

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

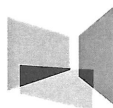
Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: 6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu,
logistiky a kvality

**VYUŽITÍ AUTONOMNÍ TECHNOLOGIE
V LOGISTICKÝCH PROCESECH NA
PROVOZE VÝROBY NÁŘADÍ ŠKODA AUTO
A.S.
Bakalářská práce**

Jan ŘEZÁČ

Vedoucí práce: Ing. David Staš, Ph.D.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Zpracovatel: **Jan Řezáč**
- Studijní program: **Ekonomika a management**
- Obor: **Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality**
- Název tématu: **Využití autonomní technologie v logistických procesech na provozu výroby nářadí ŠKODA AUTO a.s.**
- Cíl: **Analýza zkušebního provozu autonomního manipulátoru v rámci vymezeného výrobního provozu, identifikace a vyhodnocení nedostatků a existujících problémů souvisejících s využitím této technologie. Návrh možností širšího využití v rámci standardního provozu a charakteristika potenciálních přínosů a případných rizik.**
- Rámcový obsah:
1. Proveďte rešerši řešené problematiky v kontextu nejnovějších trendů.
 2. Vymezte a charakterizujte oblast zkoumaného provozu, blíže specifikujte využívanou autonomní technologii a proveďte analýzu zkušebního provozu.
 3. Navrhněte možnosti širšího uplatnění v rámci standardního provozu.
 4. Vyhodnoťte a blíže specifikujte potenciální přínosy a případná rizika související s realizací navrhovaného uplatnění specifikované autonomní technologie.

Rozsah práce: 25 – 30 stran

Seznam odborné literatury:

1. GROS A KOLEKTIV, I. *Velká kniha logistiky*. Praha: VŠCHT Praha, 2016. 512 s. ISBN 978-80-7080-952-5.
2. ULLRICH, G. *Automated Guided Vehicle Systems*. Voerde, Germany: Springer, Berlin, Heidelberg, 2015. 227 s. ISBN 978-3-662-44814-4.
3. JUROVÁ, M. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. 1. vyd. Grada Publishing, 2016. 254 s. Expert. ISBN 978-80-247-5717-9.
4. KÖHLER, T. *NÁVRH AUTOMATICKÉHO VOZÍKU AGV*. Diplomová práce. FSI ČVUT, 2017.

Datum zadání bakalářské práce: listopad 2019

Termín odevzdání bakalářské práce: květen 2020

L. S.



Ing. David Staš, Ph.D.
Vedoucí práce



Mgr. Petr Šulc
Prorektor ŠAVŠ



doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.
Garant studijního oboru



Jan Řezáč
Autor práce

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnici OS.17.10 Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom, že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne 14. ervence 2020

Především bych rád poděkoval svému vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Davidovi Stašovi, Ph.D., za odborné rady a trpělivost při vedení této závěrečné práce. Dále veliké díky patří všem zaměstnancům ŠKODA AUTO a.s., kteří mi poskytovali cenné rady a konzultace.

Obsah

Úvod.....	7
1 Automaticky řízené (naváděné) vozíky	8
1.1 Nejnovější trendy AGV	8
1.2 Typy AGV.....	10
1.3 Způsoby navádění AGV	15
2 Analýza současného stavu zkoumané oblasti	19
2.1 Vymezení a charakteristika zkoumané oblasti	20
2.2 Analýza možností využití AGV pro zkoumanou oblast	22
2.3 Výsledky analýzy.....	25
3 Navrhované varianty pro nové využití AGV ve zkoumané oblasti.....	27
3.1 Tažné AGV s magnetickým naváděním	27
3.2 Koncepce MiR 200 s hákem	29
3.3 Tažné AGV s optickým naváděním	31
4 Vyhodnocení a srovnání navrhovaných variant	34
4.1 Faktory ovlivňující výběr.....	34
4.2 Porovnání navrhovaných variant.....	36
Závěr	37
Seznam literatury	38
Seznam obrázků a tabulek.....	40

Seznam použitých zkratek a symbolů

AGV Automaticky řízený vozík (Automated guided vehicle)

AGVS Automatický sestém řízeného vozidla (Automated guided vehicle systems)

WLAN Bezdrátová lokální síť (Wireless local area network)

GPS Globální polohový systém (Global positioning system)

LPR Lokální polohový systém (Local positioning system)

MiR Mobile Industrial Robot

Úvod

Hlavní oblastí vývoje nejen v průmyslu je digitalizace, automatizace procesů a implementace nových technologií. Podstatným důvodem k inovaci a zlepšení této oblasti je snaha snížení nákladů a zvýšení efektivity celého procesu. V průběhu minulých deseti let se aplikovaly autonomní stroje téměř do každé oblasti průmyslových odvětví pod názvem Automated Guided Vehicles neboli AGV. Klíčovou roli zde sehrává čtvrtá průmyslová revoluce, která započala v roce 2013 a klade veliký důraz na celkovou automatizaci.

Náplní této práce je rešerše aktuálních světových trendů v automatizaci intralogistiky, jakožto automaticky řízených vozidel a jejich principu fungování a popis způsobů navádění. Bakalářská práce se soustředí na největšího výrobce automobilů v České republice, ŠKODA AUTO a.s., konkrétně pak na halu výroby nářadí (hala V17).

Hlavním cílem bakalářské práce je na základě teoretických východisek, které jsou podrobně popsány v kapitole 1 a veřejných informacích o společnosti, navrhnout varianty řešení možného rozšíření provozu AGV v Nářadovně, již fungujícího autonomního vozíku MiR 200. Představené návrhy jsou specifikovány na základě požadavků a možností výrobní haly V17. Výstupem závěrečné práce je zhodnocení demonstrovaných návrhů a doporučení implementace jedné z těchto navrhovaných variant.

Práce je rozdělená do čtyř základních kapitol. Zaměření první kapitoly je výhradně na rešerši aktuálního zkoumaného trendu automaticky řízených vozidel, zejména pak v intralogistice podniku, a dále se zaměřuje na charakteristiku čtvrté průmyslové revoluce. Druhá kapitola je věnována popisu současného stavu provozu výroby nářadí a podrobnější specifikaci využívaného AGV. Třetí kapitola představuje návrh tří navrhovaných řešení možného rozšíření pohybu AGV ve výrobě nářadí. Čtvrtá kapitola se zabývá vyhodnocením a srovnáním každé z navrhovaných variant a obsahuje možná doporučení pro implementaci.

1 Automaticky řízené (naváděné) vozíky

Logistika je část řetězce, která plánuje, realizuje a řídí dopředné i zpětné toky výrobků, materiálu a informací tak, aby byl splněn požadavek zákazníka (Gros, a další, 2016). Interní logistika neboli in-house logistika zahrnuje činnosti spojené s přepravou materiálu uvnitř výrobního podniku a výrazně tak ovlivňuje finanční situaci. Je třeba brát v potaz, že významnou roli v těchto operacích hrají lidé. Při hledání logistického východiska musí být nahlíženo k řešení, které pomůže snížit chybovost a zvýšit efektivitu operátorů (Černý, 2014).

Pro realizaci výrobních a logistických zařízení jsou v podniku rozmístěny heterogenní, autonomní a vzájemně propojené intralogistické systémy. Implementace takových systémů do stávajících procesů však činí poměrně složitý inženýrský úkol, který vyžaduje vysokou míru koordinace od všech zúčastněných stran. Jako autonomní systémy můžeme považovat roboty či vozíky, které vykonávají činnost bez přítomnosti osob. (Habl, a další, 2017)

Automaticky řízené vozíky (dále jen AGV) jsou mobilní roboti, které pomáhají s přepravou zboží, materiálu, zásob atp. z bodu A do bodu B bez lidské obsluhy. V současné době tento trh s AGV rychle roste a je dynamický (M.De Ryck, 2019). Jsou to zařízení s bezkontaktními senzory a elektronickým naváděním, které jsou ovládány standardními počítači. Mezi klasické metody navádění patří laserové navigace a navádění pomocí magnetických pásů. Díky bezdrátové lokální síti WLAN je možná okamžitá komunikace a přesun dat mezi zařízeními (Ullrich, 2015).

Automatizované systémy řízených vozidel (dále jen AGVS), se staly nedílnou součástí současné intralogistiky. Technologický standard a úroveň zkušeností s touto technologií vedly k implementaci AVGS do téměř všech odvětví průmyslu a oblastí výroby (Ullrich, 2015).

1.1 Nejnovější trendy AGV

Inteligentní logistika je jedním z nejdůležitějších strategických směrů rozvoje moderního logistického průmyslu. AGV je klíčovým zařízením, které je měřítkem pro rozvoj inteligentní logistiky. V budoucnosti kombinace technologie robotů a autopilotů výrazně zvýší úroveň aplikací a služeb AGV na inteligentní logistiku, sníží

náklady na logistiku přepravy, zlepšit efektivitu přepravy a distribuci logistiky (Li, a další, 2018).

1.1.1 Průmysl 4.0

V řadě již čtvrtá průmyslová revoluce je aktuální označení trendu automatizace výrobních procesů a s tím související digitalizace ekonomiky. Tento koncept se opírá o high-tech strategii německé vlády, která byla prvně demonstrována na veletrhu v Hannoveru v roce 2013. Klíčovým faktorem průmyslu 4.0 se považuje spojení virtuálního kybernetického prostředí s fyzickým světem. Vzhledem k významnému posunu vpřed v oblasti technologie lze předpokládat, že tato revoluce výrazně ovlivní každodenní život.

Čtvrtá průmyslová revoluce by podle představitelů Česko-německé obchodní a průmyslové komory přinesla kompletní propojení výrobního procesu v následujícím desetiletí (Havlíček, 2017).

Celý koncept představuje úplnou digitalizaci průmyslu ve všech průmyslových oblastech.

Propojením podnikové infrastruktury při správné implementaci přinese značné finanční i časové úspory. Vzájemné propojení přináší řadu výhod, ale také určitá úskalí. Dostupnost dat v reálném čase je jednou z hlavních výhod. Nejedná se zde pouze o čtení informací, ale také provádění plánování, monitoring či údržbu.

Snadná dostupnost dat a systému přináší také problematiku v oblasti kybernetické bezpečnosti, kterou je třeba zajistit. Tyto informace musí být chráněny nejen před přímými hackerskými útoky, ale i před neúmyslným únikem dat díky chybě či nevědomosti zaměstnance. Kybernetická bezpečnost je pak podstatná zejména v oblasti řízení a chodu státu.

Čtvrtá průmyslová revoluce je často spojovaným tématem s využíváním prvků umělé inteligence, jako je tomu například u již zmiňovaných autonomních vozidel, prediktivní údržby a optimalizace. Tato zařízení používající prvky umělé inteligence vyžadují pro správný a bezchybný chod nejdříve projití zkušební fází učení neboli trénování. Za účelem splnění těchto fází je nutné zajistit dostatečné množství reprezentativních vzorů dat. Je také nutné prokázat, že tato data pokrývají všechny možnosti systému a jsou tak relevantní.

Průmysl 4.0 se musí potýkat i s řadou standardizací a zpřísňujících se legislativních regulací na zdraví a bezpečnost osob či na ochranu životního prostředí. Nejedná se pouze o jeden standard, nýbrž o skupinu standardů, které se neustále vyvíjejí na základě aktuálních trendů (Bezdíček, 2019).

Vzájemná propojení v souvislosti automatizace mají nastat i v oblasti domácností a běžného bydlení. Jednotlivé domácí systémy a spotřebiče jsou vzájemně propojeny pro přesun dat a utvářejí tak koordinovanou spolupráci, která zvyšuje efektivitu. Vzdálené ovládání a monitoring lze provádět přes smartphone, ale při plné automatizaci by dům měl reagovat na vnější vlivy plně automaticky podle mnoha parametrů bez lidské intervence (Vojáček, 2016).

1.2 Typy AGV

Konstrukce automaticky naváděných vozidel je velice rozmanitá, obdobně jako možnost využití, které mají za úkol transport nákladu v jakékoliv formě. Nejlepší způsob, jak tyto vozíky kategorizovat, je podle typu nákladu, který mají za úkol přepravit (Ullrich, 2015). Kategorie můžeme vidět v tabulce č. 1.

Tabulka 1 - Kategorie AGV

KATEGORIE AGV	DRUH NÁKLADU
VYSOKOZVIŽNÝ VOZÍK	Palety
PLOŠINOVÉ	Palety
TAŽNÉ	Přívěs
PODJÍZDNÉ	Pojízdný kontejner
MONTÁŽNÍ	Montážní díly
AGV PRO TĚŽKÝ NÁKLAD	Těžké náklady (role kovu, papíru)
PRO PŘEPRAVU OSOB	Lidé
OSTATNÍ	Různé

Zdroj: (Ullrich, 2015)

1.2.1 Vysokozdvížené AGV

Možnosti využití tohoto typu přepravníku jsou velmi široké, zejména z důvodu častého používání palet ve výrobních podnicích, či jinak uzpůsobených kontejnerů k přepravě. Mezi dva základní typy vysokozdvížných AGV patří speciálně konstruovaný vozík a vozíky upravené pro automatizaci.

Nejvyšší přínos druhého typu spočívá v integraci automatizace s co nejmenším úsilím pro sériově vyráběná vozidla ze standardních řad výrobců. Na obrázku č.1 lze AGV dále provozovat ručně i po automatizaci. Sériové vozidlo je následně dovybaveno o senzory určené k navádění, senzory snímající úhly natočení a snímače mrtvého úhlu (Ullrich, 2015).

1.2.2 Plošinové AGV

Tato kategorie operuje se stejným typem nákladu jako u kategorie předchozí. Dochází zde k přenosu palet, či upravených kontejnerů za pomoci zdviháku a válečkového dopravníku. Charakteristický znak pro plošinové AGV je vyzvednutí nákladu z určité výšky, obvykle se jedná alespoň o 60 cm. (Ullrich, 2015)



Zdroj: (Ullrich, 2015)

Obrázek 1 - Plošinové AGV

1.2.3 Tažné AGV

Tažné AGV fungují v automatizované smyčce s předem stanovenými místy zastavení, kde obvykle táhne více než jeden vlečný vozík. U tohoto typu automaticky řízeného vozíku může obsluha přidat nebo odebrat zboží a přívěsy před uvolněním vozidla k dalšímu pokračování. Předem nadefinované zastávky lze snadno nakonfigurovat, případně je také změnit. Provoz je obvykle zcela automatizovaný, ale pokud je vyžadována častá lidská interakce, mohou být navrženy také pro manuální provoz.

Tažné vozíky se častěji využívají k přepravě na větší vzdálenosti, pro převoz materiálů, nástrojů či jiného druhu zboží v rámci předem definovaných stanic v průmyslovém areálu. Tento typ dopravy zajišťuje čistší a efektivnější provoz (Dematic, 2020).

1.2.4 Podjízdné AGV

Nejčastější typem, který je v současnosti používán v moderních závodech, je podjízdný automaticky řízený vozík. V porovnání s ostatními typy má tento typ velké výhody při manipulaci se samotným kontejnerem (nákladem), kde prostor téměř plně určuje náklad, dále také disponuje vysokou manévrovatelností při nakládce či vykládce.

Základním principem je podjetí samotného AGV pod přepravovaný kontejner, který následně vyzvedne náklad o několik centimetrů výš a převeze jej na požadované místo. Tento vozík přináší další vlastnosti, které přispívají ke zvýšení automatizace a kontroly přepravovaného nákladu. Při manévru podjíždění vozík naskenuje kód na nákladu, čímž zabraňuje nechtěnému přesunu nákladu na jiné místo, než je požadováno (Ullrich, 2015).



Zdroj: (Ullrich, 2015)

Obrázek 2 - Podjízdné AGV

1.2.5 AGV pro montážní linky

Vozidla určená k použití na montážních linkách jsou svými charakteristickými znaky velice odlišná. Záleží zde na mnoha faktorech, které ovlivňují chod tohoto typu vozidla. Mezi nejvýznamnější patří především hmotnost objektu, míra přesnosti, v jaké fázi montážní stanice se bude nacházet, či zda bude operace plně automatická nebo bude docházet k zásahu lidské činnosti.

Vozidla jsou obvykle vybavena mnohem jednoduššími navigačními systémy než ostatní AGV. Rychlost jízdy vozíku je zde velice nízká z důvodu neustálého pohybu pracovníků v těsné blízkosti. Tyto vozíky by měly pokračovat v činnosti bez přerušení, ale přesto by měly být chráněny před potenciálním zraněním osob. Proto je velice důležité koncipovat vozíky tak, aby pracovníci mohli vykonávat svou pracovní činnost, a zároveň aby nedocházelo k aktivování senzorického vybavení a následnému zastavování montážního AGV (Ullrich, 2015).

1.2.6 AVG pro těžký náklad

Tento typ speciálních přepravníků slouží převážně k vnitropodnikovému užití, kde se přepravují svitky pro výrobu papíru, v ocelářském průmyslu nebo v automobilovém průmyslu, kde přepravují ocelové svitky, vážící mnohdy více než 30 t.

Vzhledem k jejich povaze vyžadují přepravníky značnou pozornost zejména kvůli váze nákladu a samotnému zařízení. Speciálně upravené musejí být komponenty stroje, konstrukce a v neposlední řadě povrch, na kterém bude zařízení sestaveno. Z výše uvedených důvodů je zřejmé, že manipulace s takovýmto typem AGV bude značně pomalá a náročná, a proto je podstatným faktorem také to, aby nedocházelo ke střetu s osobami v bezprostřední blízkosti (Ullrich, 2015).

1.2.7 AVG pro přepravu osob

Automatická přeprava osob pomocí řízených vozidel není v současnosti tolik rozšířená ve veřejných prostorech ani ve vnitropodnikových blocích. Vývoj představuje pro výrobce obrovské výzvy, zejména klade důraz na bezpečnost přepravy cestujících, a proto jen velmi málo společností toto téma přijalo.

1.2.8 Ostatní typy AGV

Mezi další, méně často používané AGV patří zejména ty, které se používají ve vnějších prostorech a přepravují několikatonové náklady. Venkovní způsob užití umožňuje využití spalovacích motorů, nejčastěji pak diesel-elektrický nebo diesel-hydraulický. Převážně se využívají v přístavech pro kontejnerovou dopravu.

Poslední typ AGV zahrnuje všechna vozidla zkonstruovaná a vyvinutá pro konkrétní projekty a nespádají do žádné z předchozích skupin (Ullrich, 2015).



Zdroj: (Ullrich, 2015)

Obrázek 3 - Dieselové AGV v kontejnerové dopravě

1.3 Způsoby navádění AGV

Existuje mnoho způsobů pro navigaci automaticky řízených vozidel z místa určení do cílové destinace. Ve své podstatě neexistuje žádná cesta, která je jednoznačně správná nebo špatná, rozhodující pro výběr technologie je vždy samotná situace, obtížnost či potřeba změn (Goehner, 2019).

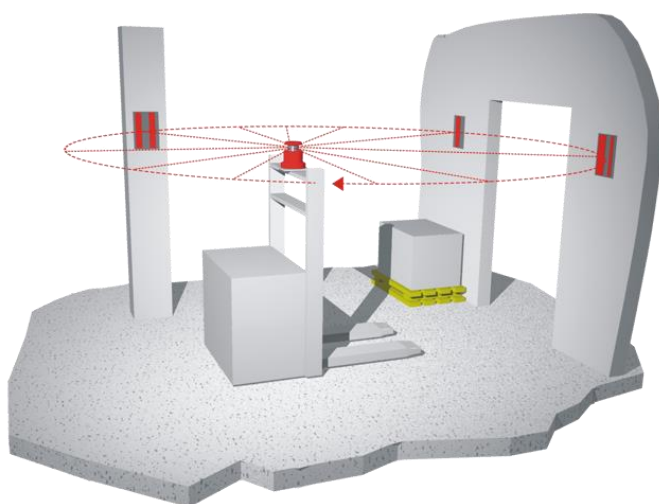
1.3.1 Přirozená navigace

Jedná se o technologicky nesložitější a nejdražší typ naváděcí technologie, zároveň se jedná o nejpřesnější a nejflexibilnější druh. V případě náhlé nutné změny či rozšíření oblasti v krátkém časovém horizontu lze trasu velmi snadno a rychle upravit v nadřazeném softwaru ve správě vozového parku. Pro tento typ navigace není zapotřebí dalších nástrojů (Goehner, 2019).

Oblast pohybu AGV je nejdříve mapována a následně uložena do paměti softwaru vozíku. Mapování probíhá skenováním pomocí laserových senzorů a pomocných odrazových orientačních bodů a následné přenesení do 3D map (Ullrich, 2015).

1.3.2 Laserová navigace

Laserová navigace využívá reflexní pásky na okolním prostředí ve vyšší výšce (Ullrich, 2015). Samotné AGV je vybaveno přijímačem i vysílačem na otočné věži, kde laser dokáže přesně určit velikost a vzdálenost jednotlivých reflektorů (Demuth, 2013).

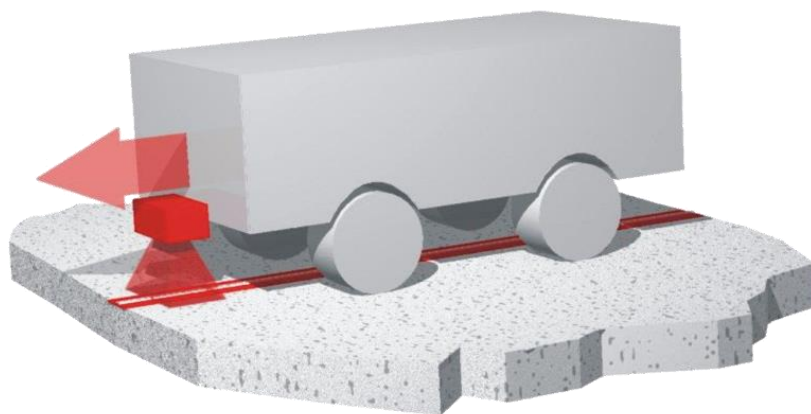


Zdroj: (Demuth, 2013)

Obrázek 4 - Princip laserové navigace

1.3.3 Optické a indukční navádění

Optická a indukční vedení představují obvykle velmi jednoduché systémy, které sledují předem nadefinovanou stopu. Je to tedy optimalizované řešení, které přináší jednoduchou instalaci kamer jak na samotné AGV, kde je senzor umístěn těsně nad zemí, tak i stopu, kterou se má senzor řídit. Rozpoznání stopy se provádí pomocí moderních kamer a systémů zpracování obrazu. To ovšem velmi výrazně omezuje flexibilitu a možnost užití této technologie (Goehner, 2019).



Zdroj: (Demuth, 2013)

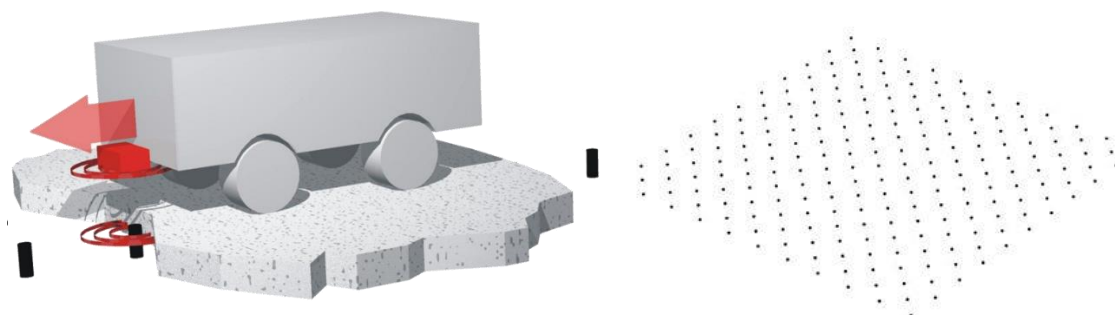
Obrázek 5 - Princip optického navádění

1.3.4 Magnetické navádění

Pro výpočet vodící čáry se AGV spoléhá na signály z rozmístěných kotevních bodů v podlaze, kde tyto body mohou být čistě pasivní magnety. Magnety mohou být válcovitého tvaru o průměru 8 až 22 mm a délce 5 až 30 mm. Jedná se o velice silné magnety, které jsou zasazeny do otvorů v podlaze a přilepené epoxidovým lepidlem (Ullrich, 2015).

Takto upravené magnety mohou být rozmístěny v mřížce nebo jako řada bodů. Pokud mřížka pokrývá prostor celé podlahy, po kterém se AGV pohybuje, umožňuje to velkou flexibilitu. Přesnost je dána vzdáleností magnetů mezi sebou. U těch magnetů, které jsou uspořádány v řadě, je vzdálenost mezi nimi stanovená výrobcem, zpravidla pak od 1 do 10 metrů. U mřížkovitého rozmístění tato vzdálenost bývá mnohem menší, většinou nepřesahuje šířku samotného vozidla.

Délka snímacího senzoru může být konfigurována až do samotné šířky naváděného vozidla (Ullrich, 2015).



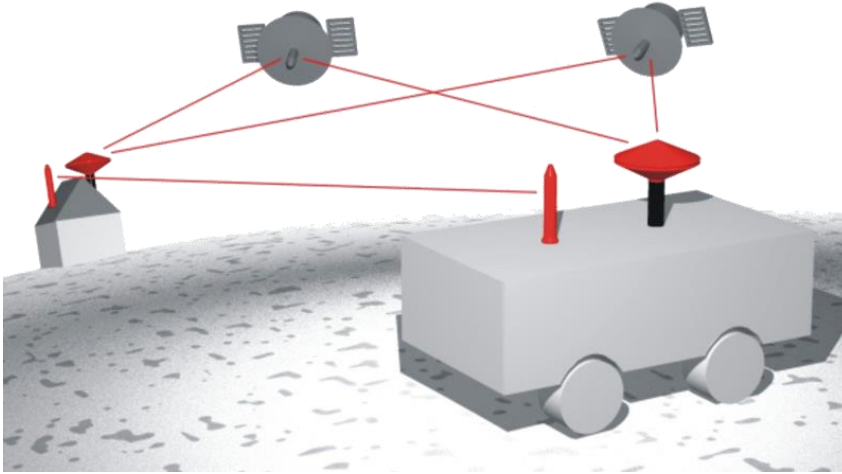
Zdroj: zleva (Demuth, 2013), (Ullrich, 2015)

Obrázek 6 - Princip magnetického návádění (vlevo), magnetická mížka (vpravo)

1.3.5 Globální poziční systém (GPS)

Předchozí kategorie, tedy navigace pomocí pasivních markerů, jsou obecně nedostatečné při navádění a orientaci ve velkých či otevřených prostorech. Tento druh má tu výhodu, že lokátor dokáže zaměřit polohu na velké vzdálenosti. Jedna z hlavních podmínek, která je nezbytná pro přesnou lokalizaci, je jasná viditelnost mezi přijímačem (AGV) a lokátorem (satelit nebo radarový reflektor).

Díky těmto vlastnostem je GPS navigace realizovatelná především ve venkovních prostorech nebo v nezastavěné oblasti. Ve vnitřních nebo zastavěných prostorech lze použít tzn. LPR (local positioning radar), neboli lokalizační radar, který se často označuje také jako vnitřní GPS. V tomto případě se namísto vysoce přesných satelitů používají pevné rádiové majáky, které stanovují jejich polohu. Při správném umístění majáku lze zajistit plné pokrytí celé oblasti. Systém LPR dosahuje nižší přesnosti než u klasické GPS, zřídka se přesnost pohybuje okolo 10 cm, obvykle pak okolo 30 cm. K dosažení přesnosti na pouhých několika centimetrech je zapotřebí kinematická GPS, která však vyžaduje čistý výhled směrem vzhůru o velikosti 15°. V interní logistice, kde jsou často velmi malé mezery mezi budovami, jeřáby a jinými dalšími objekty, je užití GPS velmi omezené (Ullrich, 2015).



Zdroj: (Demuth, 2013)

Obrázek 7 - Princip GPS navigace

2 Analýza současného stavu zkoumané oblasti

ŠKODA AUTO a.s. disponuje svou vlastní výrobou, konstrukcí a vývojem nářadí pro výrobu automobilů (dále jen Nářaďovna) již více než sto let.

Její samotná historie sahá k počátkům 20 století, kdy v tehdejší firmě Laurin&Klement probíhala výroba a montáž jízdních kol. V roce 1905, při zahájení výroby automobilů, bylo požadováno úplně rozdílných úkolů než doposud, zejména pak v oblasti karoserie vozu.

Velký průlom přichází v roce 1925, kdy došlo ke spojení s Plzeňskou Škodou, která již v době spojení disponovala velkými nástrojářskými kapacitami a zejména pak vlastnila velký lis, který v Mladé Boleslavi doposud nebyl.

K odlévání bloků motorů pod tlakem do ocelových forem přešla ŠKODA AUTO a.s. v roce 1960 a stala se tak první společností využívající tuto technologii v Evropě, která nahradila klasickou metodu odlévání. Následně vznikly tři samostatné provozy nářadí, které zůstaly dodnes (Historie vývoje a výroba nářadí 1900-2010, 2010).

Jednalo se o:

- Výroba metalurgického nářadí
- Výroba lisovacího nářadí
- Výroba svařovacího nářadí

Metalurgická část provozu Nářaďovny se zabývá výrobou tlakových licích forem na bloky motorů, spojek a převodovek a následné odlévání hliníkových slitin, výrobu kovacích zápustek a dalšího nářadí.

Pro výrobu lisovacího nářadí zprvu přichází podnět vývojového centra ve formě čistých dat dílů, které jsou následně převedeny do 3D modelů a po zpracování dochází v samotné výrobě nářadí k lisovaným částem karoserie.

Hlavní náplň této části Nářaďovny spočívá v koncepci, ve výrobě, v montáži a předání svařovací linky k užívání. Zde probíhá výroba svařovacích nástrojů a jejich částí, pomocí kterých dochází ke zpracování a svařování panelových dílů z ocelových plátů.

V současné době jsou provozy ŠKODA AUTO a.s. vybaveny technikou, která plně uspokojuje potřeby mladoboleslavských výrobních částí, ostatních závodů ŠKODA

AUTO a.s. po celém světě, i dalších koncernových zákazníkú ve všech třech oblastech provozu (Historie vývoje a výroba náradí 1900-2010, 2010).

V současném stavu se na provoze výroby náradí pohybuje jeden tažný autonomní vozík s využitím přirozené navigace, MiR 200 s hákem, který nahradil zkušební variantu MiR 200 ROEQ (podjízdné AGV). Vozík primárně zajišťuje dopravu režijního materiálu a nástrojů mezi výdejnou, přípravnou a 17 strojními zařízeními, a to v části pro lisovací a svařovací náradí, tedy lodě 2,3,5 a 6.

Jeden z hlavních důvodů, proč byla tato technologie zavedena na provoze náradí ve ŠKODA AUTO a.s. je, aby došlo k úspoře časového fondu zaměstnance mimo své pracoviště, tím tedy může vzrůst samotná vytiženost strojních zařízení. Jelikož se jedná o výrobu náradí, lisovacích forem a dalších nástrojů pro výrobu automobilů, je samotná činnost velmi různorodá a závislá na aktuální škále vyráběných modelů vozidel.

Jeho aktuální vytižení za měsíc červen 2020 je 43 %, je tedy zřejmé, že z ekonomického hlediska je zapotřebí navrhnout řešení, které bude naplňovat kapacitu tohoto AGV, v nejlepším případě na 100 %. Vzhledem k povaze haly, kde se nejedná o montážní linku, je provoz a uspořádání strojů, lisovacích forem, vysokotonážních jeřábů a jiného vybavení značně různorodé. Fakt, že jde o třísměnný provoz, bude schopen umožnit již výše zmíněnou restrukturalizaci procesu AGV k dosažení vyššího využití, jehož principem je optimalizace chodu, návrhu řešení a následné implementace pro halu V17 ve ŠKODA AUTO a.s..

Při využití vozíku na 43 % jeho ujetá vzdálenost dosahuje za celý měsíc 183 km, tedy lehce přes 6 km denně. K dosažení zmiňovaného cíle 100 % by tedy bylo zapotřebí, aby vozík najezdil v průměru 14,5 km denně, tedy 435 km měsíčně (předpokládejme 30 dní). Tato hodnota je závislá také na vzdálenosti nabíjecí stanice, přípravný či výdejný mezi jednotlivými místy obsluhy.

2.1 Vymezení a charakteristika zkoumané oblasti

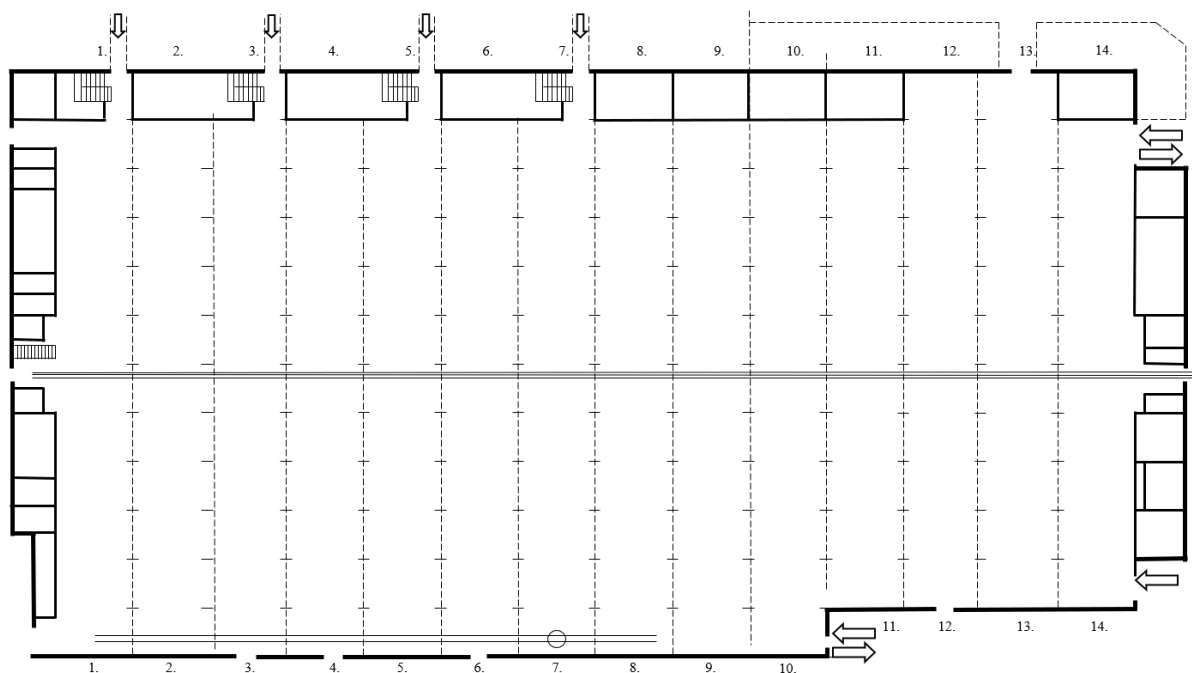
Tato práce bude soustředěna pouze na druh AGV zmíněných v teoretických východiscích, tzn. inhouse manipulace v rámci pracoviště, pomocí mobilních robotů, nikoliv využitím vlakových dopravníků. Práce se nezabývá přesunem hotového náradí a lisovacích forem do dalších částí společnosti ŠKODA AUTO a.s.

v rámci České republiky, zahraničních závodů či transportu ke koncernovým zákazníkům.

Tato bakalářské práce je realizována u největšího výrobce automobilů v České republice s jejím hlavním sídlem v Mladé Boleslavi, konkrétně pak na hale výroby nářadí. Zkoumaná výrobní hala se specializuje pouze na výrobu nářadí pro samotnou automobilku a koncernové zákazníky.

Hala V17, ve které se tato zkoumaná oblast nachází, se skládá z tzn. lodí. Jde o rozdělení haly do celkem 14 částí (lodí) (Obr. 8), které jsou dále rozdělené do třech hlavních částí, již výše zmiňovaných.

Mezi lodí 1-3 probíhá výroba a příprava lisovacího nářadí, mezi lodí 5-8 se jedná o realizaci nářadí svařovacího a devátá a desátá loď je úsek pro výrobu metalurgického nářadí. K různým operacím se zde využívá tažné autonomní technologie s přirozenou navigací, tzn. mapování pomocí senzorů a ukládání do vlastního softwaru AGV, konkrétně se jedná o tažné autonomní vozidlo MiR 200 s hákem, který jako nosič používá speciálně upravený vozík. Nejčastější využití této technologie spočívá v dovážení nářadí či dopravě režijního materiálu.



Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

Obrázek 8 - Layout Nářad'ovny (interní zdroj)

Výdejnou materiálu se označuje místnost, ve které dochází k vydávání režijního materiálu nebo nástrojů, které spolu s pracovníkem a strojním zařízením mají vytvořit určitý výstup. V tomto konkrétním případě se jedná o nástavce k CNC zařízením, nářadí, přípravkům, speciálním kotoučům do úhlových brusek k přípravě a opravování lisovacích forem a dalšího vybavení.

Přípravnou se rozumí separátně oddělená místnost od výdejny, kde dochází k přípravě nástrojů k dalšímu použití. Ve své podstatě se jedná o nepostradatelnou část celého procesu, která převážně slouží k ostření a broušení nejrůznějších vrtáků a dalšího nářadí.

Pracovník obsluhy strojního zařízení má u svého stanoviště speciálně vyhrazený prostor pouze pro tažený vozík, který po přivolání AGV provede zvolené operace. Pracovník potřebující režijní materiál či jiné nářadí v dostatečném předstihu přivolá AGV přes PC rozhraní, které má u svého stanoviště a dále přichystá vyplněný formulář s jeho požadavky na výdejnu či přípravnu nářadí, který přiloží na tažený vozík. MiR zaznamená příkaz, odpojí se od nabíjecí stanice a pro tento vozík přijede, zahákne a odveze ho do prostoru mezi místnostmi přípravy a výdejny. Obsluha převezme vyplněný formulář, připraví požadavek na tažený vozík a následně provede opačný směr pohybu AGV zpět k pracovníkovi obsluhy strojního zařízení.

Využití tažné autonomní technologie oproti podjízdne (ROEQ) bylo nejlepší volbou k zařazení do provozu hned z několika důvodů. Jeden z hlavních spočíval v jeho jednoduché implementaci do provozu, bez užití speciálních stanic potřebných k obsluze. Další hlavním faktorem byla také skutečnost, že AGV podjízdne potřebuje ke své činnosti mnohem více prostoru, než je tomu u tažného autonomního vozíku s hákem. Různorodý provoz haly také určil jeho způsob navádění, který vyžadoval minimální změny. Jedná se tedy o tzn. přirozenou navigaci, popsanou v předchozí kapitole, která umožňuje vysokou přesnost a flexibilitu. Za pomoci MiR byl zmapován a následně uložen do paměti AGV prostor, v němž se pohybuje bez větších problémů.

2.2 Analýza možností využití AGV pro zkoumanou oblast

Problematika dalšího možného rozšíření po provozu Nářaďovny spočívá v jeho potřebném prostoru pro projetí. Aby byla činnost AGV možná, potřebuje k průjezdu

minimální naskenovanou šířku průjezdu 150 cm. Jedná se o dvojnásobnou šířku vlečeného vozíku, a to vzhledem k povaze haly, kde se velmi často mění rozložení objemných materiálů, objemného vybavení a jiných se pohybujících zařízení. Doba dodržení požadované šířky průjezdu bývá problematická, zejména na středovém kolejišti haly, kde se pohybuje speciální vysokotonážní přepravník, tudíž v častých případech nezbyvá již zmiňovaných 150 cm k průjezdu.

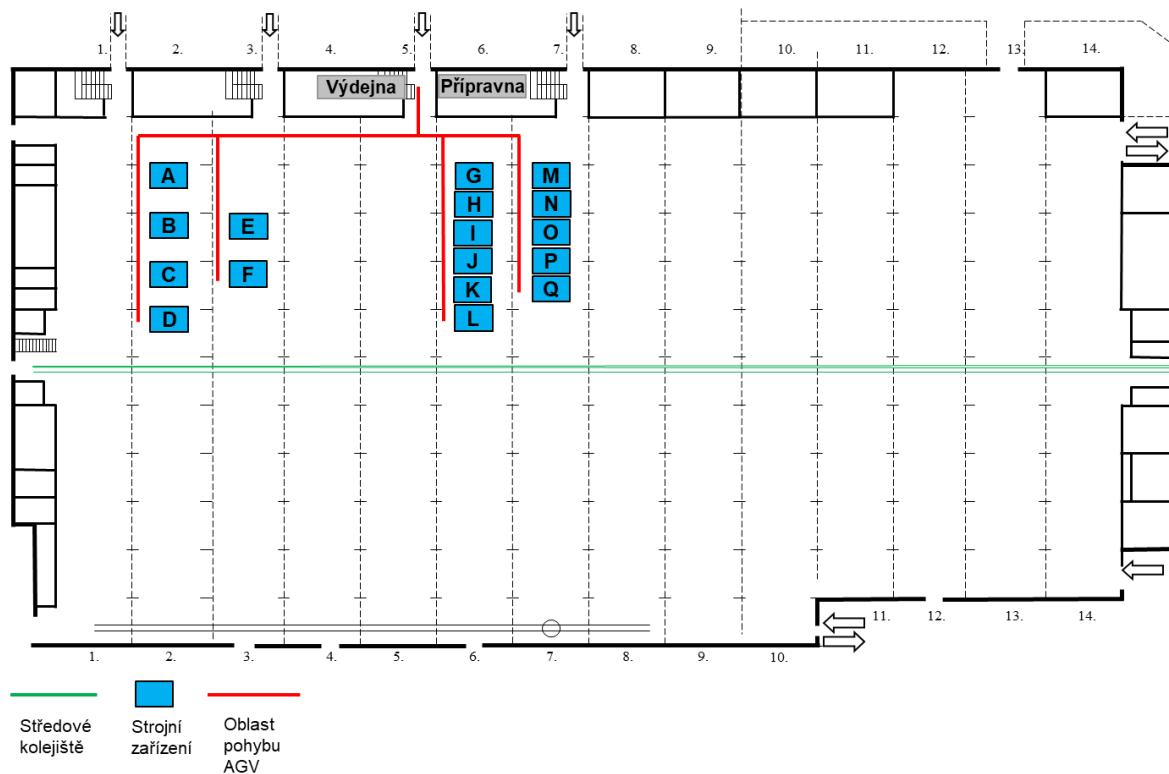
Jedním z dalších problémů je náhlé zastavení AGV v průběhu jeho činnosti neočekávanou překážkou. Vozík je naprogramován tak, že při střetu s překážkou se ji pokusí objet v rámci svých 150 cm. V případě, že ani objízdná trasa nebude vhodná k projetí, vozík se zastaví a musí počkat na obsluhu. Nejčastějším způsobem zastavení vozíku je samotný pracovník, který nezaznamenal průjezd vozíku. Z tohoto důvodu je v úseku s nejvyšší počtem chyb tohoto druhu naprogramována zvuková signalizace.

Měsíční náklady za měsíc červen 2020 činí 100 000 Kč, tedy 100 % a celková měsíční úspora činí 12 % (data upravena z důvodu utajení informací). Znamená to tedy, že při celkovém vytížení 43 % z disponibilního času AGV došlo k jisté úspoře, avšak je zde vyšší potenciál. Za předpokladu stejných skutečných nákladů na provoz při vytížení 100 %, je možná úspora ve výši 60 % z ceny měsíčních nákladů. Doba návratosti investice při současném vytížení jsou 2 roky.

Mezi vhodné trasy možnosti využití lze považovat všechny úseky, které splňují potřebnou šíři pro projetí a nevyužívají k transportu středové kolejiště jako hlavní koridor pro průjezd AGV.

Méně vhodné užití AGV nastává v případech, kde by AGV využívalo společných hlavních prostor pro přesun pracovníků, či jiných zařízení, jak již bylo zmíněno, zejména pak užití středového kolejiště.

Na následujícím obrázku č. 9, můžeme pozorovat dosavadní pohyb vozíku mezi jednotlivými pracovními stanovišti.



Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

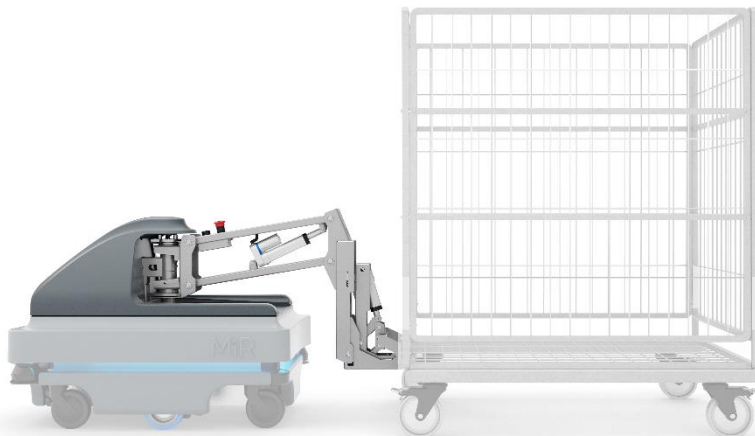
Obrázek 9 - Oblast pohybu AGV

2.2.1 Specifikace AGV

Používané AGV MiR 200 s hákem je uživatelsky přívětivý mobilní robot a snadno ovladatelný z běžného rozhraní Windows. Nejširší uplatnění si našel ve výrobním, logistickém a zdravotnickém prostředí, kde pomocí přídatného vozíku zvyšuje efektivitu přepravních úkolů.

Pro jeho široké uplatnění se rychle stane nepostradatelnou součástí při přemísťování těžkých produktů mezi potřebnými stanovišti nebo mezi dvěma sklady interní logistiky. Je schopen plně autonomně přepravit náklad podle předem definovaných parametrů až do hmotnosti 500 kg. Manipulace s vozíkem je velmi jednoduchá, k jeho odeslání či přivolání stačí obyčejný smartphone, tablet, počítač či jiné rozhraní podporující standardní komunikaci Wi-Fi nebo Bluetooth.

Jedna z klíčových výhod je užití téměř jakéhokoliv závěsného vozíku, kde vstupní data (rozměry) jsou vložena do softwaru AGV. Díky sofistikovanému softwaru, kamerám a vestavěným senzorům, dokáže bezpečně manévrovat kolem lidí i překážek (Neckelmanns, 2020).



Zdroj: (Neckelmanns, 2020)

Obrázek 10 - MiR 200 s hákem a vozíkem

Vlečný vozík, který si MiR pomocí svého háku zachytí a připraví k tažení, může být jakýkoliv vozík splňující interní normy organizace. Jinak řečeno, není zapotřebí dalšího nákupu či pronájmu těchto vleček. ŠKODA AUTO a.s. disponuje těmito vlečnými vozíky na kolečkách, které si sama dále upravuje pomocí jeklů k možnosti zachycení hákem. MiR byl následně naprogramován tak, aby hák přesně zachytil místo úpravy a mohl zahájit činnost bez lidské obsluhy.

2.3 Výsledky analýzy

Vzhledem k požadavkům organizace a samotným možnostem výrobní haly lze provést rozšíření ke strojním zařízením do deváté lodě Nářadovny. Tento proces bude zajišťován pomocí tažného AGV MiR 200. Je zde možnost rozšíření využívané části trasy, která je již v provozu pro stávající AGV, tzn. použití lodě sedmé a následně středového kolejiště nebo přejezdu tohoto kolejiště pouze v jednom bodě v deváté lodi výrobní haly.

Výběr tažného AGV oproti podjízdnému (ROEQ) je v tomto případě klíčový z důvodu dispozic hal a možného průjezdu. Lepší implementace a manipulace s AGV je způsobená právě nutným prostorem k jeho pohybu, kde oproti

podjízdnému AGV je mnohem menší, zvláště pak v prostorech nakládky a vykládky reijního materiálu a nástrojů.

Je zřejmé, že navrhované řešení by mělo obsahovat jakoukoliv signalizaci ke snížení rizika způsobeným personálem, který by mohl do trasy AGV nevědomě vstoupit. V případě chyby autonomního vozíku se AGV pokusí nalézt objízdnou trasu, pro kterou je nutný širší průjezd. V případě selhání této objízdné trasy se musí dostavit obsluha, což znamená zvýšení nákladů na provoz.

Fakt, že AGV je využito z 43 % naznačuje, že možnosti jeho rozšíření jsou velké, ale také velice závislé na koridorech výroby náradí, které jsou často průjezdné pouze po úpravách haly, či uspořádání lisovacích forem. Ovšem dochází zde také k problémům širšího uplatnění, při kterém nelze překážku nutnou k průjezdu nijak odstranit. Tento faktor je jedním z hlavních příčin rozšíření právě do deváté lodě. Při aplikaci rozšíření se jeho využitelnost procentuálně zvýší, což povede k jeho rychlejší návratnosti, a tak i k možné aplikaci dalších autonomních strojů a vyšší celkové automatizaci.

3 Navrhované varianty pro nové využití AGV ve zkoumané oblasti

V této části bakalářské práce budou představeny návrhy způsobu rozšíření a dopravy využitelnosti technologií AGV, které budou založeny na možnostech výrobní haly V17 a jejich podmínkách.

Všechny návrhy mají společný cíl, a to způsob rozšíření využitelnosti AGV do deváté lodě haly, ve které je rozšíření možné vzhledem k povaze strojních zařízení. Při současné situaci rozvážení pro 17 strojů a využitelnosti 43 % z celkového využitelného časového fondu AGV, můžeme předpokládat při navýšení o dalších 16 strojů v lodi deváté, celkovou využitelnost 83 %.

U každé varianty je popsán princip činností a fungování případného rozšíření a následné zhodnocení výhod a nevýhod každé z variant. Řešení vychází z předpokladů a aktuálních trendů popsaných v kapitole 1,2 a z možnosti samotné povahy haly.

3.1 Tažné AGV s magnetickým naváděním

V rámci prvního opatření bude představena navrhovaná varianta za použití tažného AGV s magnetickým naváděním, pomocí magnetické mřížky pro rozšíření do provozu deváté lodě.

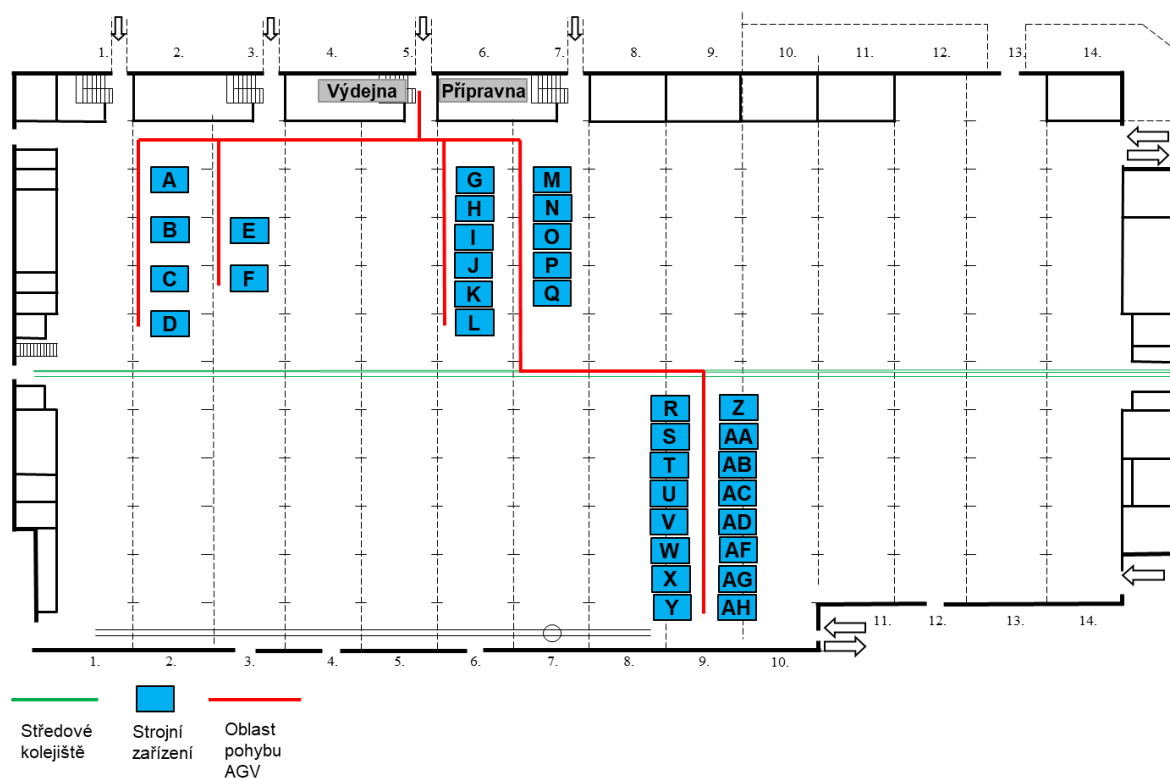
Pro dosažení vysoké flexibility do budoucna tato navrhovaná varianta přináší návrh zabudování pasivních magnetů do samotné podlahy do koridorů výrobní haly. To by přineslo možnost přidání dalších AGV po dosažení využitelnosti současného MiR. Tato úprava by byla proveditelná pouze v době odstávky podniku, případně částečné uzavírky za běžného provozu. Klíčovým faktorem je implementace magnetické mřížky do stávajících prostorů provozu a do provozu plánovaného, tedy prostor deváté lodě.

Jedním z dalších, již zmiňovaných problémů v kapitole 2 o analýze současného stavu, je nečekaná překážka pro autonomní vozík. Pokrytí veškerých koridorů pasivními magnety sice zajistí vyšší flexibilitu průjezdu, ale v místech, kde k činnosti vozíku je k dispozici pouze 150 cm, a nastane nečekaná překážka a vozík nenalezne objízdnou trasu, bude docházet ke stejné situaci jako je tomu u dosavadního řešení, tudíž k zastavení a vyčkávání příchodu speciálně vyškoleného

personálu. Z tohoto důvodu budou v softwaru vozíku aktivovány zvukové signály ve veškerém provozu, nikoliv pouze v zónách se zvýšeným rizikem, ale po celou dobu činnosti, počínaje odpojením od nabíjecí stanice. Tyto zvukové signály mohou být v podobě přerušovaného zvuku vysoké frekvence, nebo v podobě příjemnější hudby, která upozorní na průjezd v dostatečném předstihu.

Tato navrhovaná varianta přináší vysokou flexibilitu, avšak jeho prvotní investice na přestavbu AGV a implementaci magnetických bodů se pohybuje přibližně kolem 30 000€, v závislosti na rozsahu úprav. Doba implementace se pohybuje mezi 4-6 měsíci představující zejména aplikace pasivních magnetů (TECHNOLOGY). Odhadovaná doba návratnosti po investicích jsou 2 roky.

Na obrázku 11 je navržena trasa AGV tak, aby pokryla původní trasu a 16 nových, plánovaných stanovišť. Je zde využita stávající trasa k obsluze strojních zařízení v 6. lodi, a následně využití koridoru středového kolejíště a odbočení do plánované 9. lodě.



Zdroj: Upraveno dle autora

Obrázek 11 - Návrh trasy AGV pro navrhovanou variantu 1

Každý z nově přidaných strojních zařízení disponuje svým vlastním vlečným vozíkem a zařízením k manipulaci s AGV.

Zhodnocení navrhované varianty 1

Zásah do provozu výrobního nářadí je značný a vyžaduje velké omezení po dobu 4–6 měsíců a velké finanční náklady do prvotní investice (30 000€). Tento typ navádění je velice flexibilní a při zařazení dalších AGV do provozu jeho implementace bude jednoduchá a bude možné použití pasivních magnetů v zemi bez jakýchkoliv dalších úprav. V tomto případě se využitelnost zvýší na 83 %. Vzhledem k zvukovým signálům, které bude samotný vozík vydávat, se sníží i jeho časový fond chyb, což přináší zvětšení disponibilního časového fondu.

Zhodnocení v bodech:

Tabulka 2 - Zhodnocení navrhované varianty 1

PŘÍNOSY	HROZBY
Vysoká flexibilita	Vysoká pořizovací cena (cca 30 000€)
Možnost jednoduché implementace dalších AGV	Nutné stavební úpravy pro magnetickou mřížku
Omezení chybových kódů způsobených vstupem pracovníka	Trasa vedoucí po středovém kolejišti
Využití průjezdu 7. lodi	Nutná odstávka provozu (4-6 měsíců)
Snadná integrace další strojních zařízení	Možnost střetu s kolejovým přepravníkem

3.2 Konceptce MiR 200 s hákem

Druhá navrhovaná varianta se zabývá rozšířením působnosti MiRu 200 s hákem za použití stávající technologie, tedy tažné AGV s přirozenou navigací.

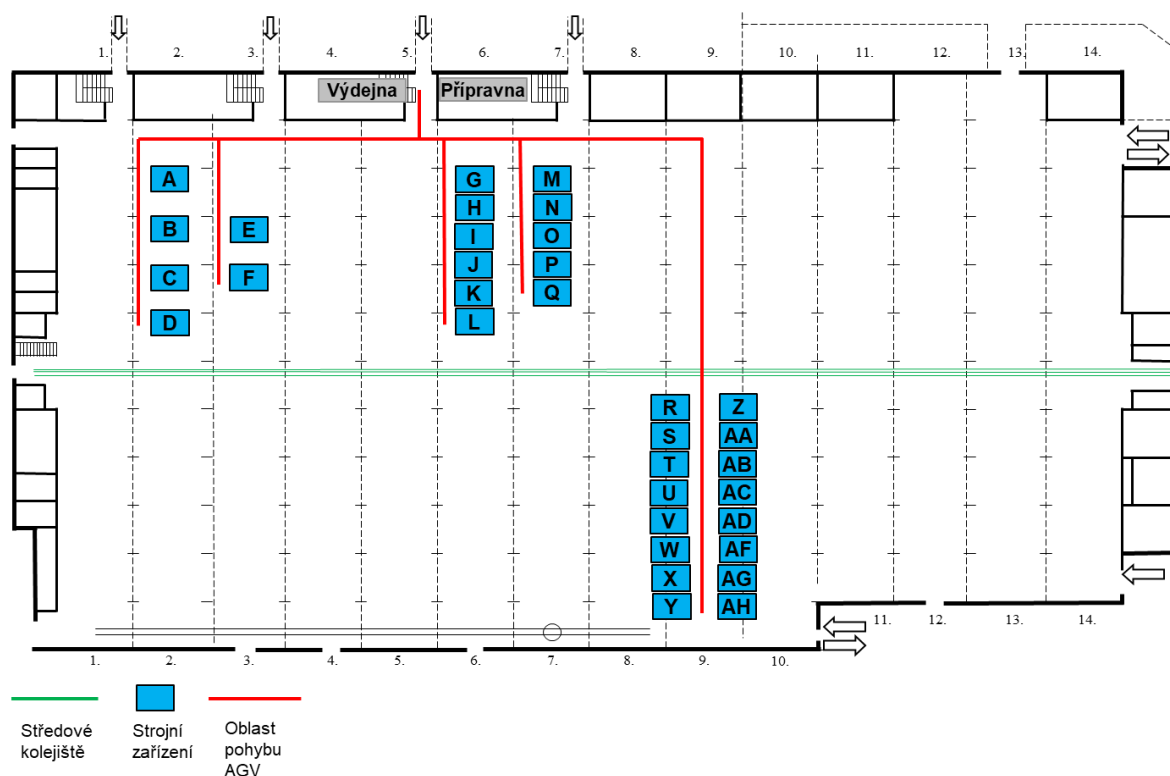
Jedna z podmínek pro průjezd AGV je připravit takovou trasu, která umožní bezpečný průjezd autonomního vozíku i za předpokladu, že senzory zaznamenají překážku v cestě. Vzhledem k vlastnostem této kategorie navigace je počáteční investice nulová. Autonomní vozík nepotřebuje ke svému dalšímu rozšíření nijak speciální úpravu povrchu či samotného AGV, dostačují zde již zabudované senzory na vozíku ke skenování nové trasy do své paměti. Není zde nutná odstávka výroby, jen zvýšená opatrnost pracovníků v průběhu načítání trasy.

Tento druh navádění disponuje také vysokou flexibilitou, tudíž případné změny v počtu obsluhovaných zařízení jsou pouze otázkou konfigurace v softwaru autonomního vozidla.

Jako je tomu u předchozí navrhované varianty, zvuková signalizace i v tomto případě bude aktivní po celou dobu výkonu činnosti AGV.

Druhá navrhovaná varianta rozšíření s sebou nenese další náklady. Při zvýšení využití AGV na plánovaných 83 % se návratnost zkrátí o polovinu, tedy na jeden rok. Implementace této navrhované varianty je možná za plného provozu, jedná se o skenování nové části trasy a zastávek pro strojní zařízení.

Tato navrhovaná varianta počítá s jinou zaváděnou trasou AGV, než je tomu u předchozí varianty (varianta 1), z možného problému s přejezdem a využitím středového kolejistě v hale V17. Na obrázku č. 12 lze vidět trasu pouze za přejetí středového kolejistě v jednom bodě, nikoliv po tomto koridoru.



Zdroj: Upraveno dle autora

Obrázek 12 - Návrh trasy AGV pro navrhovanou variantu 2

Zhodnocení navrhované varianty 2

Narušení výroby na provozě Nářaďovny za použití druhé navrhované varianty je minimální, pro rozšíření trasy k 9. lodi aktuální AGV pouze naskenuje oblast nové trasy, případně se provede její zprůchodnění a dostatečné označení. Počáteční investice do implementace tohoto způsobu řešení je nulová, nejsou nutné stavební či jiné úpravy konstrukce autonomního vozíku.

Stejně jako v návrhu řešení první navrhované varianty, se zde jedná o navýšení využitelnosti o dalších 16 strojních zařízení. Nově vzniklá sestava bude obsluhovat celkem 33 strojů a měla byt tak dosáhnout stejné hodnoty využití jako navrhovaná varianta 1, a to 83 % z disponibilního fondu. Návratnost AGV je jeden rok.

Zhodnocení v bodech:

Tabulka 3 - Zhodnocení navrhované varianty 2

PŘÍNOSY	HROZBY
Vysoká flexibilita	Nutnost zprůchodnění nových koridorů pro průjezd AGV
Nízká až nulová počáteční investice	Možná kolize při přejezdu středového kolejiště
Využití již naskenované oblasti	Délka trasy od nabíjecí stanice pro 9. loď
Jednoduchá implementaci dalších AGV se stejným typem navádění	
Možnost snadného rozšíření k obsluze strojních zařízení	
Bez nutnosti odstávky provozu	

3.3 Tažné AGV s optickým naváděním

Tato varianta představuje návrh rozšíření provozu AGV za pomoci tažného autonomního vozíku s optickým naváděním.

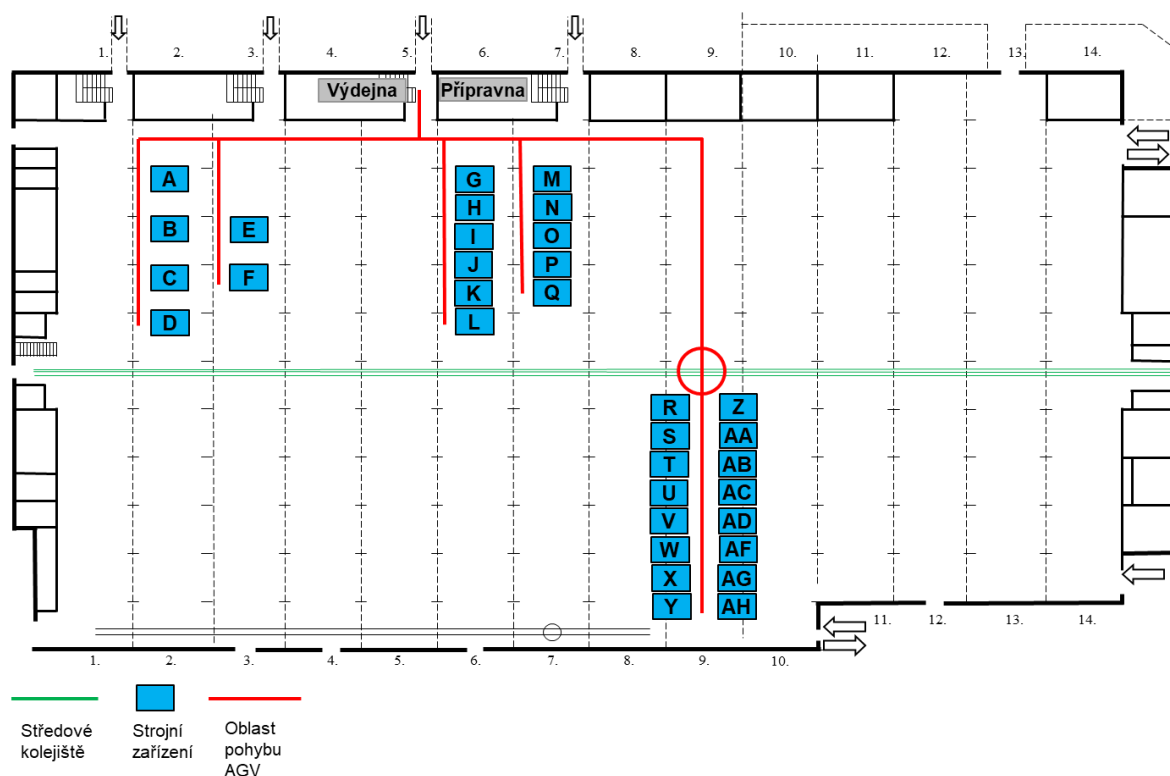
Navigace za pomocí sledování optického pásu na zemi přináší velmi jednoduchý systém, který sleduje předem nadefinovanou stopu. Jeho implementace přináší jasně předdefinovanou trasu pomocí optických či magnetických pásů nalepených na zemi a vybavení tažného vozíku jinými senzory a kamerami. S tímto variantním

řešením přichází nutná počáteční investice na změnu snímačů trasy AGV a optických stop. Je zde možné využít a upravit aktuálně užívaný MiR o specifické kamery a senzory na spodní části vozíku. Naopak jeho flexibilita je velice nízká, při potřebě zavádění další tras je zde nutné nalepení optických vodičů na přesně definované stopy.

Obdobně jako ve druhé navrhované variantě se zde nevyskytuje požadavek na odstávku provozu, pouze zvýšená opatrnost při instalaci již výše zmiňovaných optických vodičů. Dále využití zvukových signálů, které zamezí střetu pracovníků s AGV, přispěje ke zvýšení disponibilního času vozíku k obsluze.

Odhadovaná finanční náročnost na již zmíněnou úpravu AGV je 4 000€ (Roboteq), která po zvýšení využitelnosti autonomního vozíku bude mít návratnost 1,2 roku.

Tato navrhovaná varianta využívá totožné trasy jako navrhovaná varianta druhá, avšak zde může nastat problém s transportem přes středové kolejiště, kde optický vodič bude z tohoto důvodu přerušen.



Zdroj: Upraveno dle autora

Obrázek 13 - Návrh trasy AGV pro navrhovanou variantu 3

Zhodnocení navrhované varianty 3

Vyskytuje se zde střední počáteční investice do senzorů a kamer, kterými bude nutné AGV osadit k zajištění této navrhované varianty. Dále pak bude nutná investice do samotných optických či magnetických vodících pásů (celkem 4 000€). Implementace těchto specifických prvků nijak neovlivní samotný chod výroby nářadí, bude zde potřeba pouze zvýšená opatrnost ze strany zaměstnanců.

Problém pak nastává při přejezdu středového kolejiště, kde vozík ztratí vodící pás, může tedy dojít k zastavení činnosti AGV.

Vzhledem k vyššímu hluku na provozu výroby nářadí je implementace zvukových signálů velmi důležitá ke snížení možnosti přehlédnutí či přeslechnutí. Samotná aplikace není nijak náročná a její využití přinese časovou úsporu vynaloženou na manuální odstranění chyb, či restart samotného zařízení.

Kategorie tažného autonomního vozíku, obdobně jako u předchozích navrhovaných variant plně vyhovuje prostředí haly.

Zhodnocení v bodech:

Tabulka 4 - Zhodnocení navrhované varianty 3

PŘÍNOSY	HROZBY
Jednoduchý systém	Nízká flexibilita
Bez nutné odstávky provozu	Střední počáteční investice (4 000€)
Jednoduchá implementace na již fungující AGV	Přejezd přes středové kolejiště
Snížení možnosti střetu s personálem díky zvukovým signálům	Úprava prostor pro průjezd v nové oblasti trasy

4 Vyhodnocení a srovnání navrhovaných variant

Do výběru navrhovaných variant vstupuje více faktorů, které byly zmíněny v každém návrhu pro rozšíření. Výsledkem je výběr nejvhodnější varianty pro implementaci rozšíření AGV do provozu Nářařovny, nutné ke zvýšení využitelnosti a snížení časového fondu zaměstnance.

4.1 Faktory ovlivňující výběr

Faktory pro výběr optimální varianty jedné z navrhovaných variant jsou voleny na základě plnění požadovaných nároků a doby návratnosti AGV, a tak je důležité vybrat nejvhodnější navrhovanou variantu a učinit objektivní zhodnocení. Především se pak jedná o finanční náročnost, dobu návratnosti a s tím spojené omezení provozu výroby nářadí.

Druh tažného AGV je použit ve všech variantách z důvodu jeho snadnějšího ovládání a především nižšího prostoru pro manipulaci. Druh navigace, který je v každé navrhované variantě jiný, je klíčový faktor, který ovlivní následné doporučení pro rozšíření využití autonomního vozíku. Zvukový signál je navržen v každé navrhované variantě, tudíž tento faktor neovlivní následné doporučení výběru, nicméně pro snížení chybovosti je neméně podstatný.

První navrhovaná varianta představuje navádění pomocí pasivních magnetů za použití trasy přes středové kolejiště. Tato navrhovaná varianta představuje veliký stavební zásah do haly, kde by se musely instalovat pasivní magnety přímo do podlahy haly, což by představovalo vysokou investici (30 000€), která by sice přinesla velkou flexibilitu, nikoliv však přesnost. Přesnost by byla určena hustotou magnetické mříže, ale i tak nedosahuje nejvyšší přesnosti. Po konzultaci s firmou DREAMland, spol. s r.o., která se zabývá integrací AGV do provozů výroby, byla tato navrhovaná varianta shledána již nepoužívanou, právě z důvodu nutných stavebních zásahů a vysoké finanční náročnosti. Trasa, se kterou navrhovaná varianta počítá, vede třemi loděmi po středovém kolejišti, je zde tedy vysoké riziko zastavení činnosti při zaznamenání jiného obslužného zařízení na stejné trase. V důsledku implementace zvukových signálů tato varianta představuje zvýšenou využitelnost.

Druhá navrhovaná varianta představuje rozšíření dosavadní autonomní technologie. Implementace této varianty je nejjednodušší, nemusí se zde provádět žádný zásah do infrastruktury haly. Podle ekonomického aspektu se jedná o nejlevnější navrhovanou variantu, s nejnižší dobou návratnosti, není potřeba nákupu či pronájmu jiných naváděcích technologií, ani naváděcích prvků, jako je tomu v navrhované variantě 1 a 3. I tato navrhovaná varianta byla konzultována s firmou DREAMland, spol. s r.o., která tuto variantu shledala jako nejčastěji a nejsnadněji implementovanou technologii v současném trendu z důvodu její flexibility a nízkých, až nulových počátečních nákladů. Flexibilita je zde na nejvyšší možné úrovni, tzn. přidání dalších zastávek autonomního vozidla, nebo samotné přidání dalšího AGV je zde jen otázkou naskenování trasy a programování v softwaru. Již naskenovanou mapu lze nahrát i do nových autonomních robotů. Při rozšíření do 9. lodě se nemusí již zmapovaná část výrobní haly skenovat znovu, je zde zapotřebí pouze načíst do paměti AGV novou část trasy, která je navržena v obrázku č. 12. I v této variantě dochází k implementaci zvukových signálů, které by měly přispět k nižšímu počtu chyb způsobených vstupem pracovníka do dráhy autonomního vozíku.

Ve třetí navrhované variantě je představen návrh tažného AGV s optickou navigací, která zajistí přesnou dopravu veškerého nákladu na místo určení. Zavedení tohoto druhu navigace obnáší výměnu senzorů a kamer na dosavadním autonomním vozíku a také optické či magnetické pásy aplikované na podlahu výrobní haly. Jedná se tedy v porovnání s ostatními navrhovanými variantami o střední finanční náročnost (4 000€). Problém, který se zde vyskytuje, nastává při přejezdu středového kolejiště, kde naváděcí pás musí být přerušen a mohlo by docházet k chybám vozíku, které by vyžadovaly fyzickou přítomnost obsluhy. Flexibilita této navrhované varianty je velice nízká, při přidání nového strojního zařízení k obsluze AGV by muselo dojít k instalaci vodících pásů na prostor podlahy haly a následné naprogramování nové trasy a zastávek.

4.2 Porovnání navrhovaných variant

Tabulka 5 - Porovnání navrhovaných variant

	NAVRHOVANÁ VARIANTA 1	NAVRHOVANÁ VARIANTA 2	NAVRHOVANÁ VARIANTA 3
Finanční náročnost	+ 30 000€	0	+ 4 000€
Návratnost	2 roky	1 rok	1,2 toku
Doba implementace	4-6 měsíců	0	2-10 dní
Omezení provozu	Značné omezení (v krajních případech odstávka provozu)	Nízké omezení	Nízké omezení

V tabulce č. 5 lze pozorovat srovnání všech navrhovaných variant ve čtyřech hlavních faktorech. Finanční náročnost se výrazně liší mezi první a druhou variantou, kde je zapotřebí vysoké počáteční investice pro instalaci nových senzorů a magnetické mřížky. Doba návratnosti po implementaci je nejnižší v případě varianty druhé, a to je zejména ovlivněné předchozím faktorem finanční náročnosti. Doba implementace se výrazně liší, kde k nejnižšímu časovému intervalu pro aplikaci navrhované varianty dochází ve druhé variantě. Z tohoto faktoru následně i vychází míra omezení provozu, kde k nejnižšímu stupni omezení dochází v navrhované variantě dvě a tři.

Očekávaným potenciálním přínosem je zvýšení bezpečnosti použitím zvukových signálů a zvýšení samotného využití AGV na provozu výroby náradí ve ŠA.

Doporučení

Vzhledem ke zmíněným faktorům, které ovlivňují rozhodnutí, je nejlepší volba druhé navrhované varianty, která přináší rozšíření stávající technologie, tzn. autonomní vozík (MiR 200 s hákem) za využití přirozené navigace. Rozšíření do 9. lodě s jedním přejezdem středového kolejiště zajišťuje minimalizaci chyby. Přítomnost zvukového signálu napomůže snížit možný střet s personálem haly a tím zvýšit disponibilní čas AGV. Doba implementace a odstávky je nulová, dochází zde pouze ke zvýšené opatrnosti skenované oblasti. Oproti ostatním navrhovaným variantám zde dojde k finanční úspoře ve smyslu nepotřebných investic k rozšíření působnosti a k nejnižší době návratnosti.

Závěr

Cílem závěrečné práce bylo na základě teoretických východisek a analýzy současného stavu navrhnout a zhodnotit celkem tři navrhované varianty, které mají přinést vyšší využitelnost aktuálně používaného autonomního zařízení na provoz výroby nářadí.

Práce je rozdělena do čtyř základních kapitol. První kapitola je zaměřena především na rešerši aktuálního zkoumaného trendu automaticky řízených vozidel.

Obsahem druhé kapitoly je popis současného stavu provozu výroby nářadí a specifikaci využívaného AGV.

Ve třetí kapitole jsou představeny tři navrhované varianty, kdy po vyhodnocení všech vnějších i vnitřních faktorů ovlivňujících provoz výroby nářadí, je doporučena druhá navrhovaná varianta za využití tažného AGV s přirozenou navigací se schopností automaticky připojit či odpojit tažný vozík.

Dalším doporučením této navrhované varianty je využití zvukové signalizace po celou dobu provozu AGV za použití varovných signálů nebo hudby. Tato doporučená varianta přináší obrovskou flexibilitu pro další procesy automatizace v souladu s aktuální iniciativou Průmyslu 4.0.

Náplní čtvrté kapitoly je vyhodnocení a srovnání každé z navrhovaných variant a obsahuje možná doporučení pro implementaci.

Výstupem této bakalářské práce je návrh a následné vybrání jedné navrhované varianty ze tří možných variant pro širší uplatnění využívané autonomní technologie na základě teoretických východisek, které byly uvedeny v první kapitole. Navrhovaná řešení rozšíření z důvodu vyšší využitelnosti AGV byla navrhována pro výrobu nářadí ve ŠKODA AUTO a.s..

Výsledky jednotlivých variant by měly sloužit jako podklad budoucího rozšíření před startovací fází projektu.

Pro další využití AGV je třeba výrazněji upravit oblast zkoumání pro průjezd autonomních vozidel. Pro maximální automatizaci je zapotřebí užití jiné autonomní technologie a implementovat AGV místo stávajících, manuálně obslužných zařízení, k možné komunikaci mezi nimi.

Seznam literatury

Bezdíček, Jan. 2019. System Online. [Online] 21. Listopad 2019. [Citace: 29. Červen 2020.] <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/vyzvy-a-uskali-prumyslove-revoluce-4.0.htm>.

Černý, Josef. 2014. Jak zlepšovat interní logistiku podniku. [Článek] místo neznámé : IT Systems, 2014. 1802-615X.

Dematic. 2020. Dematic. [Online] 2020. [Citace: 20. Červen 2020.] <https://www.dematic.com/nb-no/products/products-overview/agv-systems/tugger-agvs/>.

Demuth, Ralf. 2013. Götting. [Online] 6. Červen 2013. [Citace: 21. Červen 2020.] <https://www.goetting-agv.com/solutions>.

Goehner, Matthias. 2019. EeNewsEurope. [Online] 31. Červenec 2019. [Citace: 20. Červen 2020.] <https://www.eenewseurope.com/news/agv-navigation-what-are-possibilities>.

Gros, Ivan, Barančík, Ivan a Čujan, Zdeněk. 2016. Velká kniha logistiky. Praha : VŠCHT, 2016. 978-80-7080-952-5.

Habl, Andreas, Kipouridis, Orthodoxos a Fottner, Johannes. 2017. IEEE Xplore. [Online] 25. Červenec 2017. [Citace: 19. Červen 2020.] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8104885>. 978-1-5386-0837-1.

Havlíček, Daniel. 2017. Factory Automation. [Online] 28. Květen 2017. [Citace: 29. Červen 2020.] <https://factoryautomation.cz/ctvrta-prumyslova-revoluce-7-faktu-ktere-byste-o-ni-meli-vedet/>.

Historie vývoje a výroba nářadí 1900-2010. Králík, Jan. 2010. Mladá Boleslav : QandA, 2010.

Li, Shihua, Yan, Jing a Li, Lingxi. 2018. IEEE Xplore. [Online] 2018. [Citace: 19. Červen 2020.] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8476726>. 978-1-5386-4522-2.

M.De Ryck, M.Versteyhe, F.Debrouwere. 2019. Automated guided vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques. [Dokument] Bruges, Belgie : autor neznámý, 2019.

Neckelmanns, Emil. 2020. Mobile industrial robots. [Online] 2020. [Citace: 24. Červen 2020.] <https://www.mobile-industrial-robots.com/en/solutions/robots/mir-top-modules/mir-hook-200-tm/>.

Roboteq. Roboteq a NICODE brand. Nidec Motor Corporation. [Online] [Citace: 8. Červenec 2020.] <https://www.roboteq.com/ordering/ordering-online#>.

TECHNOLOGY, AGV. AGV cost estimation. AGV network. [Online] [Citace: 8. Červenec 2020.] <https://www.agvnetwork.com/agv-cost-estimation-how-much-does-an-automated-guided-vehicle-cost#tow-tractor-agv>.

Ullrich, Günter. 2015. Automated Guided Vehicle Systems, A Primer with Practical Applications. Voerde : Springer, 2015. 978-3-662-44813-7.

Vojáček, Antonín. 2016. Automatizace HW. [Online] 19. Březen 2016. [Citace: 29. Červen 2020.] <https://automatizace.hw.cz/mimochodem/co-je-se-skryva-pod-vyrazy-industry-40-prumysl-40.html>.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Plošinové AGV.....	11
Obrázek 2 - Podjízdné AGV	13
Obrázek 3 - Dieselové AGV v kontejnerové dopravě	14
Obrázek 4 - Princip laserové navigace.....	15
Obrázek 5 - Princip optického navádění.....	16
Obrázek 6 - Princip magnetického navádění (vlevo), magnetická mížka (vpravo).....	17
Obrázek 7 - Princip GPS navigace.....	18
Obrázek 8 - Layout Nářaďovny (interní zdroj)	21
Obrázek 9 - Oblast pohybu AGV	24
Obrázek 10 - MiR 200 s hákem a vozíkem.....	25
Obrázek 11 - Návrh trasy AGV pro navrhovanou variantu 1	28
Obrázek 12 - Návrh trasy AGV pro navrhovanou variantu 2	30
Obrázek 13 - Návrh trasy AGV pro navrhovanou variantu 3	32

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Kategorie AGV.....	10
Tabulka 2 - Zhodnocení navrhované varianty 1	29
Tabulka 3 - Zhodnocení navrhované varianty 2	31
Tabulka 4 - Zhodnocení navrhované varianty 3	33
Tabulka 5 - Porovnání navrhovaných variant.....	36

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Jan Řezáč		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality		
NÁZEV PRÁCE	VYUŽITÍ AUTONOMNÍ TECHNOLOGIE V LOGISTICKÝCH PROCESECH NA PROVOZE VÝROBY NÁŘADÍ ŠKODA AUTO A.S.		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. David Staš, Ph.D.		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2020
POČET STRAN	42		
POČET OBRÁZKŮ	13		
POČET TABULEK	5		
POČET PŘÍLOH	0		
STRUČNÝ POPIS	<p>Bakalářská práce se zabývá využitím autonomní technologie na provozu výroby nářadí ve ŠKODA AUTO a.s. pro zajištění plynulého toku nástrojů a režijního materiálu. Práce vychází z českých i světových publikací za účelem diverzifikace vstupních informací. V závěrečné práci jsou popsány aktuální trendy autonomní technologie, zejména v oblasti inhouse logistiky a koncept Průmyslu 4.0. Dále práce zahrnuje návrh tří konceptů možného využití AGV. V každé z variant je nastíněno, jak by mohl vypadat provoz s širším uplatněním autonomních vozíků ve společnosti ŠA.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Automatizace, Automaticky řízený vozík, Průmysl 4.0		

ANNOTATION

AUTHOR	Jan Řezáč		
FIELD	6208R186 Business Administration and Operations, Logistics and Quality Management		
THESIS TITLE	USE OF AUTONOMOUS TECHNOLOGY IN LOGISTICS PROCESSES IN TOOLSHOP OF ŠKODA AUTO A.S.		
SUPERVISOR	Ing. David Staš, Ph.D.		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2020
NUMBER OF PAGES	42		
NUMBER OF PICTURES	13		
NUMBER OF TABLES	5		
NUMBER OF APPENDICES	0		
SUMMARY	<p>The bachelor's thesis deals with the use of autonomous technology in the operation of tool production in ŠKODA AUTO a.s. to ensure a smooth flow of tools and overhead material. The work is based on Czech and world publications in order to diversify the input information. The final work describes the current trends in autonomous technology, especially in the field of inhouse logistics and the concept of Industry 4.0. Furthermore, the work includes a proposal for three concepts of possible use of AGV. In each of the variants, it is outlined what the operation with a wider application of autonomous trucks in the company ŠA could look like.</p>		
KEY WORDS	Automation, Automated Guided Vehicle, Industry 4.0		