



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

KONCEPT MATERIÁLOVÉHO TOKU ZÁSOBOVÁNÍ VÝROBNÍ LINKY

MATERIAL FLOW CONCEPT OF A PRODUCTION LINE SUPPLY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Sedláček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Lukáš Zeizinger, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Bc. Petr Sedláček
Studijní program:	Automobilní a dopravní inženýrství
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	Ing. Lukáš Zeizinger, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Koncept materiálového toku zásobování výrobní linky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vytvoření konceptu materiálového toku pro zásobování výrobní linky různými součástmi. Koncepte založena na převážně manuálních systémech manipulace a skladových operací. Využití počítačového modelování a simulace k vytvoření sady experimentů materiálového a informačního toku pro posouzení vlivu jednotlivých koncepčních návrhů na celkovou výkonnost systému. Optimalizace nejlépe hodnocené koncepce vůči třem základním přepravním parametrům.

- Počet manipulantů zásobování výrobní linky,
- využitelnost přepravních zařízení,
- minimalizace jízd naprázdno.

Cíle diplomové práce:

Kompletní zhodnocení stávajícího stavu a systému řízení zásobování.

Návrh konceptů a layoutů manipulace s materiálem dle vstupních parametrů zásobování.

Počítačový simulační model vytvořených koncepcí manuálních a automatických systémů zásobování.

Sestavení matice experimentů a provedení simulačních experimentů s cílem porovnat uvedené koncepty za různých provozních scénářů.

Koncept časového harmonogramu zásobování materiálem s ohledem na rozbor a výpočet kapacit manipulantů s ohledem na maximalizaci využití.

Schéma stávajícího stavu a systému řízení zásobování.

Schéma konceptů systému řízení zásobování.

Schéma finálního stavu a systému řízení zásobování.

Seznam doporučené literatury:

BANGSOW, Steffen. Tecnomatix Plant Simulation. 2nd ed. New Your: Springer, 2020, ISBN 978-3-030-41543-3.

PINKER, Alexander a Marco Prügelmeier. Innovationen in der Logisitk. 1. Auflage, Huss-Verlag, 2021, ISBN 978-3-948001-75-9.

NOCHE, Bernd a Mathias BÖS. Simulation der Transportverkehre. MAYER, Gottfried, Carsten PÖGE, Sven SPIECKERMANN a Sigrid WENZEL, ed. Ablaufsimulation in der Automobilindustrie [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2020, 2020-03-14, s. 155-171 [cit. 2020-10-06]. ISBN 978-3-662-59387-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-662-59388-2_11.

WENZEL, Sigrid a Matthias WEIß. Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik Planung und Durchführung von Simulationsstudien. Berlin, Heidelberg, 2008. ISBN 978-354-0352-761.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Obsahem této diplomové práce je rešeršní rozbor jednotlivých pojmů v oblasti podnikové logistiky s důrazem na vnitropodnikovou přepravu. V praktické části je zhodnocen aktuální stav zavážení výrobní linky a na základě daných parametrů jsou zhotoveny nové varianty zásobení linky. Součástí práce je také vytvoření simulačních modelů všech variant v programu Plant Simulation a na základě získaných dat jsou vyvozeny závěry.

KLÍČOVÁ SLOVA

Logistika, materiálový tok, informační tok, logistický řetězec, simulace, optimalizace, AGV

ABSTRACT

The content of this thesis is a research analysis of individual concepts in the field of corporate logistics with an emphasis on intra-company transport. In the practical part, the current state of the production line loading is evaluated and new variants of line supply are made on the of the given parameters. The work also includes the creation of simulation models of all variants in the Plant Simulation program and conclusions are drawn based on the data obtained.

KEYWORDS

Logistics, material flow, information flow, logistics chain, simulation, optimization, AGV

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SEDLÁČEK, P. *Koncept materiálového toku zásobování výrobní linky*. Brno, 2023. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí Diplomové práce Lukáš Zeizinger. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149630>.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Lukáše Zeizingera, Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 26. května 2023

.....

Bc. Petr Sedláček

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Lukášovi Zeizingerovi, Ph.D. jak za jeho cenné rady v průběhu celého magisterského studia, tak za odbornou pomoc, náměty a připomínky při tvorbě diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval mé rodině za trpělivost a podporu v průběhu celého studia.

OBSAH

Úvod	11
1 Logistika	12
1.1 Vnitropodniková logistika	12
1.2 Materiálový tok	12
1.3 Informační tok	13
1.4 Logistický řetězec	13
1.5 Logistické koncepty řízení zásob	13
1.5.1 Kanban	13
1.5.2 JIT (Just-In-Time)	14
1.5.3 Milkrun	14
1.6 Převážní a manipulační zařízení	14
1.6.1 Meziobjektová a Vnitroobjektová přepravní a manipulační zařízení	15
2 Strategie zavážení pracovišť	17
2.1 Uspořádání stanišť	17
2.2 Přímé zavážení pracovišť	17
2.2.1 Manuální zásobování	18
2.2.2 Ručně vedené mechanické vozíky	18
2.2.3 Ručně vedené hnací vozíky	19
2.2.4 Elektrické vozíky	19
2.3 Nepřímé zavážení pracovišť	20
2.3.1 Tahače (logistické vlaky)	20
2.3.2 Automated guided vehicles (AGV)	21
2.4 Strategie zavážení dle jízdnic	23
2.4.1 Pevně stanovený harmonogram	24
2.4.2 Bez pevně stanoveného harmonogramu	24
2.5 Strategie zavážení zaměřená na trasu	24
2.5.1 Pevně stanovená trasa	25
2.5.2 Dynamická volba trasy	25
2.6 Strategie zaměřené na nakládání/vykládání materiálu	26
2.6.1 Manuální nakládání/vykládání	26
2.6.2 Automatické nakládání/vykládání	26
3 Simulace	27
3.1 Přínosy simulace	27
3.2 Verifikace a validace	28
3.3 Simulační nástroje	28
3.4 Tecnomatix Plant Simulation	29
4 Praktická část	30
4.1 Kompletní zhodnocení stávajícího stavu a systému řízení zásob	30
4.2 Finanční zhodnocení aktuálního stavu	31
5 Optimalizace	33
5.1 Návrhy layoutů zavážení:	33
5.2 Návrh konceptů manipulace s materiálem	34

5.2.1	Koncept časového harmonogramu zásobování	36
5.3	Počítačové simulace vytvořených koncepcí manuálních a automatických systémů zásobování.....	36
5.3.1	Verifikace a validace modelu.....	38
5.4	Maticové experimenty.....	39
5.4.1	Analýza dat ze simulací	40
5.5	Zhodnocení výsledků	41
5.5.1	Porovnání výsledků.....	41
5.5.2	Výběr přepravních a manipulačních prostředků	44
5.6	Přínosy simulace.....	45
Závěr	46
Použité informační zdroje	47
Seznam použitých zkratk a symbolů	51
Seznam příloh	52

ÚVOD

Výrobní společnosti jsou v neustálém boji s konkurencí. Každý výrobní podnik je nucen neustále vylepšovat produkt, technologii nebo snižovat náklady na skladování a manipulaci s hotovými výrobky nebo polotovary. Chce-li si podnik udržet nebo zlepšit svoji pozici na volném trhu, musí uspokojovat nároky zákazníka lépe než konkurence.

Logistika hraje klíčovou roli u větších podniků, u kterých nezdědka existují celá oddělení zabývající se výhradně touto problematikou. Logistika nyní prostupuje prakticky každým aspektem řízení podniku, včetně plánování, nákupu, skladování, výroby a řízení objednávek. Zpracované a zavedené logistické principy lze využít ke zvýšení efektivity výroby, udržení skladových zásob na optimu a přesunu položek nebo komodit v určitých časových intervalech.

Pro schopnost pružně reagovat na aktuální potřeby trhu je znalost současného výrobního systému průmyslového podniku nezbytná. To vyžaduje zpracování a analýzu značného objemu dat. Počítačové programy v aktuální formě jsou užitečné nástroje pro rychlé zpracování těchto dat, které jsou nutné pro rychlou reakci na aktuální situaci.

V poslední době se objevuje u mnoha firem snaha o vytvoření virtuálního dvojčete továrny. Takový simulační model může přinést mnoho užitečných dat. Avšak vytvoření takového modelu je velmi časově i finančně náročné.

1 LOGISTIKA

Logistika je plánování, organizace a řízení toku zboží, služeb a informací od výrobců k zákazníkům. Do tohoto procesu je zapojeno mnoho akcí, včetně skladování, balení, přepravy, distribuce a řízení zásob. Účelem logistiky je zajistit, aby produkty byly klientům dodávány v potřebném množství, kvalitě a časovém rámci za nejnižší možné náklady. Logistika se také zabývá optimalizací celého dodavatelského řetězce, což znamená spolupráci s dodavateli, výrobcí, distributory a zákazníky, aby bylo zajištěno, že produkty budou dodány včas a nákladově efektivním způsobem.[1]

1.1 VNITROPODNIKOVÁ LOGISTIKA

Vnitropodniková logistika, známá také jako interní logistika, se zabývá plánováním, organizací a řízením toku zboží, služeb a informací v rámci firmy. Jedná se o vnitropodnikové postupy, kterými jsou definovány vztahy například mezi jednotlivými odděleními, výrobními linkami, sklady a druhy dopravy.

Primárním účelem vnitropodnikové logistiky je optimalizovat tok materiálů, informací a lidí v rámci organizace s cílem snížit náklady, zvýšit efektivitu a zlepšit kvalitu výstupu. Řízení zásob, plánování výroby, řízení procesů, organizace a koordinace dopravy, přepravy zboží, balení, označování zboží, správa informací a sledování výkonnosti jsou některé ze specializovaných operací interní logistiky.[2]

1.2 MATERIÁLOVÝ TOK

Materiálový tok je pohyb materiálů v rámci korporace, počínaje nákupem surovin a polotovárů a konče tvorbou finálních produktů, skladováním, expedicí a distribucí zákazníkům.

Jednotlivé prvky materiálového toku zahrnují plánování a nákup materiálu, příjem a kontrolu kvality, skladování, expedici, přepravu, výrobu, montáž a distribuci. Účelem optimalizace materiálového toku je snížit náklady na skladování a zásoby na minimum a zvýšit efektivitu výroby tak, aby produkty byly dostupné v potřebném počtu a kvalitě a včas dodány spotřebitelům.[3]

Sledování charakteristik materiálového toku

Sledování charakteristik materiálového toku je zásadním aspektem řízení logistiky. Zahrnuje sledování pohybu materiálů v celém dodavatelském řetězci, aby bylo zajištěno, že budou dodány včas a ve správném stavu. Jednotlivé charakteristiky ke sledování[4]:

- **Průchodnost** – To se týká množství produktu nebo materiálu, které lze zpracovat v daném časovém období.
- **Takt** – Jedná se o dobu, za kterou produkt nebo materiál projde stejným výrobním bodem.
- **Doba průchodu** – je doba, za kterou element materiálového toku urazí vzdálenost mezi body A a B.
- **Obsazenost** – To zahrnuje sledování množství zásob po ruce.
- **Sekvence dílů** – sledování dodržení pořadí dodávaných dílů.

1.3 INFORMAČNÍ TOK

Proces přenosu informací mezi různými organizacemi v dodavatelském řetězci, jako jsou dodavatelé, výrobci, distributoři a zákazníci, včetně informací týkajících se objednávek, zásob, výrobních plánů, dodacích lhůt a dodávek, je v logistice známý jako tok informací.

Tok informací je v logistice kritický, protože umožňuje koordinaci všech činností v rámci dodavatelského řetězce. Představuje posílání informací o požadavcích zákazníků zpět do výrobního procesu, což umožňuje přizpůsobit výrobu a dodávky zákazníkům. Výrobní plány jsou komunikovány do distribuční sítě, což umožňuje optimální plánování a přípravu na dodávku zboží.[5]

Správné řízení toku informací může vést ke zvýšení efektivity, vyšší spokojenosti zákazníků a nižším nákladům v celém dodavatelském řetězci.

1.4 LOGISTICKÝ ŘETĚZEC

Logistický řetězec je řada spojení mezi mnoha subjekty, organizacemi a činnostmi zapojenými do procesu dodávání zboží nebo služeb z místa výroby ke konečnému spotřebiteli. Logistický řetězec zahrnuje všechny procesy spojené s plánováním produktu, nákupem, výrobou, skladováním, přepravou, distribucí a případně prodejem. Hlavním cílem logistického řetězce je zajistit, aby produkty byly klientům dodány v požadovaném množství, kvalitě a termínu za nejnižší možné náklady. Jednotlivé činnosti musí být integrovány a koordinovány v rámci logistického řetězce, aby byla zajištěna efektivní dodávka zboží nebo služeb.[6]

Snaha průmyslových podniků vyhovět co největšímu počtu požadavků zákazníků zvyšuje složitost plánování logistického řetězce. Používání počítačových simulací se v tomto odvětví stává téměř nutností. Zákazník má tak přímý vliv na výrobní sekvence a vytváření odvolávek podle potřeb výrobků na výrobní lince.

1.5 LOGISTICKÉ KONCEPTY ŘÍZENÍ ZÁSOB

Logistické koncepty jsou různé způsoby, postupy a strategie, které se používají v oblasti logistiky k optimalizaci řízení toku zboží, služeb a informací v celém dodavatelském řetězci. Tyto koncepty umožňují minimalizovat náklady a zvýšit efektivitu v různých oblastech logistiky, jako jsou například řízení zásob, plánování výroby, distribuce, skladování a doprava.[7]

1.5.1 KANBAN

Kanban je systém řízení výroby a zásob, vyvinutý firmou Toyota koncem 40. let minulého století definující způsob, jak zlepšit efektivitu a eliminovat plýtvání ve výrobním procesu. Slovo „Kanban“ pochází z japonštiny a znamená „znamení“ nebo „signál“.

Základem systému Kanban jsou kanban karty, které slouží jako signály pro pohyb materiálu. Každá kanbanová karta je často vázána na konkrétní přepravku s materiálem a poskytuje informace o položce, množství a umístění. Když je materiál odebrán z určitého místa, je kanban karta vrácena příslušnému zdroji, což signalizuje nutnost doplnění.

V systému Kanban se signál používá k označení, kdy je potřeba více zásob. Tento signál může být ve formě fyzické karty, značky na desce nebo elektronického signálu. Když úroveň zásob dosáhnou určitého bodu, spustí se signál a zahájí se výroba dalších zásob.

Typy Kanbanu a jejich popis[8]:

- **Tradiční Kanban** – je charakteristický použitím kanbanové karty zařazenou do oběhu v okamžiku spotřeby dílů z přepravy
- **Signální Kanban** – stanovuje přesné množství zásob na pracovišti, při jehož dosažení množství se vytváří kanbanový signál
- **Fax-Kanban** – nahrazení fyzické karty kartou zasílanou na požadované místo faxem
- **E-Kanban** – nahrazení fyzických karet signálem a eliminace problému s nimi spojenými (ztráta karty, poškození atd.), kdy potřebné informace jsou získány pomocí skenování čárových (popř. QR) kódu

Systém Kanban je založen na principu tahu, což znamená, že zásoby jsou vyráběny pouze tehdy, když jsou potřeba, v přesném množství. To pomáhá minimalizovat odpad a snižovat náklady na přepravu zásob.[9]

1.5.2 JIT (JUST-IN-TIME)

JIT je zkratka pro Just-In-Time, což je výrobní filozofie a strategie řízení, která se zaměřuje na výrobu a dodávání produktů právě včas, aby uspokojily poptávku zákazníků. Cílem JIT je eliminovat plýtvání ve výrobním procesu, snížit stav zásob a zvýšit efektivitu.[10]

Systém JIT je založen na principu výroby správného produktu, dodaného ve správný čas, ve správném množství, na správném místě a ve správné kvalitě. Zahrnuje úzkou koordinaci a komunikaci mezi dodavateli, výrobní linkou a zákazníky, aby bylo zajištěno, že produkty budou dodány právě včas, aby uspokojily poptávku zákazníků. To vyžaduje vysoce efektivní a racionalizovaný výrobní proces s minimálním odpadem a skladovými zásobami.

Mezi výhody JIT patří také snížené náklady na držení zásob, zlepšená kontrola kvality, zvýšená efektivita a zvýšená spokojenost zákazníků. JIT však vyžaduje vysokou úroveň koordinace a spolupráce mezi dodavateli, výrobní linkou a zákazníky a jakékoli narušení dodavatelského řetězce může mít významný dopad na celý výrobní proces.[11]

1.5.3 MILKRUN

Milkrun je logistický koncept používaný v logistice k efektivní a metodické přepravě materiálu a komponent mezi různými výrobními místy, montážními linkami nebo skladovacími místy v rámci organizace. [11]

Cílem Milkrunu je minimalizovat pohyby, optimalizovat tok materiálu a eliminovat ztráty ve výrobním procesu. Obvykle se používá pevně stanovená trasa s určenými místy, kde je materiál odebírán. Přeprava materiálu se často provádí pomocí vozidel, která byla speciálně upravena a organizována pro efektivní přepravu nákladu mezi místy. Podrobněji popsáno v kapitole 2.5.1.[12]

Milkrun se obvykle řídí pevně stanoveným harmonogramem, který určuje pořadí a načasování doručení od každého poskytovatele. Podrobněji popsáno v kapitole 2.4.1. [12]

1.6 PŘEPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ

Přepavní a manipulační zařízení slouží k přepravě materiálu nebo výrobků z jednoho místa na druhé. Tato zařízení jsou určena ke zvýšení efektivity přepravy, snížení manuální práce a zvýšení bezpečnosti na pracovišti. Některá přepavní a manipulační zařízení jsou

konstruována pro konkrétní úkoly, jiná jsou však univerzálnější a lze je přizpůsobit tak, aby splňovala různé požadavky. Mohou být ovládány ručně nebo automaticky a mohou být poháněny elektřinou, hydraulikou nebo pneumatikou. Některá přepravní a manipulační zařízení lze kombinovat s jinými systémy a vytvořit tak plně integrovaný systém manipulace s materiálem.[13]

1.6.1 MEZIOBJEKTOVÁ A VNITROOBJEKTOVÁ PŘEPRVNÍ A MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ

Přepravní a manipulační zařízení jsou zařízení používané k přepravě zboží nebo materiálů v rámci podniku nebo mezi nimi. Tyto typy zařízení hrají zásadní roli v logistice a řízení zásob, protože usnadňují práci spojenou s pohybem zboží a materiálu.[13]

K dispozici jsou různé typy dopravních a manipulačních zařízení, včetně dopravníkových systémů, jeřábů, vysokozdvížných vozíků a paletových vozíků, také kamionové dopravy aj. Každý z těchto typů zařízení je navržen pro specifické účely a jejich výběr závisí na typu přepravovaného materiálu, vzdálenosti, kterou je třeba překonat, a charakteru zařízení.

Meziobjektová přepravní a manipulační zařízení

Meziobjektová přepravní a manipulační zařízení jsou stroje a zařízení používaná pro přesun materiálů a produktů mezi různými objekty.

Příklady zařízení pro meziobjektovou dopravu a manipulaci zahrnují dopravníkové systémy, vysokozdvížné vozíky, nákladní automobily a další způsoby dopravy jako letecká, lodní či vlaková. Existují také speciální tahače upravené pro meziobjektovou přepravu v rámci areálu, které můžeme vidět na *Obr. 1*. Tyto stroje se používají k přesunu surovin, nedokončených nebo hotových výrobků v průběhu výrobního procesu v dodavatelském řetězci.[13]



Obr. 1 Tahač s „C“ rámy sloužící pro meziobjektovou přepravu

Vnitroobjektová přepravní a manipulační zařízení

Vnitropodniková přepravní a manipulační zařízení se týká různých typů zařízení a strojů používaných v budovách k přepravě zboží a materiálů. Tato zařízení jsou navržena tak, aby usnadnila vnitřní pohyb produktů, komponentů a surovin a byla zajištěna účinná a bezpečná manipulace v rámci zařízení. Mezi vlastní dopravní a manipulační zařízení patří dopravníky, průmyslové vozíky a automaticky naváděná vozidla (AGV).[13]

Průmyslové vozíky, jako jsou vysokozdvížné vozíky a paletové zvedáky, se používají k přepravě materiálů a produktů po zařízení. Tyto vozíky se dodávají v různých velikostech a konfiguracích, aby měly potřebnou nosnost a vyhověly podmínkám a pracovnímu prostředí. Jsou nezbytné pro nakládání a vykládání zboží z kamionů, stohování, vyzvedávání palet a přepravu produktů na různá místa v zařízení.



Obr. 2 Vysokozdvížný vozík

Závěrem lze říct, že vlastní dopravní a manipulační zařízení jsou určena k jízdě po hladkém povrchu. Tato zařízení zajišťují bezpečný a efektivní přesun produktů a materiálů, minimalizují prostoje a zvyšují produktivitu.

2 STRATEGIE ZAVÁŽENÍ PRACOVIŠŤ

Základní rozdělení zavážení na pracoviště jsou rozdělena do dvou kategorií: přímé a nepřímé. Délka trasy a intenzita materiálových toků určují, zda se použije metoda přímého nebo nepřímého zavážení pracovišť. Pokud je vzdálenost krátká a intenzita je vysoká, logika velí, že nejlepší volbou je přímé zavážení. Na druhou stranu, pokud je trasa dlouhá a tok materiálu je nízký, je vhodnější použít systém nepřímého zavážení. Náklady na dopravu jsou tak rozmělněny do většího počtu položek.[14]

2.1 USPOŘÁDÁNÍ STANOVIŠŤ

Strukturu pracoviště určuje mimo jiné, jak dobře je uspořádáno, jak je organizováno a jak dlouho trvá nalezení vhodného konečného tvaru. [15]

Ve spojení s prostorovým a organizačním uspořádáním je třeba vyřešit dva vzájemně související a ovlivňující aspekty řízení. Primárním hlediskem jsou materiálové toky s tím, že rychlost, vzdálenost a plynulost dopravy jsou rozhodujícími faktory při jejich uspořádání. Sekundárním hlediskem je uspořádání pracoviště, které může být s pevnou pozicí produktu, dalším technickým uspořádáním, buňkovým uspořádáním nebo věcným uspořádáním.

Jednotlivé typy uspořádání můžeme rozdělit takto[16]:

- **Uspořádání pracoviště s pevnou pozicí výrobku** – jedná se o výrobní systém, kde výrobek zůstává nehybný a kolem něj jsou rozmístěni pracovníci a zařízení.
- **Technologické uspořádání pracoviště** – zahrnuje uspořádání náradí, strojů a zařízení způsobem, který optimalizuje výrobu. To může zahrnovat uspořádání zařízení pro vytvoření nepřetržitého toku práce, využití automatizace k zefektivnění procesů a implementaci softwarových systémů pro řízení výroby. Dobře navržené technologické uspořádání může zvýšit produktivitu a bezpečnost a zároveň snížit množství odpadu.
- **Předmětné uspořádání pracovišť** – Pracoviště jsou organizována v souladu s technologickým postupem. Jedná se o přizpůsobení, kde je mezioperační příprava produktu minimalizována a pokud možno úplně odstraněna. Ve srovnání s technologickým uspořádáním vyžaduje předmětné uspořádání omezený sortiment, ale vyšší objem výroby.
- **Buňkové uspořádání pracovišť** – Kombinuje technologické a předmětné uspořádání. Každá výrobní buňka představuje pracoviště zřízené pro výrobu konkrétního typu výrobku, nebo technologicky ekvivalentního výrobku. Jednotlivé buňky jsou vybaveny různými zařízeními potřebnými pro výrobu určitého druhu výrobku. Výroba je optimalizována v každé buňce odděleně. Z tohoto úhlu pohledu replikuje buňkové uspořádání předmětné. V rámci jedné buňky lze jednoduše upravit pořadí činností a materiálový tok. Toto je hlavní rozdíl mezi těmito dvěma uspořádáními. Pracovníci v samostatných buňkách mají odborné znalosti a schopnosti pro obsluhu všech variant těchto zařízení. Díky tomu je uspořádání buněk při změně přizpůsobivější.

2.2 PŘÍMÉ ZAVÁŽENÍ PRACOVIŠŤ

Technika přímého nakládání zahrnuje dodávku materiálu na pracoviště přímo z místa původu do místa určení. Vždy se hledá co nejrychlejší trasa. Jedním z příkladů je nakládání palet/kontejnerů vysokozdvihným/paletovým vozíkem. Následující části pokrývají různé metody přímého zavážení.[17]

Paletové nebo vysokozdvizné vozíky tvořily donedávna základ interní logistiky ve většině průmyslových závodů. Principy tohoto zásobování byly založeny na dodání a odvozu materiálu, kdy na něj upozornila obsluha z daného pracoviště.

V případě zvažování proveditelnosti přímého připojení pracovních stanic je třeba identifikovat metody používané pro takové zásobování. Tyto metody mohou zahrnovat lidské pracovníky, ručně ovládané vozíky, elektrické vozíky a automatizované zavážecí systémy. Každá z těchto možností má své výhody a nevýhody, které budou dále rozvedeny v této kapitole.[3]

2.2.1 MANUÁLNÍ ZÁSOBOVÁNÍ

Prvním typem hodnocené nabídky na pracovišti je lidská práce. Tuto metodu lze považovat za nejstarší, ale také nejméně účinnou. To lze usuzovat z průměrné rychlosti chůze (5 km/hod), která se s rostoucí zátěží snižuje. Hmotnost samotného nákladu je také omezena hygienickými limity pro manipulaci s nákladem viz. *Tab. 1*. [18]

Tab. 1 Hygienické limity pro lidskou manipulaci [18]

	hygienické limity pro manipulaci s břemenem [kg]			
	občasná manipulace	častá manipulace	max limit manipulace v sedě	max. kumulativní hmotnost
Muž	50	30	5	10000
Žena	20	15	3	6500

2.2.2 RUČNĚ VEDENÉ MECHANICKÉ VOZÍKY

Ručně vedené mechanické vozíky jsou typem zařízení pro manipulaci s materiálem, které se ovládají ručně a jsou určeny k přemísťování menších nákladů v rámci zařízení. Tyto vozíky jsou vybaveny kolečky, aby byly snadno přemísitelné. Obvykle je tlačí nebo táhne obsluha a lze je použít k přepravě předmětů jako jsou krabice, kontejnery nebo malé vybavení.

Přípustný hygienický limit pro tlačné a tažné síly při manipulaci s břemenem prostřednictvím jednoduchého bezmotorového vozíky je pro muže: tlačné 310 N a tažné 280 N, pro ženy: tlačné 250 N a tažné 220 N.[18]



Obr. 3 Ruční vysokozdvizný vozík [19]



Obr. 4 Ruční paletový vozík [20]

Ručně vedené mechanické vozíky jsou obecně levnější a všestrannější než větší motorizovaná manipulační zařízení, takže jsou oblíbenou volbou pro menší zařízení nebo pro ty s omezeným rozpočtem.

2.2.3 RUČNĚ VEDENÉ HNACÍ VOZÍKY

Ruční elektrický vozík je typ zařízení pro manipulaci s materiálem, který je určen k přepravě těžkých nákladů na krátké vzdálenosti ve skladu nebo výrobním zařízení. Jedná se o motorizovaný vozík, vedeným operátorem, který jde vedle něj a řídí jeho rychlost a směr pomocí rukojeti. Vozík je vybaven dobíjecí baterií, která napájí jeho motor a obvykle májí maximální nosnost 1 500 až 3 000 kg.[21][20]

Ruční elektrické vozíky se často používají v aplikacích, kde je potřeba rychle a efektivně přemísťovat těžká břemena z jednoho místa na druhé, jako například na montážních linkách nebo v oblastech, kde vysokozdvíhací vozíky nemohou fungovat kvůli prostorovým omezením. Jsou také oblíbené pro přesun materiálů v prostředích, kde je problémem hluk a výfukové plyny z vysokozdvíhacích vozíků. Ruční elektrické vozíky jsou relativně snadno ovladatelné a vyžadují minimální školení, což z nich činí nákladově efektivní řešení pro mnoho podniků.[21]



Obr. 5 Ručně vedený [21]

2.2.4 ELEKTRICKÉ VOZÍKY

Elektrické vozíky jsou zařízení pro manipulaci s materiálem, která jsou poháněna elektromotorem. Běžně se používají pro přesun břemen na krátké vzdálenosti v rámci skladu nebo výrobního zařízení. Elektrické vozíky jsou k dispozici v různých velikostech a nosnostech, od malých jednotek, které unesou několik stovek kilogramů, až po větší jednotky, které unesou několik tun.[22]

Elektrické vozíky jsou obecně vybaveny dobíjecími bateriemi a vyžadují nabíjení mezi jednotlivými použitími. Mohou být ovládány buď ručně, nebo pomocí dálkového ovládání, což umožňuje obsluze řídit a ovládat rychlost vozíku. Některé elektrické vozíky jsou také vybaveny senzory a bezpečnostními prvky, které zabraňují kolizím a zajišťují bezpečný provoz. Jsou také šetrnější k životnímu prostředí než vozíky na plyn a produkují méně hluku a znečištění.[22]



Obr. 6 Elektrický paletový vozík [23]

Celkově jsou elektrické vozíky všestranným a efektivním řešením manipulace s materiálem pro různá průmyslová odvětví a aplikace.

2.3 NEPŘÍMÉ ZAVÁŽENÍ PRACOVÍŠŤ

Nepřímá nakládka pracovišť je způsob manipulace s materiálem, při kterém je zboží nejprve uloženo v meziskladu, než je dopraveno do konečného místa určení. Tato strategie se často používá v případech, kdy je poptávka velmi proměnlivá nebo pokud výrobní proces zahrnuje více procesů, z nichž každý má svou vlastní výstupní rychlost. Použitím meziskladu může výrobní proces pokračovat, i když je dodavatelský řetězec narušen, pokud konečné místo určení není připraveno položky přijmout. Použití automaticky řízených vozidel (AGV) nebo dopravníků k přepravě zboží mezi meziskladem a konečným místem určení může tuto metodu zefektivnit.[24]

2.3.1 TAHAČE (LOGISTICKÉ VLAKY)

Tahače na Obr. 7, známé také jako logistické vlaky, jsou specializovaná vozidla určená pro manipulaci s materiálem a přepravu v průmyslovém prostředí. Obvykle se používají k přepravě těžkých nákladů, jakými jsou kontejnery nebo palety, na velké vzdálenosti v rámci zařízení.

Tahače se skládají ze samojízdného vozidla vybaveného tažným zařízením, které mu umožňuje táhnout za sebou jeden nebo více přívěsů. Mohou být poháněny dieselvými, elektrickými nebo hybridními motory v závislosti na aplikaci a požadavcích na prostředí.[25]

Kromě tažných schopností mohou být tahače vybaveny také různými funkcemi a technologiemi pro optimalizaci jejich výkonu a zvýšení efektivity. Některé modely mohou mít například systémy automatické regulace rychlosti, navigaci GPS a možnosti vzdáleného sledování, aby byl zajištěn bezpečný a efektivní provoz.



Obr. 7 Tahač logistického vlaku Still

Tahače se běžně používají v různých průmyslových odvětvích, včetně výroby, skladování a logistiky. Nabízejí několik výhod oproti jiným zařízením pro manipulaci s materiálem, jako jsou vysokozdvizné vozíky nebo ruční vozíky, včetně vyšší nosnosti, rychlosti pojezdu a větší flexibility.

2.3.2 AUTOMATED GUIDED VEHICLES (AGV)

Automated Guided Vehicles (AGV) jsou mobilní roboti, kteří jsou navrženy k autonomnímu přemísťování a přepravě materiálů a produktů v rámci výrobního nebo skladového prostředí. AGV vozíky jsou naváděny kombinací palubních senzorů a naváděcího systému, jako jsou [26][27]:

- **Magnetická páska:** AGV, který používá magnetickou pásku nebo drát zapuštěný do podlahy jako vodítko pro navigaci. Sensory AGV detekují magnetické pole a sledují pásku nebo drát, aby se pohybovaly po určené dráze. Tento typ AGV je zvláště užitečný v situacích, kdy neexistují žádné fyzické objekty nebo stěny, které lze použít pro vedení, nebo kde dochází k častým změnám v uspořádání zařízení, ale trasy zůstávají zachovány.
- **Optická navigace:** Opticky naváděná AGV využívají kamery nebo senzory ke sledování předem určené trasy nebo podlahového značení. Tyto štítky mohou obsahovat čárové nebo QR kódy. Značky jsou detekovány kamerami nebo senzory, které se používají k určení jejich polohy a směru. Tento typ AGV je vhodný pro aplikace, kde nelze upravit povrch podlahy nebo kde je instalace magnetické pásky nepraktická.
- **Laserové navádění:** Laserem naváděná AGV používají rotační laserový skener k určení polohy pomocí reflektorů umístěných na trase. Reflektory odrážejí laserové paprsky zpět do skeneru, což umožňuje AGV určit svou polohu a orientaci. Tato metoda poskytuje vysokou úroveň přesnosti i flexibility při změně trasy, protože reflektory lze v případě potřeby snadno přemístit.

- **Inerciální navádění:** AGV naváděná inerciálním naváděním používají senzory a algoritmy k určení jejich polohy a orientace vzhledem k jejich výchozímu bodu. Tyto senzory, kterými jsou běžně gyroskopy a akcelerometry, měří rychlost a rotaci AGV. Algoritmy pak tato data použijí k výpočtu aktuální polohy a orientace AGV. Tento typ naváděcího systému je užitečný v prostředích, kde tradiční metody jako magnetické nebo optické navádění nejsou možné nebo praktické, například venku nebo v prostředí se špatnými světelnými podmínkami. Inerciální naváděcí systémy jsou také přesnější než některé jiné typy naváděcích systémů, ale mohou vyžadovat více údržby, aby byly zajištěny přesné údaje snímače.
- **LiDAR Guidance:** LiDAR (Light Detection and Ranging) je populární technologie používaná pro autonomní jízdu AGV. LiDAR používají senzory a lasery k identifikaci a mapování oblasti kolem AGV, která zahrnuje mapování překážek, bariér a dalších vozidel. Senzor vyšle laserový paprsek a poté určí, jak dlouho trvá, než se světlo odrazí zpět od objektu. Senzor vytváří 3D mapu okolí na základě odrazů a identifikuje všechny překážky, kterým se musí AGV vyhnout. Senzory poskytují přesná a důvěryhodná data pro navigaci AGV, což vozidlu umožňuje bezpečně a rychle projíždět komplikovaným prostředím.[27]

AGV lze naprogramovat k provádění různých úkolů, včetně manipulace s materiálem, přepravy a skladování.

Jednou z klíčových výhod AGV je, že mohou pracovat nepřetržitě, bez nutnosti přestávek nebo dob pauz (výjimka nabíjení a servisů), což může výrazně zvýšit efektivitu operací manipulace s materiálem. Lze je také kombinovat s dalšími automatizačními technologiemi, jako jsou dopravníky a automatizované systémy skladování, vyhledávání a vytvořit tak plně automatizovaný systém manipulace s materiálem a logistický systém.

AGV se dodávají v různých velikostech a tvarech od malých robotů, kteří dokážou přepravovat malé předměty, až po velká vozidla, která mohou převážet těžký náklad. Mohou být také přizpůsobeny tak, aby vyhovovaly specifickým potřebám. Můžeme je rozdělit do těchto kategorií[28][29][30][31]:

1. **AGV s jednotkovým nákladem (OPF):** Jsou navrženy pro přepravu jednoho nákladu, jako jsou palety, přepravky nebo krabice.
 - **Podjezdové** – se zvedacím mechanismem na těle AGV *Obr. 8*
 - **Vidlicové** – konstrukcí zvedacího mechanismu jsou velmi podobné NZV *Obr. 9*.



Obr. 8 Podjezdový AVG Oscar [28]



Obr. 9 Vidlicové AVH Algilox[29]

2. **Tugger AGV:** Jsou navrženy tak, aby táhly přívěsy nebo vozíky, které nesou více nákladů, prakticky se jedná o logistické vlaky bez operátora, většinou také disponují mechanismem na automatickou vykládku a nakládku viz. *Obr. 10*.



Obr. 10 Tugger AGV Still [30]

3. **Vysokozdvížené vozíky AGV:** Jsou navrženy tak, aby nahradily tradiční vysokozdvížené vozíky a mohou zvedat a přepravovat náklady do určité výšky viz. *Obr. 11*.



Obr. 11 Vysokozdvížený AGV Asseco

4. **Hybridní AGV:** Kombinují schopnosti více typů AGV, aby zvládly složité úkoly nebo prostředí.

2.4 STRATEGIE ZAVÁŽENÁ DLE JÍZDNÍCH ŘÁDŮ

Z hlediska času lze strategii hodnotit na základě toho, zda mají pevné časy odjezdu, sloužící pro řízení odjezdů vozíků. Pokud se jedná o přesně naplánovaný rozvrh, může to být metoda známá jako Milkrun, za předpokladu pevně stanovené trasy. Na druhé straně je Kanban bez předem stanoveného harmonogramu.

2.4.1 PEVNĚ STANOVENÝ HARMONOGRAM

Pevně stanovený harmonogram se rozumí předem stanovený plán pohybu materiálů, produktů a zdrojů v rámci zařízení nebo skladu. Tento plán je obvykle založen na požadavcích výroby nebo objednávky, která může být na denní, týdenní nebo měsíční bázi.[12]

Výhody:

- Poskytuje jasný plán a strukturu pro pohyb zboží v rámci zařízení.
- Umožňuje lepší plánování potřeb práce a vybavení.
- Snižuje možnost zpoždění nebo přerušení toku materiálů a produktů.
- Pomáhá optimalizovat využití dostupného prostoru a zdrojů.

Nevýhody:

- Nižší flexibilita reakcí na neplánované změny požadavků výroby.
- Může vést k nedostatečnému využití zdrojů v obdobích nízké poptávky nebo výroby.
- Vytvoření a udržování plánu může být časově náročné a nákladné.
- Pokud není správně naplánováno, může během špiček vést k nedostatečnému zásobení.

2.4.2 BEZ PEVNĚ STANOVENÉHO HARMONOGRAMU

Strategie bez pevně stanoveného harmonogramu se týká typu manipulace s materiálem, při kterém tok materiálu není definován předem stanoveným harmonogramem. Místo toho funguje na dynamičtějším systému, ve kterém je pohyb zboží řízen potřebami jednotlivých pracovišť.

Tento přístup umožňuje vysokou míru flexibility, protože s materiálem lze manipulovat podle potřeby, aniž by docházelo k jejich kumulaci u jednotlivých pracovních stanovišť. Dochází tak k poskytování pouze potřebných komponent v požadovaném množství a čase.[12]

Strategie bez pevného rozvrhu má však několik nevýhod. Jednou z nejobtížnějších výzev je požadavek na přesnou a včasnou komunikaci mezi jednotlivými uzly jako je výroba, sklady a další. Bez účinné koordinace se přeprava materiálu může stát chaotickou a neuspořádanou, což má za následek zpoždění a zvýšené náklady. Další problémová část může ztížit plánování a distribuci zdrojů, protože může být obtížné předvídat, kdy a kde budou materiály potřeba.

Celkově může být přístup bez pevného harmonogramu užitečnou technikou, ale vyžaduje pečlivé plánování a spolupráci, aby byl úspěšný.[32]

2.5 STRATEGIE ZAVÁŽENÍ ZAMĚŘENÁ NA TRASU

Stejným způsobem, jako lze rozdělit čas (harmonogram), lze zavážení rozdělit podle trasy. Trasy dodávek na pracoviště mohou být pevné nebo závislé na datech z požadavků výroby.

Jedná se metodiku řízení logistiky, která se zaměřuje na plánování a optimalizaci trasy a způsobu dodání produktů. Tato metoda je zaměřena na výběr nejlepší trasy a následné zavážení dodávek. Cílem je snížit počet cest a způsobů přepravy, snížit tím náklady a zvýšit celkovou efektivitu procesu.[33]

2.5.1 PEVNĚ STANOVENÁ TRASA

Pevná trasa je systém, který sleduje předem stanovenou trasu nebo cestu k plnění sekvence úkolů v rámci zařízení. Tato trasa je obvykle určena faktory, jako je vzdálenost cílových míst, množství přepravovaných nákladů a celkové uspořádání zařízení. V tomto systému vozík opakovaně projíždí stejnou trasu, přičemž na každé zastávce vykonává stejné činnosti.

Jednou z hlavních výhod sledování pevných tras je, že může zlepšit efektivitu snížit ujeté kilometry vozidla. To je způsobeno tím, že vozidlo jede nejpřímější a nejoptimálnější trasou mezi jednotlivými zastávkami, čímž se zkracuje doba, kterou vozík stráví na cestě. Protože je trasa jasně definovaná a důsledně dodržována. Také tento systém snižuje možnost chyb a odchylek od trasy.[33]

Další výhodou je, že může zjednodušit školení operátorů tím, že je seznámí s předem stanovenou trasou a povinnostmi, které je třeba splnit na každém místě určení. To může mít za následek vyšší produkci a nižší náklady na školení.

Systém pevných tras na druhé straně nemusí být vhodný pro všechny typy zařízení nebo procesů. Zařízení, která se potýkají s častými změnami v poptávce nebo uspořádání nebo druhu materiálu, mohou například vyžadovat adaptabilnější systém. Navíc systém s pevnou cestou nemusí být schopen přizpůsobit se neočekávaným událostem nebo poruchám ve výrobním procesu.

2.5.2 DYNAMICKÁ VOLBA TRASY

Pojem dynamické směřování jsou označovány systémy tras, které nejsou pevné. Tyto systémy zahrnují použití většího množství informací, jako jsou např. umístění jednotlivých položek, vzdálenosti, dostupnost, prioritu atd. Tyto informace se zpracovávají v reálném čase a přispívají výběru optimální trasy pro každý úkol. Tato metoda umožňuje větší přizpůsobivost měnícím se podmínkám a prioritám uvnitř zařízení.

Zvýšená efektivita je jednou z hlavních výhod dynamického směřování. Systém dokáže zkrátit cestovní čas a vzdálenost neustálým přehodnocováním ideální cesty pro každou činnost, což vede k rychlejšímu a efektivnějšímu pohybu zboží. Snížený čas nečinnosti a využití zařízení, stejně jako větší propustnost, mohou vést k úsporám nákladů. Dynamické směřování může navíc zvýšit přesnost a současně snížit pravděpodobnost nesprávného umístění nebo jiných chyb, které by mohly způsobit zpoždění. A to tak, že zajistí, aby byla každá položka přepravena na správné místo co nejefektivnějším způsobem.[33]

Dynamické směřování na druhé straně může být složitější a vyžaduje pokročilejší technologii než systémy s pevnými trasami. K nalezení optimální cesty pro každou aktivitu mohou být zapotřebí sofistikované algoritmy a analýza dat v reálném čase, stejně jako pokročilejší WMS nebo jiný software pro správné řízení procesu.

Celkově má dynamické směřování potenciál zlepšit efektivitu, přesnost a přizpůsobivost ve vnitřní logistice. Může však vyžadovat modernější technologii a také je může být obtížnější zavést a spravovat než systémy s pevnými trasami.[33]

2.6 STRATEGIE ZAMĚŘENÉ NA NAKLÁDÁNÍ/VYKLÁDÁNÍ MATERIÁLU

Pokud jde o nakládku nebo vykládku zboží, lze příslušné strategie rozdělit do dvou typů. První je automatické nakládání a vykládání, zatímco druhé je manuální nakládání a vykládání. Obě metody mají své klady i zápory, o kterých se více diskutuje níže.

Cílem je omezit zbytečné přesuny materiálu a optimalizovat tok materiálu uvnitř skladu nebo výrobního procesu. To zahrnuje plánování a řízení pohybu materiálu, stejně jako využití vhodného vybavení pro manipulaci s materiálem.

2.6.1 MANUÁLNÍ NAKLÁDÁNÍ/VYKLÁDÁNÍ

Při aplikaci manuálního systému nakládky a vykládky mohou vozíky přijet do neupravené uličky, zastavit se a počkat, až jej pracovník naloží nebo vyloží. Tuto akci samozřejmě musí provést operátor na pracovišti nebo osoba vyhrazená pouze na tento úkol. Může také obsluhovat automatický vozík a signalizovat mu, aby odjel. Pokud nakládku a vykládku provádí operátor pracoviště, je nutné započítat tuto akci do stanovení taktu pracoviště.[34]

2.6.2 AUTOMATICKÉ NAKLÁDÁNÍ/VYKLÁDÁNÍ

Použití automatizovaných metod pro přesun materiálů ze skladovacího prostoru na výrobní linku se označuje jako automatické nakládání/vykládání zásob do výrobních linek. Jedním z příkladů takového systému je systém automatizovaných řízených vozidel (AGV), který využívá robotická vozidla k přesunu zboží ze skladu na výrobní linku. Tato AGV lze naprogramovat tak, aby nakládala a vykládala na předem určeném místě bez pomoci člověka. V případě aplikace takového systému společností se zvyšuje její efektivita závážky. Při správné aplikaci automatizované nakládky/vykládky může razantně snížit náklady na manipulaci v dlouhodobém horizontu.

Dopravníkové systémy, automatizované paletizátory a robotická ramena jsou dalšími příklady automatických nakládacích/vykládacích systémů. Tyto technologie mohou zlepšit rychlost a efektivitu postupů manipulace s materiálem, snížit náklady na pracovní sílu a snížit nebezpečí zranění nebo materiálních škod.[34]

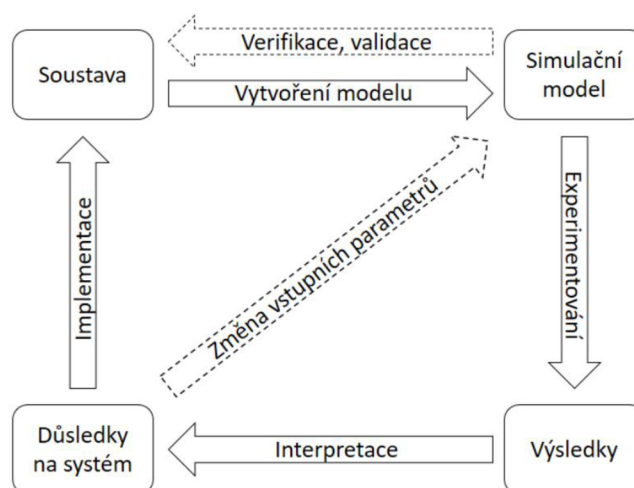
3 SIMULACE

Simulace je technika pro výzkum dynamických systémů, která zahrnuje nahrazení zkoumaného systému jeho simulačním modelem. Tento model se používá k provádění experimentů s cílem dozvědět se více o původním zkoumaném systému. V logistice se simulace často používá k řešení rozsáhlých systémů nebo jejich částí vytvořením počítačového modelu a přenesením skutečného systému do něj.[35]

Vývoj simulačního modelu vyžaduje použití řady parametrů, které lze měřit, projektovat nebo odhadovat, aby bylo možné takový model vytvořit. Je důležité pochopit, jak kvalita měření, předpokladů nebo odhadů parametrů ovlivňuje chování modelu a přesnost získaných zjištění.

Simulační model je vytvořen podle skutečných nebo plánovaných systémů, který se systémem koreluje na předem stanovené úrovni hloubky a přesnosti, pokud se jedná o skutečný systém. Simulační model musí být validován a testován, aby bylo zajištěno, že odpovídá chování skutečného nebo plánovaného systému. Ověřený simulační model se pak používá k experimentování s dalšími logickými změnami. Výsledky simulačního experimentu musí být pochopeny a musí být správně posouzeny. Volbou přijatelné varianty simulačního modelu se dostává do fáze aplikace navržených změn v reálném systému.[35]

Využití počítačových simulací v logistice je zvláště výhodné, protože díky sofistikované výpočetní technice je rychlost vyhodnocování mnohem rychlejší a levnější než testování na reálných systémech nebo redukovaných verzích reálných systémů. Při využití počítačových simulací je ověření vlivu změny parametrů nebo aktualizace celých prvků systému poměrně jednoduchým úkolem. Obtížnost se však může lišit v závislosti na složitosti modelu. Z dlouhodobého hlediska je počítačová simulace levnější než testování na zmenšených modelech reálných systémů.[36]

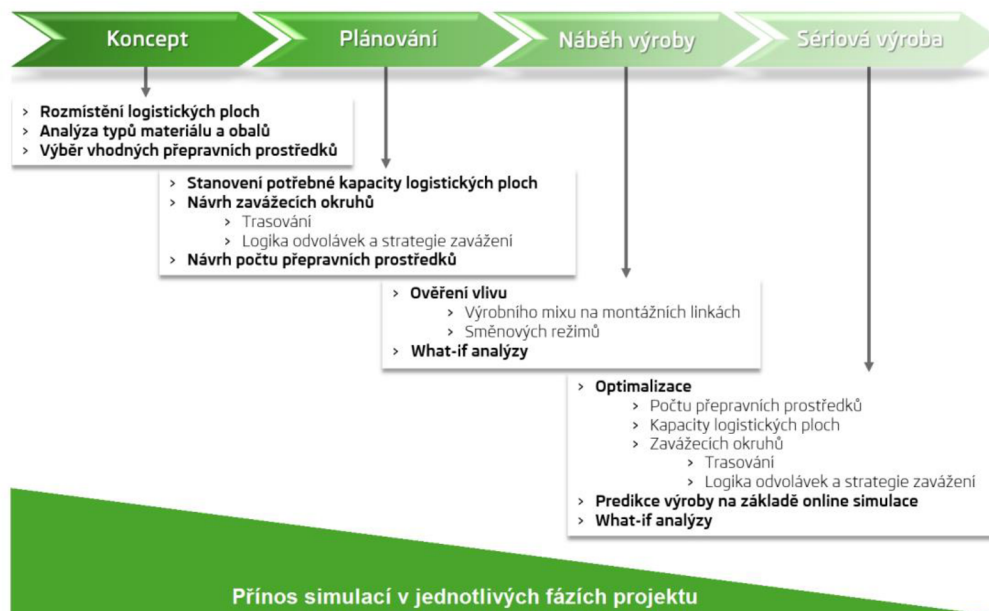


Obr. 12 cyklus simulačního projektu [37]

3.1 PŘÍNOSY SIMULACE

Výhody logistické simulace jsou četné jako například: úspory nákladů, vyšší efektivita a možnost provádět lepší rozhodnutí. Pomocí simulací lze přijímat informovaná rozhodnutí na základě dat a analýzy, nikoli intuice nebo odhadů.

Jednou z nejvýznamnějších výhod simulace je úspora nákladů, které jsou přímo závislé na fázi projektu, jak můžeme vidět na *Obr. 13*. Modelováním různých scénářů lze najít oblasti, kde je možné snížit náklady, jako je optimalizace zdrojů, snížení plýtvání nebo odstranění nadbytečných postupů dodavatelského řetězce. To má vysoký potenciál vést k výraznému snížení nákladů firmy.[38]



Obr. 13 Přínos simulací v jednotlivých fázích logistického projektu [37]

3.2 VERIFIKACE A VALIDACE

Definice pojmů verifikace a validace můžeme popsat takto[5]:

- **Verifikace** – považuje se za formální kontrolu správnosti simulačního modelu (např. kontrola vůči pojmovému modelu).
- **Validace** – kontrola požadované shody mezi simulačním modelem a originálem. Zajišťuje se tak, že simulační model odráží chování simulované soustavy se stanovenou přesností a bez chyb

Aby bylo zaručeno, že model adekvátně zobrazuje skutečný systém, jsou verifikace a validace kritickými procesy v procesu simulace. Provést verifikaci i validaci je proto nutné, aby byly dodrženy systémové hranice a do jaké míry mohou zavedená zjednodušení ovlivňovat výsledky modelu.

3.3 SIMULAČNÍ NÁSTROJE

Simulační nástroje jsou programy, které umožňují vyvíjet simulační modely různých logistických systémů. Tyto nástroje využívají matematické a statistické metodologie k vytvoření co nejrealističtějšího modelu, který umožňuje uživatelům zadávat různé parametry a scénáře.

Simulační programy používají grafické rozhraní, které uživatelům umožňuje snadno vytvářet a měnit modely. Uživatelé mohou po vytvoření modelu spouštět simulace, aby viděli, jak se systém chová v různých scénářích. Výsledky simulace se v reálném čase zobrazují

v simulačních nástrojích, což uživatelům umožňuje sledovat, jak se systém vyvíjí v čase. Tyto poznatky lze následně prozkoumat a využít ke zlepšení logistických postupů.

FlexSim, Simio, AnyLogic, PlantSimulation a Arena jsou některé z nejznámějších simulačních programů pro vytváření modelů. Každý z těchto programů má svou jedinečnou sadu vlastností a funkcí, které uživatelům umožňují modelovat a simulovat různé logistické procesy. V praktické části této diplomové práce je použit SW Plant Simulation, využívající vlastní programovací jazyk SimTalk.

SimTalk je programovací jazyk používaný k vytváření funkcí nazývaných metody. Umožňuje uživatelům navrhovat a upravovat objekty, proměnné a celé logické systémy, a tak tím řídit chování simulace.[6]

3.4 TECNOMATIX PLANT SIMULATION

Plant Simulation je softwarový nástroj, který umožňuje modelování simulací, provádění analýz a vizualizaci složitých logistických systémů a výrobních procesů. Software dále umožňuje vytvářet a testovat virtuální modely pomocí kterých je možné identifikovat potenciální úzká místa, optimalizovat rozvržení a zlepšit celkovou efektivitu. Nabízí širokou škálu funkcí, včetně 3D vizualizace, dynamické simulace, statistické analýzy a optimalizačních nástrojů.[9]

Plant Simulation také poskytuje knihovnu předem sestavených objektů, jako jsou stroje, dopravníky a skladovací zařízení, výrobní a montážní stanice, které lze snadno přizpůsobit tak, aby odpovídaly specifickým potřebám jednotlivých aplikací. Výsledky simulace lze analyzovat a vizualizovat v reálném čase, což usnadňuje identifikaci dopadu různých scénářů na výrobní proces.[6]

Výsledky lze vyhodnocovat pomocí integrovaných statistických nástrojů, které však nemusí vždy stačit. Ve většině úloh je nutné samostatně hodnotit v externích softwarech. Pro vyhodnocování operací se statistickými hodnotami je vhodné data exportovat například do MS Excel, kde lze data efektivně upravovat a následně graficky zobrazovat a vyhodnocovat.

4 PRAKTICKÁ ČÁST

Hlavními úkoly této diplomové práce jsou: zhodnocení aktuálního stavu zásobování, návrh konceptů layoutů, vytvoření počítačových modelů jednotlivých koncepcí a jejich porovnání.

Nejdůležitějším úkolem je vytvoření systému, který vyžaduje co nejméně změn v zástavbě výrobní linky a současně optimalizovat počet manipulantů, využitelnost přepravních zařízení a minimalizovat jízdy naprázdno. Dále pak provedení finančního zhodnocení jednotlivých variant a výběr varianty s co nejmenšími finančními nároky na pořízení a provozování takového systému.

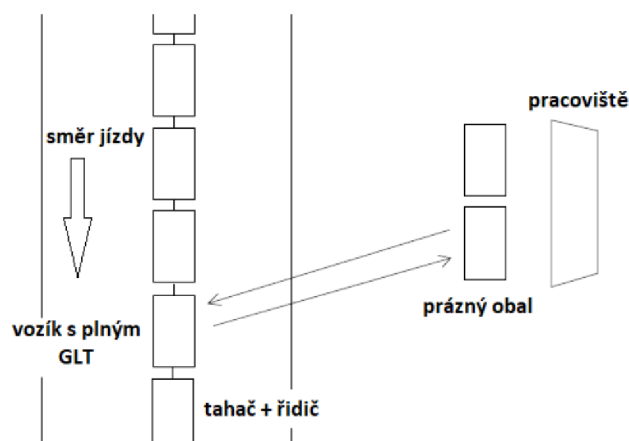
4.1 KOMPLETNÍ ZHDNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU A SYSTÉMU ŘÍZENÍ ZÁSOB

Výrobní linka, která se nachází v horní části layoutu, se skládá z 54 pracovišť, které jsou zásobeny ze dvou různých zdrojů materiálu, vše je názorně vyobrazeno na *Obr. 15*. Linka pracuje v třisměnném provozu 5 dní v týdnu a s tím je spjata i její zásobování ve stejném režimu směn. Aktuálně zásobování výrobní linky probíhá pomocí logistických vláčků po 5 vozících, které jsou řízeny manipulantem.

Na začátku každého zavazecího kola musí manipulant vybrat správný předpřipravený vlak, následně ho zaháknout za tahač a vydat se na cestu. Možnost provedení chyby při výběru cesty odpadá, protože zásobení linky je prováděno po pevné trase, jak můžeme vidět na *Obr. 15* (ružová čára). Dalším krokem je zásobit jednotlivé pracoviště materiálem. Způsob překládky u pracovišť probíhá postupně podle jednotlivých kroků:

1. Zastavení logistického vlaku v okolí pracovního stanoviště
2. Sesednutí manipulanta z tahače a výběr správného vozíku s GLT
3. Odháknutí správného vozíku a následná výměna za vozík s prázdným obalem na stanovišti
4. Zapřažení vozíku s prázdným obalem do logistického vlaku
5. Přejezd na další stanoviště

Tento proces se opakuje, dokud v logistickém vláčku nejsou pouze vozíky s prázdnými obaly.

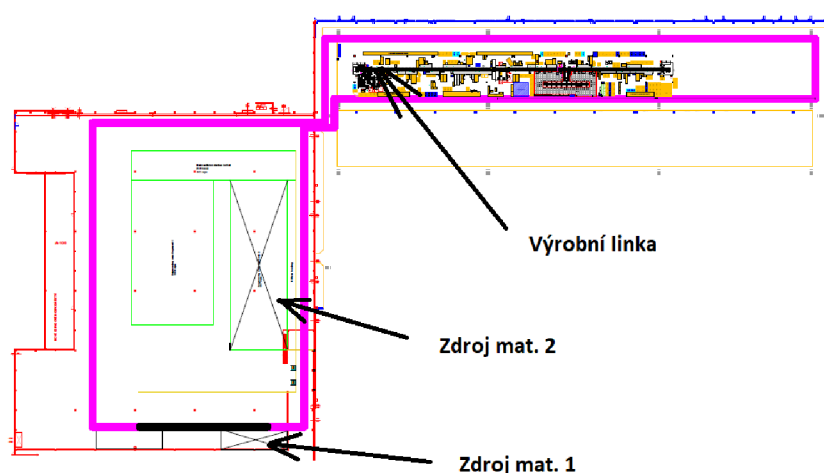


Obr. 14 Schéma aktuální překládky materiálů u pracoviště

Časová náročnost překládky je až 45 s u zaškoleného a zkušeného manipulanta. Následný časově náročný úsek je nutnost objíždění celé výrobní linky, jak můžeme vidět na *Obr. 15*. To je způsobeno zástavbou linky a dalších objektů v oblasti.

Výměna všech vozíků s prázdnými obaly za předem nachytané vozíky s polotovary probíhá u zdroje materiálu 1 nebo 2. Proces výměny trvá 50 s při optimálních podmínkách za předpokladu správné koordinace pracovníků v oblasti zdrojů materiálů.

Zásobování linek probíhá systémem Milkrun. Při normálních okolnostech zásobovací systém plně dostačuje. Avšak nevýhodou takového způsobu zavázky je jeho obtížná přizpůsobitelnost na nečekané změny výroby. Proto může docházet ke kumulaci materiálu na jednotlivých stanovištích, popřípadě jejich nedostatek.



Obr. 15 Schéma trasy zavážení aktuálního stavu

Časy zavážení jsou stanovené dle ideálního taktu linky a množství dílů v jednotlivých GLT pro každé stanoviště zvlášť. Z tohoto důvodu se mění destinace Milkrunu pro jednotlivé tahače včetně tažených vozíků. Tato skutečnost neustále měnících se destinací vede k občasným chybám operátorů, kteří zastavují na špatných místech.

Aktuální počet logistických vlaků je čtyři. Na provoz každého logistického vlaku je potřeba operátora včetně rezerv. Dále jsou potřeba podvozky, ve kterých jsou umístěny GLT. GLT zůstává na podvozku po celou dobu manipulace i při stání na pracovišti. Proto je nutné držení většího množství vozíků.

4.2 FINANČNÍ ZHODNOCENÍ AKTUÁLNÍHO STAVU

Nedílnou součástí každého zavážecího systému je finanční stránka. Jak můžeme vidět v *Obr. 16* celkové pořizovací náklady nejsou příliš vysoké, a to díky nízkému počtu kusů techniky. Ovšem trend růstu měsíčních výdajů je poměrně strmý. Za tento trend může především vysoký počet manipulantů na tři směny. V grafu na *Obr. 16* jsou zahrnuty výdaje na pořízení techniky s měsíčními náklady a to včetně pravidelných servisů a mezd pracovníků.



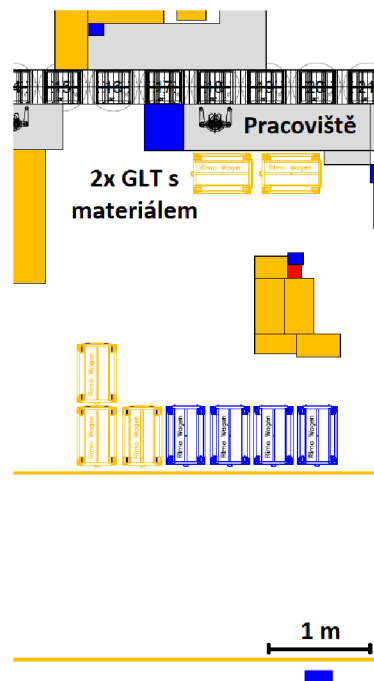
Obr. 16 Graf finančního zhodnocení aktuálního stavu

5 OPTIMALIZACE

Jednotlivé koncepty layoutů se odvíjí od způsobů manipulace s materiálem a od zvolených manipulačních a přepravních prostředků. Dále je snaha minimalizovat počet manipulantů podílejících se na zásobování výrobní linky.

5.1 NÁVRHY LAYOUTŮ ZAVÁŽENÍ:

- **Přestavba linky, automatické tahače** – Z důvodu vysoké ceny přestavění výrobní linky, včetně zařízení a vybavení k jejímu správnému fungování, odpadá možnost použití automatických tahačů s automatickou i manuální nakládkou a vykládkou. Jak můžeme vidět na *Obr. 17* výrobní linka s pracovišti je velmi vzdálená od trasy a potenciální zastávky v uličce pro automatickou vykládku. Zároveň při zachování manuální nakládky a vykládky by nedošlo k významnému snížení lidské práce, protože množství práce nutné na výměnu vozíků zůstává stejné.



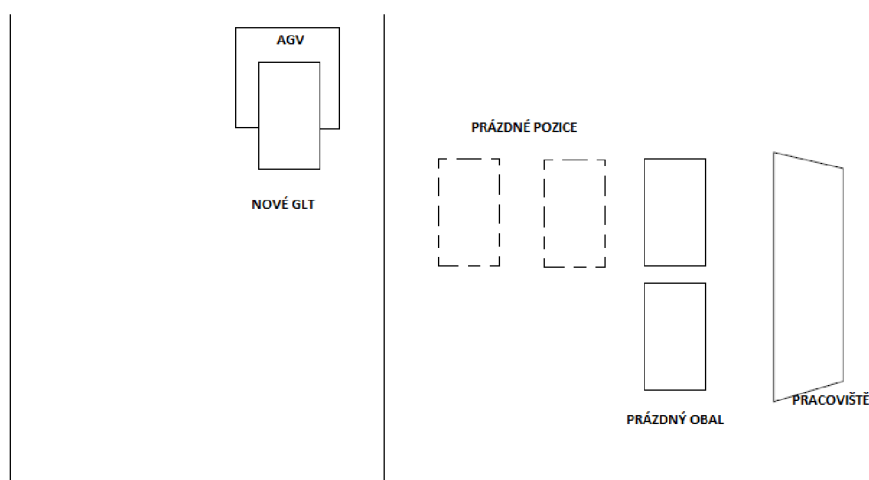
Obr. 17 Detail pracoviště výrobní linky

- **Změna pozic zdrojů materiálů** – Přiblížením zdrojů materiálů k výrobní lince by se zkrátil čas potřebný na přejezdy, zároveň by se snížil i nájezd tahačů a s tím se prodloužil interval pravidelných servisních intervalů. Také by se potencionálně mohlo snížit množství techniky, pracovníků i energie potřebné na zásobení linky. Avšak takovou změnu neumožňuje obsazenost vybraných míst či jiných míst v okolí jinými zařízeními a vysoké náklady na výstavbu nové haly pro takové řešení viz Příloha I.
- **Nahrazení tahačů s operátory za AGV OPF** – další variantou je nahrazení tahačů s AGV vozíky, které mohou zavážet materiál na pracoviště po 1 ks GLT. Takové řešení umožňuje přivést materiál do požadované blízkosti pracoviště, tak aby bylo možné odebírat díly bez další manipulace. AGV vozíky mají schopnost se otáčet téměř na místě s minimálním poloměrem otáčení, tudíž na cestě zpět nemusí objíždět celou linku a ani zajíždět kolem zastavěné plochy kvůli správné orientaci. U takového systému zavážení zásob není třeba lidského dozoru.

5.2 NÁVRH KONCEPTŮ MANIPULACE S MATERIÁLEM

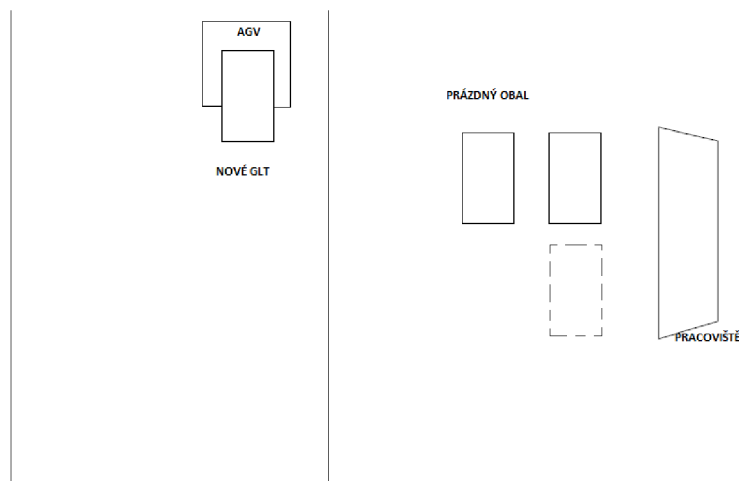
Po vybrání varianty konceptu layoutu a zvolené techniky je potřeba vybrat způsob, jak bude probíhat výměna obalů na pracovišti s plným GLT.

- **Překládka bez zásahu operátora (varianta 1)** – takový druh výměny je zdlouhavější. Zároveň vzniká riziko prodloužení času překládky kvůli pohybu AGV v blízkém vzdálenosti od lidí. Vozík totiž musí vykonat v oblasti pracoviště spoustu úkonů. Jako jsou:
 - Položení nového vozíku s GLT na prázdnou pozici
 - Převezení prázdného obalu na druhou prázdnou pozici
 - Umístění plného GLT na správnou pozici u pracoviště
 - Naložení a odvoz prázdného obalu



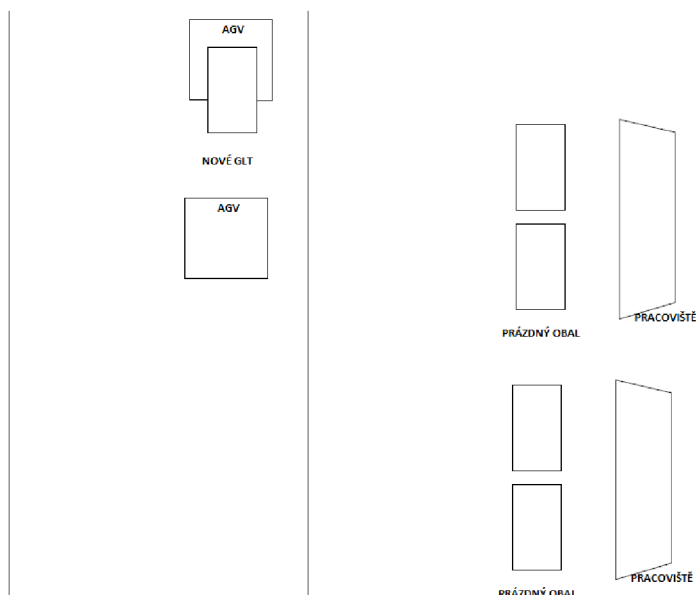
Obr. 18 Schéma překládky bez zásahu operátora

- **Překládka s výpomocí operátora (varianta 2)** – díky jednomu zásahu operátora, a to přemístění prázdného GLT na pohyblivém podvozku na prázdnou pozici by mohlo dojít k vysokým úsporám na čase překládky pro jednotlivé vozíky. Popřípadě by na takovou funkci mohli být vyčleněni jednotliví lidé, aby nedocházelo k přetěžování operátorů na lince nebo ke snížení produktivity výrobní linky. Taková překládka by se skládala s následujícími kroky:
 - Přemístění obalu operátorem
 - Vyložení nového GLT na správnou pozici u pracoviště
 - Naložení prázdného obalu a odjezd



Obr. 19 Schéma překládky s výpomocí operátora

- **Vyčkávací systém (varianta 3)** – tento způsob zavážení je, co se týče přípravné fáze i nároků kladoucích na server a komunikaci všech vozíků nejnáročnější. Tento způsob je plně automatický a není potřeba dalších zásahů pracovníků. Zároveň by mělo dojít k větší využitosti AGV vozíků. Postup překládky probíhá následovně:
 - Když na pracovišti vznikne poptávka na materiál, tak systém ověří, zda není volný AGV v okolí, popřípadě na cestě.
 - Pokud ano, tak AGV vozík z okolí naloží prázdný obal a odjíždí. Následně druhý AGV vozík vyloží nové GLT. Poté vyčkává, než bude vytvořena nová odvolávka z jiného pracoviště, aby mohl na cestě zpět odvést obal.
 - Pokud se v okolí linky nevyskytuje prázdný AGV vozík, vyrazí z parkoviště dva AGV vozíky, jeden prázdný a druhý naložený.



Obr. 20 Schéma vyčkávacího systému překládky

Způsob odvolávek by fungoval na principu Kanban. Při dosažení určité hladiny materiálu na jeho stanovišti pracovník vytvoří odvolávku. Proto zde plyne nutnost vytvoření E-Kanbanu pro správnou funkci systému.

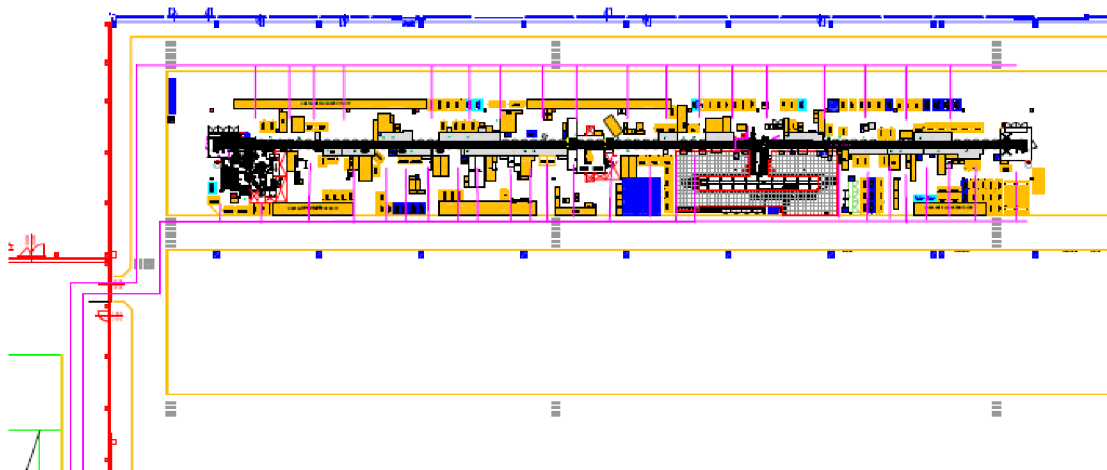
5.2.1 KONCEPT ČASOVÉHO HARMONOGRAMU ZÁSOBOVÁNÍ

Z důvodu použití AGV OPF, kde odvolávka funguje na principu Kanbanu, není možné vytvořit koncepty časového harmonogramu zásobování. Protože řešení zavážení pomocí automatického vlaku není možné aplikovat na daný problém.

5.3 POČÍTAČOVÉ SIMULACE VYTVOŘENÝCH KONCEPCÍ MANUÁLNÍCH A AUTOMATICKÝCH SYSTÉMŮ ZÁSOBOVÁNÍ

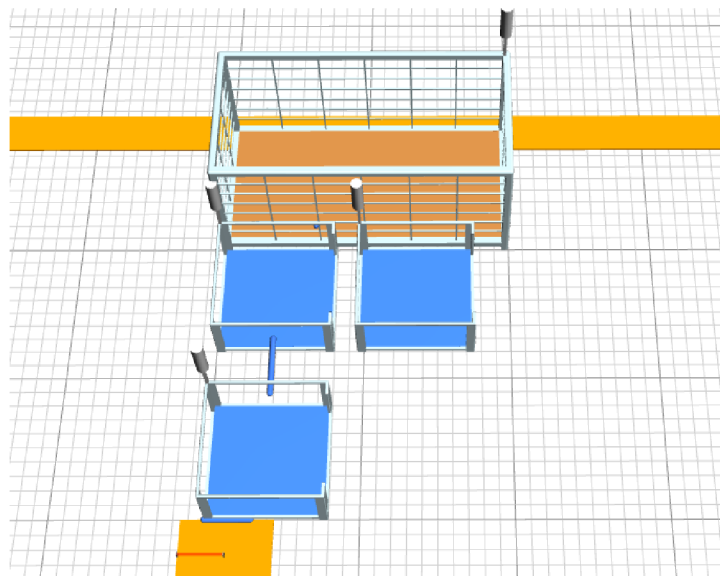
V programu Plant Simulation byl vytvořen simulační model logistického okruhu, který je řízen podle principu Kanbanu. Odvolávky jsou tvořeny samotnými pracovišti. Tyto odvolávky zpracovává systém, který řídí automatické vozíky a určuje priority jednotlivých úkolů.

Model byl vytvořen na základě poskytnutých podkladů, které odpovídají reálným podmínkám. Každý model je pak nastaven a řízen podle návrhů konceptů manipulace s materiálem, které byly zmíněny výše (varianta 1-3). Stanoviště na výrobní lince jsou rozdělena na dvě kategorie podle zdrojů, odkud čerpají materiál. Priorita jednotlivých úkolů je určena především stářím odvolávky. Proto AGV vozík jezdí po téměř stejné trase, rozdíl je pouze v koncové části cesty u pracoviště. Na *Obr. 21* jsou znázorněny vymodelované trasy.



Obr. 21 Detail vymodelovaných tras

Na *Obr. 22* je názorně ukázán zjednodušený vzhled pracoviště. Na každém pracovišti jsou dvě pozice pro materiál umístěné za sebou. Ty zastávají funkci vozíků s GLT obaly, ze kterých operátor odebírá materiál. Dále je tu umístěný drain, který ničí jednotlivé díly a simuluje tak výrobní linku. Další pozice (vpravo) slouží jako místo pro odebírání obalu. Ten je oddělený z důvodu přehlednosti při vývoji modelu a jednodušší orientaci a kontrolu.



Obr. 22 Vzhled pracoviště v simulačním modelu

Aby bylo možné považovat linku za funkční, je potřeba na začátku každé simulace napodobit rozběhnutí linky. A to z důvodu zachování správného odebrání dílů na jednotlivých pozicích a tím i správné posloupnosti odvolávek pracovišť. Na Obr. 23 je znázorněna část kódu, který řídí rozběh linky. Následná výměna operátorů na konci směny probíhá pouze tak, že se vymění lidé na pracovištích a pokračují v práci po předchozí směně.

```
--NASTAVENÍ DRAINŮ (NASTAVENÍ LINKY)
S1.pause := false
WAIT 50
S2.pause := false
WAIT 50
A.pause := false
WAIT 50
Q.pause := false
WAIT 50
R.pause := false
WAIT 50
B.pause := false
WAIT 50
SS.pause := false
WAIT 50
S3.pause := false
WAIT 50
```

Obr. 23 Ukázka kódu rozběhnutí výrobní linky

Jednou z nejvíce problematických částí bylo naprogramovat logiku výběru AGV a přiřazování jednotlivých úkolů. Tady jsou mírné odlišnosti od jednotlivých variant zavážení. Ale společným prvkem je vyčkávání AGV vozíků, až budou vyslány vykonat práci. V případě vytížení všech AGV vozíků se vytváří řada úkolů do fronty, než bude některý z vozíků dostupný, aby mohl vykonat úkol s nejvyšší prioritou.

Metody vykládky a nakládky se spouští pomocí jednotlivých senzorů, které mají zároveň funkci přiřazování destinací, aby docházelo k zavážení správného materiálu či obalu na správné

stanoviště. Každý vozík má vždy určenou destinaci, kde musí provést určitý úkon, aby mohl pokračovat dále v práci.

Další nedílnou součástí provozu AGV vozíků je jejich nabíjení. Většina výrobců udává, že vozíky jsou schopné pracovat až 8 h do úplného vybití. Zároveň podle výrobců je ideální udržovat úroveň nabití nad 20% kapacity baterie. Proto i tohle je zohledněno v simulaci. A aby nedošlo nikdy k úplnému vybití při práci, tak dochází ke kontrole, zda má AGV vozík více než 25% úroveň nabití. Hodnota 25 % je zvolena z důvodu jistoty udržení baterie nad 20 % její kapacity za cílem prodloužení její životnosti. Pokud tomu tak není, AGV vozík se přesune na předem stanovenou nabíjecí stanici.

Dá se předpokládat, že nájezd a s tím spjata spotřeba energie jednotlivých AGV vozíku může být velmi podobná a tím i jejich úroveň nabití. Tím pádem by mohlo dojít k vysokému počtu vozíku na nabíjecích stanicích ve stejný čas. Tohle by mohlo mít za následek nedostatečný počet dostupných vozíků a neschopnost zavážet materiál v požadovaném množství. Proto se vozíky přesunou na nabíjecí stanice pokaždé, co má výrobní linka povinnou přestávku.

Dalším důležitým bodem je specifikace množství materiálů, při kterých dochází k odvolávce. Jak bylo zmíněno výše, celý systém bude fungovat na principu Kanban. Proto k odvolávce bude docházet vždy při vypotřebování jednotlivého GLT a tím pádem bude minimální hladina materiálu na každém stanovišti jiná.

Dalším vlivným faktorem je maximální velikost parkoviště č.2. Protože druhé parkoviště je blíže k výrobní lince a více vytíženému zdroji materiálu (zdroj mat. č.2), názorně zobrazeno na *Obr. 15*, je vhodné, aby takové parkoviště zabíralo co nejmenší prostor, aby se nenavyšovala plocha potřebná k provozu AGV vozíku a mohla být využita jiným způsobem.

5.3.1 VERIFIKACE A VALIDACE MODELU

Během tvorby modelů bylo dohlíženo na správnou logiku funkcí jednotlivých částí modelu. Proto jsou vytvořené modely a jejich řídicí logika v souladu se zamýšlenými předpoklady zmíněnými výše. To znamená, že nastavení modelů je přesné a simulace budou věrohodné. Ověření bylo považováno za dostatečné.

Pro validaci byl vybrán celkový čas zavážecího okruhu prvního stanoviště na první vyprázdněnou pozici. Zavážka proběhne z bližšího, tedy vytíženějšího zdroje materiálu (č.2). Protože všechny ostatní závazky fungují na stejném principu, považuje se tato validace za dostatečnou.

STATICKE VÝPOČTY

Vzorec pro výpočet času zavážky prvního stanoviště.

$$t = t_1 + t_2 \tag{1}$$

Legenda:

t [s] - čas zavážky prvního stanoviště s časy nakládky, překládky a vykládky

t_1 [s] - čas jízdy

t_2 [s] - čas stacionární manipulace s materiálem

$$t_1 = \frac{s}{v} \quad (2)$$

Legenda:

s [m] - délka jednoho okruhu

v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] - průměrná rychlost jízdy

$$t = \frac{131,32}{1,1} + 45$$

$$t = 164,3818 \text{ s}$$

Do rovnice č.1 byla dosazena rovnice č.2 a čas vykládky na stanovišti. Výsledky ze simulace, zobrazeny v *Tab. 2*, jsou upraveny pro lepší čitelnost a výsledná hodnota je převedena na stejný formát jak vypočítaná. A jak můžeme vidět, výsledky statického a simulačního přístupu se shodují.

Tab. 2 Validační hodnoty

Název	Typ zápisu	Hodnota
Čas výjezdu	mm:ss,ssss	19:11,000
Čas dojezdu	mm:ss,ssss	21:55,3818
Čas na cestě	mm:ss,ssss	2:44,3818
Čas na cestě	s	164,3818

5.4 MATICE EXPERIMENTŮ

Matice experimentu určuje, jak se upravují parametry pro konkrétní běhy simulace. Výsledky jednotlivých simulací se pak porovnávají. Současně se sledují důsledky změn parametrů.

Celková snaha je co nejefektivněji využívat prostředky, jako jsou AGV vozíky a prostory. Proto jedním z optimalizovaných parametrů je celkový počet vozíků a snaha co nejvíce přiblížit nejmenšímu počtu.

Je vhodné, aby každý systém zabíral co nejmenší plochu a nenavyšoval tak tím své zástavbové nároky. Proto plyne snaha o co neoptimálnější velikost parkoviště č.2. Pokud by bylo parkoviště č.2 velikostně neomezené, docházelo by ke zbytečným prázdným jízdám při vracení vozíků ke zdroji materiálu č.1.

Minimální hladina materiálů na jednotlivých stanovištích je různá, a to vždy po vyprázdnění GLT. Důvod rozdělení všech hladin pracovišť pouze jedním způsobem, je kvůli rotaci pracovníků po různých pracovištích na výrobní lince. A snížení nároků na pracovníka,

aby si musel pamatovat několik minimálních hladin pro jednotlivá pracoviště a tím pádem nedocházelo k předčasným či pozdním odvolávám v případě chyby pracovníka.

NASTAVENÍ LIMITŮ PRO ODVOLÁVKU

Spodní limit počtu vozíků byl určen potom co ani jedna simulace s daným počtem AGV vozíků neproběhla bezchybně. Chybou se rozumí pozdní zásobení a způsobení zastavení výrobní linky.

Optimalizační návrhy jsou rozděleny pro jednotlivé varianty podle způsobu překládky a k nim upraveny jejich hodnoty. Pro jednotlivé běhy simulace se kombinují jednotlivé parametry a tím dochází k výpočtům různých výsledků sledovaných parametrů simulace.

Varianta 1

Tab. 3 Optimalizační hodnoty matice experimentů varianty 1

	Počet vozíků	Maximální velikost parkoviště č.2
spodní limit	16	0
horní limit	20	20
velikost kroku	1	1

Varianta 2

Tab. 4 Optimalizační hodnoty matice experimentů varianty 2

	Počet vozíků	Maximální velikost parkoviště č.2
spodní limit	11	0
horní limit	16	16
velikost kroku	1	1

Varianta 3

Tab. 5 Optimalizační hodnoty matice experimentů varianty 3

	Počet vozíků	Maximální velikost parkoviště č.2
spodní limit	10	0
horní limit	13	13
velikost kroku	1	1

5.4.1 ANALÝZA DAT ZE SIMULACÍ

Vstupními daty pro celý model jsou: rozložení linky, takt, množství materiálu v jednotlivých GLT a technické parametry jednotlivých AGV vozíků. Celá simulace probíhala 30 dní pro vyšší přesnost získaných dat.

Celkový počet jízd byl pro každou variantu odlišný, avšak množství přepravených GLT je téměř totožné, a to 53 325 ks s odchylkou do 1 % u jednotlivých variant. Malé odchylky v odvezených GLT jsou způsobeny především jiným časem odvozu počátečních GLT a ukončením simulace bez ohledu na aktuální pozici vozíků a počet čekajících odvolávek.

V žádné simulaci nebylo potřeba operátora vyhrazeného pouze na zásobování linky. Ani u varianty s výpomocí od operátora. Tento úkon provádí osoba, která se minimálním způsobem podílí na zásobení linky, ale hlavní činností zůstává obsluha linky. Takže tento pracovník zde musí být v každé z variant. A proto není uvažován v konečném cenovém zhodnocení.

Dalším sledovaným parametrem jsou jízdy naprázdno. Tuto hodnotu především ovlivňuje počet AGV vozíků a velikost parkoviště č.2. Většina přejezdů probíhá při jízdě na nabíjecí stanice, anebo když je nutné odvézt materiál ze zdroje materiálu č.1 a žádný AGV vozík není na parkovišti č.1 a musí se vracet z parkoviště č.2.

Přepravní prostředky nabývaly v průběhu simulace různých stavů. Jako jsou: jízda, vykládání/nakládání materiálu, čekání na úkol a nabíjení. Stav jízda představuje celou dobu, kdy se přepravní prostředky pohybovaly za účelem zásobení linky (s naloženým materiálem, nebo obalem). Čas čekání představuje dobu, kdy přepravní prostředek nekonal užitečnou práci (stání na jednom z parkovišť, přejezd na nabíjecí stanice). Jak název napovídá, čas nabíjení je doba, kterou AGV vozík strávil na nabíjecí stanici. Doba vykládání a nakládání je čas, kdy AGV vozík musel strávit na naložení a vyložení plného i prázdného GLT.

Poslední sledovaný parametr je využitelnost přepravních zařízení. Tady se jedná o procentuální hodnotu z celkového času, kdy zařízení koná určitý úkol jako jízdu s plným či prázdným GLT. Tento parametr ovlivňuje především počet přepravních prostředků.

5.5 ZHODNOCENÍ VÝSLEDŮ

Jak bylo zmíněno výše, nejdůležitějšími parametry je využitelnost (vytíženost), snížení počtu manipulantů a redukce jízd na prázdnou. Dalšími parametry vhodnými ke sledování jsou množství AGV vozíků a velikost druhého parkoviště.

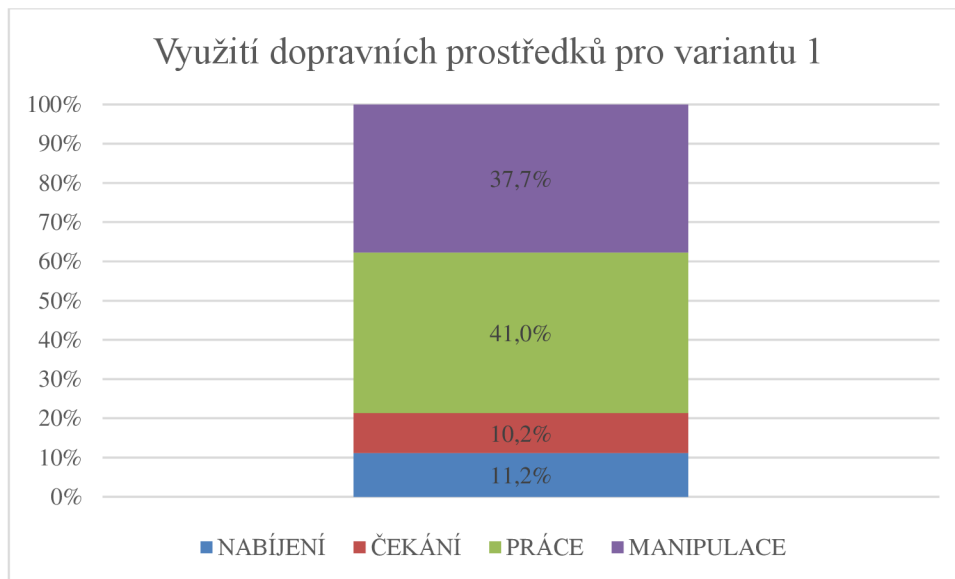
5.5.1 POROVNÁNÍ VÝSLEDŮ

VARIANTA 1

Zde byla nakládka a vykládka totožná se všemi variantami. Rozdíl je u překládky na stanovišti. Přestože samotná překládka trvá podle výrobců až 270 s, může pracovník odebírat materiál již po 225 s. I tato skutečnost je zohledněná v simulaci, aby se výsledky více blížily k realitě.

Tab. 6 Výsledky experimentů varianty 1

Počet AGV vozíků	Velikost parkoviště č. 2	Počet jízd	Počet jízd naprázdno
17	8	54750	7398



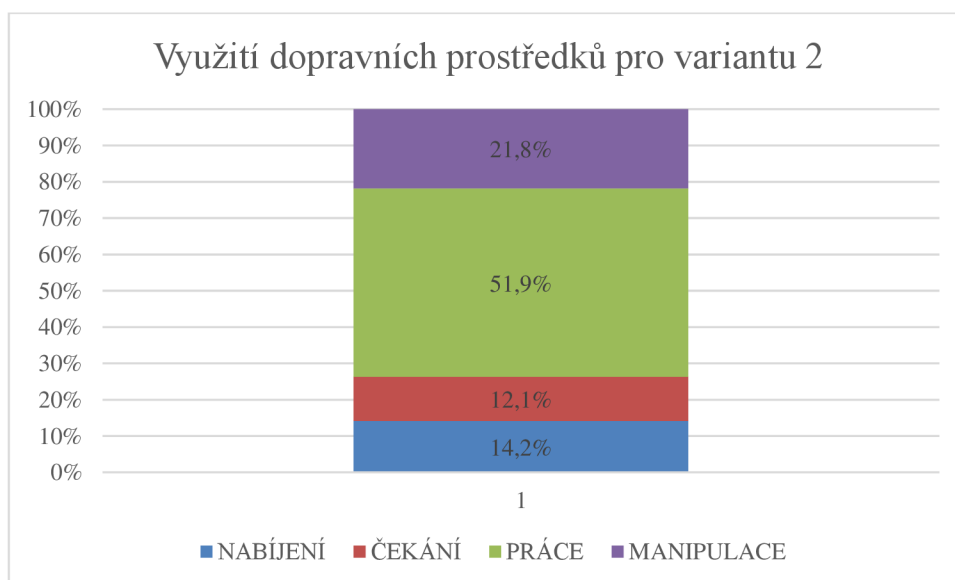
Obr. 24 Využití dopravních prostředků pro variantu 1

VARIANTA 2

Nakládka a vykládka trvala 45 s, přičemž samotná výměna GLT trvala 90 s. V tomto případě může pracovník odebírat materiál již po 45 s.

Tab. 7 Výsledky experimentů varianty 2

Počet AGV vozíků	Velikost parkoviště č. 2	Počet jízd	Počet jízd naprázdno
12	7	54702	6444



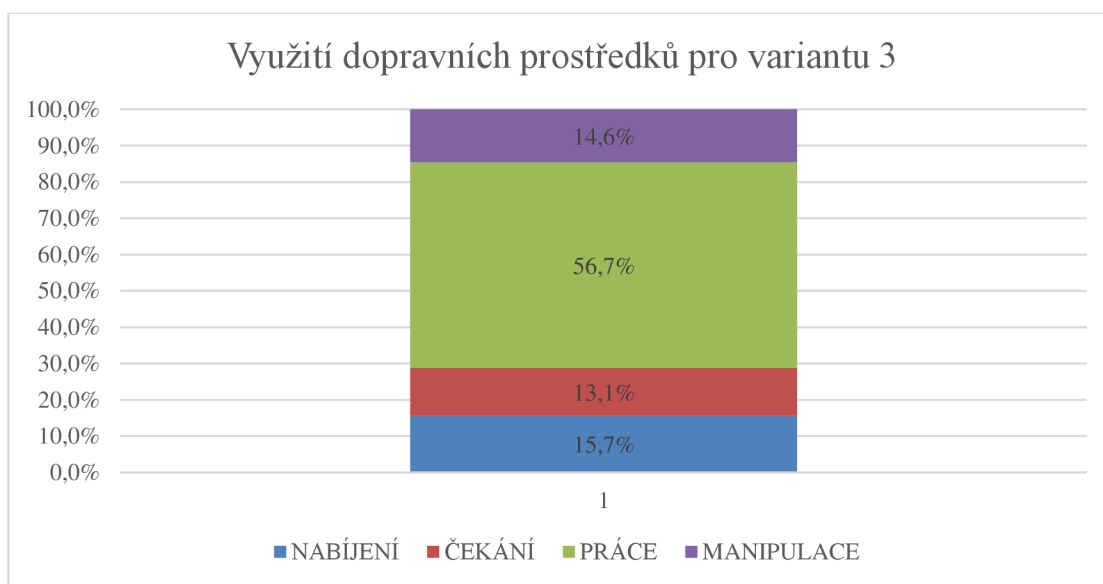
Obr. 25 Využití dopravních prostředků pro variantu 2

VARIANTA 3

Ze všech simulovaných modelů se jedná o nejnáročnější systém na ovládání (ať v simulaci, tak v reálném použití). Časy nakládek, vykládek jsou opět stejné, avšak čas vykládky na stanovišti je pouze 45 s.

Tab. 8 Výsledky experimentů varianty 3

Počet AGV vozíků	Velikost parkoviště č. 2	Počet jízd	Počet jízd naprázdno
11	6	54732	6186



Obr. 26 Využití dopravních prostředků pro variantu 3

Všechny data v tabulce jsou zprůměrována podle počtu vozíků.

ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT

Jak můžeme vidět z výsledků výše, tak nejmenší hodnotou vytížení vychází varianta 1. Zároveň je zde názorně zobrazeno, že vytíženost nelze kalkulovat jako čas na přejezd a čas manipulace. Pokud kalkulace byla nastavena takovým způsobem, tak se zvyšujícím se časem na manipulaci by docházelo k navyšující se vytíženosti a zároveň i k vyššímu počtu techniky. Proto varianta s nejvyšší procentuální vytížeností vychází varianta 3. Výhodou této varianty je, že při překládce u stanoviště AGV vozík stráví méně času u této manipulace.

U varianty 1 můžeme pozorovat nejnižší čas strávený AGV vozíky na nabíjecích stanicích. Tento výsledek je předpokládatelný z důvodu nejvyššího počtu AGV vozíků a s tím související nižší vytíženosti. Tato hodnota se snižuje u variant s menším množstvím techniky.

Velký podíl na čase čekání tvoří prostoj po nabíjení, protože nabíjecí část skončí dříve než povinná pauza pracovníků na výrobní lince. Proto samotný procentuální čas strávený AGV vozíky při čekání je velmi podobný u jednotlivých variant.

Počet celkových jízd, do kterých se započítávají i prázdné jízdy, se liší u jednotlivých variant, protože se mění velikost druhého parkoviště a z důvodu nutnosti přejíždět k nabíjecím stanicím. Při menších velikostech druhého parkoviště u jednotlivých variant se snižuje i potřeba přejíždět k prvnímu zdroji materiálu.

Varianta, u které vychází nejvyšší vytiženost a zároveň i nejnižší počet prázdných jízd, je varianta 3. Tato varianta je zároveň nejméně náročná z finančního hlediska z důvodu nejmenšího počtu AGV vozíků a to 11 ks.

5.5.2 VÝBĚR PŘEPRAVNÍCH A MANIPULAČNÍCH PROSTŘEDKŮ

Tato kapitola se bude zabývat detailním finančním zhodnocením a porovnáním vůči aktuálnímu stavu zmíněném v kapitole 4.2.

Jak bylo zmíněno v teoretické části, AGV vozíky OPF se dělí především do dvou kategorií na podjezdové a vidlicové. Každá konstrukční varianta přináší výhody a nevýhody. Avšak primárním faktorem jsou celkové náklady.

Vidlicové vozíky mají širší spektrum použití a mohou v určitých případech nahradit VZV i NZV. Dále u těchto AGV vozíků není potřeba další infrastruktury s výjimkou infrastruktury na orientaci. Nevýhoda u vidlicových AGV vozíků je jejich vyšší pořizovací cena.

Tab. 9 Náklady na pořízení vidlicových AGV

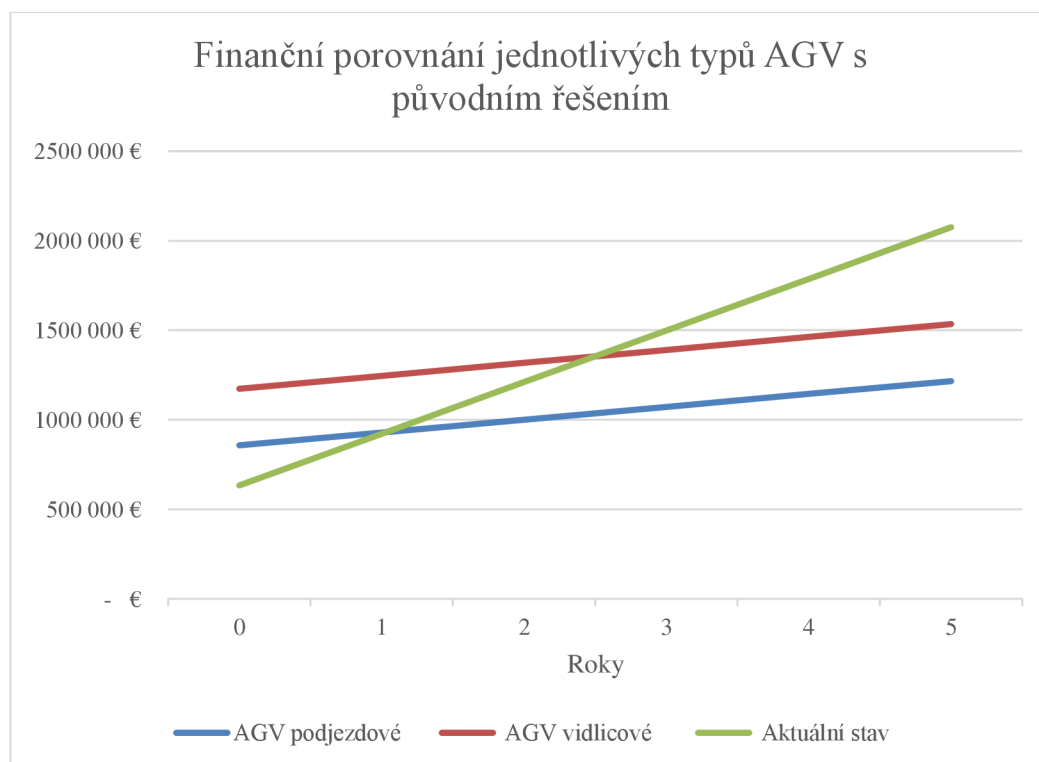
Položka	Počáteční investice [Eur]	Měsíční náklady [Eur]
AGV vidlicový	1100000	-
Licence + servis	-	250
Nabíjecí stanice	65200	-
Infrastruktura	5000	-
Server	10000	-

Podjezdové AGV vozíky jsou menší. Díky svým rozměrům často mívají menší poloměr otáčení. Výhoda podjezdových vůči vidlicových AGV vozíků je nižší pořizovací cena. Na druhou stranu vyžadují další infrastrukturu pro manipulaci s materiálem.

Tab. 10 Náklady na pořízení podjezdových AGV

Položka	Počáteční investice [Eur]	Měsíční náklady [Eur]
AGV podjezdový	66000	-
Licence + servis	-	200
Nabíjecí stanice	63120	-
Odkladné rámy + infrastruktura	24300	-
Server	10000	-

Všechny hodnoty uvedené v tabulkách jsou uvedeny pro celkový počet veškeré techniky potřebné pro provoz obou typů AGV.



Obr. 27 Finanční porovnání jednotlivých typů AGV s původním řešením

Z Obr. 27 můžeme pozorovat, že oba typy AGV vykazují menší měsíční náklady. Ale pořizovací cena je jak podjezdového i vidlicového typu vyšší než aktuální řešení. Za strmý růst nákladů u původní varianty může především počet operátorů přímo se podílejících na zásobování výrobní linky.

Nejvýhodněji vychází použití podjezdových AGV vozíků i s pořízením dodatečné infrastruktury. Dále měsíční výdaje na provoz podjezdových vozíků jsou menší díky jednodušší konstrukci a méně pohyblivým komponentám oproti vidlicovým AGV vozíků.

5.6 PŘÍNOSY SIMULACE

Hlavním přínosem simulace bylo vytvoření nového systému zavážení jednotlivých pracovišť výrobní linky. Ověření její funkčnosti co se týče principu fungování, tak její efektivity.

V simulaci je možné dohledat a kontrolovat práci každého přepravního prostředku a dále sledovat jeho jednotlivé parametry, kterými jsou rychlost, destinace, počet a typ výrobků, stav baterie a mnohé další.

Všechny modely mohou být nadále upraveny podle jednotlivých požadavků, změn vzniklým technickým nebo jiným omezením, které se mohou vyskytnout například při zavádění nového systému nebo v jeho průběhu používání.

ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce byla zaměřena pozornost především na objasnění a vytyčení pojmů logistika, logistický řetězec a s tím spjatý materiálový a informační tok. Následně byly vysvětleny pojmy jako logistické koncepty řízení zásob a popsány různé druhy manipulačních a dopravních prostředků a možnosti jejich využití.

Dále byly popsány strategie způsobu zavážení materiálu podle časového kritéria, typu trasy a způsobu vykládky a nakládky. Při popisu byl kladen důraz především na AGV vozíky a tahače, aby bylo zřejmé, jakými vlastnostmi tyto zařízení disponují.

Ve třetí části práce byla věnována pozornost možnostem a přínosu počítačových simulací. Objasnění jak simulační systémy fungují a také objasnění způsobu ověření správné funkčnosti konkrétní simulace. Výhodou simulací je možnost vyzkoušet mnoho variant v relativně krátkém čase za zlomek ceny oproti reálnému testování.

V úvodu praktické části práce byl kladen důraz na detailní popis aktuálního stavu řízení zásobování a na popis jednotlivých operací, které musí manipulátoři provádět. Dále byla věnována pozornost finanční náročnosti používaného systému.

V následné části diplomové práce byly vytvořeny koncepty layoutů. Z nich byl vybrán ten, který vyžadoval co nejméně úprav v aktuálním rozložení výrobní linky. Poté, co byl vybrán jeden z navržených layoutů, byly vytvořeny jednotlivé varianty modelů podle konceptů manipulace s materiálem, které následně byly předmětem simulace v programu Plant Simulation.

Výše uvedeným byly splněny hlavní cíle práce. Tyto modely byly úspěšně verifikovány a validovány. Následně byla vytvořena matice experimentů a vybrány nejlepší výsledky. Samotná optimalizace a její vyhodnocení se prováděla vůči parametrům jako je snížení počtu manipulantů přímo se podílejících na zásobování výrobní linky, minimalizovat jízdy naprázdno a maximalizovat využitelnost přepravních zařízení. Protože důležitým faktorem pro implementaci nového systému řízení zásob je i finanční stránka, je nutné i na tohle brát zřetel. Proto v závěrečné části práce byl vytvořen finanční přehled pro jednotlivé typy AGV vozíků a porovnán s aktuálním řešením a jeho finančními náklady.

Každá z navržených variant úplně zredukovala počet potřebných manipulantů podílejících se výhradně na zásobení výrobní linky. Nejlépe vycházela, co se týče využitelnosti přepravních zařízení varianta č. 3 a to 56,7 % z celkového času. Celkový počet AGV vozíků je 11 s tím, že optimální kapacita druhého parkoviště 6 AGV vozíků. Celkový počet jízd byl vyšší než u varianty č.2, to můžeme přisoudit nutnosti častějších jízd na nabíjecí stanice a vyššímu počtu AGV vozíků. Celkový počet prázdných jízd byl 6186, to je nejméně ze všech variant. Tato varianta představuje nejméně času stráveného samotnou manipulací, současně je však také nejvíce komplikovaná, co se týče implementace a systému řízení.

Je však důležité si uvědomit, že se jedná pouze o simulaci. Bez ohledu na to, jak přesná jsou vstupní data, budou vždy nějakým způsobem lišit od reality. V důsledku toho je důležité si pamatovat, že na žádnou simulaci by se nemělo pohlížet jako na bezchybnou. Vždy mohou nastat okolnosti, které nelze předvídat.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] HORÁKOVÁ, Helena a Jiří KUBÁT. *Řízení zásob: logické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. přeprac. vyd. Praha: Profess, 1998. Poradce controllingu. ISBN 80-852-3555-2. STONE, R. *Introduction to Internal Combustion Engines*. Fourth Edition. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2012. 516 s. ISBN 978-1-137-02829-5.
- [2] MOJŽIŠ, Vlastislav. *Logistické technologie*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-719-4469-6.
- [3] PERNICA, Petr. *Logistika pro 21. století: (Supply chain management)*. Praha: Radix, 2005. ISBN 80-860-3159-4.
- [4] HLOSKA, Jiří. *Optimalizace materiálového toku v hromadné výrobě simulačními metodami* [online]. Brno, 2014 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=99114. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.
- [5] VARJAN, Matúš. *Simulační verifikace komplexního technologického projektu* [online]. Brno, 2016 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=136400. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.
- [6] ŠTOČEK, Jiří. *Optimalizace materiálového toku ve vybraném průmyslovém závodě: Material flow optimization in a certain manufacturing company : zkrácená verze Ph.D. Thesis*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav dopravní techniky, 2005. ISBN 80-214-2885-6.
- [7] SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. Business books (CP Books). ISBN 80-251-0573-3.
- [8] JIRSÁK, Petr, Michal MERVART a Marek VINŠ. ISBN 978-80-7357-958-6.
- [9] SEDLÁČEK, Martin. *Projektování logistických řetězců pomocí počítačové simulace* [online]. Brno, 2017 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=149385. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.
- [10] KORTSCHAK, Bernd H. *Úvod do logistiky: (co je logistika)*. 2. čes. vyd. Praha: BABTEXT, 1994. Univerzitní edice. ISBN 80-858-1606-7.

- [11] SIXTA, Josef a Miroslav ŽIŽKA. *Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů*. Brno: Computer Press, 2009. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 978-80-251-2563-2.
- [12] VRTALOVÁ, Lucie. *Externí milkrun* [online]. Praha, 2008 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: https://vskp.vse.cz/7017_externi-milkrun?title=Extern%C3%AD+milkrun&page=1. Bakalářská práce. Vysoká škola ekonomická v Praze. Vedoucí práce Ing. Michal Mervart.
- [13] ČUJAN, Zdeněk. *Logistika výrobních technologií*. V Přerově: Vysoká škola logistiky, 2013. ISBN 978-80-87179-31-4.
- [14] HILL, McGraw, ZANDIN, Kjell a Harold MAYNARD, ed. *Maynard's Industrial Engineering Handbook*. 5th Edition. 2001. ISBN 978-1-260-46156-5.
- [15] LAMBERT, Douglas M., James R. STOCK a Lisa M. ELLRAM. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. 2. vyd. Brno: CP Books, 2005. Business books (CP Books). ISBN 80-251-0504-0.
- [16] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
- [17] HORÁKOVÁ, Helena a Jiří KUBÁT. *Řízení zásob: logické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. přeprac. vyd. Praha: Profess, 1998. Poradce controllingu. ISBN 80-852-3555-2.
- [18] Manipulace s břemeny. *Bozpinfo* [online]. 10.06.2014 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/manipulace-s-bremeny>
- [19] Nejlehčí ruční vysokozdvizné vozíky HWHH. In: *HanseLifter* [online]. Praha [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://hanselifter.cz/produkt/nejlehci-rucni-vysokozdvizne-voziky-hwhh/>
- [20] Paletový vozík NF20NL/1500. In: *Simplelift* [online]. Brno [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://simplelift.cz/shop/paletove-voziky/paletovy-vozik-nf20nl1500/>
- [21] Elektrický paletový vozík Ameise® PTE 1.5 - lithium iontová technologie, nosnost 1500 kg. *Jungheinrich-profishop* [online]. Říčany [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich-profishop.cz/Elektricky-paletovy-vozik-Ameise-PTE-15-lithium-iontova-technologie-nosnost-1500kg-968491-365560/>
- [22] Jungheinrich elektrický čtyřkolový vysokozdvizný vozík EFG BC 320. *Jungheinrich-profishop* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich->

profishop.cz/Jungheinrich-elektricky-ctyrkolovy-vysokozdvizny-vozik-EFG-BC-320-981540-374453/

- [23] Elektrický paletový vozík LPE200. In: *Manitec* [online]. Kout na Šumavě [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://www.manitec.cz/skladova-technika/elektricke-paletove-voziky/bt-levio-p-serie/elektricky-paletovy-vozik-lpe200.htm#pphoto\[ef1\]/0/](https://www.manitec.cz/skladova-technika/elektricke-paletove-voziky/bt-levio-p-serie/elektricky-paletovy-vozik-lpe200.htm#pphoto[ef1]/0/)
- [24] PINTÍŘOVÁ, Nikola. *Simulace strategií zavážení pracovišť pomocí AGV v Plant Simulation* [online]. Plzeň, 2017 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://otik.zcu.cz/bitstream/11025/26647/1/Pintirova%20DP.pdf>. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní. Vedoucí práce Doc. Ing. Zdeněk Ulrych, Ph.D.
- [25] PETŘÍK, Martin. Trend interní logistiky: logistické vláčky. *Průmyslové Spektrum* [online]. 2015, 08. 04. 2015 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/trend-interni-logistiky-logisticke-vlacky>
- [26] Porovnání výhod a nevýhod různých navigačních metod AGV. *Tzbotagv* [online]. 2020, 23.12.2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://cz.tzbotagv.com/info/comparison-of-advantages-and-disadvantages-of-52646218.html>
- [27] *Technologie navádění* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://serviscontrol.cz/produkty-a-sluzby/technologie-navadeni>
- [28] OSCAR. In: *Ds-automotion* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.ds-automotion.com/en/vehicles/transport-solutions/oscar/>
- [29] AGILOX AGV – AUTOMATED INTELLIGENT GUIDED VEHICLES. In: *Amtech-robotics* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.amtech-robotics.cz/logistika/agilox/>
- [30] Automatizované tažné soupravy. In: *Still* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.still.cz/voziky/nove-voziky/tazne-soupravy/automatizovane-tazne-soupravy.html>
- [31] SNADNO INTEGROVATELNÉ AGV NAVRŽENÉ PRO OPTIMALIZACI V PRŮMYSLU. In: *Asseco-ceit* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.asseco-ceit.com/cz/agv-system/vidlicove-agv/>
- [32] ŠIMON, Michal a Antonín MILLER. Kanban – výroba tahem. *Systemonline* [online]. 2014 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm>

- [33] CALABRÒ, Giovanni, Michela LE PIRA, Nadia GIUFFRIDA, Giuseppe INTURRI, Matteo IGNACCOLO, Gonçalo H. de A. CORREIA a Rocío DE OÑA. Fixed-Route vs. Demand-Responsive Transport Feeder Services: An Exploratory Study Using an Agent-Based Model. *Journal of Advanced Transportation* [online]. 2022, 2022, 1-20 [cit. 2023-05-13]. ISSN 2042-3195. Dostupné z: doi:10.1155/2022/8382754 Efficient loading and unloading in a warehouse. *Tawi* [online]. 2021, 14.10.2021 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.tawi.com/insights/efficient-loading-and-unloading/>
- [34] Efficient loading and unloading in a warehouse. *Tawi* [online]. 2021, 14.10.2021 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.tawi.com/insights/efficient-loading-and-unloading/>
- [35] BANGSOW, Steffen. *Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk* [online]. 2010, 2010, (1) [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-05074-9
- [36] MÁČALA, Stanislav. *OVĚŘENÍ DOSAŽENÍ POŽADOVANÉ SEKVENCE VÝROBKŮ PŘI PRŮCHODU OBLASTÍ LAKOVNY POMOCÍ SIMULAČNÍHO MODELU* [online]. Brno, 2014 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/30308982.pdf>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. MIROSLAV ŠKOPÁN, CSc.
- [37] MIKUŠ, Marek. *OVĚŘENÍ LOGISTICKÉHO KONCEPTU ŘÍZENÍ ZÁSOB* [online]. Brno, 2018 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=173894. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Martin Sedláček.
- [38] *PROJEKTOVÁNÍ LOGISTICKÝCH ŘETĚZCŮ POMOCÍ POČÍTAČOVÉ SIMULACE* [online]. Brno, 2017 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=149385. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. MIROSLAV ŠKOPÁN, CSc.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

t	[s]	Čas zavážky prvního stanoviště s časem jízdy a překládky
t_1	[s]	Čas jízdy
t_2	[s]	Čas překládky
s	[m]	Délka zavážecího okruhu
v	[m·s ⁻¹]	Průměrná rychlost jízdy
<i>AGV</i>	[-]	Automaticky naváděný vozík
<i>AGV OPF</i>	[-]	Automaticky naváděný vozík s kapacitou pro jednu obalovou jednotku
<i>GLT</i>	[-]	Balící jednotka o půdorysu europalety
<i>WMS</i>	[-]	System řízení skladu
<i>JIT</i>	[-]	Just-In-Time – výrobní filozofie

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Část layoutu společnosti s trasou zásobení výrobní linky.....I

Příloha 1 – Část layoutu společnosti s trasou zásobení výrobní linky

