priestore. Všeobecné skladovanie je typ skladovej organizácie, v ktorej definujeme jeden zásobník na skladovaciu sekciu. Materiál v zásobníku môžu byť zmiešaný a pre každý typ úložiska môžeme definovať jeden alebo viac všeobecných skladovacích priestorov.

Nasledujúci obrázok znázorňuje všeobecné ukladanie. K dispozícii sú dve všeobecné skladovacie priestory (zásobník XXX a zásobník YYY) so zmiešaným skladovaním, to znamená, že môžeme odložiť materiál F do koša XXX, aj keď materiál X tam už bol odložený.



Obrázok 24 Všeobecná stratégia odkladania

Zdroj: interný dokument podniku

Za zaskladnenie materiálu je zodpovedný pracovník skladu s oprávnením viesť VZV. Ako prvé musí identifikovať druh materiálu podľa typu a veľkosti obalu, ak ide o špecifický obal pre vybraný materiál alebo dodávateľského štítka s číslom dielu a popisom. Najjednoduchšie delenie je na veľké a malé diely, kde veľké diely zahŕňajú rámy, peny a plastové panely, a malé diely elektroniku, skrutky, malé plasty, opierky hlavy a ďalšie.

Nesériový materiál je odlišne označený a má svoju vlastný skladový priestor, kam je automaticky po prijatí zaskladnený. Sedadlové poťahy nie sú integrované do EWM a neprechádzajú hlavným príjmom pre ostatný materiál, majú vlastný príjem priamo pri automatizovanom sklade poťahov na opačnej strane závodu.

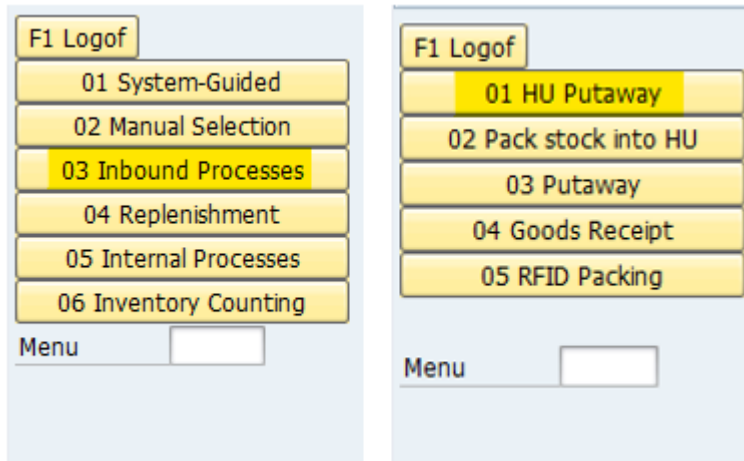
Tabuľka 9 Rozdelenie dielov podľa výšky potrieb zásob

Druh dielov	Charakteristika materiálu	Úložisko	Druh zásobníka
Veľké diely	Vysokoobrátkový	Veľkokapacitný sklad	Fixný zásobník
	Stredneobrátkový	Veľkokapacitný sklad	Fixný zásobník
	Nízkoobrátkový	Vychystávacia zóna/Supermarket	Fixný zásobník
Malé diely	Vysokoobrátkový	Veľkokapacitný sklad (len regály)	Variabilný zásobník
	Stredneobrátkový	Veľkokapacitný sklad (len regály)	Variabilný zásobník
	Nízkoobrátkový Kanban	Vychystávacia zóna/Supermarket	Fixný zásobník
	Nízkoobrátkový	Vychystávacia zóna	Fixný zásobník
Nesériový materiál	Nízkoobrátkový	Zóna pre nesériový materiál	Neintegruje sa do EWM
Poťahy		Automatický sklad poťahov	Neintegruje sa do EWM

Zdroj: vlastné spracovanie podľa internej dokumentácie

Ak chce pracovník skladu nájsť cieľový zásobník pre materiál, môže vyhľadať čísla materiálu v zozname programu Excel, kde po zadaní čísla materiálu nájde cieľový kôš. Vodiči vysokozdvížných vozíkov však už poznajú širokú škálu čísel materiálu, najmä vysokoobrátkového, s pevným zásobníkom naspamäť, a preto nepotrebujú žiadne systémové vyhľadávanie, aby našli pevný kôš. Je možné aj v rámci EWM nastaviť fixné zásobníky, ako jeden z parametrov materiálu, avšak s prípadne nadzásoby alebo zmien v rozložení skladu, sú procesy na opravu manuálne a zdĺhavé. Všetky veľké diely majú fixné zásobníky, či už pozemné alebo regálové. Pre malé diely je možné mať variabilné zásobníky v regáloch, nakoľko na jednej palete zvyčajne chodí viac druhov materiálov. Mále nízkoobrátkové diely sú naviazané na pozície priamo v picking zóne a v takzvanom Supermarkete. Nie sú tak často objednávané a preto ich pri dodávkach príde zásoba aj na niekoľko mesiacov a supermarket slúži ako medzi stanica práve na tieto zásoby.

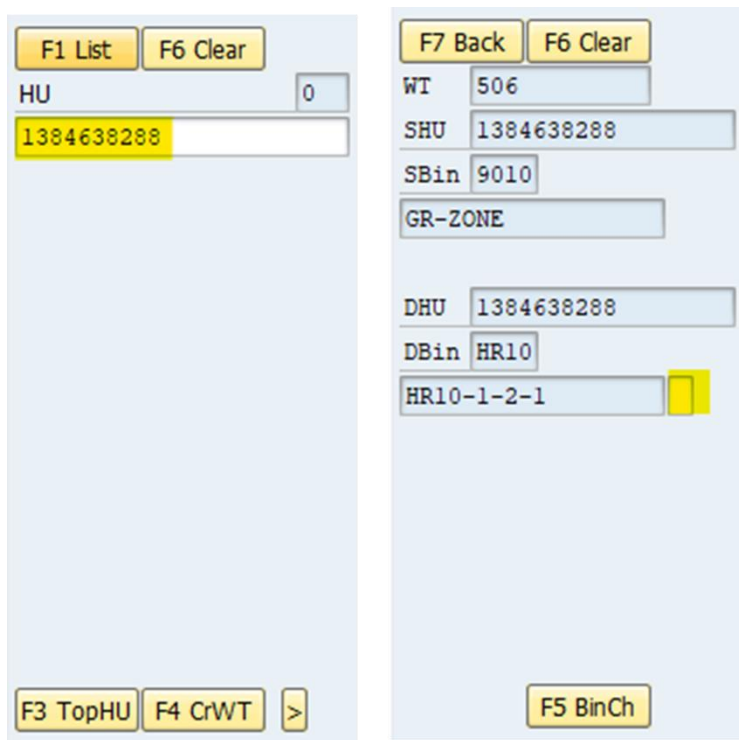
Proces odloženia sa začína po presunutí na GR-Zónu, keď sú všetky prijaté HU uložené a čakajú na operáciu odloženia. Na skeneri vyberie "Inbound Processes" a zvolí v menu možnosť "01 HU Putaway". Operátor skenuje paletu, ktorá sa má presunúť, aby získal informácie o cieľovom zásobníku a klikne na pole "CrWT".



Obrázok 25 Proces odkladania krok 1-2

Zdroj: vlastné spracovanie zo SAP EWM

Operátor skenuje paletu (TopHU), ktorá sa má presunúť, aby získal informácie o cieľovom zásobníku a klikne na pole “CrWT“. Systém vytvorí skladovú objednávku do cieľového zásobníka a systém podľa materiálu a definovanej stratégie odloženia vyhladá cieľový zásobník. Operátor sa môže presunúť na ďalší HU alebo ho môže uložiť a potom sa vrátiť k ďalšiemu HU. Nakoľko vysokozdvížným vozíkom je možné vziať viac ako jednu paletu, môže najprv naskenovať niekoľko paliet, ktoré je potrebné odložiť a systém mu vytvorí viacero skladových objednávok do poradia. Počet ukončených skladových objednávok sa zobrazuje vedľa miesta zásobníku.



Obrázok 26 Proces odkladania krok 3-4

Zdroj: vlastné spracovanie zo SAP EWM

Transfer materiálu do vybranej skladovej pozície ukončuje proces odloženia materiálu. Materiál je systémovo stále na lokácii EW10, ale z GR-Zóny prešiel do zásobníka v jednej zo skladových sekcií.

4.3.3 Doplnenie zásobníkov

Proces doplnenia je posledným zo skladových pohybov pred transferom materiálu na výrobnú linku. Dôležitá je kontinuálnosť procesu dopĺňania jednotlivých pozícií v zóne vychystávania. V prípade nedostupnosti dielu pri potrebe transferu do linky vzniká prestoj, ktorý môže spôsobiť oneskorenie dodávky, zníženie kvality a vznik mimo procesných operácií, vedúcich k chybám. Ošetrovanie takýchto situácií je nastavením minima a maxima boxov pre zásobníky. Pri dosiahnutí minima sa automaticky vytvorí skladová objednávka na doplnenie danej pozície. V rámci závodu existuje niekoľko typov dopĺňovania:

- Z horných úrovní regálov na pozemnú úroveň.
- Z veľkokapacitného skladu do supermarketu.
- Z regálov supermarketu do zón vychystávania.
- Z veľkokapacitného skladu do zóny vychystávania.

V sklade bude niekoľko trás zabezpečujúcich dopĺňovanie a na nich operuje 5 malých vozíkov na prenos materiálu. Pri implementácii EWM budú existovať dva typy dopĺňovania na základe systémového transferu materiálu. .

Vnútorne doplnenie v rámci skladovej lokácie EW10 bude vykonávané z regálov veľkokapacitného skladu do pevných zásobníkov alebo supermarketu. Tento druh doplnenia je založený na prahových hodnotách minimum/maximum množstvo na zásobník.

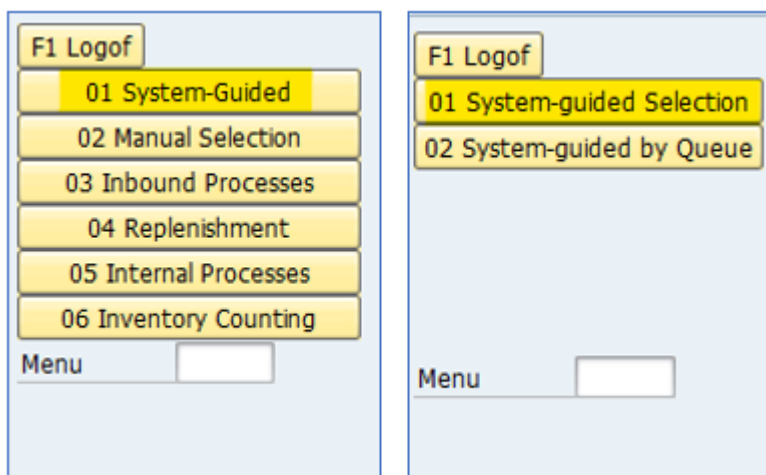
Kontrola dopĺňania sa spustí, keď je zásoba menšia ako minimálne množstvo prostredníctvom úlohy prebiehajúcej v EWM každých 5 minút.

Skladová objednávka na doplnenie zásobníka bude vytvorená z regálu do pevného zásobníka tak, aby sa dosiahlo maximálne množstvo definované v kmeňových údajoch produktu.

Plánované doplnenie je možné vykonať interaktívne, manuálnym spustením transakcie kontroly minima na konkrétnom type úložiska / materiáli / zásobníka. Manuálna kontrola je vhodná na začiatku prevádzky EWM než sa procesy zabehnú. Neskôr je možné sa spoliehať transakciu spustenú na pozadí naplánovanou každých 5 minút, cyklus spustenia transakcie sa tiež dá upraviť.

Operátorovi je doručená skladová operácia do ručného skeneru, s lokáciou manipulačných jednotiek, na vyzdvihnutie materiálu malým vozíkom. EWM ho navedie najkratšou cestou k jednotlivým zásobníkom s dostupným materiálom a späť do cieľových zásobníkov. Úloha skladu zostane otvorená, kým nebude potvrdené vyzdvihnutie.

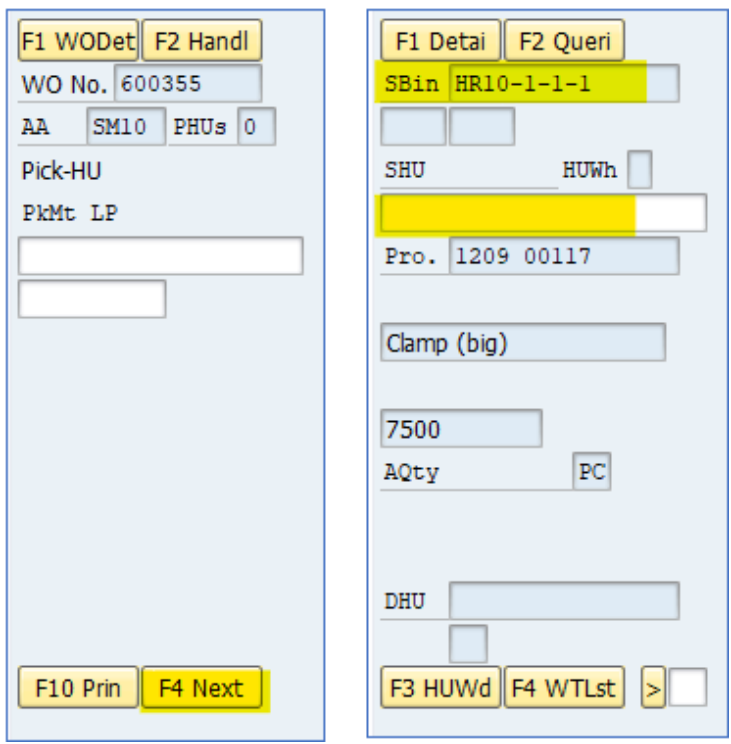
Operátor v menu na skeneri vyberie “System Guided“ a následne “System Guided Selection“.



Obrázok 27 Proces dopĺňania krok 1-2

Zdroj: vlastné spracovanie zo SAP EWM

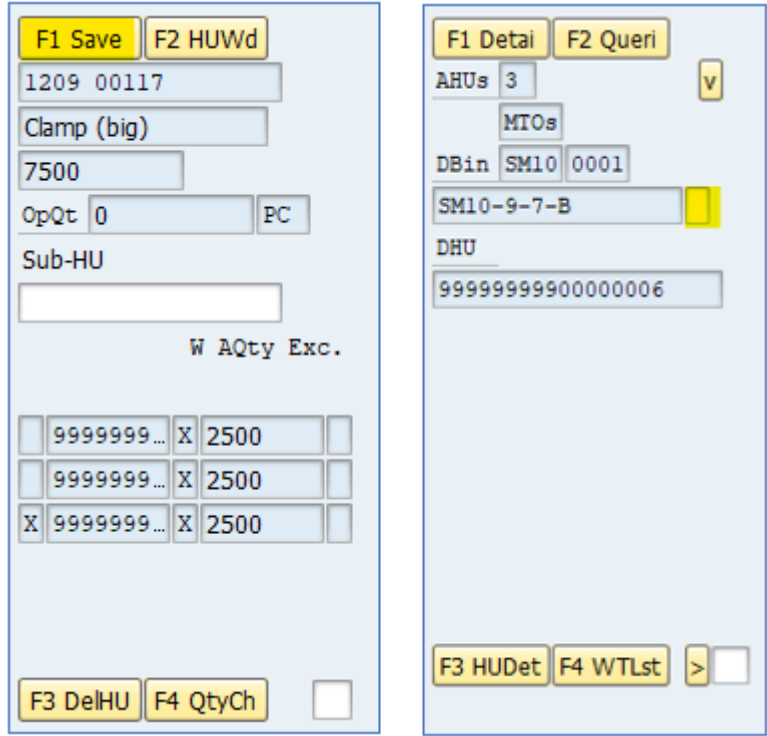
Kliknite na „Next“ a systém požiada o naskenovanie položiek zdrojového zásobníka paletového regálu. Naskenujte požadované položky a na konci kliknite na “Save“.



Obrázok 28 Proces dopĺňania krok 3-4

Zdroj: vlastné spracovanie zo SAP EWM

System požiada o naskenovanie cieľových zásobníkov.



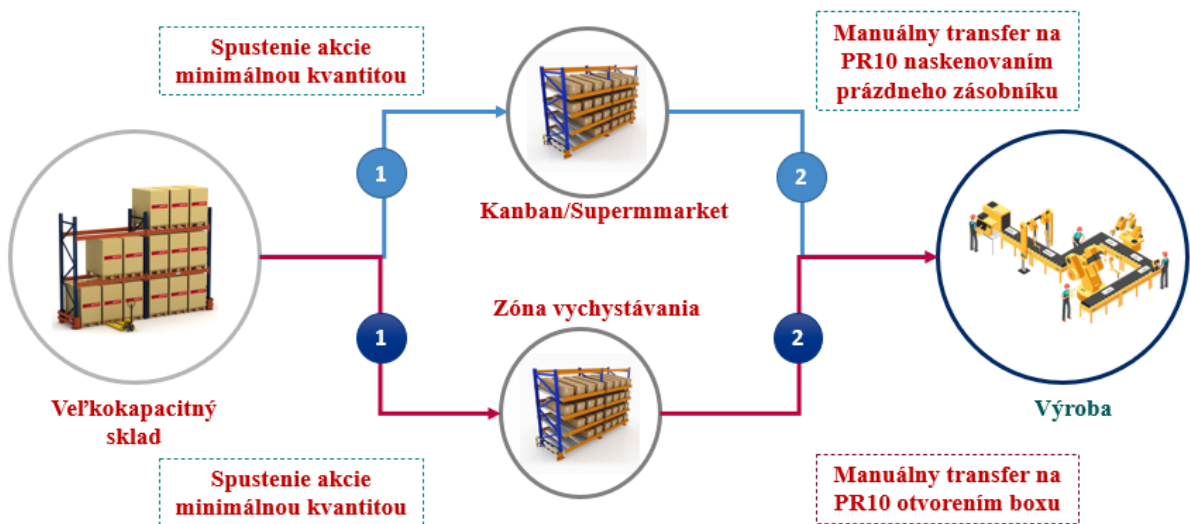
Obrázok 29 Proces dopĺňania krok 3-4

Zdroj: vlastné spracovanie zo SAP EWM

Pri vonkajšom doplnení sa mení skladová lokácia materiálu z EW10 na PR10. Existuje niekoľko scenárov na spracovanie doplnenia na niektorú zo zón, ktorá už patrí pod PR10. Tieto scenáre závisia od komodity výrobku a materiálového toku:

- Manuálny transfer box zo supermarketu do PR10 po naskenovaní HU
- Transfer malým logistickým vozíkom založený na naskenovaní prázdnych pozícií

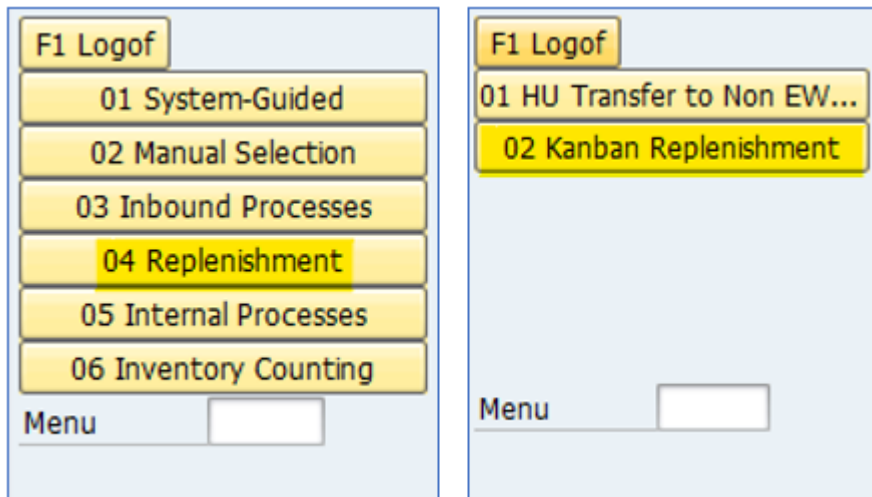
Presun zásob z EW10 do PR10 sa uskutočňuje pri otvorení manipulačnej jednotky alebo vybratí z jedného boxu z palety vysokého regálu, pozemnej zóny skladovania a supermarketu. Nasledovaný prepravou do vychystávacej zóny alebo kanban regálu a ďalej do výroby. Operátor by mal naskenovať vybranú HU, aby spustil prenos na úložisko PR10. Zásoby pôjdu do medziskladového priestoru a zásobník ostáva pod skladom LZR. Po potvrdení skladovej úlohy sa zásoby automaticky prevedú do PR10 operáciou na pozadí. Proces sa používa hlavne, keď je operátor vedený k tomu, aby vyberal kus z otvoreného boxu na základe zoznamu potrebných dielov vygenerovaného systémom IJCORE.



Obrázok 30 Proces doplnenia zásobníkov

Zdroj: vlastné spracovanie

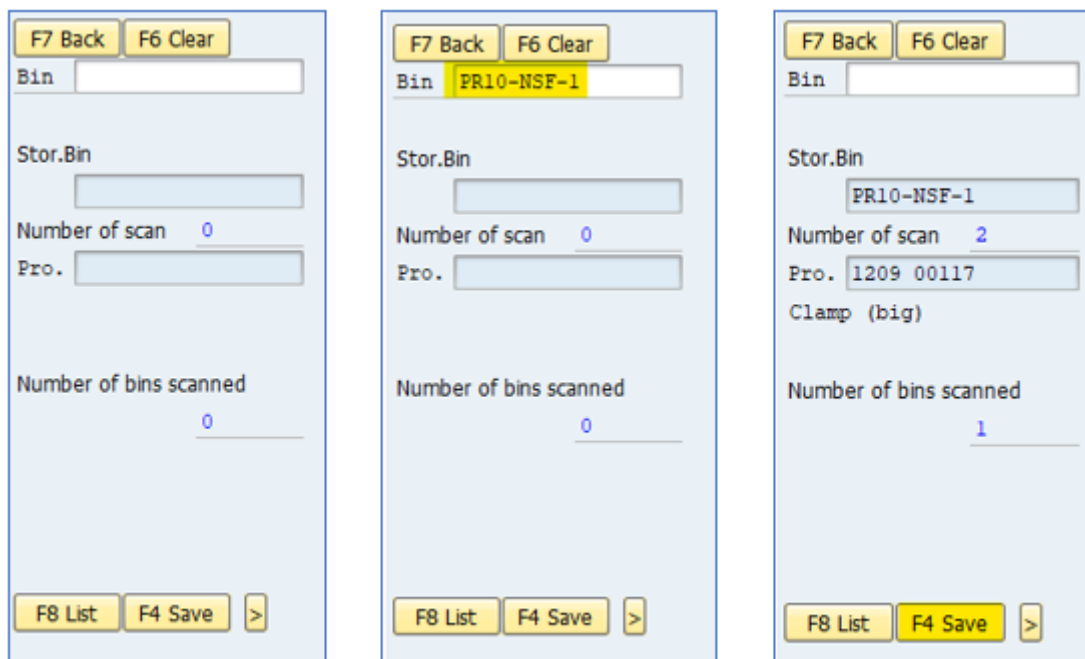
Proces dopĺňania malým logistickým vláčikom je nastavený na zásobovanie výrobných liniek požadovanými materiálmi. Operátor v menu vyberie možnosť ‘‘Replenishment’’ a potom ‘‘Kanban Replenishment’’.



Obrázok 31 Proces dopĺňania linkových regálov krok 1-2

Zdroj: vlastné spracovanie zo SAP EWM

Operátor následne naskenuje v kanban regále pri výrobnnej linke zásobníky s dosiahnutým minimálnym množstvom. Po kliknutí na "Save" systém automaticky vytvorí skladovú objednávku pre každý zásobník a zoskupí ich v rámci spoločnej úlohy.



Obrázok 32 Proces dopĺňania linkových regálov krok 3-5

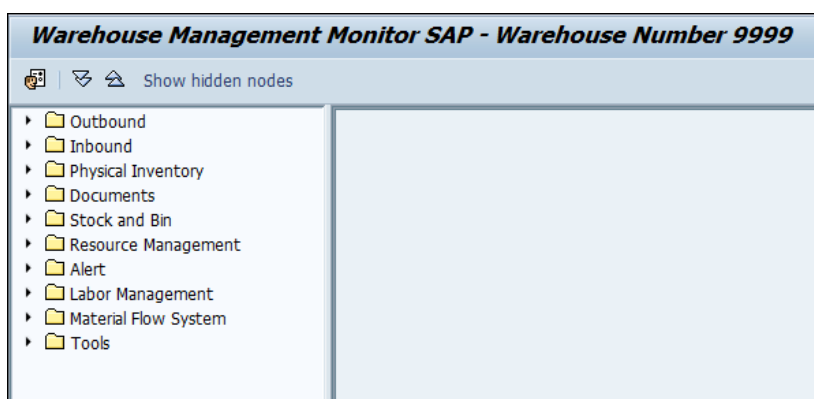
Zdroj: vlastné spracovanie zo SAP EWM

Proces je ďalej identický, ako pri dopĺňaní v rámci EWM. Pomocou systémovo riadeného menu bude operátor vedený k vyberaniu krabíc zo supermarketu. Akonáhle sú

splnené všetky úlohy alebo malý vlak je plný, systém požiada operátora, aby doručil vybrané škatule do cieľových zásobníkov.

Materiál v zóne vychystávania aj v kanban regáloch pri linke je už na skladovej lokácii PR10 a v poslednom zásobníku v rámci skladových procesov. Po prijatí správy M1 cez IJCore a vytlačení logistického štítku bude prostredníctvom AGV, manuálneho vozíka alebo ručne prevezený na výrobnú stanicu a namontovaný do sedadla.

Monitoring nových postupov a ich správna exekúcia je kľúčom k úspechu po implementačnom procese. EWM má vlastný monitorovací nástroj poskytujúci aktuálne informácie manažérom o reálnej situácii v sklade a umožňuje iniciovať vhodné reakcie v súvislosti so situáciou.



Obrázok 33 Monitor EWM

Zdroj: vlastné spracovanie podľa SAP EWM

Monitor EWM podporuje celý rad obchodných funkcií skladu od prichádzajúcich, fyzických zásob, prehľadu skladových zásob, riadenia zdrojov a práce až po odchádzajúce. Okrem toho môžeme kontrolovať protokoly aplikácií, obsah dokumentov, vykonané operácie, objekty po termíne spracovania či neaktívne objekty. Monitor EWM je absolútne vhodný na použitie pre vysokovýkonné sklady s veľkým počtom skladových operácií a nepotrebuje dodatočnú aplikačnú podporu.

Pri nečakaných situáciách je dôležité mať nastavené záložné riešenie pre všetky skladové operácie. Definovali sme 3 riziká s najväčším vplyvom na schopnosť vykonávania skladových procesov a spôsob vykonania záložného procesu.

- Porucha mobilného rádiového zariadenia: Všetky dialógové okná využívané operátormi vysokozdvížneho aj malého vozíka je možné vykonať aj na bežnom počítači.

Pri poruche je potrebné potvrdiť manuálne úkony, napríklad potvrdiť skladovú úlohu, aby bolo možné pokračovať ďalej.

- Porucha ERP: Ak dôjde k poruche centralizovaného ERP systému, je stále možné do určitej miery pracovať v decentralizovanom systéme EWM. Naplánované operácie budú uložené do vyrovnávacej pamäte a automaticky prenesené do centralizovaného systému ERP hneď, ako bude tento systém k dispozícii. Počas výpadku ECC/ERP bude EWM naďalej pracovať s použitím funkcionality negatívnej skladovej zásoby v GR-Zóne. Táto funkcia umožní vytvorenie zásob v systéme, aby kontinuálne pokračoval proces odkladania. Takže aj keď zásoby nie sú prijaté v ERP, operátori budú schopní spravovať zásoby fyzicky v sklade generovaním negatívnych zásob, ktoré nahradia prichádzajúci tovar, ktorý ešte nie je prijatý v ERP. Keď sa ERP vráti do prevádzky, záporné zásoby budú vymazané po spracovaní úkonov.

- Porucha EWM: V prípade poruchy systému EWM môžu operácie pokračovať v centralizovanom systéme ERP. Operácie budú v poradí uložené do vyrovnávacej pamäte a automaticky prenesené do decentralizovaného systému EWM hneď, ako bude tento systém k dispozícii.

5 Diskusia

Implementácie EWM, ako moderného systému správy skladu, prináša do operatívnej prevádzky významné zmeny a inovácie, ktoré vyplývajú nielen hospodárske výsledky organizácie, ale aj schopnosť prispôbiť sa dynamickým podmienkam trhu a zlepšiť kvalitu služieb. V diskusii sa zameriame na analýzu týchto prínosov a ich vplyv na rôzne aspekty podnikateľskej činnosti a logistických procesov.

Investícia do implementácie WMS systému by mala dávať zmysel pred podnik, nie len z ekonomického pohľadu návratnosti a úspor, ale aj z pohľadu držania kroku s princípmi moderného skladu, kontinuálneho zlepšovania, zabezpečením kvality a spokojnosti zákazníka.

Náklady spojené s implementáciou sú rozdelené na závod a pobočku divízie pre oblasť, v ktorej sa závod nachádza. Divízia hradí náklady spojené s projektovou implementáciou zmluvnému poskytovateľovi a závod musí uhradiť hardvérové vybavenie a licenciu.

Tabuľka 10 Prehľad nákladov na implementáciu SAP EWM

Zariadenie	Počet kusov	€/kus	Náklady	Druh nákladu
Terminal MC930B-G SR	20	1 344 €	26 880 €	Náklady hradené na úrovni závodu
Terminal MC930B-G LR	9	1 434 €	12 906 €	
Batérie	45	63 €	2 835 €	
Nabíjacie stanice	12	238 €	2 856 €	
Licencia	1	1 836 €	1 836 €	
Spolu			47 313 €	
GAP Analýza	1	6 000 €	6 000 €	Náklady hradené na úrovni divízie
Vykonanie projektu	1	51 000 €	51 000 €	
GAP Implementácia	1	6 000 €	6 000 €	
Spolu			63 000 €	
Spolu náklady			110 313 €	Celkové náklady

Zdroj: vlastné spracovanie

Jednorazové celkové náklady na implementáciu presahujú sumu 110 tisíc eur, ale nie je potrebné prijímanie ďalších zamestnancov, ani platenie softvérovej podpory či iné dlhodobé náklady spojené so zavedením projektu. Školenie prvej úrovne podpory, tzv.

hlavných používateľov, na úrovni závodu je zahrnuté v projektových nákladoch, druhá úroveň podpory ostáva rovnaká ako pri SAP ERP. Prvou úrovňou podpory bude manažér skladu, jeden z koordinátorov kontinuálneho zlepšovania a lokálne IT oddelenie. Zaškolenie operátorov a ostatných pracovníkov zapojených do procesov s EWM bude prebiehať následne z interných zdrojov.

V prípade malého projektu s adekvátnym plánovaním a riadením môže priniesť rýchle a významné výsledky. Pri projekte s očakávanou rýchlou návratnosťou investície, je kľúčové identifikovať efektívne opatrenia, ktoré vedú k okamžitému zlepšeniu a úsporám nákladov.

V sfére nami navrhnutého riešenia procesu v EWM sme identifikovali širokú škálu kvalitatívnych prínosov:

- Možnosť príjmu materiálu s použitím RF skeneru, bez ohľadu na druh prijímanej dodávky a dodávateľa – Box, Kontajner, Homogénna paleta, Zmiešaná paleta.
- Zníženie chybovosti používaním lineárnych čiarových kódov na všetkých pozíciách v sklade, podpora RFID a RF senzorov pre možnosť budúcej implementácie.
- Priebežná presnosť zásob, jednoduchšia kontrola a riadenie fyzických zásob na úrovni zásobníku, doteraz možné len na úrovni materiálu.
- Optimalizácia umiestňovania pomocou definície stratégií a vyplývajúce šetrenie priestoru.
- Dopĺňanie prázdnych miest na základe dosiahnutia prahových hodnôt minima, odstráni možnosť oneskorených reakcií, ako pri predošlom nastavení procesu.
- Tvorba nového logického usporiadania skladu
- Systémovo navádzané operácie znižujú priestor na nepresnosti a chyby.
- Sledovanie skladových aktivít a vyhodnocovanie nových KPI.

Okrem zle riešeného procesu skladovania sú najväčším identifikovaným problémom v rámci skladovania rozdiely v zásobách, za rok 2022 predstavovali takmer 1,5 milióna eur. Zásoby sú významným aktívom vo finančných bilanciách spoločnosti. Presné záznamy o zásobách sú nevyhnutné pre určenie finančnej stability podniku.

Rozdiely môžu viesť k nesprávnym finančným výkazom, čo môže potenciálne poškodiť dôveryhodnosť podniku voči investorom, zákazníkom a dodávateľom. Následne rozdiely v zásobách môžu viesť k nadmernému alebo nedostatočnému zásobovaniu produktov. Nadmerné zásobovanie viaže kapitál a skladovacie priestory, zatiaľ čo nedostatočné zásobovanie môže viesť k nedostatku materiálu, oneskoreniu dodávok a nespokojnosti zákazníka.

Tabuľka 11 Inventúrny rozdiel v roku 2022

Mesiac	Čistý rozdiel
Január	96 004 €
Február	203 347 €
Marec	170 337 €
Apríl	126 509 €
Máj	113 236 €
Jún	91 692 €
Júl	103 591 €
August	38 055 €
September	97 977 €
Október	200 539 €
November	167 512 €
December	85 048 €
Mesačný priemer	124 487 €
Spolu	1 493 846 €

Zdroj: vlastné spracovanie podľa podnikovej dokumentácie

Z rozdielov v zásobách plynú ďalšie náklady, ako platba extra transportov, dodatočné objednávky, zvýšenie objemu práce, auditovanie, inventúra, úroky financovania a náklady ušlej príležitosti.

Polročné inventúry počas odstávok výroby poskytujú najpresnejší prehľad stavu fyzických zásob. Inventúra štandardne trvá 3 pracovné dni na dvoch zmenách za účasti približne 60-tich pracovníkov. Po zavedení EWM očakávame zníženie počtu potrebných pracovníkov na 45 a skrátenie trvania jednej inventúry na 2 pracovné dni. Pri zachovaní počtu ľudí by sa proces neurýchlil, nakoľko nastavený proces inventúry v podniku má určité postupnosti a pracovná sila by nebola optimálne využitá. Zníženie potreby sa týka 8 tímov po dvoch pracovníkoch, jeden obsluhujúcich VZV a druhý rátač zásob, nakoľko nie je potrebné prerátavať nenačaté manipulačné jednotky vo veľkokapacitnom sklade.

Tabuľka 12 Analýza úspor na semestrálnych inventúrach

Pracovníci	Cena práce €/hod	Zmeny	Počet hodín	Počet dní ročne	Spolu náklady
60	14	2	8	6	80 640 €
44	14	2	8	4	39 424 €
Úspora					41 216 €

Zdroj: vlastné spracovanie

Druhou oblasťou je zníženie extra transportov spôsobených rozdielmi v zásobách a neskorou reakciou na nedostatok materiálu vplyvom poškodenia, nezodpovedajúcej kvality, pomalá odozva aplikácií e-Kanban a Webpicking. Celkové náklady na extra transporty z vyššie uvedených dôvod predstavovali za rok 2022 sumu 11 532€. Po implementácii EWM očakávame rapidne zlepšenie na úrovni až 50%, priestor na ľudské pochybenia stále existuje, ale v oveľa menšom rozmedzí ako doteraz.

Tabuľka 13 Analýza úspor na extra transportoch materiálu

Dôvod transportu	2022	po zavedení EWM	úspora
Rozdiel v zásobách	5 430 €	2 715 €	2 715 €
Neskorá reakcia	6 102 €	3 051 €	3 051 €
Spolu	11 532 €	5 766 €	5 766 €

Zdroj: vlastné spracovanie

Tretím je zníženie objemu práce materiálových plánovačov s opravou dodávateľských dokumentov. Ušetrenie nákladov v rovine zníženia počtu zamestnancov je skôr v relatívnej rovine, nakoľko každý materiálový plánovač kontroluje dokumenty jemu pridelených dodávateľov. Avšak v prípade prerozdelenia pracovných povinností a dodávateľov by bolo možné znížiť počet materiálových plánovačov o jedného zamestnanca. Celková úspora približne 37,5 hodiny pracovného času, predstavuje jeden úväzok s cenou práce približne 47 200 € ročne.

Tabuľka 14 Analýza úspory pracovného času

	Čas kontroly hod.	Pracovníci	Počet dní	Čas spolu hod.
Pred zavedením EWM	1,33	9	5	60
Po zavedení EWM	0,50	9	5	22,5
Úspora	0,83			37,5

Zdroj: vlastné spracovanie

Poslednou sú náklady spojené s rozdielmi v zásobách, ako prvé sme rátali úrokové náklady, spojené s financovaním a dorovnaním rozdielov v zásobách. Rovnako ako pri znížení extra transportov, cieľom je zníženie rozdielov v zásobách o 50%. Priemerný

zaplatený úrok, získaný z interných dokumentov závodu, z financovania rozdielov v zásobách je 3,27%,

Tabuľka 15 Analýza úspor na financovaní rozdielov zásobách

Obdobie	Rozdiely v zásobách	Úrok
2022	1 493 846 €	48 849 €
Po zavedení EWM	746 923 €	24 424 €
Úspora	746 923 €	24 424 €

Zdroj: vlastné spracovanie

Súčasne sme vyrátali náklady ušlej príležitosti z prevádzkovej marže. Na vyrátanie sme použili ukazovateľ prevádzkovej marže, nakoľko podnik vykazuje stratu a nie je možné použiť ani jeden z ukazovateľov ziskovosti. Na základe interných podnikových informácií sme vypočítali prevádzkovú maržu pre vybraný závod na úrovni 4,23%. Náročnosť prepočtu prevádzkovej marže na projekt vyplýva z prepojenia pracovných miest, spoločných dielov, zdieľaných priestorov skladu a podobne.

Tabuľka 16 Analýza úspor na ušlom zisku z rozdielov v zásobách

Obdobie	Rozdiely v zásobách	Potenciálny zisk
2022	1 493 846 €	63 190 €
Po zavedení	746 923 €	31 595 €
Úspora	746 923 €	31 595 €

Zdroj: vlastné spracovanie

S relatívne nízkymi nákladmi na implementáciu a zároveň vysokým potenciálom úspor môže takýto projekt dosiahnuť návratnosť investície v pomerne krátkom čase. Implementácia pomerne jednoduchých technologických nástrojov a softvérového riešenia EWM na zlepšenie skladových procesov môže zvýšiť produktivitu a znižovať náklady vo viacerých oblastiach. V prípade malých projektov je kľúčové aj monitorovanie a hodnotenie dosiahnutých výsledkov, aby sa zabezpečilo, že očakávané úspory sa dosiahli. Dôležité je tiež pružné prispôbenie stratégie v prípade, že sa v priebehu projektu objavia nové príležitosti alebo výzvy.

Návratnosť rátame prostredníctvom potenciálne dosiahnutých úspor na skrátení trvania semestrálnych inventúr, zníženie potreby extra transportov, zníženie nákladov na rozdieloch skladových zásob a zníženie objemu práce pre materiálových plánovačov.

Výsledná tabuľka je prehľadom všetkých nákladov a úspor spojených s implementáciou systému riadenia skladu EWM. Najsignifikantnejším rozdielom medzi nákladmi a úsporami je, že náklady sú jednorazové a úspory dlhodobé. Všetky úspory sú rátané na základe vynaložených nákladov za rok 2022 a ich znížením v období jedného roka od ukončenia implementačného procesu a plnej prevádzky skladu v systéme EWM. Doba návratnosti investície vyšla menej ako jeden rok, presnejšie 268 dní. Návratnosť investície v percentuálnom vyjadrení predstavuje 136%. Potrebne budúce investície do výmeny zariadení sú plánované v horizonte viac ako 5 rokov.

Tabuľka 17 Finančná analýza projektu

Náklad	Počet kusov	€/kus	Náklady
Scanner Terminal MC930B-G SR	20	1 344 €	26 880 €
Scanner Terminal MC930B-G LR	9	1 434 €	12 906 €
Batérie	45	63 €	2 835 €
Nabíjacie stanice	12	238 €	2 856 €
Licencia	1	1 836 €	1 836 €
Spolu			47 313 €
GAP Analýza	1	6 000 €	6 000 €
Vykonanie projektu	1	51 000 €	51 000 €
GAP Implementácia	1	6 000 €	6 000 €
Spolu			63 000 €
Spolu náklady			110 313 €
Druh úspory	Objem	Suma	Suma úspory
Skrátenie inventúr	2	20 608 €	41 216 €
Extra transporty	1	5 766 €	5 766 €
Pracovná sila	1	47 200 €	47 200 €
Úroky	1	24 424 €	24 424 €
Potenciálny zisk	1	31 595 €	31 595 €
Spolu			150 201 €
Doba návratnosti investície		dni	268
Návratnosť investície		%	136%

Zdroj: vlastné spracovanie

Potenciál úspor pracovnej sily v sklade z podstaty efektívnejších procesov bol znegovaný komplexnejšími operáciami jednotlivých zamestnancov, najmä úkony so skenerom.

Okrem kvalitatívnych a procesných zlepšení sme preukázali ekonomickú výhodnosť implementácie EWM. Súčasne vnímame implementáciu EWM, ako platformu pre budúce rozširovanie princípov moderného skladu.

Podľa nášho názoru by budúcim cieľom v rámci skladovania malo byť rozšírenie EWM aj na ostatné projekty. V nasledujúcom kroku sa zamerať na automatický sklad poťahov a vytvoriť z každej jeho pozície jeden zásobník a prijímať sedadlové poťahy cez skladovú lokáciu EW10.

Modul SAP EWM podporuje RFID riešenia a myslíme si, že by bolo vhodné zaviesť rádiový frekvenčnú identifikáciu na skupinu veľkých dielov, kde cena dielu je vyššia a zavedenie značky RFID by neznamenal dramatické zvýšenie celkových obstarávacích nákladov.

Technológia by nám umožnila sledovať polohu a pohyb týchto cenných dielov v reálnom čase, čo by výrazne zvýšilo účinnosť a presnosť skladových operácií. Zavedenie RFID riešenia by malo ďalšie prínosy, zlepšenie sledovateľnosti dielov, minimalizovať zámeny a zároveň zvýšiť bezpečnosť skladovaných položiek. Naopak otáznou je návratnosť a ochota dodávateľov spolupracovať pri zavádzaní. Zároveň existuje riziko predrazenia projektu vzhľadom na jeho rozsiahlosť a kontinuálne náklady.

Tabuľka 18 Odhadované náklady na zavedenie RFID v prvom roku

Potreby RFID	
Počet veľkých dielov	5
Počet sedadiel denne	10800
Počet RFID značiek ročne	12420000
Cena RFID značky	0,07 €
Náklady na značky	869 400,00 €
Projektová analýza	30 000,00 €
Implementácia	200 000,00 €
Projektové náklady	125 000,00 €
Spolu náklady	1 224 400,00 €

Zdroj: vlastné spracovanie

Nasledujúcim návrhom je rozšíriť existujúci WMS o funkcionality digitálnej dvojčky na zlepšenie riadenia a optimalizácie skladových operácií. Hľadali by sme hotové riešenie zamerané na špecifickú aplikáciu, v našom prípade modul SAP EWM, s očakávaním hladkého priebehu a jednoduchšej implementácie.

Pred výberom konkrétneho hotového riešenia by sme hodnotili viacero aspektov, náklady na implementáciu, školenie personálu, údržbu a podporu, aby sa dosiahol celkový obraz o nákladoch projektu.

Naším primárnym cieľom by bolo vytvorenie digitálnej mapy skladu obsahujúcu informácie o rozmiestnení zásob, ich množstve, skladových pohybov a aktuálnom stave. Nasledujúcim zámerom by bola integrácia dát, prostredníctvom rozhrania medzi digitálnou dvojičkou a existujúcim WMS umožňujúcim synchronizáciu údajov medzi oboma systémami a ich vzájomnú interakciu v reálnom čase. Aplikačné riešenie by sme odporúčali využívať najmä na uplatnenie pokročilej prediktívnej analýzy, simulácie rôznych scenárov a ich dopadu na skladové operácie.

Projekt by sme rozdelili na niekoľko etáp, pričom by sme sa v úvode zamerali na základné funkcie digitálnej dvojičky, s postupnou integráciou ďalších komplexnejších a pokročilých funkcií. Každá fáza implementácie by mala jasne definované ciele a plánovaný harmonogram realizácie.

Tabuľka 19 Náklady na implementáciu digitálneho dvojčata

Nákladové položky	Orientačné cenové náklady
GAP Analýza	26 000,00 €
Konzultácie	8 500,00 €
Analýza súčasných procesov	14 000,00 €
Licenčné poplatky	3 500,00 €
GAP Implementácia	43 500,00 €
Zavádzanie	22 500,00 €
Prispôsobenie a integrácia	13 500,00 €
Testovanie a ladenie	7 500,00 €
Ostatné náklady	53 500,00 €
Školenie zamestnancov	8 500,00 €
Vykonanie projektu	45 000,00 €
Celkové náklady	123 000,00 €

Zdroj: vlastné spracovanie

Pokračovanie v implementácii automatických vozíkov by sme okrem zón vychystávania presunuli aj do skladu. Zamerali by sme sa na autonómne VZV alebo VNA AGV, čo by vyžadovalo vykonanie dôkladnej analýzy súčasného stavu skladových operácií a identifikáciu oblastí, kde by mohli AGV priniesť najväčšie výhody. Nasledovalo by návrh vhodného usporiadania skladu, ktorý by optimalizoval využitie priestoru a zabezpečil efektívny pohyb vozíkov. Trasy týchto vozíkov je možné integrovať v systéme EWM, čo by umožnilo presnú navigáciu a riadenie ich pohybu. Implementácia autonómnych VNA vozíkov by bola súčasťou princípu moderného riadenia skladu. Pri implementácii by bolo dôležité zabezpečiť integráciu AGV s existujúcimi systémami a automatizáciou, aby sa zabezpečila hladká a efektívna prevádzka. Podmienka vysokej finančnej investície, možná potreba prestavby skladu a otázna finančná návratnosť by boli pravdepodobne brzdiace body v projekte.

Záver

V období štvrtej priemyselnej revolúcie prechádzajú transformáciou všetky odvetvia, vrátane skladovej logistiky. Inteligentný sklad, nový koncept poňatia skladových operácií a procesov, je budúcim štandardnom meniacim aktuálne zaužívané normy v skladovom hospodárstve. Inteligentné sklady predstavujú nevyhnutný krok smerom k budúcnosti logistiky a skladovania. Fundamentálny pilier inteligentného skladu spočíva v synergickom spojení technológií generujúcich dáta, vo forme senzorov alebo RFID, a systémov pokročilej analýzy dát a umelej inteligencie. Ich implementácia prináša do procesov výrazné zvýšenie efektivity, bezpečnosti, presnosti a prispôsobivosti. Avšak, vzhľadom na dynamiku trhu a technologický pokrok, stále zostáva priestor pre ďalší výskum a inovácie v oblasti inteligentného skladovania. Technologická zastaranosť v aktuálnom podnikateľskom prostredí nie je možnosťou a predurčuje spoločnosť k úpadku. Naopak spojenie technológií inteligentného skladu s podnikovými stratégiami je základom pre zvýšenie konkurencieschopnosti a budúcej prosperite podniku.

Hlavným cieľom diplomovej práce bolo aplikovať princíp moderného skladovania v podobe WMS v sklade vo vybranom podniku za účelom optimalizácie vybraného podnikového procesu a priblíženia sa štandardom moderného inteligentného skladu. Okrem primárneho cieľu sme si stanovili niekoľko sekundárnych cieľov pre teoretickú aj praktickú časť práce, ktoré nás mali priblížiť k naplneniu primárneho cieľa. V teoretickej časti práce sme ozrejmili problematiku a základné pojmy v oblasti inteligentného skladovania. Okrem toho sme priblížili aktuálne trendy a definovali funkcie technológií, ako umelá inteligencia alebo WMS. Úvod praktickej časti zameraný na charakteristiku, podmienky a vnútropodnikové procesy spojené s tokom materiálu naplnil stanovené ciele. Rozhovory so zamestnancami a prístup k interným dokumentom nám výrazne zjednodušilo zber potrebných dát a informácií. V podkapitole 4.3 sme v chronologickej postupnosti objasnili proces toku materiálu po implementácii softvérového riešenia. Zamerali sme sa na tri základné operácie a to príjem materiálu, proces odloženia materiálu a dopĺňanie zásobníkov. V diskusii sme zosumarizovali dôvody v prospech implementácie SAP EWM v podniku. Pomenovali sme kvalitatívne prínosy a vyčíslili ekonomické prínosy nášho návrhu. Analyzovali sme potenciálne nasledujúce akcie k dosiahnutiu štandardu inteligentného skladu.

Zoznam použitej literatúry

Knižné zdroje:

1. LAUDON, Kenneth C. - LAUNDON, Jane P.. *Management information systems: Managing the Digital Firm*. 16. edition. New York: Pearson Education, Inc, 2019. p. 660. ISBN 978-0-13-519179-8
2. STAIR, Ralph – REYNOLDS, George – CHESNEY, Thomas. *Principles of Business Information System*. 3. edition. Hampshire: Cengage EMEA, 2018. p. 530. ISBN 978-1-4737-4841-5
3. PEARLSON, Keri E. – SAUNDERS, Carol S. – GALLETTA, Dennis F. *Managing and Using Information Systems: A STRATEGIC APPROACH*, : 6. edition, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2015, 340 s., ISBN 978-1-119-24428-8
4. STAIR, Ralph – REYNOLDS, George. *Fundamentals of Informtion System*, 8. edition. Boston: Cengage Learning, 2016. p. 540. ISBN978-1-305-11850-8
5. BALTZAN, Paige. *Information system*, 4. edition. New York: McGraw-Hill EDUCATION, 2018. p. 321. ISBN 978-1-259-81429-7
6. MULLER, Max. *Essentials of inventory management*. 3d. ed. HarperCollins Leadership, 2019.p. 272. ISBN 978-1-4022-1237-8.

Internetové zdroje:

1. ABIRAD, Maryam, KRISHNAN, Krishna. Industry 4.0 in Logistics and Supply Chain Management: A systematic Literature Review. *Engeneering Journal*, [online]. 12.06.2020, no.33, p. 1-15. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/342910559_Industry_40_in_Logistics_and_Supply_Chain_Management_A_Systematic_Literature_Review
2. MALINOWSKA, Magdalena; RZECZYCKI, Andrzej; SOWA, Mariusz. Roadmap to sustainable warehouse. *SHS Web of Confernces*. EDP Sciences, [online]. 03.01.2018, no. 57, p. 01-28. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/329185965_Roadmap_to_sustainable_warehouse
3. OLORUNTOBI, O., MOKHTAR, K., MOHD ROZAR, N., GOHARI, A., ASIF, S., CHUAH, L. F. Effective technologies and practices for reducing pollution in warehouses. *Cleaner Engineering and Technology*, [online]. 04. 03.2023, vol. 13, ISSN

- 2666-7908. Dostupné na:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790823000277>
4. MELL, Peter - GRANCE Tim. *The NIST Definition of Cloud Computing*. [online]. Version 15. NIST. 2019
 5. STAMAS J. Paul. KAARST-BROWN Michelle L., and SCOTT Bernard, "The Business Transformation Payoffs of Cloud Services at Mohawk," *MIS Quarterly Executive* [online]. 2014, vol. 13, no. 4, p. 177-192. Dostupné na:
https://www.researchgate.net/publication/287840066_The_Business_Transformation_Payoffs_of_Cloud_Services_at_Mohawk
 6. XU, J., PERO, M., FABBRI, M. Unfolding the link between big data analytics and supply chain planning. *Technological Forecasting and Social Change*, [online]. 2023, vol. 196, no. 122805. Dostupné na:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162523004900>
 7. FULLER, Aidan, FAN, Zhong, DAY, Charles, BARLOW, Chris. Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*, [online]. 2020, vol 8: p. 108952-108971. ISSN: 2169-3536. Dostupné online:
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9103025/>
 8. MAHESHWARI, P., KAMBLE, S., KUMAR, S., BELHADI, A. a GUPTA, S. Digital twin-based warehouse management system: A theoretical toolbox for future research and applications. *The International Journal of Logistics Management*, [online]. 2023. ISSN: 0957-4093 Dostupné na:
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJLM-01-2023-0030/full/html>
 9. UNNU, A. a PAZOUR, J. A. A large-scale heuristic approach to integrate on-demand warehousing into dynamic distribution network designs. *Computers & Industrial Engineering*, [online]. 2023, vol. 186, ISSN 0360-8352. Dostupné na:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835223007763>.
 10. UNNU, K. a PAZOUR, J., Evaluating on-demand warehousing via dynamic facility location models. *IIE Transactions*. [online]. 2022, vol. 54, n. 10, p. 988-1003. ISSN 2472-5854. Dostupné na:
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/24725854.2021.2008066>
 11. TUTAM, Mahmut. Warehousing 4.0 in Logistics 4.0. *Logistics 4.0 and Future of Supply Chains*, 1. ed., Springer Singapore, 2022, 95-118. ISBN 978-981-16-5644-6

12. DAVENPORT, Thomas H. a Rajeev RONAKI. Artificial Intelligence for the Real World. *Harvard Business Review*. [online]. 2018 Dostupné na: <https://hbr.org/webinar/2018/02/artificial-intelligence-for-the-real-world>.
13. TIWARI, S. Smart warehouse: A bibliometric analysis and future research direction. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, [online]. 2023, vol. 2, no. 100014. ISSN 2667-3444. Dostupné online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667344423000063>.
14. PANDIAN, A. Pasumpon. Artificial intelligence application in smart warehousing environment for automated logistics. *Journal of Artificial Intelligence*, 2019, vol. 1.02, p. 63-72.. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/338820946_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_APPLICATION_IN_SMART_WAREHOUSING_ENVIRONMENT_FOR_AUTOMATED_LOGISTICS
15. GUNASEKARAN, A.; NGAI, E. W. T. Expert systems and artificial intelligence in the 21st century logistics and supply chain management. *Expert Systems with Applications*, [Online]. 2014, vol. 41, no. 1, p. 1-4. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417413007252>
16. Statista.com Počet domácností s internetovým pripojením v roku 2022. [Online]. Dostupné na: <https://www.statista.com/statistics/189349/us-households-home-internet-connection-subscription/>
17. Statista.com Digitálna populácia v roku 2022 [Online]. Dostupné na: <https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide>
18. GREENGARD, Samuel. *The internet of things*. 3. ed. Cambridge: MIT press, 2021. p. 296, ISBN 9780262542623
19. AHMED, S. F.; ALAM, M. S. B.; HOQUE, M. Industrial Internet of Things enabled technologies, challenges, and future directions. *Computers and Electrical Engineering*, [Online]. 2023, vol. 110, no. 108847. ISSN 0045-7906 Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790623002719>.
20. SONG, Yanxing, et al. Applications of the Internet of Things (IoT) in smart logistics: A comprehensive survey. *IEEE Internet of Things Journal*, [Online]. 2020, vol. 8, no. 6, p.4250-4274. Dostupné na: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9241736>

21. TAJ, S., IMRAN, A. S., KASTRATI, Z., DAUDPOTA, S. M., MEMON, R. A., & AHMED, J. IoT-based supply chain management. *Internet of Things*, [Online]. 2023, vol. 24, no. 100982. ISSN 2542-6605. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660523003050>.
22. AHMED, S. F.; ALAM, M. S. B.; HOQUE, M. Industrial Internet of Things enabled technologies, challenges, and future directions. *Computers and Electrical Engineering*, [Online]. 2023, vol. 110, no. 108847. ISSN 0045-7906 Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790623002719>.
23. CISCO Systems, Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper, [Online]. 2023 Dostupné na: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>
24. TALWAR, Shalini, KAUR, Puneet, FOSSO WAMBA, Samuel, DHIR, Amandeep. Big Data in operations and supply chain management: a systematic literature review and future research agenda. *International Journal of Production Research*, [Online]. 2021/02/23, vol. 59, p. 1-26. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/349545851_Big_Data_in_operations_and_supply_chain_management_a_systematic_literature_review_and_future_research_agenda
25. McKinsey and Company, McKinsey Global Institute, Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition and Productivity. June 2011. Dostupné na: http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/big_data_the_next_frontier_for_innovation.
26. UNHELKAR, B., JOSHI, S. Enhancing supply chain performance using RFID technology and decision support systems in the industry 4.0. *International Journal of Information Management Data Insights*, [Online]. 2022, vol. 2, no. 2, p. 100084. ISSN 2667-0968. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667096822000271>.
27. ISO.org RFID Standards [online]. 2024. Dostupné na: <https://www.iso.org/search.html?q=rfid>
28. ZHU, X., MUKHOPADHYAY, S.K., KURATA, H. A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. *Journal of Engineering and Technology Management*, [Online]. 2012, vol. 29, no. 1, pp. 152-167. ISSN 0923-4748. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0923474811000994>..

29. POPOVA, I., ABDULLINA, . Application of the RFID technology in logistics. *Transportation Research Procedia*, [Online]. 2021, vol. 57, pp. 452-462. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146521007006>.
30. BARTHOLDI, John J.; HACKMAN, Steven Todd. *Warehouse & distribution science..* Atlanta, GA: The Supply Chain and Logistics Institute, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, 2006, p. 34. OCLC 938330477.
31. Grand View Research, Warehouse Management Systems Market Report 2024-2030. [Online]. 2024. Dostupné na: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/warehouse-management-system-wms->.
32. ANDIYAPPILLAI, Natesan. Factors influencing the successful implementation of the Warehouse Management System (WMS). *International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS)*, [Online]. 2020, vol. 12, no. 35. ISSN 2249-0868. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/338632081_Factors_Influencing_the_Successful_Implementation_of_the_Warehouse_Management_System_WMS.
33. PEERLESS RESEARCH GROUP, Materials Handling Technology Study, 2019, Dostupné na: <https://www.peerlessresearch.com/2019/07/materials-handling-technology-study/>
34. SAP Extended Warehouse Management, Dostupné na: <https://www.sap.com/products/scm/extended-warehouse-management.html>