

Možnosti využití Automated Guided Vehicles ve vybraném podniku

Michael Kamler

Bakalářská práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav logistiky

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Michael Kamler
Osobní číslo: L20493
Studijní program: B1041P040003 Aplikovaná logistika
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Možnosti využití Automated Guided Vehicle ve vybraném podniku

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte teoretická východiska týkající se problematiky logistiky s důrazem na možnosti využití Automated Guided Vehicle.
2. Analyzujte možnosti využití Automated Guided Vehicle ve vybraném podniku.
3. Navrhněte doporučení vedoucí k zavedení Automated Guided Vehicle ve vybraném podniku.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
 2. JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.
 3. SVOZILOVÁ, Alena. *Projektový management: Systémový přístup k řízení projektů*. Třetí aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-271-0075-0.
- Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Taraba, Ph.D.**
Ústav logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **5. května 2023**

L.S.

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 5.5.2023

Jméno a příjmení studenta: Michael Kamler

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zaměřuje na využití automaticky naváděných vozíků, známých jako Automated Guided Vehicles (AGV), ve vybraném průmyslovém podniku. V první části jsou popsána teoretická východiska, včetně základních principů, technologií a aplikací. Dále je pomocí špagetového diagramu popsán aktuální stav manipulační techniky ve společnosti a identifikovány příležitosti k optimalizaci procesů. V další části jsou navrženy konkrétní typy AGV, které by mohla společnost využít, a to na základě analýzy konkrétních potřeb a požadavků společnosti. V závěrečné části je provedena analýza orientační návratnosti investice při koupi AGV, která je založena na srovnání nákladů na pořízení a provoz AGV s předpokládanými úsporami v nákladech na lidskou práci a zvýšení efektivity výroby.

Klíčová slova: Automaticky naváděné vozíky, manipulační technika, špagetový diagram, návrhy AGV, návratnost investice.

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on the utilization of Automated Guided Vehicles, known as AGVs, in a selected industrial enterprise. The first part describes the theoretical background of AGVs, including basic principles, technologies, and applications. Furthermore, the current state of material handling technology in the company is described using a spaghetti diagram, and opportunities for process optimization are identified. In the next part, specific types of AGVs are proposed, based on the analysis of the company's specific needs and requirements. In the final section, an analysis of the approximate return on investment when purchasing AGVs is performed, based on a comparison of the costs of acquiring and operating AGVs with the anticipated savings in labor costs and increased production efficiency.

Keywords: Automated Guided Vehicles, material handling technology, spaghetti diagram, AGV proposal, return on investment.

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Tarabovi, Ph.D. za jeho čas a odborné rady, kterými přispěl k vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům společnosti ZLKL, s.r.o., kteří mi poskytli potřebné informace pro vypracování této práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 LOGISTIKA	11
1.1 PODNIKOVÁ LOGISTIKA	11
1.2 INTERNÍ LOGISTIKA	11
2 PRŮMYSL 4.0	13
2.1 INTERNET VĚCÍ	13
2.2 BIG DATA	14
2.3 UMĚLÁ INTELIGENCE	14
3 AUTOMATICKY NAVÁDĚNÉ VOZÍKY (AGV)	15
3.4.1 Podjezdové AGV	17
3.4.2 Tahače	18
3.4.3 Vysokozdvížené AGV vozíky	18
3.4.4 AGV Přepravník.....	20
3.5 SYSTÉMY NAVIGACE AGV	20
3.5.1 Fyzické navádění.....	20
3.5.2 Navádění pomocí sledování virtuální cesty	22
3.6.1 Provedení hnacího ústrojí.....	24
3.7 NABÍJENÍ AGV VOZÍKŮ.....	26
3.7.1 Příležitostné nabíjení	26
3.7.2 Výměna baterií	27
3.8 DRUHY BATERIÍ.....	27
3.9 AGV BEZPEČNOST	28
3.9.1 Bezpečnost Laserový skener nebo systém zabraňující kolizím	29
3.9.2 Nárazníky citlivé na tlak	29
3.9.3 Bezpečnostní programovatelný logický počítač	29
3.9.4 Zařízení pro nouzové zastavení.....	29
3.9.5 Světla a zvukové signály	30
3.9.6 Informační značky	30
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	31
4 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI ZLK, S. R. O.	32
4.1 VÝROBNÍ PROGRAM SPOLEČNOSTI.....	32
4.2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VE SPOLEČNOSTI.....	33
4.2.1 Příjem výrobků do skladu	33
4.2.2 Expedice výrobků ze skladu.....	34
5.1 ŠPAGETOVÝ DIAGRAM POHYBU TECHNIKY	36
5.2 VYHODNOCENÍ ŠPAGETOVÉHO DIGRAMU	39

6	MOŽNOSTI VYUŽITÍ AGV	40
6.1	SWOT ANALÝZA	40
6.2	NÁROKY NA INFRASTRUKTURU	41
6.3	ZJIŠTĚNÉ NEDOSTATKY	42
6.4	NÁVRHY VYUŽITÍ AGV VE SPOLEČNOSTI.....	42
6.5	TECHNICKÉ POŽADAVKY NA AGV SYSTÉM.....	46
6.6	VÝBĚR VHODNÉHO VÝROBCE AGV POMOCÍ MULTIKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ	46
6.6.1	Podjezdové AGV	47
6.6.2	Vysokozdvížné AGV	48
6.6.3	Vysokozdvížné AMR.....	48
6.7	ZHODNOCENÍ VYBRANÝCH VARIANT AGV	49
6.7.1	Podjezdové vozidlo s QR navigací	49
6.7.2	Hybridní vysokozdvížné vozíky s Laserovou navigací	49
6.7.3	Autonomní roboti	49
6.8	RETURN ON INVESTMENT (ROI)	50
6.8.1	Náklady varianty A	50
6.8.2	Náklady na personál	51
6.8.3	Výpočet nákladů pro aktuální stav	52
6.8.4	Náklady na AGV varianty B	52
6.8.5	Výpočet ROI varianty B.....	53
6.8.6	Náklady na AMR varianty C.....	55
6.8.7	Výpočet ROI varianty C.....	56
6.9	ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT	56
7	NÁVRH DOPORUČENÍ VEDOUcí K ZAVEDENí AGV	58
	ZÁVĚR	60
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	61
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ	65
	SEZNAM TABULEK.....	66
	SEZNAM PŘÍLOH.....	67

ÚVOD

V dnešní době se průmyslová výroba stává stále sofistikovanější a automatizovanější. Jedním z průkopníků této transformace jsou automaticky naváděné vozíky, známé také jako AGV (Automatic Guided Vehicles). Tyto vozíky se používají k transportu materiálu, komponentů a hotových výrobků v průmyslových provozech, a díky svému bezpilotnímu provozu mohou snížit náklady na lidskou práci a zlepšit efektivitu výroby.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na možnosti využití AGV ve vybraném podniku, a to jak z teoretického, tak praktického hlediska. Cílem práce je poskytnout společnosti komplexní pohled na možnosti využití AGV ve skladu a poskytnout konkrétní návrhy a doporučení pro optimalizaci procesů v oblasti manipulace s materiálem.

V úvodní části práce jsou popsána teoretická východiska v oblasti automaticky naváděných vozíků, včetně základních principů, technologií a aplikací. Dále je v práci popsán aktuální stav manipulační techniky ve vybrané společnosti pomocí špagetového diagramu, který slouží k vizualizaci toku materiálu v průmyslovém provozu a umožňuje identifikovat příležitosti k optimalizaci procesů.

V další části práce jsou navrženy konkrétní typy AGV, které by mohla společnost využít. Tyto návrhy jsou založeny na analýze konkrétních potřeb a požadavků společnosti v oblasti transportu materiálu.

Výhody plynoucí z ekonomického hlediska jsou jedním z hlavních důvodů, proč se společnost rozhoduje pro implementaci AGV. Mezi tyto výhody patří snížení nákladů na lidskou práci, zvýšení produktivity a efektivitu výroby a snížení chyb při manipulaci s materiálem.

Kromě ekonomických výhod AGV nabízí také výhody neekonomického charakteru. Jedná se například o zvýšení bezpečnosti a snížení rizika úrazů při manipulaci s materiálem, zlepšení ergonomie práce a snížení vlivu pracovního prostředí na zdraví zaměstnanců.

V závěrečné části práce je provedena analýza orientační návratnosti investice při koupi AGV. Tato analýza je založena na srovnání nákladů na pořízení a provoz AGV s předpokládanými úsporami v nákladech na lidskou práci a zvýšení efektivitu výroby. Cílem této bakalářské práce je poskytnout společnosti komplexní pohled na možnosti využití AGV ve skladu a poskytnout konkrétní návrhy a doporučení pro optimalizaci procesů v oblasti manipulace s materiálem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LOGISTIKA

Logistika je relativně nový vědní obor, který vznikl v 50. letech minulého století, ale jeho kořeny lze hledat již ve starověkých civilizacích. Výraz logistika pochází z řeckého *logisticon*, což znamená rozum nebo inteligence, a slova *logos*, což znamená řeč, myšlenka, věta nebo rozum. (Oudová, 2013)

Logistiku můžeme charakterizovat jako součást řetězce, který plánuje, uskutečňuje a řídí dopředný a zpětný tok produktů, materiálů i příslušných informací tak, aby bylo naplněno očekávání zákazníků. (Gros, et al., 2016)

Christoper udává, že logistika zahrnuje upořádání podniku od managementu materiálu až po dodání finálního výrobku. (Christoper, 2016)

1.1 Podniková logistika

Podniková logistika je souhrnný termín pro plánování, organizování a řízení toku zboží, služeb a informací v rámci podniku. Zahrnuje celý proces od nákupu surovin až po dodání hotových výrobků zákazníkům. Cílem podnikové logistiky je zajištění efektivního a účinného toku zboží a informací, což umožňuje snížit náklady a zvýšit ziskovost podniku.

Podniková logistika zahrnuje řadu činností, včetně plánování a koordinace dodávek, správu skladových zásob, řízení dopravy a distribuce výrobků a koordinaci výrobních procesů. Pro zajištění efektivního fungování podnikové logistiky je důležité mít přehled o všech procesech a dostatečně dimenzované a vybavené sklady, efektivní dopravu a logistické procesy, ale také vhodně zvolené technologie a softwarové nástroje pro správu a řízení celého procesu. (Podniková logistika, ©2022)

1.2 Interní logistika

Interní logistika neboli vnitropodniková logistika je soubor procesů souvisejících s pohybem materiálů v areálu výrobního podniku. Role vnitřní logistiky začíná vstupem materiálu a končí přesunem zboží ze skladu hotových výrobků do expedice. V závislosti na složitosti výroby a její organizace mohou být procesy vnitropodnikové logistiky velmi jednoduché nebo vyžadují speciální nástroje a vybavení pro zajištění správného materiálového toku. (LeanintraLogistics, ©2022)

Interní logistika, nebo také výrobní logistika, zahrnuje plánování, implementaci, kontrolu a efektivní správu toku a skladování materiálů, polotovarů a hotových výrobků v rámci

výrobního prostředí. Správné řízení interní logistiky je klíčové pro minimalizaci prostojů a zastavení výroby. Výrobní logistika je důležitým faktorem pro celkovou výrobní výkonnost, protože ovlivňuje optimalizaci využívání zdrojů, snižování výrobního času, řízení výrobních zásob a zvyšování kvality produkce. S rostoucí komplexitou výrobních procesů a nárůstem množství zařízení, pracovníků a vstupního materiálu v továrně, se řízení interní logistiky stává náročnějším. Vzhledem k neustálému nárůstu variability produktů a snižování výrobních časů je nezbytné, aby podniky pružně reagovaly a inovovaly své intra logistické procesy, aby mohly úspěšně konkurovat na trhu. (WAMECH, ©2022)

2 PRŮMYSL 4.0

Nové technologie přinesly do zpracovatelského průmyslu změny, které vedou k čtvrté průmyslové revoluci, nazvané Průmysl 4.0. Tyto změny zahrnují přijetí nových technologií, které transformují stávající obchodní a výrobní procesy. Díky těmto změnám mohou stávající společnosti v zpracovatelském průmyslu vytvářet nové hodnoty, jako například inteligentní výrobu, zlepšení dodavatelského řetězce, vyšší organizační efektivitu a obchodní produktivitu. Tento vývoj umožňuje výrobním společnostem získat konkurenční výhodu. (Toro, Wang a Akhtar, 2021)

Pojem průmysl 4.0 znamená novou úroveň organizace a kontroly celého řetězce tvorby hodnot během životního cyklu produktů. Tento cyklus je orientován na stále více individualizované požadavky zákazníků, který začíná u konceptu a jde přes zakázku, přes vývoj a výrobu, až po dodání produktu koncovému uživateli až po proces recyklace včetně souvisejících služeb. (Sendler, 2018)

Průmysl 4.0 je nový průmyslový koncept, který spojuje tradiční výrobní metody s moderními technologiemi a digitalizací. Tento koncept zahrnuje využívání internetu věcí (IoT), umělé inteligence (AI), robotiky, automatizace a dalších technologií pro transformaci průmyslových procesů a vytváření nových možností pro výrobu a řízení. Průmysl 4.0 umožňuje výrobním společnostem zlepšit efektivitu výroby, minimalizovat chyby a zvýšit kvalitu produktů. Tento koncept se zaměřuje na propojení celého výrobního procesu a poskytuje výrobním společnostem nové možnosti pro přizpůsobení se dynamickým trhovým podmínkám. (Popkova, Ragulina a Bogoviz, 2019)

2.1 Internet věcí

Internet věcí neboli IoT je systém vzájemně propojených výpočetních zařízení, mechanických a digitálních strojů, předmětů, zvířat nebo lidí, které jsou opatřeny jedinečnými identifikátory (UID) a schopností přenášet data po síti, aniž by vyžadovaly spojení mezi lidmi. interakce člověka nebo člověka s počítačem. (Sendler, 2018)

Předmětem na internetu věcí může být člověk s implantátem sledující srdeční rytmus, hospodářské zvíře s biočipem, automobil, který má vestavěné senzory, které řidiče upozorní, když je tlak v pneumatikách nízký, nebo jakýkoli jiný přírodní nebo umělý objekt, kterému lze přiřadit adresu internetového protokolu (IP) a je schopen přenášet data po síti. (Tripathy a Anuradha, 2018)

2.2 Big data

Big data představují rozsáhlé a složité soubory dat, hlavně pocházející z nových zdrojů. Tyto datové soubory jsou natolik velké, že tradiční softwarová řešení pro zpracování dat s nimi nedokážou pracovat. Avšak tyto obrovské objemy dat mohou být využity k řešení podnikových problémů, které by dříve nebyly řešitelné. (Gilchrist, 2016)

2.3 Umělá inteligence

Umělá inteligence neboli AI označuje vývoj počítačových systémů, které jsou schopny provádět úkoly, které by obvykle vyžadovaly lidskou inteligenci, jako je vizuální vnímání, rozpoznávání řeči, rozhodování a překlad jazyka. AI lze dosáhnout různými metodami, včetně systémů založených na pravidlech, strojového učení a algoritmů hlubokého učení. (Gilchrist, 2016)

3 AUTOMATICKY NAVÁDĚNÉ VOZÍKY (AGV)

Automaticky naváděné vozíky (AGV) jsou autonomní vozidla, která mohou být programována k přepravě zboží a materiálů mezi různými stanovišti v továrně nebo skladu. Tyto vozidla mohou být vybavena různými senzory, jako jsou kamera, lidar nebo ultrazvukové senzory, které jim umožňují detekovat překážky a navigovat v prostoru. (Tella, 2019)

Používání automaticky řízených vozidel jako alternativy k člověku a strojům pro horizontální pohyb palet v celém skladu a pro nakládku a vykládku palet roste na popularitě. AGV se stávají proveditelnou alternativou díky snížení nákladů a zároveň boji s nedostatkem kvalifikované pracovní síly, vysokými mzdovými náklady a provozními požadavky 24/7. (Tella, 2019)

Automaticky naváděné vozíky jsou v průmyslu stále běžnější díky technologickému pokroku a snížení nákladů. Využití AGV k přepravě materiálů ve skladech a výrobních prostorech vede k výraznému zlepšení efektivity a dopadu na životní prostředí ve srovnání s jinými způsoby přepravy, jako jsou ručně ovládané vysokozdvizné vozíky a vozíky s dieselovým pohonem. (Tella, 2019)

V kontextu průmyslu 4.0 mohou být AGV propojeny s dalšími technologiemi, jako jsou IoT senzory, cloudové služby nebo umělá inteligence, což umožňuje sběr a analýzu dat o pohybu materiálů v reálném čase. To zase umožňuje zlepšení efektivity a produktivity procesů, například tím, že AGV mohou přizpůsobit svou trasu a rychlost na základě aktuálního stavu výroby nebo mohou být integrována do předběžného plánování a řízení zásob. (Paksoy, Koçhan a Ali, 2021)

3.1 Historie AGV

První AGV vyrobil v roce 1953 A.M Barret Kr. který pomocí vysutého lana umožnil, aby vozík sám přepravoval potraviny kolem obchodu. Po tomto vynálezu uvedla firma Barrett Electronics z Illinois první AGV na trh. (Ullrich, 2015)

V roce 1973 automobilka Volvo způsobila revoluci v tomto odvětví tím, že vyrobila nesynchronní výrobní linku využívající AGV, která vytvořila 280 počítačově řízených vozidel. Tato řada byla tak úspěšná, že nakonec Volvo dokonce začalo prodávat svá AGV jiným automobilkám. (Ullrich, 2015)

Moderní AGV se od modelů z roku 1970 změnily. Zatímco raná AGV používala k vedení dráty nebo magnetické pásky, současné systémy se nyní spoléhají na GPS, identifikaci cílů pomocí laserů nebo kamer nebo dokonce inteligentní rozpoznávání prostředí, aby bylo možné nasměrovat přes rušné tovární haly. Technologie AGV nyní pokročila tak, že kromě továren a skladů tyto systémy využívají i další využití, jako je likvidace nemocničního odpadu, zařízení jaderných reaktorů. (Ullrich, 2015)

3.2 AGV Management systém

AGV Management systém je software, který může být nainstalovaný na PC serveru nebo který lze nainstalovat na virtuální server zákazníka nebo dokonce na externí cloudový server. Úkolem softwaru je řídit provoz AGV, optimalizace jízdních řádů a také komunikace s dalšími řídicími softwary jako Enterprise Resource Planning (ERP) a Warehouse management software (WMS). (Tella, 2019)

Řídicí systém shromažďuje všechny systémové vstupy, zpracovává je, sleduje a třídí, aby poskytl správné informace AGV vozíkům. Tento software je extrémně důležitý, protože určuje celkový výkon a mohl by vést k nižší investiční úrovni díky propracovaným algoritmům pro optimalizaci provozu a objednávek. (Tella, 2019)

Některé pokročilé ovládací prvky pro správu vozového parku AGV mohou vybrat nejlepší cestu pro AGV, zkracují čekací dobu a jízdy bez nákladu. Celý vozový park lze dynamicky směřovat nepřetržitým plánováním optimálního využití vozidel podle stavu vozového parku, dostupné volné plochy, skladovacích rezerv a aktuální množství objednávek. Systém řízení AGV má také na starosti poskytování grafického rozhraní operátorům a generuje statistické analýzy. AGV komunikuje s řídicím systémem pomocí wifi, která umožňuje rychlou a bezpečnou výměnu dat. (Tella, 2019)

3.3 Automated guided vehicles vs Autonomous mobile robot

Autonomní mobilní robot (AMR) je samořídící robot, který se pohybuje bez potřeby magnetických pásek, laserového navádění atd. AMR je schopen „autonomně“ definovat svou vlastní cestu s možností vyhýbat se překážkám. Zatímco Automatizované řízené vozidlo je na rozdíl od mobilního robota navigováno tradičními navigačními metodami, jako jsou magnetické pásky nebo body, laserová triangulace atd. AGV není schopno opustit svou naprogramovanou dráhu a nemůže se vyhnout překážkám. (AGV vs. AMR, ©2023)

Hlavním rozdílem mezi AGV a AMR se týká navigační technologie a mobilního robota a jeho chování. (AGV vs. AMR, ©2023)

3.4 Druhy AGV

Jednotlivé druhy AGV jsou rozděleny do čtyřech kategorií.

1. Automatizovaný plošinový vozík
2. Automatizovaný tažný vozík
3. Automatizované vysokozdvižný vozík
4. AGV Převravník

(Tella, 2019)

3.4.1 Podjezdové AGV

Automatizované řízené vozíky (AGC) neboli podjezdové AGV jsou mobilní roboti, u kterých probíhá naložení podjezdem pod přepravní jednotku, která má být přepravována, kterou uchytí buď pomocí zdvihacího zařízení nebo tzv. “pin hook“ aby jej mohla přepravit. Celá její váha tak leží na vrchu AGC. Podjezdové platformy jsou hojně používány v automobilovém průmyslu a online platformami v e-commerce. Účelem podjezdového AGV je optimalizovat délku AGV s jeho vozíkem a zajistit tak průjezd s úženými úseky či prostory s omezením. (Tella, 2019)



Obrázek 1 KMP 600-S diffDrive (KUKA, 2023)

3.4.2 Tahače

Autonomní tahač je typ automaticky řízeného vozidla určeného k tažení vozíků. V podstatě se jedná o tzv. „vláček“ bez řidiče s lokomotivou AGV, která je automatizovaným tahačem. Standardní AGV tahače utáhnou standartně kolem 1 tuny, ale existují dodavatelé nabízející 3 tunové, 5 tunové a dokonce 20 tunové tahače. Automatizované tahače se používají především v automobilovém průmyslu k dodávání dílů na montážní linky nebo k dopravě hotového zboží do skladu. Umožňují vnitřní i venkovní použití. (Tella, 2019)

Existují dvě kategorie autonomní tahačů:

AGV tahače, kterou mohou jezdit pouze v autonomním modu bez řidiče. Tyto tahače zpravidla utáhnou náklad do hmotnosti 3 tun.

Druhým je AGV tahač, který dokáže fungovat v autonomním modu, ale může být taky obsluhován pracovníkem. Tyto tahače jsou zpravidla původně manuální tahače předělané na autonomní tahače. (Tella, 2019)



Obrázek 2 EZS 350 a (Jungheinrich, 2023)

3.4.3 Vysokozdvížené AGV vozíky

Jsou to komplexní zařízení, které dokážou mnoho různých operací včetně přepravy a založení obalových jednotek do skladových regálů. Jsou rychlé a přesné a zlepšují mnoho operací manipulace s materiálem. Existuje několik druhů vysokozdvížných AGV vozíků. (Tella, 2019)

Paletový přemísťovač AGV, také známý jako vidlicový AGV, je typ paletového vozíku určeného k přepravě palet převážně ve výrobních závodech. Používají se k manipulaci s jednotkami max. 3 tuny u automatizované paletového vozíku bez zdvihu anebo se zdvihem maximálně do 2 metrů, kde se většinou maximální kapacita zatížení snižuje. (Tella, 2019)

Kromě standartních vidlicových AGV vozíků existuje i několik dalších variant upravených podle potřeby využití, a to zejména v místech s omezeným prostorem. Jedním z takových je vysokozdvíhový AGV vozík s protizávažím. Vysokozdvíhové vozíky s protizávažím se používají vždy, když není možné mít pod vidlicemi podpěrné nohy nebo když potřebujeme dosáhnout vysokého užitečného zatížení a vysoké skladovací výšky. V tomto případě musí závaží AGV kompenzovat těžiště nákladu přidáním zátěže do těla AGV. (Pastor Tella, 2019)

Tyto vozíky jsou velmi univerzální. Mohou být nakonfigurovány tak, aby zvládly těžké užitečné zatížení, dokonce až 4 tuny, nebo operace s vysokými skladovacími plochami kolem 8 metrů. (Tella, 2019)

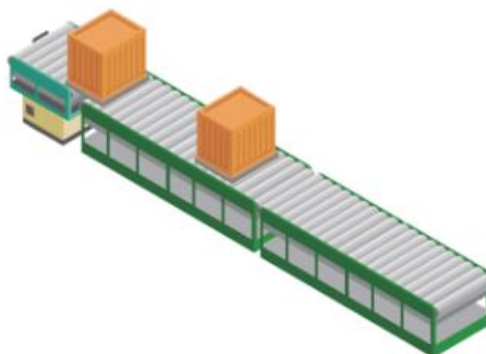
Další variantou je vysokozdvíhový AGV vozík vhodný do úzkých prostor označován jako VNA AGV (very narrow aisles). Jak už název napovídá je tento typ AGV navrhnut, tak aby mohl pracovat v úzkých uličkách a dokázal provádět operace s vysokým zdvihem až do 11 m. (Tella, 2019)



Obrázek 3 BT Vector VCE125ASF (Toyota-forklifts, 2023)

3.4.4 AGV Převravník

Jedná se o samojízdné plošiny nejčastěji vybavené válečkovými dopravníky. Převravník je navržen tak aby dokázal převést jeden nebo více nákladů najednou do a z jednotlivých koncových zařízení jako jsou baličky nebo automatizované skladovací systémy. Můžeme si to představit jako pojízdnou plošinu, která se pohybuje sama a dokáže přepravovat palety, sudy, krabice atd. (isitec-international, ©2023)



Obrázek 4 AGV převravník (isitec-international, ©2023)

3.5 Systémy navigace AGV

AGV vozíky mohou využívat různé způsoby nebo jejich kombinaci pro jejich navigaci v prostoru. Sensory používané AGV k navigaci jsou určeny navigačním systémem používaným jednotkou. AGV využívají dva hlavní typy senzorů. Jsou to laserový skener a magnetický vodící senzor. Každý senzor pracuje ve spojení s naváděcím systémem na konkrétním vozidle, aby umožnil vozidlu orientovat se v jeho okolí. Funkce detekce nebo snímání je obzvláště důležitá a byla provedena značná výzkumná práce pro výběr správného typu senzorů, pro zlepšení jejich výkonu, pro správné spojení informací, které poskytují, a pro jejich optimální zpracování. Způsob navádění můžeme rozdělit do několika kategorií. (Navigation Systems, ©2021)

3.5.1 Fyzické navádění

Pomocí linií neboli čar, které mohou mít podobu magnetických pásek, malovaných čar nebo pomocí indukčního drátu. Do této kategorie můžeme zařadit i navigaci pomocí tagů, které

jsou též umístěny na podlaze, u kterých se AGV pohybuje již pouze po virtuálních cestách nacházející se v softwaru. (Navigation Systems, © 2021)

- AGV navádění pomocí fyzických čar

Tento typ navádění funguje následujícím způsobem. Vozidlo je vybaveno senzorem, který neustále hlídá vzdálenost levé a pravé strany od vytyčené pásky a tím zajistí, že se vozík drží stále uprostřed dráhy. (RAYNER, ©2023)

Tato metoda je jednoduchým způsobem navádění AGV, která je ideální pro stále se opakující a neměnné cesty. Plusem je, že sledování čar je jednoduché, spolehlivé a přesné. Avšak má i své nevýhody. Návrh tras je časově náročný a do budoucna může docházet ke složité úpravě již zavedených cest. To platí zejména v případě indukčního drátu, který je doslova instalován v samotné podlaze. Správa vozového parku vozidel sledujících linii může být obtížné, ne-li nemožné, zvláště když se několik linek musí křížit. Řízení provozu může být také extrémně obtížné pro složitější trasy. Údržbu mohou vyžadovat i samotné pásky umístěné na podlaze, které se časem opotřebují. (RAYNER, ©2023)

Magnetický vodící senzor umístěný na spodní straně AGV snímá magnetickou pásku, jak se pohybuje. Snímač může určit polohu vozidla vzhledem k pásce a použije vstup snímače k zajištění energie pro příslušná kola, aby zůstala v rámci předem stanovených tolerancí dráhy. Jakmile senzor začne detekovat AGV vybočující z dráhy, upraví výkon dodávaný do pohonu a znovu vyrovná vozidlo na trať. (RAYNER, ©2023)



Line following

Obrázek 5 Line following (RAYNER, ©2023)

- AGV navádění pomocí tagů

Navádění funguje v podstatě stejným způsobem jako sledování fyzických čar. V tomto případě jsou však AGV vedena zařízením pomocí štítků, jako jsou QR kódy, RFID štítky nebo magnetické body zabudované v podlaze. (RAYNER, ©2023)

AGV vozík je vybaven senzorem, který sleduje trasu definovanou tagy zabudovanými v podlaze. Výhody a nevýhody jsou velice podobné těm jako u fyzického navádění. Jelikož tagy jsou také nainstalovány v podlaze a po určité době mohou vyžadovat údržbu. Nicméně tagy jsou velice spolehlivé a robustní. (RAYNER, ©2023)



Obrázek 6 Tags (RAYNER, ©2023)

3.5.2 Navádění pomocí sledování virtuální cesty

Jedná se již o pokročilejší formu navigace, a to formou laseru nebo pomocí senzorických kamerových systémů. AGV je vybaveno řadou senzorů pro práci ve spojení s navigačním systémem a polohovým senzorem, jako je magnetický naváděcí senzor nebo laserový skener. Tyto senzory se používají k předcházení kolizí, navádění k cíli a k určování pozice vzhledem k okolí. (RAYNER, ©2023)

- Laserové navádění:

LGV neboli laserem naváděné vozidlo je AGV, které je navigováno pomocí laseru. Z tohoto důvodu název LGV pro laserem naváděné vozíky. Dvourozměrný laserový skener je namontován na každém LGV, obvykle uprostřed podél osy šířky vozidla a směrem k přednímu ovládacímu panelu. Skener vysílá modulované laserové světlo, které se otáčí a pokrývá desetkrát nebo vícekrát za sekundu úhel 360°. (RAYNER, ©2023)

Reflexní orientační body se známými souřadnicemi X, Y jsou instalovány na různých místech v celém objektu v rámci zorného pole LGV. Každý z těchto orientačních bodů, který může být plochý nebo kulatý, posílá odraz zpět do skeneru, který je poté převeden na referenční souřadnice. Podle definice jsou v každém daném okamžiku potřeba alespoň tři identifikované odrazy, aby skener určil svou polohu v systému. (RAYNER, ©2023)

Laserové senzory jsou navrženy pro práci s laserovými navigačními systémy na AGV. AGV je vybaveno rotačním laserovým vysílačem, které se nejčastěji montují na horní část AGV. Alternativně lze laserový skener namontovat na podvozek AGV, aby fungoval ve spojení se systémem čárových kódů/QR kódů. Oblast provozu je mapována pomocí čárových kódů a mapa je uložena v paměti AGV. Jak vozidlo projíždí svou oblastí provozu, laserový skener pod AGV vysílá paprsek světla, který se odráží od čárového kódu. Odražené světlo je dešifrováno palubním počítačem a AGV dokáže vypočítat svou polohu porovnáním dat s mapou uloženou v paměti. (RAYNER, ©2023)

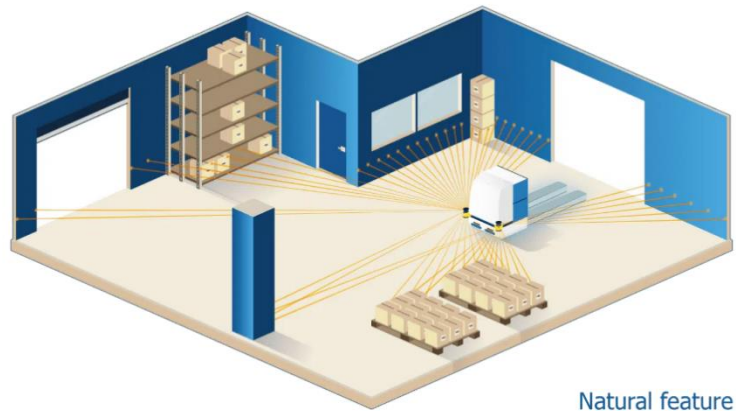


Obrázek 7 Laser triangulation (RAYNER, ©2023)

- SLAM navigace

Jedná se o simultánní lokalizaci a mapování. Jednoduše to znamená, že AGV s navigací SLAM je schopno zmapovat své prostředí a lokalizovat, kde se nachází, díky informacím přijatým z okolního prostředí.

AGV jsou schopna mapovat prostředí pomocí různých senzorů, jako jsou kamery vidění, lidarové senzory nebo dokonce pomocí stejných laserů používaných pro bezpečnostní účely všechny tyto informace jsou kombinovány s interní inerciální měřicí jednotkou (IMU) pro definování a přepočítávání skutečné polohy (RAYNER, ©2023)



Obrázek 8 Natural feature (RAYNER, ©2023)

3.6 Pohon AGV vozíků

K pohonu AGV vozíků jsou nejčastěji využívány odolné, stejnosměrné kartáčové nebo bezkomutátorové převodové motory s vysokým točivým momentem. K dodávání energie slouží baterie. Používané typy baterií zahrnují olověné, NiCad, lithium-iontové, indukční a palivové články. Než se baterie vybijí, některé AGV nabízejí výměnu baterií, aby bylo možné pokračovat v provozu, některé lze naprogramovat tak, aby se vrátily do nabíjecí stanice. (Orientalmotor, ©2022)

3.6.1 Provedení hnacího ústrojí

Pohon pomocí tří kol je nejběžnější konstrukcí hnacího ústrojí. Jedno hnací kolo a 2 nepoháněná kola se používají v trojúhelníkové konfiguraci. Jediné přední hnací kolo se používá k řízení a pohybu vozidla. Jeden převodový motor je nutný k otáčení hnacího kola a druhý motor je nutný k řízení. 3 kola v tomto designu poskytují dostatečnou manévrovatelnost pro většinu aplikací AGV. (Orientalmotor, ©2022)



Obrázek 9 Tricycle drive (Orientalmotor, ©2022)

Dalším druhem pohonu je diferenciální. Pohon řídí vozidlo pomocí diferenciální rychlosti a směru 2 hnacích kol. Patří mezi ně dva motory s převodovkou pro hnací kola. Je extrémně ovladatelný, protože se může otáčet kolem středu vozidla, ale pohyb do stran je méně přesný. (Orientalmotor, ©2022)



Obrázek 10 Differential drive (Orientalmotor, ©2022)

Poslední možností je Quad Drive, který využívá 2 řídicí a 2 hnací motory. Je také extrémně ovladatelný, ale složitější než jiné konfigurace pohonů. Vozidlo se může pohybovat kolem středu své osy a také do stran. (Orientalmotor, ©2022)



Obrázek 11 Quad drive (Orientalmotor, ©2022)

3.7 Nabíjení AGV vozíků

Existuje několik způsobů nabíjení AGV vozíků. Druhy nabíjení jsou úzce spjaty s druhem zvoleného akumulátoru. Zajištění co nejlepšího výkonu a spolehlivosti nastává, pokud jsou baterie a nabíjecí stanice sladěné a navrženy jako jeden celek. (Stäubli Electrical Connectors, ©2023)

Při používání systémů AGV však vznikají určité problémy. AGV musí být mobilní a autonomní, takže je nelze zapojit do zásuvky. To znamená, že většina AGV je napájena bateriemi. Takové systémy se obecně používají pro vysoce intenzivní a nepřetržitou práci. V konečném důsledku spotřebovávají velké množství energie, a proto vyžadují opakované nabíjení. (Stäubli Electrical Connectors, ©2023)

AGV lze nabíjet buď ruční výměnou baterie za identickou plně nabitou nebo nabíjením stávající baterie pomocí automatického nabíjecího systému. Obě metody však mají svá omezení. Pro ruční výměnu baterie jsou potřeba další plně nabitá baterie; tyto baterie se musí někde skladovat a zabírají cenný průmyslový prostor. Na druhé straně automatické nabíjení může být značně pomalé, a proto snižuje množství potenciální provozní doby každého vozidla za den. (Stäubli Electrical Connectors, ©2023)

3.7.1 Příležitostné nabíjení

Příležitostné nabíjení znamená, že AGV vozíky míří k definovaným nabíjecím stanicím a nabíjejí se při čekání na další operaci. Vozíky se nabíjejí, kdykoli jsou nečinní. Tímto způsobem je zajištěno, že se baterie v průběhu dne nikdy zcela nevybijí. Pokud je systém správně navržen mohou vozíky pracovat nepřetržitě bez potřeby výměny baterie. (Tella, 2019)

3.7.2 Výměna baterií

U zvoleného způsobu výměny baterie jezdí AGV vozík až do zcela úplného vybití baterie, kdy potom následuje její výměna za plně nabitou. To může probíhat dvěma způsoby, a to buď manuálně nebo automaticky. U toho způsobu je nevýhoda, že nám nestačí pouze jedna baterie a dvě což podstatně zvyšuje náklady. (Tella, 2019)

3.8 Druhy baterií

- AGM a gelové baterie

AGM a gelové baterie jsou široce používány u automatizovaných vozíků. Jsou to utěsněné olověné (SLA) nebo ventilem řízené olověné baterie (VRLA baterie). Bez ohledu na konkrétní rozdíly mezi AGM a gelovými bateriemi se jedná o baterie, které jsou uzavřené, nevyžadují žádnou údržbu a mají možnost hluboké vybití což znamená, že se baterie může vybit až z 80 % své kapacity. Tím, že jsou baterie uzavřené nedochází k vypařování elektrolytu, a tudíž jsou vhodné pro použití ve vnitřních prostorech. Tento druh baterií je využíván u způsobu nabíjení pomocí výměny těchto akumulátorů. (Tella, 2019)

- Olověné baterie

Z hlediska využití v AGV jsou optimálním řešením pro systémy vyžadující příležitostné nabíjení. Jejich výhodou je dlouhá životnost, která dosahuje až 1200 nabíjecích cyklů při zachování 60 % kapacity. Stejně jako předchozí typ baterie je bezúdržbová a nabíjí se rychleji. (Tella, 2019)

- Lithiové baterie

Využití lithiových baterií u automatizovaných vozíku je čím dál častější. Lithiovou baterii můžeme nabíjet větším nabíjecím proudem, aniž bychom ohrozili životnost baterie, takže baterii můžeme nabít o hodně rychleji. V bateriích AGM/GEL je potřeba přibližně 4 hodiny na nabití ze 60 % na 100 %. S lithiová baterie by měla potřebovat přibližně 1,5 hodiny. Lithiové baterie jsou méně odolné. Potřebují ochranu před přebíjením. Proud musí být udržován v definovaných bezpečnostních úrovních. Lithiové baterie vyžadují složitou elektroniku, která udrží všechny tyto parametry pod kontrolou a udrží bezpečné provozní podmínky. Nevýhodou může být také cena, která je 7-10 vyšší než u AGM/GEL baterií. (Tella, 2019)

3.9 AGV bezpečnost

Automatizované vozíky AGV často interagují s jinými dopravními prostředky a lidmi, a proto musí být vybaveny bezpečnostními prvky, které minimalizují riziko kolizí. Tyto prvky musí být v souladu s příslušnými bezpečnostními normami. Evropská legislativa je nejpřísnější na světě, co se týče bezpečnostních opatření. (Günter Ullrich a Albrecht, 2019)

Je velmi důležité, aby AGV vozíky informovaly okolí o svém pohybu. K tomuto účelu jsou vybaveny kombinací akustických a optických varovných signálů, jako jsou například otáčející se výstražná světla. Tyto vozíky také zahrnují blinkry, které signalizují změnu směru stejně jako u automobilů, ale s doplňkovou akustickou signalizací. (Günter Ullrich a Albrecht, 2019)

Pro zastavení vozíků jsou k dispozici mechanické nezávislé provozní brzdy. Ty jsou navrženy tak, aby nebyly aktivovány, dokud je jim dodávána energie. Pokud je však potřeba vozík okamžitě zastavit kvůli nebezpečí, dodávka energie je přerušena, což způsobí okamžité brzdění. To je v rozporu se standardním automobilovým průmyslem, kde brzdy fungují naopak. (Günter Ullrich a Albrecht, 2019)

Opatření ke snížení rizika v automaticky řízeném vozidle lze rozdělit do dvou hlavních kategorií:

- Aktivní opatření ke snížení rizik

Bezpečnost Laserový skener nebo systém zabraňující kolizím

Nárazníky citlivé na tlak

Bezpečnostní PLC

- Pasivní opatření ke snížení rizik

Zařízení pro nouzové zastavení

Světla

Zvukové varovné/poplachové signály

Informační značky na AGV vozíku

3.9.1 Bezpečnost Laserový skener nebo systém zabraňující kolizím

Bezpečnostní laserové skenery jsou také známé jako elektro ochranná zařízení (ESPE) nebo aktivní optoelektronická ochranná zařízení reagující na difúzní odraz (AOPDDR). Je-li tento typ bezpečnostního systému použit jako primární snímací zařízení, musí být takovéto bezkontaktní snímací zařízení bezpečné při selhání, včetně jejich provozu a montáže. (Günter Ullrich a Albrecht, 2019)

Při snímání osob nebo předmětu v dráze vozidla ve vzdálenosti, která není menší než náběžná hrana snímacího pole v hlavním směru jízdy, musí tyto systémy bezpečně iniciovat příkaz k zastavení vozidla před kontaktem mezi konstrukcí vozidla a člověkem. (Günter Ullrich a Albrecht, 2019)

3.9.2 Nárazníky citlivé na tlak

Lasery, které by chránili AGV vozík ze všech úhlu mohou být velice nákladné. Řešením může být vybavení automatizovaných vozíků pomocí nárazníků citlivých na tlak. Těchto nárazníků se využívá u vozíků s pomalou rychlostí, jelikož aby se vozík zastavil musí se s překážkou střetnout a až poté zareaguje. Při vysoké rychlosti by mohlo dojít k ohrožení osob nebo zařízení. (Günter Ullrich a Albrecht, 2019)

3.9.3 Bezpečnostní programovatelný logický počítač

Bezpečnostní PLC neboli bezpečnostní počítač přijímá informace z bezpečnostního kodéru a nastavuje bezpečnostní pole potřebné k zastavení vozidla, pokud je v ochranném poli detekována nějaká překážka, nebo ke zpomalení AGV, pokud něco vstoupí do varovného pole. Bezpečnostní PLC musí v případě potřeby vypnout napájení, aby vozík zastavil. (Günter Ullrich a Albrecht, 2019)

3.9.4 Zařízení pro nouzové zastavení

Počet a umístění zařízení nouzového zastavení je určeno tvarem a rozměry AGV. Zařízení pro nouzové zastavení musí být jasně viditelné, rozeznatelné a snadno dosažitelné z jakékoli strany AGV a na definovaných místech obsluhy s ovládacími prvky. Ať se stane cokoli, operátor musí být schopen aktivovat zařízení nouzového zastavení umístěné na AGV. (Günter Ullrich a Albrecht, 2019)

Když je aktivováno zařízení nouzového zastavení, AGV přejde do stavu nouzového zastavení a veškerý pohyb se stane neaktivním, dokud se neprovede ruční restart. (Günter Ullrich a Albrecht, 2019)

3.9.5 Světla a zvukové signály

Když se AGV blíží ke křižovatce tak pomocí světla dá najevo jakým směrem pojede a upozorňuje personál kam chce AGV odbočit. Jako pasivní ochrana se využívá zvukových signálů, které AGV vydává po dobu své jízdy, aby informoval o svém pohybu personál. (Günter Ullrich a Albrecht, 2019)

3.9.6 Informační značky

AGV musí být vybaveno značkami a symboly označující provozní nebezpečí. Všechny značky na vozících musí být v souladu s místní legislativou a musí být vysoce odolné, aby zajistila jejich viditelnost. (Günter Ullrich a Albrecht, 2019)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI ZLKL, S. R. O.

Název firmy:	ZLKL, s.r.o.
Rok založení:	1993
Sídlo společnosti:	Moravičanská 581/29 789 83 Loštice
IČO:	47973943
Obor činnosti:	Strojírenství
Roční tržby:	350 mil-500mil. Kč
Celková plocha:	90 000 m ²

V roce 1993 byla založena společnost ZLKL, s.r.o. (Závody lehkých konstrukcí Loštice) Ladislavem Brázdilem, která měla padesát zaměstnanců. Hlavní činností byla výroba kování pro nábytek a výsuvných roštů pro sedací soupravy. Dnes se podnik zabývá obráběním, lisováním, svařováním, povrchovými úpravami, 3D kontrolou kvality, vývojem a konstrukcí. Výrobky jsou dodávány hlavně do nadnárodních koncernů jako je Emerson a Siemens. Přibližně 60 procent produkce je exportováno do devíti zemí, s hlavními odbytišti v Česku, Francii a Německu. (O společnosti, ©2023)

Společnost ZLKL s.r.o. (Závody lehkých konstrukcí Loštice) poskytuje svým zákazníkům rozsáhlou paletu služeb v oblasti strojírenství, včetně obrábění, lisování, svařování, povrchových úprav, 3D kontrol kvality a také vývoje a konstrukce. Díky své komplexnosti, kvalitě, schopnosti rychle reagovat na požadavky klientů a přijatelným cenám roste firma neustále v tržbách i počtu zaměstnanců. Její produkty jsou především dodávány do nadnárodních koncernů, jako jsou Emerson a Siemens, a zhruba 60 procent výroby směřuje na export do devíti zemí, přičemž hlavními odbytišti jsou Francie a Německo v České republice. Většina výrobků společnosti ZLKL, s.r.o. najde uplatnění v elektrotechnickém průmyslu, vodohospodářském sektoru a doplňkově i v automobilovém průmyslu. (O společnosti, ©2023)

4.1 Výrobní program společnosti

Obrábění–Společnost nejčastěji zpracovává materiály jako jsou litina, hliník a ocel. Pro podporu technologické přípravy výroby využívají softwarové řešení CAD a CAM. Výrobu vlastních přípravků zajišťují v plně využitě nástrojárně. Sériovou výrobu až v tisícových počtech provádějí pro elektrotechnický a automobilový průmysl.

Svařování-Společnost provozuje automatizované svařování pomocí svařovacích automatů, robotizovaných svařovacích pracovišť a ručního svařování. Nejčastěji svařovanými materiály jsou hliník a ocel. ZLKL, s.r.o. dále využívá novou technologii CMT na robotizovaných pracovištích.

Tváření-Nabízejí služby plošného tváření-tříhání, ohýbání, tažení, závitování a prolisování na excentrických a hydraulických lisech s podavači. To vše s využitím nejmodernější CNC technologie.

Povrchové úpravy-ZLKL, s.r.o. disponuje vlastní lakovnou, která zajišťuje kompletní potřeby lakování dílců metodou práškového lakování, povrchovou úpravu alkalickým odmaštěním a pasivací. Pro lakování jsou k dispozici široké spektrum barev, které lze nanášet kineticky nebo elektrostaticky. (O společnosti, © 2023)

4.2 Analýza současného stavu ve společnosti

Bakalářská práce bude zaměřena na Expediční sklad nacházející se ve středisku Olomoucká, kde proběhlo sledování pohybu manipulační techniky pro vytvoření přehledu manipulační cest. V expediční skladu se nacházejí hotové výrobky a polotovary, které jsou určeny pro expedici zákazníkům. Pro sledování a přehled hotových výrobků nebo polotovarů je ve společnosti využíván software IS Helios Orange. (Jeřábková, 2017)

4.2.1 Příjem výrobků do skladu

Po dokončení celého výrobního procesu a průchodu kontrolou kvality jsou výrobky převezeny na expediční sklad manipulantem. Zde je každý výrobek identifikován lístkem o vstupní kontrole a průvodní kartou, která uvádí technický výkres výrobku a všechny výrobní operace, kterými výrobek prošel, a počet dobrých kusů a zmetků. Poté vytiskne vedoucí skladu příjemku, kterou předá manipulantovy. (Jeřábková, 2017)

Každý manipulant je vybaven čtečkou čárových kódů, kterou naskenuje čárový kód a zobrazí se mu místo pro uskladnění výrobků. Rozmístění výrobků se určuje podle skladových regálů, kdy pro každého výrobce je určen určitý počet regálů. Zaskladňování do jednotlivých skladových míst nemá žádný systém a probíhá zcela náhodně podle aktuálně volných míst v regálu. Označování palet probíhá ručně připevněním papíru na paletu. Všechny informace a zaskladnění se promítají přes čtečky do IS Helios. (Jeřábková, 2017)

4.2.2 Expedice výrobků ze skladu

Poté co vedoucí skladu obdrží objednávku od odběratele vytvoří požadavek, který předá manipulanci. Manipulant by měl jednotlivé díly vyskladňovat pomocí metody FIFO. Momentálně se v expedičním skladu nacházejí 3 manipulanti, kteří se starají o manipulaci se zásobami. Jako první se expedují výrobky s nejstarším výrobním číslem. Výrobní číslo udává datum, kdy byly výrobky zavedeny do expedičního skladu. Výrobní číslo je naprogramováno a uvedeno IS Helios. Z manipulační obalů se pro přepravu výrobků využívá EU paleta s ohrádkou nebo KLT boxů taktéž umístěných na paletě. (Jeřábková, 2017)

5 AKTUÁLNĚ VYUŽÍVANÁ MANIPULAČNÍ TECHNIKA

Ve společnosti se momentálně využívají 3 vysokozdvížné paletové vozíky s elektrickým pohonem od dvou společností.

Dva vysokozdvížné paletové vozíky jsou od výrobce Jungheinrich. Jedná se o model Jungheinrich ERC 214 viz Obrázek 12. Elektrický vysokozdvížný vozík ERC i je vybaven lithium-iontovou baterií. Asistenční systémy umožňují snadnou a bezpečnou manipulaci s břemeny.



Obrázek 12 Jungheinrich ERC 214 (Jungheinrich, 2023)

Jmenovitá nosnost	1.4 t	Rozvor kol	1.357 m
Standardní pneumatiky	V 1x/+1/2	Přepravní délka	2.067 m
Přepravní šířka	0.8 m	Přepravní výška	1.95 m
Těžiště	600 mm	Výška zdvihu	2.9 m
Trakční motor	3.2 kW	Zdvihový motor	3 kW
Kapacita baterie	24/375 V/Ah	Hmotnost	1.22 t
Hmotnost baterie	0.288 t	Rychlost pojezdu s nákladem/bez nákladu	9 km/h
Zdvih s nákladem/bez nákladu	0.16/0.25 m/s	Spouštění s nákladem	0.37/0.34 m/s
Maximální stoupavost	9/16 %	Poloměr otáčení	1.618 m

Obrázek 13 Techniké specifikace (Jungheinrich, 2023)

Dalším používaným vysokozdvížným paletovým vozíkem je model L16 AP Duplex viz Obrázek 14 od výrobce Linde.



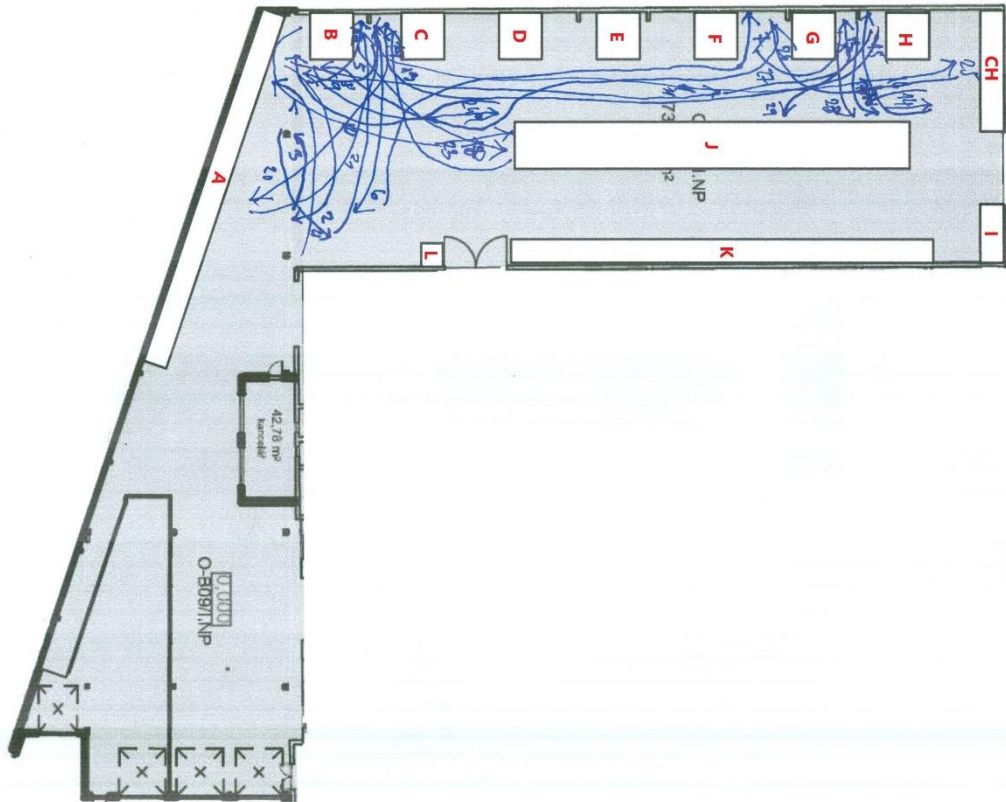
Obrázek 14 Linde L16 (Linde, 2023)

Jmenovitá nosnost	1,6 t	Rozvor kol	1,311 m
Standardní pneumatiky	1x1/4	Přepravní délka	2,057 m
Přepravní šířka	0,907 m	Přepravní výška	1,162 m
Těžiště	600,000 mm	Výška zdvihu	3,244 m
Trakční motor	2,300 kW	Zdvihový motor	3,2 kW
Kapacita baterie	24/250 V/Ah	Hmotnost	1,15 t
Hmotnost baterie	0,212 t	Rychlost pojezdu s nákladem/bez nákladu	8/10 km/h
Zdvih s nákladem/bez nákladu	0.15/0.3 m/s	Spouštění s nákladem	0.45/0.35 m/s
Maximální stoupavost	24 %	Poloměr otáčení	1,681 m

Obrázek 15 Technická specifikace (Linde, 2023)

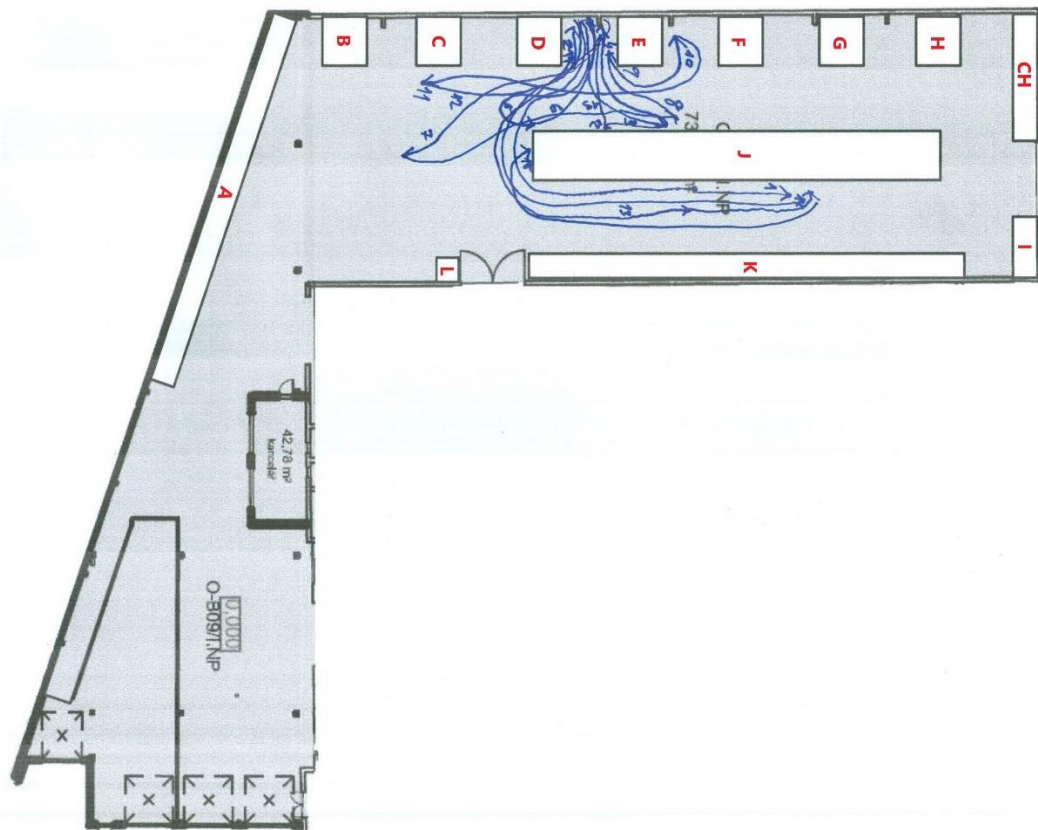
5.1 ŠPAGETOVÝ DIAGRAM POHYBU TECHNIKY

Pro zjištění pohybu manipulační techniky po expedičním skladu bylo vhodné vytvořit špagetový digram jednotlivých vysokozdvizných vozíků. Špagetový digram nám slouží k přehledu, v jakých částech skladu se manipulační technika nejčastěji pohybuje a může nám tak usnadnit rozhodování při navrhování vhodných manipulačních cest u AGV vozíků. Sledování manipulační techniky probíhalo vždy v pondělí, jelikož je zde největší objem přijatých a vydaných výrobků. Manipulanti pracují v expedičním skladu na 1 směnu, tudíž měření probíhalo 7,5 hodiny což je doba trvání jedné směny.



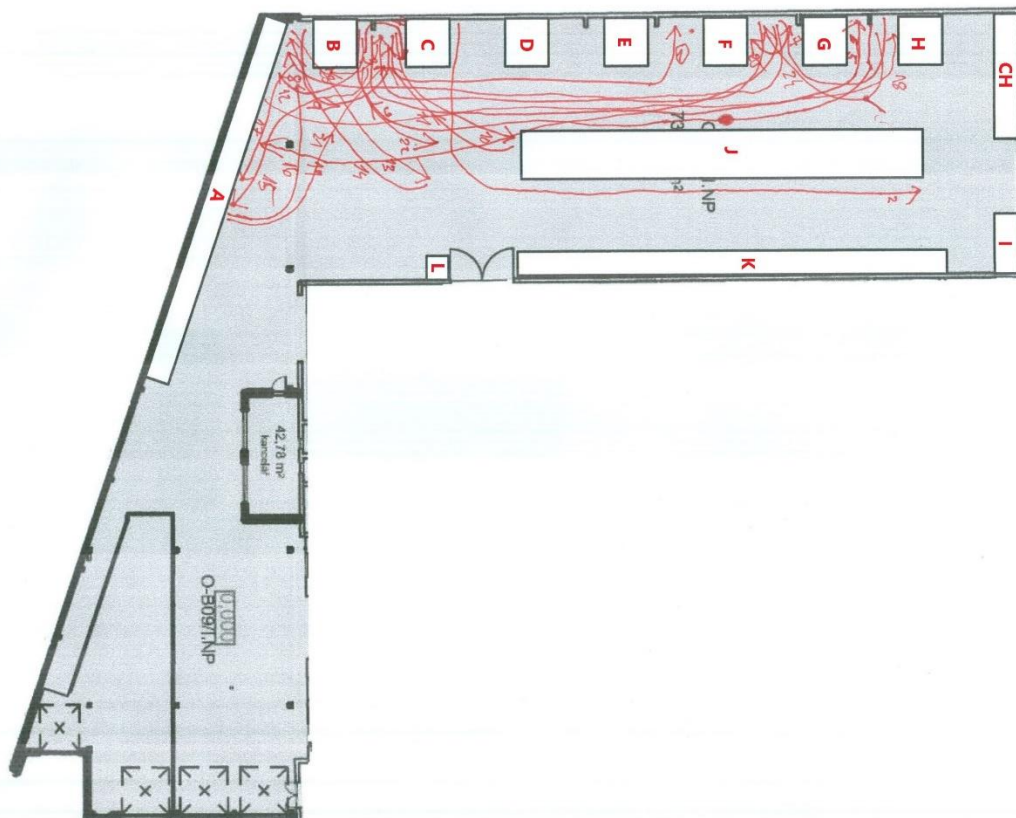
Obrázek 16 Špagetový digram (Vlastní zpracování)

Při sledování vysokozdvížného vozíku Jungheinrich ERC 214 viz Obrázek 12 jde ze špagetového digramu viz Obrázek 16 zaznamenat největší aktivitu mezi skladovými regály B, C, G, H. Z naměřených dat vyplývá, že doba využití jednoho manipulačního vozíku činila 156 minut, což představuje 34,7 % z celkové délky jedné směny, která trvala 7,5 hodiny. Za tuto dobu převezl vysokozdvížný vozík 120 palet. Z výsledků měření vyplývá, že zbytek času, který manipulační vozík nebyl využíván, byl způsoben prací skladníka, který se věnoval balení výrobků nebo jejich ručnímu vyskladňování z palet.



Obrázek 17 Špagetový diagram (Vlastní zpracování)

Při sledování druhého vysokozdvižného vozíku Jungheinrich ERC 214 viz Obrázek 12 lze ze špagetového digramu viz Obrázek 17 zaznamenat největší aktivitu mezi skladovými regály D a E. Z naměřených dat vyplývá, že doba využití jednoho manipulačního vozíku činila 134 minut, což představuje 29,8 % z celkové délky jedné směny, která trvala 7,5 hodiny. Za tuto dobu převezl vysokozdvižný vozík 113 palet.



Obrázek 18 Špagetový diagram (Vlastní, 2023)

Při sledování druhého vysokozdvizného vozíku Linde L16 AP Duplex viz Obrázek 14 lze ze špagetového digramu viz Obrázek 18 zaznamenat největší aktivitu mezi skladovými regály A, B, C a F, G. Z naměřených dat vyplývá, že doba využití jednoho manipulačního vozíku činila 172 minut, což představuje 38,2 % z celkové délky jedné směny, která trvala 7,5 hodiny. Za tuto dobu převezl vysokozdvizný vozík 134 palet.

5.2 Vyhodnocení špagetového digramu

Z výsledků všech tří špagetových digramů lze vyvodit, že manipulační technika byla nejčastěji používána u regálů B, C a D, E, zatímco u regálů CH, I, K a L byla použita méně často nebo vůbec. Zjištěním, že se manipulační technika v některých případech vůbec nepohybovala mezi, některými regály mají za následek mrtvé zásoby, které se v regálech nachází. Ty jsou způsobeny tím, že někteří zákazníci pro, které bylo zboží vyrobeno již ukončili svoji činnost nebo z důvodu získání množstevní slevy na materiál, kdy si poté zákazník odebral jen potřebný počet kusů výrobku. Pokud by se tyto zásoby eliminováním odstranily, mohlo by to uvolnit skladové prostory, což by pomohlo expedičnímu skladu, který se potýká s nedostatkem místa.

6 MOŽNOSTI VYUŽITÍ AGV

V této kapitole se autor zaměřuje na návrh možností využití AGV v expedičním skladu. Před samotnými návrhy se autor rozhodl vytvořit SWOT analýzu využití AGV ve skladu.

6.1 SWOT analýza

V současné době se v logistickém průmyslu stává stále populárnějším používání AGV dopravy. Ale před tím než by společnost ZLKL, s.r.o. rozhodla této poměrně nové technologie využít je potřeba zvážit, zda je tento cíl dosažitelný. Znamenalo by to totiž nemalé investice při zavádění AGV dopravy. Zhodnocení vnějších a vnitřních faktorů nám může pomoci při pozdějším rozhodování.

Silné stránky

- Zvyšuje efektivitu skladování a přesunu materiálů v porovnání s manuálním přesunem materiálů.
- Může být programováno pro opakující se úkoly, což snižuje chybovost a zvyšuje přesnost.
- Snižení pracovních sil a nákladů na lidskou práci, což může vést k úsporám nákladů na pracovní síly.
- AGV mohou pracovat po celou dobu bez nutnosti přestávek, což umožňuje nepřetržité provozování skladu.

Slabé stránky

- Potřeba vyšší počáteční investice a technických znalostí pro implementaci a údržbu AGV.
- AGV mohou být omezeny v rychlosti a výkonu, což může omezovat kapacitu skladu a zpomalovat procesy.
- Bezpečnostní opatření jsou nezbytná k minimalizaci rizika kolize a poškození materiálů.

- AGV mohou být citlivé na změny podmínek v prostředí, jako je změna počtu překážek nebo změna úkolu.

Příležitosti

- Zvyšování automatizace skladových operací a snižování lidské práce může vést ke zvýšení efektivity a snížení nákladů.
- Rozvoj technologií umožní AGV řídit výkonnější software a umožní jim přizpůsobit se změnám v prostředí.
- Zvýšení kapacity skladování díky AGV může vést ke zvýšení obratu a ziskovosti skladu.
- AGV mohou pomoci snížit pracovní úrazy způsobené ručním manipulováním materiálů.

Hrozby

- Konkurence v oboru automatizace skladových operací může omezovat využití AGV.
- Změny v právních předpisech a předpisy pro bezpečnost mohou zpomalit rozvoj a využití AGV.
- Poruchy a selhání technologií AGV mohou vést k přerušení provozu skladu a způsobit potenciální ztráty.
- Zvýšení využití AGV může vést ke ztrátě pracovních míst v oblasti skladování a logistiky.

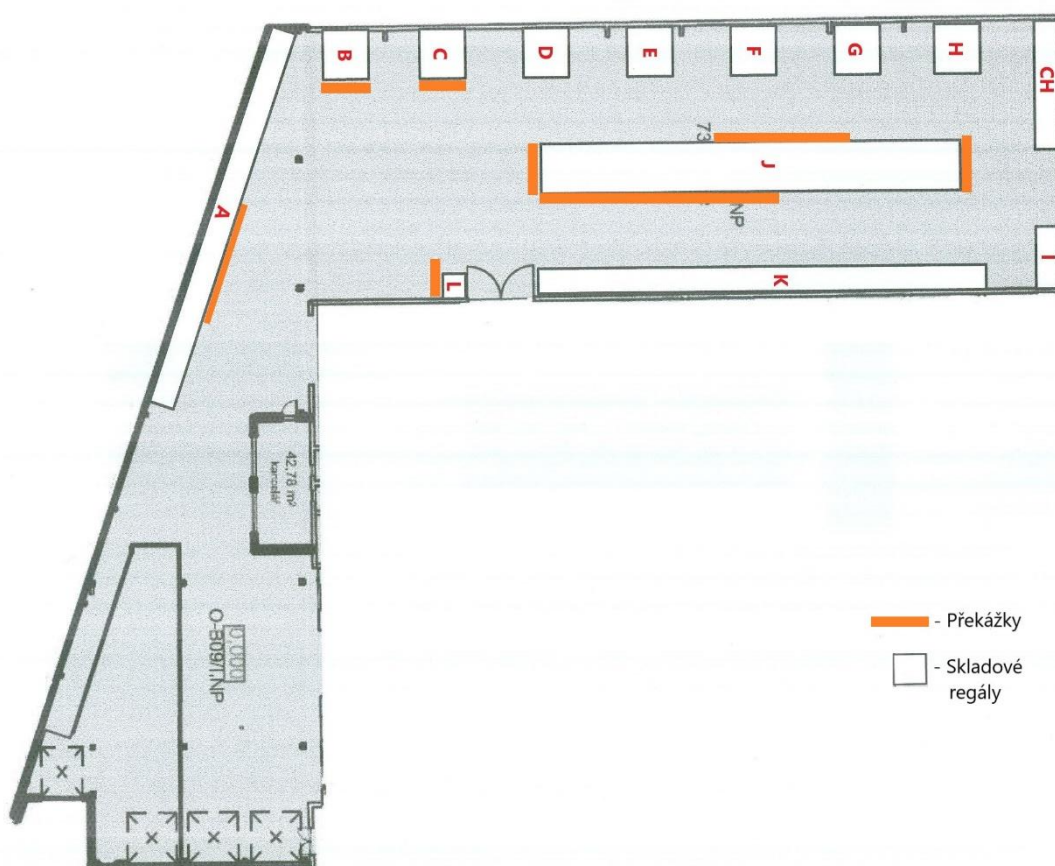
6.2 Nároky na infrastrukturu

Hlavním požadavkem pro implementaci AGV ve skladu je dostupnost dostatečného prostoru. Při průjezdu uličkami by měl mít automatizovaný vozík alespoň jeden metr volného prostoru na každé straně. Tento nárok na prostor je důležitý hlavně z hlediska bezpečnosti, aby vznikl dostatečný prostor pro případné se vyhnutí kolize s vozíkem.

Z hlediska využití navigační technologie zvolíme způsob řízení pomocí optiky nebo laseru. Zavedení toho způsobu navigace zabere zpravidla jen několik dní na rozdíl od složitější varianty pomocí magnetických pásek, kde je instalace značně delší.

6.3 Zjištěné nedostatky

V minulé v podkapitole se uvádí, že nejdůležitějším požadavkem na infrastrukturu skladu je dostatečný prostor na každé straně alespoň jeden metr. Sklad sice tyto požadavky splňuje, nicméně kvůli nedostatečné kapacitě skladových míst se stává, že manipulanti dočasně odkládají palety s výrobky vedle skladových regálů, což snižuje prostor a vytváří neočekávané překážky. Pokud by společnost chtěla v budoucnu zavést AGV, musela by tyto překážky odstranit. Přehled překážek ve skladu je znázorněn viz Obrázek 19.



Obrázek 19 Layout překážky (Vlastní zpracování)

6.4 Návrhy využití AGV ve společnosti

V této části práce se určilo vytvořit, alespoň 3 návrhy využití automaticky naváděných vozíků ke, kterým by mohla společnost v budoucnosti přihlídnout při výběru pro expediční sklad.

1) Varianta A

V této variantě, nazvané jako "Varianta A", by došlo ke zachování stávajícího stavu, kdy se o přepravu výrobků v expedičním skladu starají tři manipulanti. Tito manipulanti využívají k práci tři vysokozdvížné paletové vozíky. Tato varianta by byla implementována bez jakýchkoli dalších změn v procesu přepravy materiálu.

Výhody zachování aktuálního stavu

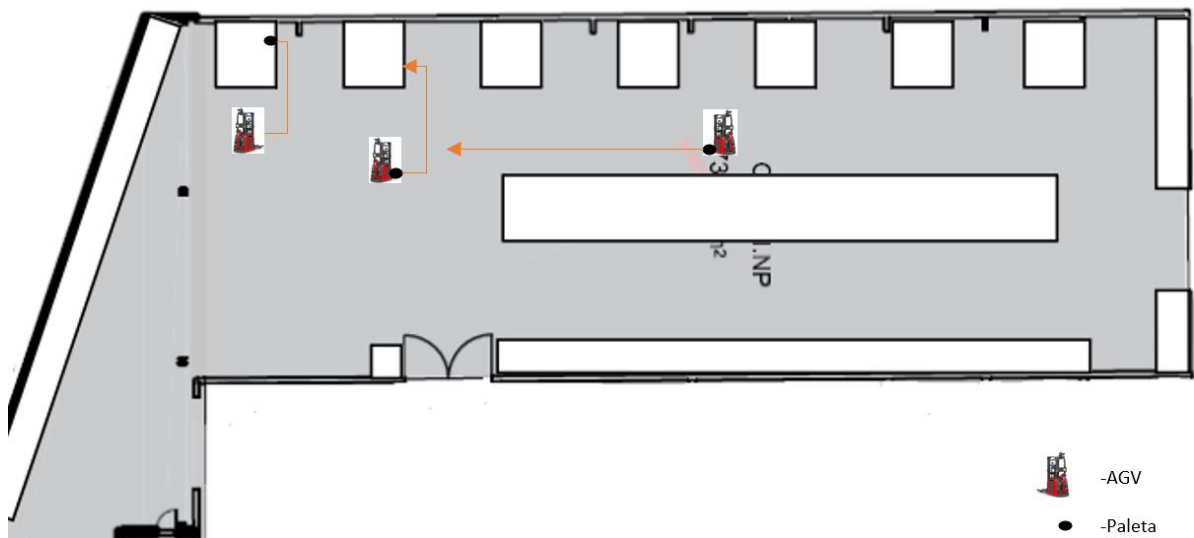
- Nemusí se investovat do nové technologie, což znamená nižší náklady na pořízení.
- Manipulanti mohou být již zvyklí na svou práci a nemuselo by dojít k nutnosti školení na novou technologii.
- Pokud není potřeba velkého objemu přepravovaného zboží, mohou být vysokozdvížné vozíky a manipulanti dostateční pro uspokojení potřeb skladu.

Nevýhody zachování aktuálního stavu

- Náklady na lidskou práci mohou být vysoké vzhledem k počtu potřebných manipulantů.
- Pokud je potřeba přepravovat velké množství zboží, mohou být vysokozdvížné vozíky a manipulanti limitujícím faktorem pro efektivní chod skladu.
- Pokud by se manipulanti nemohli plně věnovat své práci z důvodu únavy nebo nemoci, mohlo by to mít negativní dopad na efektivitu skladu.

2) Varianta B

V tomto návrhu by se jednalo o využití AGV pro všechny manipulace ve skladu. To by znamenalo, že AGV by mělo na starosti jak vyskladnění požadovaných palet, tak i přemístění jednotlivých palet na určené místo. Obdobným způsobem by fungovalo i doprava ke skladovým regálům a následné zaskladnění. V tomto případě by se mohlo uvažovat o provozu bez lidské síly co se týče manipulace s paletami. Vzhledem k povaze skladu a již zmíněných mrtvých zásob by se volila varianta vysokozdvížných automatizovaných vozíků s možností manuálního ovládní pro nahodilé vyskladňování málo používaných skladových regálů, které by nebyli z důvodu nevyužití zohledněny v trasách. Znázornění možnosti využití AGV viz Obrázek 20.



Obrázek 20 Využití AGV (Vlastní zpracování)

Výhody navrhnutého způsobu manipulace

- Zvyšuje bezpečnost práce. AGV jsou plně automatizované a nevyžadují lidský dohled. To snižuje riziko pracovních úrazů, které mohou být způsobeny lidskými chybami nebo nedbalostí.
- Zvyšuje produktivitu práce. AGV mohou pracovat nepřetržitě bez přestávek, což zvyšuje produktivitu práce. Navíc AGV mohou být programovány tak, aby dokázaly manipulovat s více náklady najednou, což dále zvyšuje efektivitu práce.
- Zvyšuje přesnost při manipulaci s náklady. AGV jsou navrženy tak, aby dokázaly manipulovat s náklady přesně a opakovaně, což snižuje riziko poškození nákladů a zvyšuje celkovou kvalitu práce.

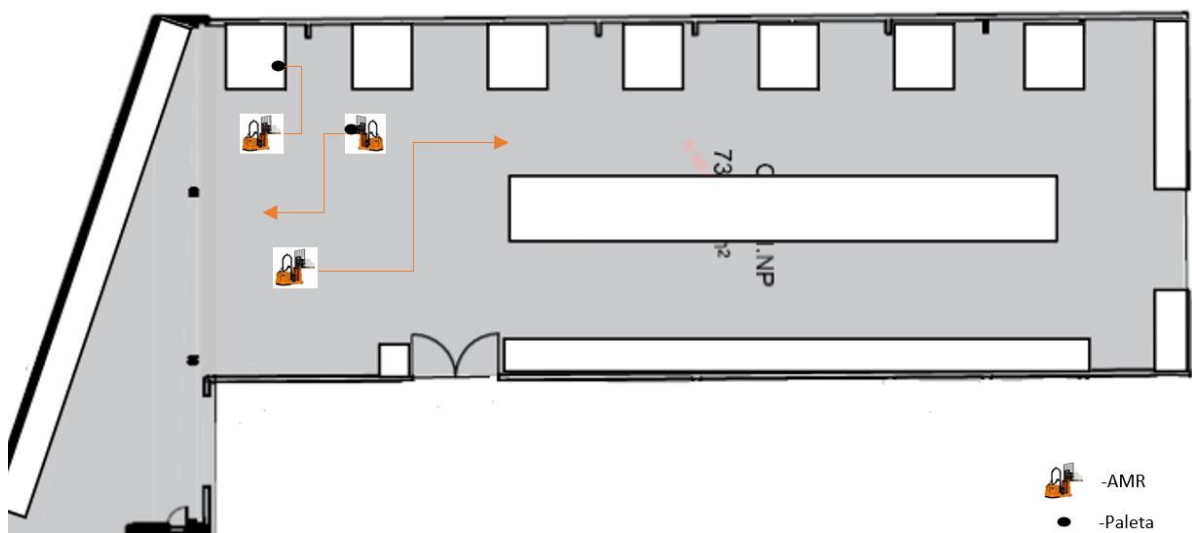
Nevýhody navrhnutého způsobu manipulace

- Náklady na údržbu a opravy. AGV vyžadují údržbu a opravy, aby zůstaly v dobrém stavu. Tyto náklady mohou být vysoké, zejména pokud AGV často používají a jsou vystaveny opotřebení a poškození.
- Omezená flexibilita. AGV jsou navrženy pro určité úkoly a mohou být obtížné nebo nemožné přizpůsobit pro jiné úkoly nebo pro manipulaci s jinými náklady.

- Zranitelnost vůči technickým chybám a útokům. AGV jsou závislé na technologiích a mohou být zranitelné vůči technickým chybám nebo útokům, což může mít negativní dopad na celkovou bezpečnost a efektivitu.

3) Varianta C

Zatímco AGV se musí pohybovat po vytyčených trasách ať už po magnetických páskách nebo pomocí navigace. Oproti tomu AMR je vybaveno kamerami a senzory, které umožňují, že se mobilní roboti pomohu pohybovat libovolně v prostoru a tím se i aktivně vyhýbat překážkám. AMR je možné přenášet do jiných částí společnosti bez potřeby nastavování pevných tras. Znárodnění možnosti využití AMR viz Obrázek 21.



Obrázek 21 Využití AMR (Vlastní zpracování)

Výhody navrhnutého způsobu manipulace

- AMR mohou být použity pro přemístění zboží a materiálů mezi různými místy skladu. Tyto roboty mohou být programovány k tomu, aby se pohybovaly po specifických trasách a plnily různé úkoly, jako například přemístění zboží na konkrétní místo v regálu.
- Zabezpečení: AMR mohou být využity pro zabezpečení skladu. Tyto roboty mohou být vybaveny kamerami a senzory, aby zaznamenávali pohyb a aktivitu ve skladu. Pokud by došlo k neautorizovanému přístupu, AMR mohou upozornit personál na nežádoucí situaci.

Nevýhody navrhnutého způsobu manipulace

- Vysoká počáteční investice: Nákup a nasazení AMR může být pro společnost finančně náročné. Cena jednoho robotu může být vysoká a zahrnuje také náklady na instalaci, programování a údržbu.
- Komplexita: AMR jsou složité roboty, které vyžadují vysokou úroveň znalostí a zkušeností v oblasti robotiky. Pro nasazení AMR je třeba kvalifikovaný personál, který bude schopen s roboty pracovat a programovat je.
- Potřeba údržby: Stejně jako u jakéhokoli jiného stroje, i u AMR jsou potřebné pravidelné údržby. Pokud není robot pravidelně udržován, může dojít k poruchám, což může vést ke ztrátám a zpožděním.

6.5 Technické požadavky na AGV systém

Pro výběr správného typu systému AGV, je nutné stanovit základní technické nároky na tento systém. Tyto nároky jsou:

- Nosnost min. 200 kg
- Kompaktní rozměry
- Dostatečná rychlost
- Bezpečnostní prvky splňující legislativní požadavky

6.6 Výběr vhodného výrobce AGV pomocí multikriteriálního rozhodování

Multikriteriální rozhodování nabízí efektivní řešení, které umožňuje zohlednit různé faktory a preference zákazníka a současně maximalizovat výkon, snížit náklady a minimalizovat rizika. Tato podkapitola popisuje proces vytvoření modelu multikriteriálního rozhodování pro výběr vhodného výrobce jednotlivých druhů AGV z navrhnutých variant. Rozhodování o typech AGV vychází z předchozích navrhnutých variantách z podkapitoly 6.4.

Jsou vybrány 3 varianty vozíků, které by šli použít:

- Podjezdový AGV vozík
- Hybridní vysokozdvížní AGV vozík

- AMR vysokozdvizný vozík

6.6.1 Podjezdové AGV

Pro tento typ AGV vozíků jsme vybrali 3 potenciální výrobce a modely podjezdových AGV. Pro výběr jsme zvolili vždy základní modely, které výrobci nabízejí.

Jedná se o výrobce:

- KUKA
- Linde
- STILL

Výrobci AGV vozidel jsou porovnávány podle následujících kritérií:

- Nosnost
- Rozměry
- Rychlost
- Navigace
- Baterie

V Tabulka 1 jsou zobrazeny výrobci podjezdových AGV. V tabulce není zahrnuta cena z důvodu, že jí nelze zjistit od všech výrobců. Avšak jsem si vědom její důležitosti.

Tabulka 1 Kritéria výrobců (KUKA, Linde, STILL, 2023)

Výrobci	Nosnost	Rozměry(mm)	Rychlost	Navigace	Baterie
KUKA-KMP 600-S diffDrive	600 kg	750x350x1000	7,2 km/h	Laser SLAM	48 V, 37 Ah
Linde C-MATIC 06	600 kg	730x240x956	5,4 km/h	QR code	48 V, 36 Ah
STILL-ACH 06	600 kg	730x240x956	4,3 km/h	QR code	48 V, 36 Ah

Největší rychlostí disponuje model KMP 600-S diffDrive od výrobce KUKA, který udává 7,2 km/h. Nosnost je u všech tří nabízených modelů stejná 600 kg, a tudíž splňuje požadavky námi stanovených min. 200 kg. Největší kapacitu baterie nabízí model od Společnosti KUKA a také jako jediný nabízí navádění pomocí SLAM navigace, která je vhodnější

z důvodů snadnější instalace. Rozměry jsou si stroje velice podobné nicméně nejmenší modely nabízí výrobce Linde a STILL.

6.6.2 Vysokozdvížené AGV

Pro tento typ AGV vozíků jsme vybrali 3 potenciální výrobce a modely vysokozdvížných AGV. Pro výběr jsme zvolili vždy základní modely, které výrobci nabízejí. Dva z uvedených výrobců jsme si vybrali z důvodu, že společnost od nich již vlastní manuálně ovládané vysokozdvížené vozíky.

Jedná se o výrobce:

- Jungheinrich
- Linde
- Toyota

V Tabulka 2 jsou zobrazeny výrobci vysokozdvížných AGV.

Tabulka 2 Kritéria výrobců (Jungheinrich, Linde, Toyota, 2023)

Výrobci	Nosnost	Rozměry (mm)	Rychlost	Navigace	Baterie
Jungheinrich-ERC 213a	1300 kg	2393x965	9 km/h	Laser	24 V, 375 Ah
Linde-L-MATIC	1200 kg	2285x804	2,9 km/h	Laser	24 V, 375 Ah
Toyota-SAE160	1600 kg	2261x930	6 km/h	Laser	24 V, 500 Ah

Nejvyšší rychlost má model Jungheinrich-ERC 213a dosáhne rychlosti s nákladem až 9 km/h to je podstatně více než zbylé dva vozíky, zároveň má ze všech tří vozíků největší rozměry. Nejvyšší nosností disponuje model Toyota-SAE 160 a to až 1600 kg a zároveň je vybaven baterií s největší kapacitou. Způsob navigace je u všech modelů totožný, a to pomocí Laseru.

6.6.3 Vysokozdvížené AMR

Pro tento typ vysokozdvížných vozíků jsme vybrali pouze 2 výrobce, a to z důvodu zatím omezené nabídky těchto automatizovaných robotů, které nejsou tak rozšířené.

Jedná se o výrobce:

- ABB
- MIR

Tabulka 3 Kritéria výrobců (ABB, MIR, 2023)

Výrobci	Nosnost	Rozměry (mm)	Rychlost	Navigace	Baterie
ABB	1600 kg	2055x830x2751	6 km/h	Laser	48 V, 200 Ah
MIR	1200 kg	—————	6,4 km/h	Lidar SLAM	24 V, 600 Ah

Rychlost je u obou AMR vozíků téměř srovnatelná. Rozměry máme pouze od jednoho výrobce, kterým je ABB u druhé nebyli k dispozici. Nosností přesahuje AMR od ABB za to má, ale zásadně menší kapacitu baterie. MIR disponuje pokročilejší navigační technologií.

6.7 Zhodnocení vybraných variant AGV

Pro rozhodnutí o nejlepším AGV systému je nutné zohlednit několik faktorů, především technické a ekonomické potřeby pro konkrétní umístění. Nejvhodnější volba bude ta, která efektivně kombinuje oba faktory. Kritéria pro výběr ideálního AGV systému jsou založena na technických specifikacích požadovaných pro daný systém.

6.7.1 Podjezdové vozidlo s QR navigací

Podjezdové AGV vyznačující se výbornou manévrovatelností v omezených prostorech se jeví jako rozumná volba pro pracoviště se stísněnými prostory. Vzhledem k zvolené navigaci pomocí QR kódů by implementace zabrala hodně času z důvodu umístění QR kódů na podlahu. Nejvhodnější dobou pro implementaci by mohla být závodní dovolená trvající 2 týdny. Z ekonomického hlediska by tato varianta byla nejlevnější z důvodu kombinace s již zakoupenými manuálně ovládanými vysokozdvížnými vozíky.

6.7.2 Hybridní vysokozdvížené vozíky s Laserovou navigací

Tento druh manipulační techniky se vyznačuje podobnými rozměry jako vozíky s manuálním ovládaním tudíž nepřichází omezení kvůli prostoru. Zvolená laserová navigace není složitá na zavedení a nevyžaduje téměř žádné stavební úkony a nutné odstávky na pracovišti. Tyto vozíky jsou hybridní a je zde možnost i manuálního ovládaní.

6.7.3 Autonomní roboti

Není nutnost vyvářet přesné cesty. Tohle řešení může zajistit plynulost a ušetřit čas při manipulacích a přepravě manipulačních jednotek.

6.8 Return on investment (ROI)

Jednou z nejdůležitějších věcí, kterou se podnik při zavádění AGV zabývá je návratnost investice. V této podkapitole se budeme zabývat orientačním výpočtem ROI pro AGV, který by mohl poskytnout podniku potřebné informace k době návratnosti investice.

6.8.1 Náklady varianta A

V první variantě návrhu se jedná o zachování aktuálního stavu. To znamená 3 manipulanti využívající 3 vysokozdvizné manuálně řízené vozíky.

Pro zjištění stávající ceny manuálně řízených vozíků ve společnosti se musí vypočítat následující:

- Celkové náklady na VZV

Vynásobí se počet vozíků x náklady na vozík, a tak se zjistí cena současných vozíků v prvním roce pořízení.

K celkové ceně se přidají:

- Roční náklady na údržbu

Vezme se počet vozíků x náklady na vozík + roční náklady na údržbu (odhadem 5 %, Rayner 2023). To dá celkové roční náklady na údržbu současných vozíků na dva až pět let (a více).

Tabulka 4 Náklady na VZV (Vlastní zpracování)

Náklady na manuálně řízené vozíky	
Náklady na manuálně řízený vozík(1rok)	
Počet vozíků	3
x Cena za vozík	411 335,00 Kč
Celková cena vozíku=	1 234 005,00 Kč
Celková cena vozíku	1 234 005,00 Kč
(+) Roční náklad na údržbu	61 700,25 Kč
Celkové roční náklady na údržbu=	1 295 705,25 Kč

Z Tabulka 4 lze zjistit, že celková cena na pořízení a údržbu 3 VZV v prvním roce pořízení činí 1 295 705, 25 Kč.

Tabulka 5 Roční náklady (Vlastní zpracování)

Náklady na manuálně řízený vozík(2-5let)	
Počet vozíků	1
Celkové roční náklady na údržbu=	20 566,75 Kč

Po prvním roce se počítají pouze celkové roční náklady na údržbu. Za každý rok provozu jednoho VZV přijde údržba společnost na 20 566, 75 Kč.

6.8.2 Náklady na personál

Následující výpočty berou v úvahu skutečné náklady na provoz současně využívaných manuálních vozíků.

- Celkové platy řidičů

Vynásobí se počet řidičů x průměrný roční plat řidiče

- Roční odvody zaměstnavatele na řidiče

Vynásobí se počet řidičů x průměrný roční plat řidiče + roční odvody na řidiče

Tabulka 6 Personální náklady (Vlastní zpracování)

Personální náklady spojené s manuálními vozíky	
Počet řidičů	3
xRoční plat řidičů	360 000,00 Kč
Celkový roční plat řidičů	1 080 000,00 Kč
Celkový roční plat řidičů	1 080 000,00 Kč
(+) Odvody zaměstnavatele	126 000,00 Kč
Celkové roční odvody na řidiče=	378 000,00 Kč

Do výpočtů je důležité zahrnout personální náklady spojené s manuálně řízenými vozíky. Výsledkem je roční náklad na 3 zaměstnance 1 080 000 Kč. Do nákladů se započítávají i odvody zaměstnavatele na 1 zaměstnance. Odvody zaměstnavatele činní obvykle 35% ze mzdy zaměstnance. Celkové odvody za 3 zaměstnance činní 378 000 Kč.

6.8.3 Výpočet nákladů pro aktuální stav

Tabulka 7 Náklady aktuální stav (Vlastní zpracování)

Náklady na VZV	Pro VZV				
	Výpočet ROI				
	1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 rok
Cena manuálního vozidla	1 234 005,00 Kč	—	—	—	—
	—	64 785,26 Kč	64 785,26 Kč	64 785,26 Kč	64 785,26 Kč
	1 458 000,00 Kč	1 458 000,00 Kč	1 458 000,00 Kč	1 458 000,00 Kč	1 458 000,00 Kč
Celkový	2 692 005,00 Kč	1 522 785,26 Kč	1 522 785,26 Kč	1 522 785,26 Kč	1 522 785,26 Kč
Kumulativní součet	2 692 005,00 Kč	4 214 790,26 Kč	5 737 575,53 Kč	7 260 360,79 Kč	8 783 146,05 Kč

6.8.4 Náklady na AGV varianta B

Pro srovnání s manuálními vozíky se spočítají pravděpodobné celkové náklady na automatizované vozíky

- Počet požadovaných vozidel

V průměru se předpokládá že AGV vozík nahradí 1,5 manuálně řízeného vozíku.

- Celkové náklady na vozík

Vypočítá se počet AGV x náklady AGV a zjistí se cena AGV na začátku prvního roku.

- Roční náklady na údržbu

Vynásobí se počet vozíků x náklady na AGV x roční náklady na údržbu (odhad. 10 %, Rayner 2023).

To dává celkové roční náklady na údržbu AGV za dva až pět let (a více).

- Náklady na instalaci (odhad)

Náklady na instalaci se budou lišit v závislosti na složitosti vašeho provozu.

Tabulka 8 Náklady na AGV varianta B (Vlastní zpracování)

Náklady na AGV	
Počet AGV potřebných k výměně 1 manuálního vozíku	0,666666667
x Počet současných manuálních vozíků	3
Počet požadovaných AGV=	2
Požadovaný počet AGV	2
x Cena za AGV	1 980 000,00 Kč
Celková cena AGV	3 960 000,00 Kč
Počet AGV	2
x Cena za AGV	1 980 000,00 Kč
(+) Roční náklady na údržbu	198 000,00 Kč
Roční náklady na údržbu =	396 000,00 Kč
Cena instalace	814 000,00 Kč

Důležité je si určit požadovaný počet vozíků. V průměrně se předpokládá, že 1 AGV vozík nahradí 1,5 manuálně řízeného vozíku. Aktuálně 3 používané manuálně ovládané vozíky se nahradí 2 AGV. Pořizovací cena 1 AGV činí 1 980 000 Kč. Dalšími náklady je údržba, která se průměrně uvádí jako 10 % z ceny AGV. Roční náklady na údržbu 1 AGV je 198 000 Kč. Důležitou položkou je cena instalace, která se odvíjí od počtu pozic vyzvednutí a položení manipulačních jednotek. V tomto případě je částka 814 000 Kč.

6.8.5 Výpočet ROI varianta B

Pro výpočet bodu zvratu se prodlouží výpočet na 5 let. Rychlejší návratnosti by se dalo dosáhnout prodejem stávajících manuálně řízených vozíků.

- Každý rok by stál provoz manuálně řízených vozíků a zaměstnanců 1458 000 Kč. (Bez kapitálových nákladů na vozíky)
- Provoz AGV vozíku vykonávající stejnou práci (Bez kapitálových nákladů na vozíky) by činil 396 000 Kč za jeden rok.

Tabulka 9 ROI varianta B (Vlastní zpracování)

Náklady na VZV					
	1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 rok
Cena manuálního vozidla	1 234 005,00 Kč	—	—	—	—
	—	64 785,26 Kč	64 785,26 Kč	64 785,26 Kč	64 785,26 Kč
	1 458 000,00 Kč	1 458 000,00 Kč	1 458 000,00 Kč	1 458 000,00 Kč	1 458 000,00 Kč
Celkový	2 692 005,00 Kč	1 522 785,26 Kč	1 522 785,26 Kč	1 522 785,26 Kč	1 522 785,26 Kč
Kumulativní součet	2 692 005,00 Kč	4 214 790,26 Kč	5 737 575,53 Kč	7 260 360,79 Kč	8 783 146,05 Kč
Pro AGV					
Náklady na AGV	3 960 000,00 Kč	396 000,00 Kč	396 000,00 Kč	396 000,00 Kč	396 000,00 Kč
Náklady na instalaci	814 000,00 Kč				
Celkový	3 960 000,00 Kč	396 000,00 Kč	396 000,00 Kč	396 000,00 Kč	396 000,00 Kč
Kumulativní součet	4 774 000,00 Kč	5 170 000,00 Kč	5 566 000,00 Kč	5 962 000,00 Kč	6 358 000,00 Kč
Výnos(úspora)	2 692 005,00 Kč	4 214 790,26 Kč	5 737 575,53 Kč	7 260 360,79 Kč	8 783 146,05 Kč
Investice	4 774 000,00 Kč	5 170 000,00 Kč	5 566 000,00 Kč	5 962 000,00 Kč	6 358 000,00 Kč
ROI	-44%	-18%	3%	22%	38%

Výsledek ROI ukazuje, že investice do AGV by se v tomto konkrétním případě vyplatila. Při srovnání nákladů na pořízení a provoz AGV s předpokládanými úsporami v nákladech na lidskou práci by se investice vrátila po třech letech od zavedení, kdy by první výnos byl 3 % po 3 letech od zavedení a po 5 letech od zavedení už by výnos činil 38 %.

6.8.6 Náklady na AMR varianta C

Zdá se, že na základě výhod a možností AMR by cena mohla být mnohem vyšší než u použití AGV. Nicméně opak je pravdou. I když je AMR vybaven pokročilou a moderní technologií, tak zejména náklady na instalaci jsou nižší.

Tabulka 10 Náklady na AMR varianta C (Vlastní zpracování)

Náklady na AGV	
Počet AGV potřebných k výměně 1 manuálního vozíku	0,666666667
x Počet současných manuálních vozíků	3
Počet požadovaných AGV=	2
Požadovaný počet AGV	2
x Cena za AGV	1 980 000,00 Kč
Celková cena AGV	3 960 000,00 Kč
Počet AGV	2
x Cena za AGV	1 980 000,00 Kč
(+) Roční náklady na údržbu	198 000,00 Kč
Roční náklady na údržbu =	396 000,00 Kč
Cena instalace	240 000,00 Kč

6.8.7 Výpočet ROI varianta C

Tabulka 11 ROI varianta C (Vlastní zpracování)

		Náklady na VZV				
		1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 rok
Cena manuálního vozidla		1 234 005,00 Kč	—	—	—	—
		—	64 785,26 Kč	64 785,26 Kč	64 785,26 Kč	64 785,26 Kč
		1 458 000,00 Kč	1 458 000,00 Kč	1 458 000,00 Kč	1 458 000,00 Kč	1 458 000,00 Kč
Celkový		2 692 005,00 Kč	1 522 785,26 Kč	1 522 785,26 Kč	1 522 785,26 Kč	1 522 785,26 Kč
Kumulativní součet		2 692 005,00 Kč	4 214 790,26 Kč	5 737 575,53 Kč	7 260 360,79 Kč	8 783 146,05 Kč
		Pro AMR				
Náklady na AMR		3 960 000,00 Kč				
			396 000,00 Kč	396 000,00 Kč	396 000,00 Kč	396 000,00 Kč
Náklady na instalaci		240 000,00 Kč				
Celkový		3 960 000,00 Kč	396 000,00 Kč	396 000,00 Kč	396 000,00 Kč	396 000,00 Kč
Kumulativní součet		4 200 000,00 Kč	4 596 000,00 Kč	4 992 000,00 Kč	5 388 000,00 Kč	5 784 000,00 Kč
Výnos(úspora)		2 692 005,00 Kč	4 214 790,26 Kč	5 737 575,53 Kč	7 260 360,79 Kč	8 783 146,05 Kč
Investice		4 200 000,00 Kč	4 596 000,00 Kč	4 992 000,00 Kč	5 388 000,00 Kč	5 784 000,00 Kč
ROI		-36%	-8%	15%	35%	52%

Výsledek ROI ukazuje, že investice do AMR by se v tomto konkrétním případě také vyplatila. Při srovnání nákladů na pořízení a provoz AMR s předpokládanými úsporami v nákladech na lidskou práci by se investice vrátila po třech letech od zavedení, kdy by první výnos byl 15 % po 3 letech od zavedení a po 5 letech od zavedení už by výnos činil 52 %.

6.9 Zhodnocení jednotlivých variant

Varianta A:

První varianta, kterou jsme zahrnuli do analýzy, je aktuální stav, ve kterém se práce v expedičním skladu zajišťuje pomocí tří manipulantů s třemi vysokozdvíhnými paletovými vozíky. Tato varianta je klíčová pro srovnání s dalšími dvěma variantami, které jsou navrženy v této bakalářské práci.

Z analýzy nákladů v této první variantě vyplývá, že aktuální náklady na provoz expedičního skladu jsou vysoké a představují značné množství nákladů na pracovní sílu.

Vzhledem k těmto nevýhodám bylo nutné zvážit alternativní řešení, které by mohlo přinést zlepšení efektivity a snížení nákladů.

Varianta B:

Variantu B, která zahrnovala využití vysokozdvížných AGV vozíků, lze hodnotit jako vhodnou. Zdá se, že náklady na tuto investici by byly přiměřené v porovnání s očekávanými výhodami. Výsledkem by bylo, že návratnost investice by mohla přijít po relativně krátké době, konkrétně po 3 letech od zavedení.

Je pozitivní, že v třetím roce od pořízení by návratnost činila 3 % a po 5 letech 38 %. Tento rozdíl by mohl být považován za úspěch a indikaci toho, že vysokozdvížné AGV vozíky jsou efektivní a cenově dostupné řešení pro manipulaci s materiály.

Varianta C:

Variantu C, která zahrnuje využití vysokozdvížných AMR robotů, lze také hodnotit jako vhodnou možnost pro zvážení. Jedná se o technologii, která nabízí řadu výhod a zřejmě by mohla být velmi efektivní v manipulaci s materiály. Výhodou AMR robotů je, že pro svoji navigaci nepotřebují vytyčené trasy, což umožňuje rychlejší a flexibilnější práci v porovnání s jinými technologiemi.

Podobně jako u varianty B, i u varianty C se zdá, že náklady na investici jsou přiměřené v porovnání s očekávanými výhodami. Výsledkem by bylo, že návratnost investice by mohla přijít po relativně krátké době, konkrétně po 3 letech od zavedení, která by činila 15 % a po 5 letech 52 %.

Jako potenciální problém by mohla být menší dostupnost vysokozdvížných AMR robotů na trhu, což by mohlo být důvodem prodloužení doby návratnosti investice nebo dokonce snížení celkových výhod.

7 NÁVRH DOPORUČENÍ VEDOUČÍ K ZAVEDENÍ AGV

Po zhodnocení všech variant můžeme říci, že varianta B se jeví jako vhodná alternativa aktuálního stavu, který je zmíněn u varianty A. Jedná se zejména o efektivitu práce, kdy využití vysokozdvížných AGV vozíků by vedlo k efektivnější manipulaci s materiály, jelikož z pravidla dosahují rychlejší práce, než manipulanti což by znamenalo, že by se zvýšila i celková produktivita. Zavedení jedné z navrhovaných variant a celkové zvýšení produktivity by mohlo vést i ke snížení spotřeby energie pro nabíjení z důvodu přesnosti a tím i větší ekologičnosti na, kterou je v dnešní době kladen velký důraz.

Vzhledem k povaze a tématu, které se v bakalářské práci řešení by se firmě dala doporučit varianta B, která by mohla zajistit návratnost 3 % po třech letech a 38 % po pěti letech což se jeví jako velmi pozitivní a indikuje efektivnost využití vysokozdvížných AGV vozíků v manipulaci s materiály. Investice by mohla být přiměřená v porovnání s očekávanými výhodami.

Je důležité si uvědomit, že výsledek ROI nezohledňuje časovou hodnotu peněz, což je momentálně velmi obtížné odhadnout kvůli turbulentnímu období, které aktuálně panuje. Je proto třeba brát v úvahu i jiné faktory, jako jsou dlouhodobé trendy a perspektivy v oblasti logistiky a materiálového hospodářství. Díky využití této technologie společností by se mohlo snížit riziko pracovních úrazů. Důležité je také zmínit, že zavedení automatizace způsobí i změnu pracovního prostředí. To znamená, že pokud by se po zavedení automatické manipulační techniky v této oblasti nacházeli pracovníci muselo by dojít jejich řádnému zaškolení a seznámit je s novým prostředím.

Po zkoumání a vypracování literární rešerše a sledování nových trendů bylo zjištěno, že se nabízí i nové moderní možnosti, a to v podobě Autonomních mobilních robotů. Po zhodnocení a návrhu této varianty se dospělo k závěru, že využití AMR by mohla být vhodná alternativa k variantě využívající AGV vozík. Z výpočtů se tato varianta C jeví jako zdaleka nejefektivnější, kdy by návratnost po třech letech činila 15 % a po 5 letech již 52 %.

Variantu C, která zahrnuje využití vysokozdvížných AMR robotů, lze zhodnotit jako velmi úspěšnou a efektivní. AMR roboty umožňují rychlou a flexibilní práci v porovnání s jinými technologiemi díky tomu, že pro svoji navigaci nepotřebují vytyčené trasy a mohou být programovány tak, aby se přizpůsobily různým situacím. To znamená, že se mohou

pohybovat po skladišti bez nutnosti fyzického řízení, což zvyšuje efektivitu a snižuje riziko lidských chyb.

Mezi další výhody AMR vozíků patří jejich nízké náklady na údržbu a snížení nákladů na lidskou práci, jelikož je nevyžadují. Dále zlepšují ergonomii práce, protože snižují fyzickou námahu, kterou by museli zaměstnanci při práci s vysokozdvíhacími vozíky zvládat. AMR vozíky také zvyšují bezpečnost práce, protože snižují riziko pracovních úrazů spojených s používáním vysokozdvíhacích vozíků a dalších manipulačních strojů.

Nevýhodou však může být menší dostupnost vysokozdvíhacích AMR robotů na trhu, což by mohlo vést ke zvýšení nákladů a prodloužení doby návratnosti investice. Dále je třeba zmínit, že nasazení AMR robotů může vyžadovat určité úpravy v infrastruktuře a vnitřním uspořádání prostoru, aby bylo možné zajistit optimální provoz a efektivitu.

Doporučení pro zavedení vysokozdvíhacích AMR robotů tedy zahrnuje analýzu nákladů a přínosů, včetně zhodnocení předpokládané doby návratnosti investice a dopadů na pracovní síly. Pokud bude investice do AMR robotů provedena, je třeba zajistit jejich správnou implementaci a školení zaměstnanců na nové technologie a také další analýzy.

Po zhodnocení se jeví jako nejlepší možností k doporučení pro společnost ZLKL, s.r.o. zavedení varianty B, a to zavedení již ověřené technologie s využitím AGV vozíku, která by mohla zajistit poměrně brzkou návratnost.

Jako alternativní možností by mohlo být doporučení využití AMR robotů. Hlavní výhodou této varianty je, že se jedná o nejmodernější technologii, která se stále vyvíjí a zdokonaluje. To znamená, že společnost by měla mít v budoucnu přístup k nejnovějším technologiím, což zvyšuje konkurenceschopnost a umožňuje vytvořit si výhodu na trhu. I u finančního hlediska se jedná o nejvýhodnější variantu.

ZÁVĚR

Závěrem lze říci, že AGV (Automatic Guided Vehicles) představují moderní technologii, která umožňuje využití autonomních vozidel pro manipulaci s materiály v expedičním skladu. V rámci bakalářské práce byly vytvořeny návrhy typů AGV, které by mohly být využity v praxi.

SWOT analýza ukázala, že zavedení AGV do skladu přináší mnoho přínosů, jako je zvýšení efektivity, snížení nákladů na pracovní sílu, zvýšení bezpečnosti práce a další. Na druhé straně však existují také určité hrozby, jako je potřeba investovat do nové technologie a školení pracovníků.

Výpočet ROI (Return on Investment) pro nákup AGV ukázal, že nákup AGV se může v dlouhodobém horizontu stát prospěšným a přinést finanční přínosy firmě.

Kromě výše zmíněných aktivit jsem v rámci bakalářské práce také analyzoval pohyb manipulantů ve skladu a vytvořil špagetový diagram, který zobrazuje trasu, kterou musí pracovníci absolvovat při plnění svých pracovních úkolů. Tento diagram umožňuje identifikovat oblasti, kde dochází k nadbytečnému pohybu a kde by mohly být využity AGV ke zvýšení efektivity a snížení nákladů nebo naopak, kde k téměř žádným pohybům nedochází a podle toho přizpůsobit trasy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AGV Automated Guided Vehicles types of Battery, 2019. In: Resbot [online]. Jiangsu: Suzhou Resbot Technology [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <http://www.resbot.cn/newsinfo/1539037.html>

AGV vs. AMR, c2023. Mobile-industrial-robots [online]. Odense: Mobile Industrial Robots A/S [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.mobile-industrial-robots.com/insights/get-started-with-amrs/agv-vs-amr-whats-the-difference/>

Automaticky naváděný vozík (AGV), c2023. In: Isitec-international [online]. Praha: isitec-international [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://isitec-international.com/cs/automaticky-navadeny-vozik-agv/>

Gros, Ivan, Barančík, Ivan a Čujan, Zdeněk. 2016. Velká kniha logistiky. Praha :

GÜNTER ULLRICH, Günter a Thomas ALBRECHT, 2019. Fahrerlose Transportsysteme. 3. Voerde: Springer Fachmedien. ISBN 978-3-658-27471-9.

Harlow: Pearson, 310 s. ISBN 9781292083797.

CHRISTOPHER, Martin, 2016. Logistics & supply chain management. Fifth edition.

Intralogistics: Process optimisation trends in internal logistics, 2021. In: Mecalux [online]. Barcelona [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.mecalux.com/blog/intralogistics-definition>

JUROVÁ, Marie, 2016. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.

JUNGHEINRICH, 2023. EZS 350a. In: Logisnextamericas [online]. Texas: Jungheinrich [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.logisnextamericas.com/en/jungheinrich/forklifts-pallet-trucks/jungheinrich/agvs/automated-tow-tractors/ezs-350a-na>

JUNGHEINRICH, 2023. ERC 214. In: Jungheinrich [online]. Jungheinrich [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/produkty/manipulacni-technika/paletove-voziky/rucne-vedene-vysokozdvizne-voziky/erc-214i-216i-825154>

Jeřábková, Alena. Využití čárových kódů ke zlepšení řízení zásob ve skladovém hospodářství společnosti ZLKL, s.r.o.. Zlín, 2017. bakalářská práce (Bc.). Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta managementu a ekonomiky

KUKA, 2023. KMP 600-S diffDrive. In: Kuka [online]. Augsburg: KUKA [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%c5%beby/mobilita/mobiln%c3%ad-plo%c5%a1iny/kmp-600-s-diffdrive>

LINDE, 2023. L 16 AP. In: Linde-mh [online]. Linde [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.linde-mh.cz/cs/>

Navigation Systems [online], 2021. Penang: IST Robot [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://ist-robot.com/types-of-agv-navigation-systems/>

ORIENTALMOTOR, c2022. AGV / AMR Designs: Understanding Brushless DC Motor Benefits. Orientalmotor [online]. Torrance: orientalmotor [cit. 2023-04-13]. Dostupné z:

<https://www.orientalmotor.com/brushless-dc-motors-gear-motors/technology/brushless-dc-motors-agv-designs.html>

OUDOVÁ, Alena 2013. Logistika: základy logistiky. Kralice na Hané: Computer Media,

PAKSOY, Turan, Çiğdem KOÇHAN a Sadia Samar ALI, 2021. Logistics 4.0. ISBN 978-0-367-34003-2.

O společnosti [online], 2023. Loštice: ZLKL [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.zkl.cz/o-spolecnosti>

PASTOR TELLA, Alfredo, 2019. AGV Battery Charging Systems Comparison. Agvnetwork [online]. Illinois: Alfredo Pastor Tella [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.agvnetwork.com/automated-guided-vehicles-battery-charging-solutions>

PASTOR TELLA, Alfredo, 2019. How does an AGV Safety System Work. In: Agvnetwork [online]. Miami: Alfredo Pastor Tella [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.agvnetwork.com/automated-guided-vehicles-safety-systems#risk-zones>

PASTOR TELLA, Alfredo, 2019. What are the main Types of Automated Guided Vehicles. Agvnetwork [online]. Miami: Alfredo Pastor Tella [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.agvnetwork.com/types-of-automated-guided-vehicles>

Podniková logistika, c2022. Timocom [online]. Ústí nad Labem: TIMOCOM [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://www.timocom.cz/lexicon/dopravni-lexikon/podnikov%C3%A1-logistika>

POPKOVA, Elena G., Yulia V. RAGULINA a Aleksei V. BOGOVIZ, 2019. Industry 4.0. ISBN 978-3-319-94310-7.

RAYNER, RACHEL, c2023. AGV NAVIGATION METHODS 1: LINE FOLLOWING AND TAGS. Bluebotics [online]. St-Sulpice: BlueBotics [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://bluebotics.com/agv-navigation-line-following-tags/>

SVOZILOVÁ, Alena, 2016. Projektový management: systémový přístup k řízení projektů. 3., aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-0075-0.

SENDER, Ulrich, ed., [2018]. The internet of things: industrie 4.0 unleashed. Berlin: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-54903-2.

STÄUBLI ELECTRICAL CONNECTORS, c2023. Automatic Fast Charging of Automated Guided Vehicles [online]. Manchester: AZoNetwork [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=15531>

TORO, Carlos, Wei WANG a Humza AKHTAR, 2021. Implementing industry 4.0. ISBN 978-3-030-67269-0.

TOYOTA-FORKLIFTS, 2023. BT Vector VCE125ASF. In: Toyota-forklifts [online]. Praha: Toyota [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://toyota-forklifts.cz/nase-produkty/vna-voziky/obsluha-nahore-a-kompaktni-otoceni/bt-vector-vce125asf-125t-s-kloubovym-sasi-a-teleskopickymi-vidlicemi/>

TRIPATHY, B.K a ANURADHA, 2018. INTERNET OF THINGS (IoT). Miami: Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-138-03500-3.

ULLRICH, Günter, 2015. Automated Guided Vehicle Systems. 1. Berlin: Springer. ISBN 978-3-662-44813-7.

VŠCHT, 2016. 978-80-7080-952-5.

WAMECH, c2022. Co je to intralogistika. Leanintralogistics [online]. Krakov: WAMECH [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://www.leanintralogistics.com/?lang=cs>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AGV Automaticky řízené vozíky

AI Umělá inteligence

AMR Automatické mobilní roboty

CAD Počítačem podporované projektování

CAM Počítačem podporovaná výroba

ČNB Česká národní banka

ERP Plánování podnikových zdrojů

NiCad Nikl-kadmiový akumulátor

ROI Návrátnost

WMS Software řídicí sklad

© copyright (symbol autorských práv)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 KMP 600-S diffDrive (KUKA, 2023).....	17
Obrázek 2 EZS 350 a (Jungheinrich, 2023).....	18
Obrázek 3 BT Vector VCE125ASF (Toyota-forklifts, 2023)	19
Obrázek 4 AGV přepravník (isitec-international, ©2023)	20
Obrázek 5 Line following (RAYNER, ©2023).....	21
Obrázek 6 Tags (RAYNER, ©2023)	22
Obrázek 7 Laser triangulation (RAYNER, ©2023)	23
Obrázek 8 Natural feature (RAYNER, ©2023).....	24
Obrázek 9 Tricycle drive (Orientalmotor, ©2022)	25
Obrázek 10 Differential drive (Orientalmotor, ©2022).....	25
Obrázek 11 Quad drive (Orientalmotor, ©2022).....	26
Obrázek 12 Jungheinric ERC 214 (Jungheinrich, 2023)	35
Obrázek 13 Techniké specifikace (Jungheinrich, 2023).....	35
Obrázek 14 Linde L16 (Linde, 2023)	36
Obrázek 15 Technická specifikace (Linde, 2023)	36
Obrázek 16 Špagetový digram (Vlastní zpracování)	37
Obrázek 17 Špagetový diagram (Vlastní zpracování)	38
Obrázek 18 Špagetový diagram (Vlastní, 2023).....	39
Obrázek 19 Layout překážky (Vlastní zpracování)	42
Obrázek 20 Využití AGV (Vlastní zpracování)	44
Obrázek 21 Využití AMR (Vlastní zpracování)	45

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Kritéria výrobců (KUKA, Linde, STILL, 2023)	47
Tabulka 2 Kritéria výrobců (Jungheinrich, Linde, Toyota, 2023).....	48
Tabulka 3 Kritéria výrobců (ABB, MIR, 2023)	49
Tabulka 4 Náklady na VZV (Vlastní zpracování)	50
Tabulka 5 Roční náklady (Vlastní zpracování)	51
Tabulka 6 Personální náklady (Vlastní zpracování)	51
Tabulka 8 Náklady aktuální stav (Vlastní zpracování).....	52
Tabulka 9 Náklady na AGV varianta B (Vlastní zpracování)	53
Tabulka 10 ROI varianta B (Vlastní zpracování)	54
Tabulka 11 Náklady na AMR varianta C (Vlastní zpracování).....	55
Tabulka 12 ROI varianta C (Vlastní zpracování)	56

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Název přílohy

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY