



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

NÁVRH MANIPULACE MATERIÁLU MEZI PLÁNOVANÝM MEZISKLADEM A SVAŘOVNAMI POMOCÍ DYNAMICKÉ SIMULACE

DESIGN OF MATERIAL HANDLING BETWEEN THE PLANNED INTERIMWAREHOUSE AND WELDING SHOPS USING DYNAMIC SIMULATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Vícha

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Hloska, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Bc. Ondřej Vícha
Studijní program:	Automobilní a dopravní inženýrství
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	Ing. Jiří Hloska, 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:

Návrh manipulace materiálu mezi plánovaným meziskladem a svařovny pomocí dynamické simulace

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh změny konceptu manipulace s materiálem z meziskladu do hal svařoven včetně návrhu logiky řízení manipulačních prostředků s ohledem na prostorové uspořádání a vzájemnou polohu meziskladu a svařoven.

Cíle diplomové práce:

Layout a schéma materiálového toku mezi plánovaným meziskladem a halami svařoven.

Koncepční návrh materiálového a informačního toku mezi plánovaným meziskladem a svařovny včetně návrhu technologie manipulace s materiálem.

Návrh logiky řízení komponent manipulačního systému zajišťujícího přesun materiálu z plánovaného meziskladu do hal svařoven.

Počítačový simulační model aktuálního systému materiálového toku mezi svařovny.

Počítačový simulační model navrhovaného uspořádání nového meziskladu a obou svařoven, který bude zobrazovat zvolený způsob přepravy materiálu.

Sestavení matice experimentů a provedení simulačních experimentů s cílem nalézt optimální parametry systému manipulace s materiálem z meziskladu do obou svařoven za zvolených alternativních provozních scénářů a technickoorganizačních parametrů výroby.

Seznam doporučené literatury:

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

PINKER, Alexander a Marco Prügelmeyer. Innovationen in der Logistik. 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.

ZEIGLER, Bernard P. Theory of modelling and simulation. New York: Wiley, c1976, xxii, 435 p. ISBN 04-719-8152-4.

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

Tato diplomová práce pojednává o optimalizaci materiálového a informačního toku mezi výrobními a sklady v rámci přestavby výrobního závodu firmy SSI Schäfer v Hranicích na Moravě. Nejprve je proveden teoretický úvod do problematiky vnitropodnikové dopravy. Následně je analyzován současný stav materiálového a informačního toku ve výrobním závodě. Praktická část se skládá ze simulačního modelu zhotoveného v softwaru Tecnomatix plant simulation pro současný i budoucí stav, dále z layoutu budoucího materiálového toku mezi svařovnamí a budoucími sklady. Obsahuje také koncepční návrh materiálového toku. Optimalizace je provedena pomocí matice experimentů a ty jsou následně vyhodnoceny. Finálně je pak zpracováno a navrženo optimální řešení materiálového a informačního toku.

KLÍČOVÁ SLOVA

Logistika, materiálový tok, informační tok, optimalizace, skladovací plochy

ABSTRACT

This master thesis deals with optimizing material and information flow between the production plants and warehouses during the reconstruction of the manufacturing plant of Schäfer in Hranice na Moravě. At first, a theoretical introduction to the issues of inter-company transport services is presented. This introduction is followed by an analysis of the current state of material and information flow at the manufacturing plant. The practical part of the thesis consists of a simulation model made in the Tecnomatix plant simulation program. This simulation model includes the plant's current and future states and a layout of future material flow between the welding shops and warehouses. It also contains a conceptual design of the material flow. The optimization is conducted using a matrix of experiments, which are subsequently evaluated. In the end, the most optimal solution for material and information flow is developed and suggested.

KEYWORDS

Logistics, material flow, information flow, optimization, storage areas

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VÍCHA, Ondřej. *Návrh manipulace materiálu mezi plánovaným meziskladem a svařovkami pomocí dynamické simulace* [online]. Brno, 2023. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/148193>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jiří Hloska.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jiřího Hlosky PhD. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 26. května 2023

.....

Jméno a přímení

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Hloskovi PhD. za trpělivost, ochotu a čas při vedení mé diplomové práce. Zároveň bych chtěl poděkovat firmě SSI Schäfer za možnost vypracování diplomové práce a konkrétně panu Michalu Vránovi za provedení firemním závodem a zasvěcení do firemních procesů. Poděkování náleží taky panu Michalu Urbánkovi, který plnil roli konzultanta.

OBSAH

Úvod.....	11
1 Představení společnosti	12
1.1 Historie firmy.....	12
1.2 Výrobní závod Hranice na Moravě.....	12
2 Teoretický rozbor	12
2.1 Logistika	13
2.2 Cíle Logistiky	14
2.3 Funkce Logistiky	15
2.4 Logistický řetězec	15
2.5 Materiálový tok.....	16
2.6 Informační tok.....	17
2.7 Logistické technologie	18
2.8 Skladování	21
2.9 Dopravní a manipulační prostředky.....	26
2.10 Layout	29
2.11 Simulace v logistice	30
2.12 Programy pro tvorbu simulace	32
3 Analýza současného stavu ve firmě.....	33
3.1 Materiálový tok výrobním závodem.....	33
3.2 Informační tok.....	35
3.3 Skladování	36
3.4 Použité dopravní a manipulační prostředky.....	38
4 Příprava simulační studie	44
4.1 Přípravné práce pro tvorbu modelu.....	45
5 Simulační model.....	46
5.1 Simulační model současného stavu	46
5.2 Simulační model budoucího stavu.....	48
5.3 Verifikace a validace modelu.....	50
5.4 Návrh logiky řízení komponent	56
6 Navrhovaná koncepce materiálového toku	57
6.1 Navrhované layouty	57
6.2 Navrhované Trasování	59
6.3 Navrhované Parametry souprav	61
7 Výsledky simulace.....	63
7.1 Výstupy ze simulace současného stavu	63
7.2 Výsledky simulace uvažovaného budoucího stavu.....	64
8 Navrhovaná řešení.....	69
8.1 Varianta minimální	70
8.2 Varianta optimální	70
8.3 Varianta Maximální	71

8.4	Varianta C-rám	71
Závěr		72
Použité informační zdroje		73
Seznam použitých zkratk a symbolů		78
Seznam příloh		79
přílohy		I

ÚVOD

Diplomová práce pojednává o návrhu a optimalizaci materiálového a informačního toku mezi výrobními (svařovny, lakovny, obrobny) a budoucím hlavním skladem ve výrobním závodu firmy SSI Schäfer v pobočce Hranice na Moravě.

Firma SSI Schäfer je světovým výrobcem produktů a systémů pro modulární skladování a logistiku. Firma vlastní celkem 8 výrobních závodů a více než 70 poboček po celém světě. Závod v Hranicích na Moravě se zabývá výrobou zakladačů, páternosterových regálů, válečkových a řetězových dopravníků, přesuvných regálů a ocelových konstrukcí. Jedná se vesměs o těžkou strojírenskou výrobu.

Hlavním cílem této práce je koncepční schéma budoucího materiálového toku při změně rozmístění skladů a vyřešení závazkového okruhu z plánovaného centrálního skladu na jednotlivé haly. Nejprve je proveden teoretický rozbor o základních pojmech z oblasti logistiky a vnitropodnikové dopravy. Následně je zhotovena analýza současného stavu ve výrobním závodě. Na základě těchto dat a poznatků je sestaven počítačový model v programu Siemens plant simulation. Dále je zpracován layout a poté schéma materiálového toku mezi uvažovaným centrálním meziskladem a výrobními halami (svařovny, lakovny, obrobny, prvovýroba). Následně je sestaven model budoucího stavu. Budoucí stav zahrnuje výstavbu nového centrálního meziskladu pro svařovny a obrobny v jednotlivých halách a nahrazení současných meziskladů. V těchto halách zůstane jen mezisklad pro díly, které budou následně bez zbytečných odkladů dále zpracovány. Změny se dotknou také haly prvovýroby, kde se dnes také nachází mezisklad. Součástí této práce bude návrh logiky řízení komponent sloužících k přepravě materiálu ze skladů do výroben. Posledním cílem této práce bude nalezení optimálního řešení materiálového toku pomocí matice experimentů.



Obr. 1 Výrobní závod firmy SSI Schäfer v Hranicích na Moravě [30]

1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Na úvod práce je sepsáno stručné představení firmy SSI Schäfer.

1.1 HISTORIE FIRMY

Firma SSI Schäfer byla založena v roce 1937 pod názvem „Fritz Schaeffer – tovární výroba všeho druhu“. V letech 1939 až 1940 byla postavena první dílna s dvaceti zaměstnanci [1].

První zlomový okamžik nastal v roce 1953, kdy firma navrhla a úspěšně uvedla na trh zkosenou plechovou bednu s kontrolním otvorem na přední straně. Na počátku 60.let firma prorazila mezinárodně a otevřela první obchod ve Švýcarsku a Anglii. Následovalo pak zahájení výroby policových a paletových regálů. V 70. letech se pak na trhu objevují další inovace. Konkrétně přestavitelné regálové systémy, kónické stahovatelné přepravy a vysoké regálové sklady [1].

Na počátku nového tisíciletí se po sloučení původních společností SSI Schäfer Noell a Peem, rozšířilo portfolio o automatizační řešení. V rámci dalšího růstu se pak součástí firmy stala softwarová firma Salomon, výrobce skladových výtahů Handler A/S [1].

1.2 VÝROBNÍ ZÁVOD HRANICE NA MORAVĚ

Výrobní závod v Hranicích na Moravě vznikl v roce 1996, kdy byla do Hranic na Moravě přesunuta výroba ze Švýcarska. Původně se mělo jednat o malou zámečnickou dílnu o 100 zaměstnancích. Avšak po roce 2000 nastal zlom a hranický závod se začal zabývat stále širším výrobním portfoliem. Pro konkurenceschopnost firmy je klíčové, aby se firma neustále dynamicky rozvíjela. Jednou z cest je optimalizace výrobního procesu, zefektivnění využívání skladovacích ploch a jejich správné využívání. Skladovat materiál pouze po nezbytně nutnou dobu, protože plýtvá kapacitu ve skladě, vzniká riziko poškození daného materiálu a zároveň příliš málo materiálu na skladu vede k prostojům na výrobních linkách, což efektivitu výroby příliš nezvedne. Dalším důležitým faktorem pro efektivní výrobu je správně dimenzovaná závážka materiálu s vhodným trasováním, vhodnou kapacitou a nenáročnou údržbou [2].



Obr. 2 Výrobní závod firmy SSI Schäfer s popisem hal [31]

2 TEORETICKÝ ROZBOR

Tato kapitola pojednává o základních teoretických pojmech z oblasti logistiky a manipulace. Obsahuje definice pojmů, které jsou v této práci využívány a jejichž uvedení je nezbytné pro řádné pochopení práce. Jsou zde popsány definice logistiky, včetně jejich cílů, funkce a služeb. Na pojem logistika navazují pojmy jako logistický řetězec, materiálový či informační tok. Popsány jsou zde také logistické technologie, od nejstarší v podobě kanbanu až vyspělé technologie Just in Time nebo Just in Sequence.

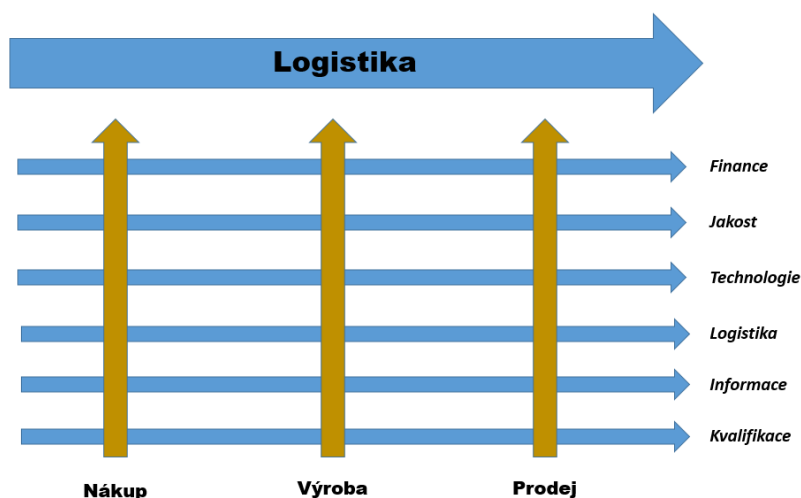
2.1 LOGISTIKA

Logistiku lze definovat vícero způsoby. Primárně souvisí s ekonomickými procesy či aplikováním logické matematiky. Obecně lze říct, že termín logistika zahrnuje vše ve výrobním procesu od plánování, organizace, řízení materiálových toků až po distribuci hotových produktů pro koncového zákazníka. Zároveň je nezbytné splnit veškeré požadavky trhu při minimálních nákladech. Hlavním úkolem logistiky je doručit výrobky v požadované kvalitě, čase a množství na dané místo [3].

Pojem logistika lze vyložit více směry a to:

- **System** – popisuje jednotlivé logistické činnosti jako podsystemy tvořící logistickou strukturu, a které mají své uzly spojené materiálovými a informačními toky,
- **Instituce** – organizační útvar v němž jsou zahrnuty částečně nebo kompletně logistické úlohy,
- **Funkce** – popisuje překrytí základních logistických funkcí jako je nákup, skladování a prodej [3].

Pro koncepci logistiky je zcela zásadní se vždy dívat na řešený problém jako celek. Jednotlivé prvky nelze posuzovat izolovaně, protože mají vliv na ostatní prvky v řetězci, a to jak materiálové, informační i finanční. Při každé optimalizaci či plánovém zásahu do řetězce je nutné posoudit funkční vztahy mezi jednotlivými členy řetězce. Zjednodušeně lze říct, že jakékoliv suboptimalizace jsou nefunkční [4].



Obr. 3 Logistický systém [32]

2.2 CÍLE LOGISTIKY

Jedním z cílů logistiky je snaha co nejlépe optimalizovat veškeré logistické komponenty, služby a náklady. Hlavním cílem je řádné a optimální uspokojení potřeb zákazníků. Cíle lze rozdělit na vnější, které zahrnují i cíle výkonové, a vnitřní, pod které spadají také cíle ekonomické. Pod cíle logistiky lze zařadit také logistické služby, pod které spadají pojmy jako dodací čas, flexibilita, spolehlivost a kvalita. Všechny vyjmenované aspekty mají velký vliv na zákazníka [4].

2.2.1 VNĚJŠÍ A VNITŘNÍ CÍLE

Vnější cíle se zaměřují na potřeby trhu. To vede k udržení pozice na trhu a případně i dalšímu rozvoji. Mezi tyto logistické cíle lze zařadit zvyšování objemu prodeje, zkrácení dodacích lhůt či zlepšování spolehlivosti úplnosti dodávek a jejich flexibilitu. Výkonové cíle zpravidla zajišťují požadovanou úroveň produktů díky správným dodávkám materiálu a zboží ve správném čase na správné místo ve správný okamžik. [3].

Vnitřními cíli logistiky se rozumí snižování nákladů na dopravu, zásoby, manipulaci, skladování a výrobu. Mezi vnitřní logistické cíle lze zařadit také náklady na řízení, uskutečnění a plánování materiálového toku. Vnitřním cílem logistiky se rovněž rozumí eliminace nesprávných logistických úkonů [3].

Během hledání logistických cílů vzniknou přirozeně rozpory mezi jednotlivými odděleními výrobního závodu. Z pohledu vývojového oddělení se jeví nejlépe užití nejmodernějších přístrojů a výrobních postupů, z pohledu řízení zásob je vhodné mít co nejméně rozmanitý sortiment. Naopak oddělení odbytu preferuje rozmanitější sortiment a větší zásoby z důvodu rychlého uspokojení potřeb zákazníků. Cílem optimalizace a logistických cílů by mělo být nalezení kompromisu mezi požadavky jednotlivých oddělení s ohledem na sériovost výroby i celkové rozmanitosti prodáváného sortimentu. Zároveň je zapotřebí zabránit suboptimalizačním procesům [4].

2.2.2 LOGISTICKÉ SLUŽBY

Logistické služby jako jsou dodací čas, flexibilita, spolehlivost a kvalita rovněž ovlivňují výrobní proces a zároveň tvoří know-how firmy a mají přímý vliv na zákazníka. Dodací čas popisuje časový úsek od vytvoření objednávky zákazníkem až po dodání zboží zákazníkovi. Jedná-li se o zboží skladem, je dodací čas tvořen pouze časovým úsekem od vytvoření objednávky po expedici. V případě, že je potřeba dané zboží vyrobit, je nutné ještě přičíst čas na výrobu případně i subdodávky. Dodací spolehlivost popisuje pravděpodobnost dodržení dodacích lhůt zákazníkovi. Hlavní vliv na spolehlivost výrobního procesu má dodržování všech dodacích a operačních časů. Nedodržení dodacích lhůt má negativní vliv na celý výrobní závod zejména zvýšením finančních nákladů. Příčinou nedodržení může být opožděná subdodávka, přehlédnutí objednávky v informačním systému nebo chybná výroba dílů. Dodací flexibilita pak popisuje schopnost expedičního týmu pružně reagovat na aktuální potřeby zákazníků [4].

Pojem dodací kvalita popisuje důležitost dodržet předem domluvené parametry dodávaného zboží, zejména se jedná o jakost a dodržené množství. Správné zabalení výrobku chrání výrobek před poškozením při přepravě. Dodržení všech domluvených parametrů eliminuje riziko případných reklamací ze strany zákazníky, a tedy i další zvýšení nákladů, v krajním případě i ztrátu zákazníka. Zkrátka je zásadní definovat a kontrolovat vše

ve vnitropodnikovém logistickém řetězci (viz. kap. 2.4). Jen díky tomu je možné zajistit požadovaný logistický výkon požadovaný trhem [4].

2.3 FUNKCE LOGISTIKY

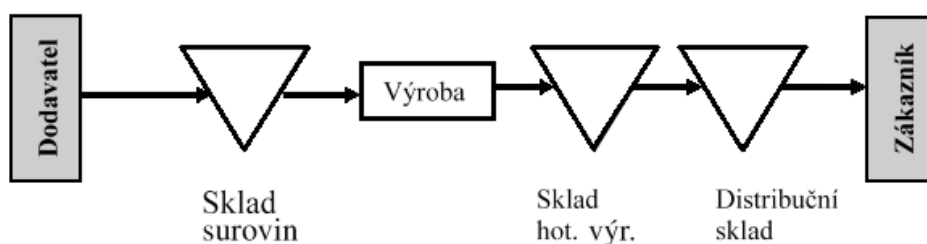
Nejdůležitější funkcí logistiky je ideální zajištění optimálního materiálového i informačního toku (správná informovanost všech zúčastněných zaměstnanců je klíčová pro správný chod firmy). Důležité je rovněž správné řízení a organizování všech procesů ve výrobním závodě. Funkci logistiky lze tady chápat jako prostředek sloužící k naplnění a dosažení správného oběhu zboží. Funkce lze rozdělit do čtyř úrovní [3].

- **Strategické** – dlouhodobé plánování výroby podle zdrojů a možných postupů,
- **Dispoziční** – jde o krátkodobá řešení a aktuální potřeby,
- **Administrativní** – jedná se hlavně o informační tok (vystavení a evidence dokladů),
- **Operativní** – realizace logistických cílů na základě aktuální situace [3].

2.4 LOGISTICKÝ ŘETĚZEC

Logistický řetězec lze definovat jako soustavu článků (výroby, sklady), kterými plyne materiálový tok. Ten prochází postupně výrobním závodem a postupně se přeměňuje na finální výrobek pro zákazníka. Jedná se však zároveň o soubor hmotných i nehmotných aktivit, které probíhají v navazujících článcích. Cílem je dosažení hospodárného uspokojení potřeby koncového článku řetězce, tedy zákazníka [3].

Logistický řetězec se skládá z aktivních a pasivních prvků. Aktivními prvky se rozumí technické prvky pro manipulaci, mohou to být jeřáby, dopravníky, vozíky. Dále se může jednat o pomocné prostředky a zařízení a řídicí pracovníky, kteří cíleně zasahují do fungování aktivních prvků řetězce. Pasivní prvky jsou například suroviny, nehotové i dokončené výrobky, odpad vzniklý výrobou a informace [3].



Obr. 4 Logistický řetězec [33]

2.4.1 LOGISTICKÝ ŘETĚZEC S PŘETRŽITÝM TOKEM

Pro tento typ logistického řetězce je charakteristické sestavování odhadů prodeje, na jehož základě se uzavírají smlouvy o dodávkách surovin a materiálů s dodavateli. Dodávky materiálů jsou realizovány ve velkém objemu s cílem získat množstevní slevu, slevu na dopravu, například využitím velkokapacitního prostředku, a vyhnout se tak kolísání cen na trhu. Nevýhodou tohoto řešení jsou větší nároky na skladovací kapacitu, protože nákupy ve velkých objemech zcela nereflktují aktuální poptávku po produktech daného výrobce. Z požadavků na vyšší skladovací kapacity plynou zvýšené náklady na skladování. Jedná se o logistický řetězec fungující na push principu [3].

2.4.2 LOGISTICKÝ ŘETĚZEC S NEPŘETRŽITÝM TOKEM

Výhodou tohoto řetězce je lepší pružnost a distribuce materiálu a výrobků. Materiál i veškeré díly jsou dodány podle aktuálních potřeb výroby. Tento systém neobsahuje žádný sklad výrobků mezi dodavatelem a výrobou. Sklad hotových výrobků se v tomto typu nachází pouze na minimální omezené množství, opět podle aktuálních potřeb zákazníka. V tomto typu řetězce si jednotlivé články předávají plynule menší množství dodávek. Výhodou tohoto řešení jsou menší nároky na skladovací kapacity a náklady, nevýhodou pak jsou zpravidla vyšší náklady na pořízení materiálů a surovin. Jedná se o logistický řetězec fungující na pull principu [3].

2.4.3 LOGISTICKÝ ŘETĚZEC SE SYNCHRONNÍM TOKEM

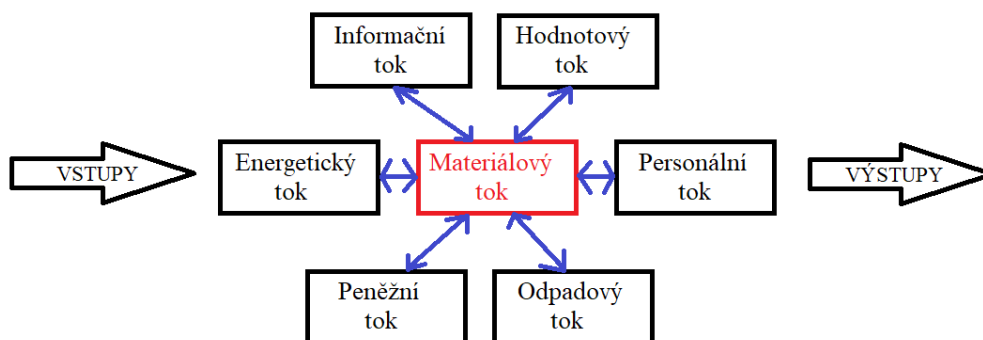
Pro tento typ řetězce je charakteristický plynulý a vyrovnaný tok mezi jednotlivými články řetězce od prvotních dodavatelů až po konečného zákazníka. Realizace tohoto typu řetězce nepočítá s udržováním skladovacích zásob, vyjma minimálních pojistných zásob. Řetězec se skládá pouze z dodavatelů, výroby, kompletace, konsolidace a zákazníků. Mezi jednotlivými členy řetězce se vždy pohybuje jen přesně daný počet výrobků, materiálů či surovin, které jsou v daný okamžik zákazníky požadovány. Výhodou tohoto systému je pružnost reakce na jakékoliv výkyvy v poptávce [3].

2.5 MATERIÁLOVÝ TOK

Materiálový tok je primárně vektorová veličina, protože je dána velikostí a směrem. Materiálovým tokem se rozumí organizovaná doprava materiálu daným technologickým procesem, daným výrobním závodem bez ohledu na prováděnou výrobní operaci a rovněž bez ohledu na skutečnost, zda se jedná o suroviny, balicí materiál, hotové či nedokončené výrobky. Materiálový tok začíná příjmem materiálu na vstupu do výrobního závodu a končí expedicí hotových výrobků. Hladký a bezproblémový materiálový tok zásadním způsobem ovlivňuje efektivitu výroby, samotnou konkurenceschopnost firmy i návratnost investic [5].

Při analýze materiálového toku se zkoumají zejména návaznost a její efektivita a intenzita materiálového toku. Materiálový tok (případně jeho intenzita) ovlivňuje řada faktorů, které je nutné vzít v potaz při řešení logistického řetězce. Veškeré faktory není možné jednoznačně vypsát, avšak hlavními jsou:

- Celkový objem výroby
- Vnější komunikace
- Počet součástí či druhů materiálu
- Počet uzlů nebo montážních skupin
- Tvar místa (prostoru) dostupného pro výrobu
- Tok mezi pracovišti (mezioperační doprava) [6]



Obr. 5 Jednotlivé toky výrobního závodu [34]

2.6 INFORMAČNÍ TOK

Informační tok popisuje nehmotnou stránku logistického řetězce. Správná informovanost je klíčová pro správné a efektivní řízení výroby. Uchovává informace o mat. toku od objednávky zákazníka přes výrobní proces (prvotní nařezání, obrábění, svařování...) až po finální montáž a expedici produktu. Popisuje systém řízení i plánování výroby. Veškeré informace lze uložit například do čárových či QR kódů nebo rádiových čipů [7].

2.6.1 ČÁROVÉ KÓDY

Čárový kód je nosič pro automatizované uchování informací. Řada strojírenských firem je používá pro identifikaci dílů, jejich plánovaných výrobních informací a v neposlední řadě také číslo zakázky. Symbol čárového kódu se skládá z daného počtu čar a mezilehlých mezer. Šířka čar a mezer, včetně jejich počtu je pevně určena specifikací symbolikou daného stylu. Existují řada typů a stylů čárových kódů například: Code 39, EAN 8 a 13, Interleaved 2/5, MSI aj. [8].

Čtečka čárových kódů nasnímá obraz černých pruhů a mezer s různými šířkami a následně převede získaný analogový obraz do digitální podoby. Následně systém porovná získaná přečtená data a porovná je s kódy v systému a poté vyhodnotí shodu. Informace v databázi jsou pouze konkrétního subjektu, nejedná se o žádnou globální databázi. Na zobrazovacím zařízení pak lze vidět informace uložené do daného kódu [9].



Obr. 6 Příklad čárového kódu styl Code 39 [35]

2.6.2 RÁDIOVÝ ČIP

Rádiové čipy slouží k bezkontaktnímu přenosu informací pomocí rádiových vln. Informace jsou uloženy na elektronickém čipu vybaveném drobnou anténou sloužící k zachycení rádiových vln. Hlavní předností oproti čárovým kódům je rychlost přenosu informací. Čtečka RFID do dosahu elektromagnetického čipu je schopna načíst data ze všech dílů nacházejících se na paletě bez nutnosti jakékoliv manipulace s nimi. Tento systém při správném užívání umožňuje automaticky evidovat veškeré pohyby a lokace daných dílů po pouhém přiložení čtečky. Nevýhodou jsou zatím vysoké náklady na pořízení a provoz tohoto systému [10].



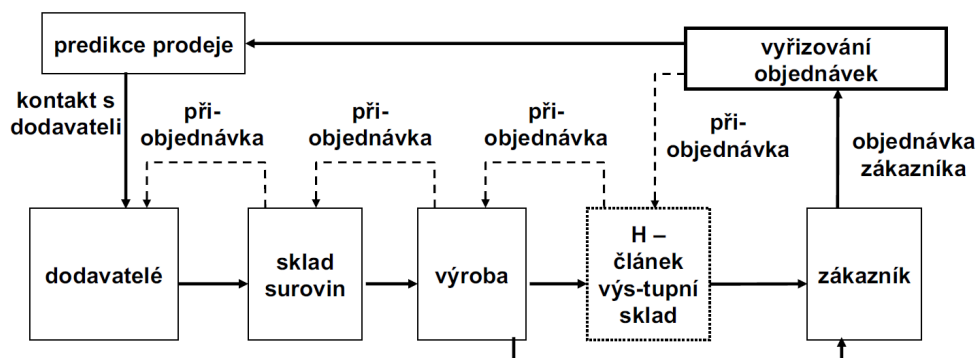
Obr. 7 RFID rádiový čip [36]

2.7 LOGISTICKÉ TECHNOLOGIE

Logistické technologie jsou metody k zajištění správné funkce systému při požadované výkonnosti a s co nejnižšími náklady na provoz. Cílem je pomocí vhodných metod řízení materiálového a informačního toku seřadit výrobní operace tak, aby co nejvhodněji plnily svou funkci s ohledem na výrobní náklady a potřeby zákazníka. Výběr vhodné logistické technologie může zajistit rozvoj podniku při optimálních nákladech [3].

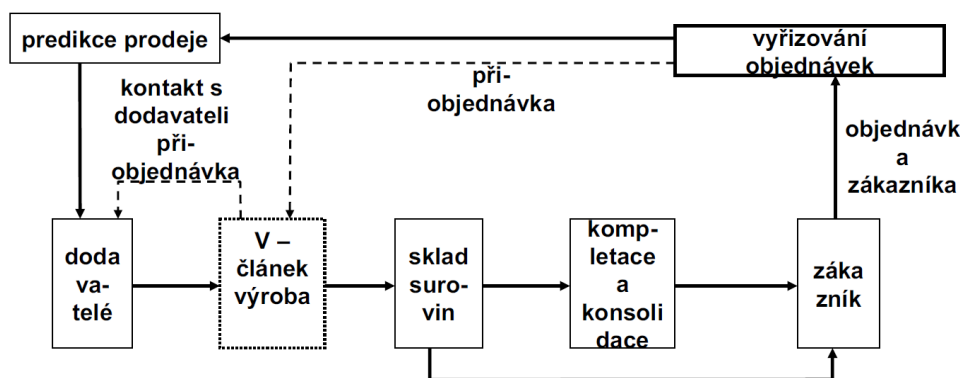
2.7.1 PUSH A PULL SYSTÉMY

Push (neboli tlačný) je klasický logistický systém založen na principu, kdy předcházející článek tlačí na následující odebírající článek, a ten je připraven k odběru, aniž by jej ve skutečnosti potřeboval. Informační tok mezi jednotlivými články řetězce je nepřetržitý. Nevýhodou tohoto systému jsou nadbytečné skladové zásoby, nepružnost a špatná možnost operativní reakce [11].



Obr. 8 schéma systému PUSH [37]

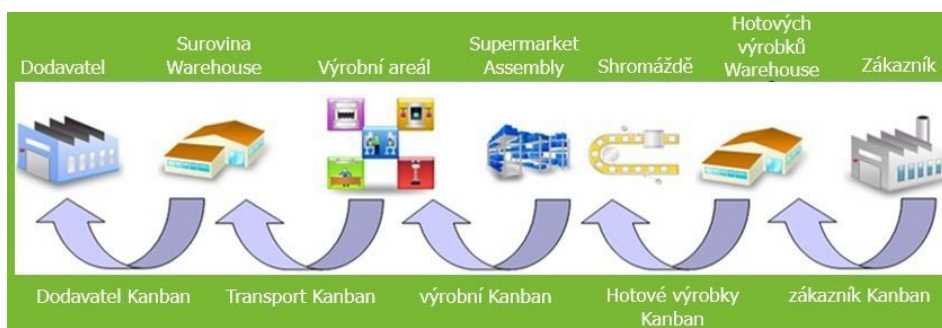
Pull (neboli tažený) je zjednodušený řetězec s minimální skladovací kapacitou. Pracuje na principu tažení, což znamená, že předcházející článek posílá svůj výsledek, až v okamžiku, kdy jej následující odebírající článek potřebuje. Informační tok je sériový a přerušovaný. Výhodou tohoto systému je zrychlení všech materiálových toků ve výrobě a redukce skladů. Tento systém umožňuje pružně a flexibilně reagovat na aktuální potřeby. Nevýhodou je nutná precizní organizace a spolehlivý a časově přesný dodavatel komponent do výroby [11].



Obr. 9 schéma systému PULL [38]

2.7.2 KANBAN

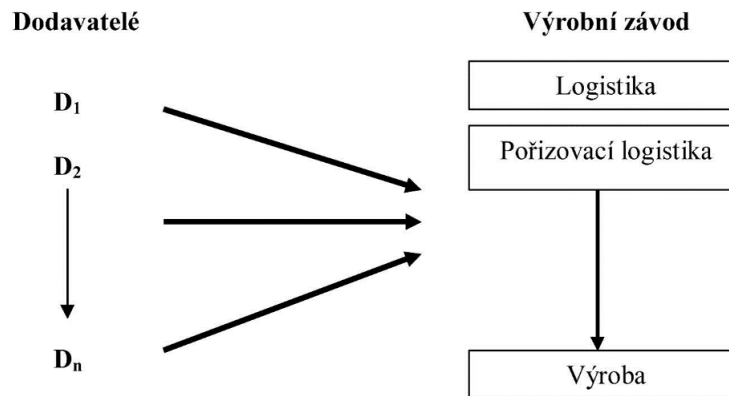
Kanban je jeden z nejstarších systémů dílenského řízení výroby. Základem komunikace mezi odběratelem a dodavatelem je karta či jiná forma zprávy, pomocí které se odešle dodavateli požadavek na dodávku daných materiálů v požadovaném okamžiku a množství, které aktuálně výrobní proces vyžaduje. Princip tohoto systému je následující: Odběratel zašle dodavateli prázdnou nádobu s průvodkou, jež obsahuje veškeré údaje o požadovaném materiálu. Doručená nádoba je signál pro dodavatele ohledně zajištění dodávky požadovaného zboží. Požadovaná dávka zboží se umístí v požadovaném množství do přepravní nádoby, následně proběhne kontrola, a nádoba i s požadovaným materiálem je odeslána odběrateli. Dodavatel ani odběratel nevytváří žádné zásoby. Důležitá je v tomto systému vysoká spolehlivost dodavatele a zautomatizované procesy objednávky i dodávky. Tento systém je vhodný uplatnit u opakujících se dodávek stejného zboží, například spojovací materiály [3].



Obr. 10 Princip Kanbanu [39]

2.7.3 JUST IN TIME (JIT)

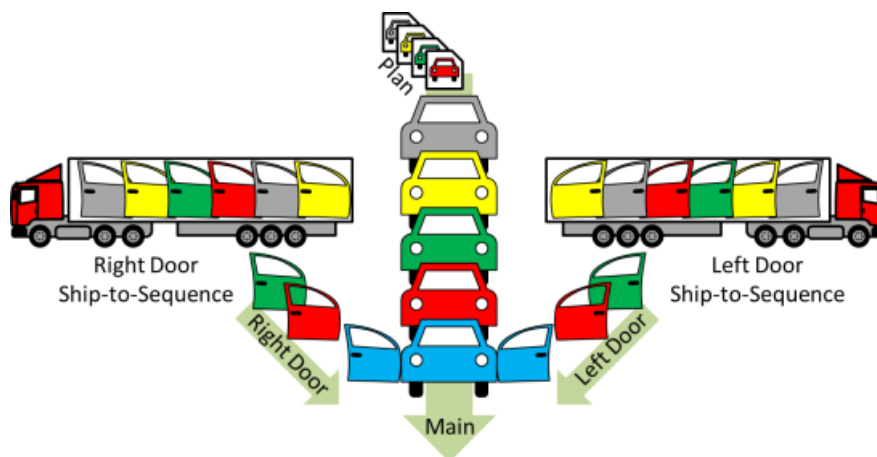
Princip tohoto systému spočívá v malých dodávkách v pravidelném intervalu díky přesně fungující dopravě s vysokou časovou spolehlivostí a vhodným zeměpisným vzdálenostem mezi dodavatelskými a odběratelskými místy. Tento systém umožňuje redukci skladovacích ploch, avšak nikoliv úplnou. Výrobní závod si většinou zachová drobné zásoby pro případ nouze. Technologie je obtížnější na projektování, uvedení do provozu i řízení. Vyžaduje se vysoká úroveň dopravní infrastruktury a informačního systému. Synchronizaci dodávky a odběru lze zajistit pomocným meziskladem [3].



Obr. 11 Princip Just in Time [40]

2.7.4 JUST IN SEQUENCE (JIS)

Systém JIS vychází ze systému JIT, avšak na rozdíl od něj je dodavatel podrobněji seznámen s výrobním plánem a jeho posloupností. Na základě informací o výrobním plánu, dodavatel zajistí dodávky požadovaných komponent přímo do výrobního závodu k výrobní lince přesně v daném pořadí pro vyráběné výrobky. V ideálně fungujícím systému JIS by neměl mít montážní pracovník možnost výběru dílů, ale pouze odebrat aktuálně dodaný. Nevýhodou tohoto systému je nutnost přesnosti a riziko pochybení v případě, že dodavatel dodá nesprávný díl v dané sekvenci. Případná chyba následně zásadním způsobem zdrží výrobu, což vede k zvýšení nákladů. Alternativou tohoto systému je systém Pick in Sequence, který nabízí montážnímu pracovníkovi výběr dílu pro danou sekvenci. Jako příklad je možné uvést různé barevné dveře při výrobě automobilu [3].



Obr. 12 Princip Just in Sequence [41]

2.7.5 KAIZEN SYSTÉM

Tento systém popisuje snahu neustále zlepšovat veškeré procesy ve firmě. Nejedná se však o velké inovativní skoky, nýbrž o zdokonalování a neustálé vylepšování stávajících postupů. Zároveň se nejedná o přenesení zodpovědnosti za řízení podniku na nepřipravené dělníky ani o občasné naléhavé schůzky k řešení akutních problémů. Jedná se o propracovaný systém a snahu o co nejdokonalější systém řízení práce v podniku. Základním termínem je gemba, místo konání dané činnosti pozorované za účelem zlepšení [12].

2.8 SKLADOVÁNÍ

Skladování slouží k materiálovému i ekonomickému sladění rozdílných materiálových toků. Sklady mohou mít více funkcí. Může se jednat například o vyrovnávací sklady, které zajistí srovnání dvou kvantitativně rozdílných materiálových toků a potřeb. Dalším typem jsou kompletační sklady, jejichž funkce spočívá v tvorbě sortimentu či sortimentních druhů podle individuálních potřeb provozů v průmyslových závodech. Materiály na trhu většinou neplní výrobně technické požadavky. V dnešní ekonomické situaci hrají důležitou roli i tzv. spekulativní sklady, které slouží k eliminaci očekávaných zvýšení cen na zásobovacích i odbytových trzích. Sklady lze rozlišit dle vnitřního vybavení na sklady bez vnitřního vybavení pro skladování sypkých hmot a sklady s vnitřním vybavením, zejména s regály [4].

Sklady lze také rozlišit podle řady kritérií, podle postavení v hodnotovém procesu se jedná o sklady o druhy:

- a) Vstupní
 - slouží k udržení zásob vstupních materiálů (plechy, profily...)
- b) Mezisklady
 - používají se k dočasnému odložení či předzásobením mezi různými výrobními operacemi (například uskladněné svařenců před svařením)
- c) Odbytové sklady
 - hlavní úkol spočívá ve vyrovnávce časových rozdílů mezi výrobou a odbytem [4]

Regály lze rozdělit podle konstrukce na statické a pohyblivé, na příhradové, paletové, krakorcové apod.

2.8.1 PŘÍHRADOVÉ REGÁLY

Příhradové regály se používají na uzavřených příhradových podlažích na více rovinách nad sebou. V děrovaných pleších lze najít děrované rastry, určené pro zavěšení podlahových nosníků. Příhradová podlaží se k nosníkům připojují pomocí vysouvacích či zasouvacích příhrad, sázečních vložek či šroubů. Rozměry těchto regálů závisí na množství a rozmanitosti uskladněných materiálů, rychlosti obratu a dostupné skladovací ploše. Výhodou těchto skladů je přímá dostupnost k jednotlivým druhům materiálu, nízká poruchovost či dobrá skladovací organizace. Nevýhodou jsou vyšší potřeba místa při manuální obsluze regálů, nepříznivé úchopové pozice pro obslužný personál a komplikovanější možnost mechanizace či automatizace [4].

2.8.2 PALETOVÉ REGÁLY

Paletové regály jsou dnes hojně využívány a slouží k uskladnění paletového zboží. Tento typ regálu neobsahuje regálová podlaží, nýbrž pouze ložné jednotky, které mohou být jednomístné nebo vícemístné. U jednomístného systému se ložná jednotka usazuje na dvě konzoly pro jednu rovinu pole. Vícemístné systémy umožňují uložení více palet vedle sebe nasazených podél traverz. Konzoly bývají zpravidla výškově nastavitelné z čehož plyne výhoda přesného uzpůsobení paletové výšce, a tedy vysoké procento využití skladovacího prostoru. Dalšími výhodami je možnost využití automatizace, přímý přístup a menší potřeba personálu. Nevýhodou jsou vyšší organizační a investiční náklady a nutnost tvořit ložné jednotky s optimálním a efektivním vytižením prostoru. Tyto sklady se dále rozlišují podle výšky (do 7 m, v rozmezí 7 až 15 m a od 15 do 45 m) [4].



Obr. 13 Paletový regál firmy Kaiser-Kraft [42]

2.8.3 KRAKORCOVÉ REGÁLY

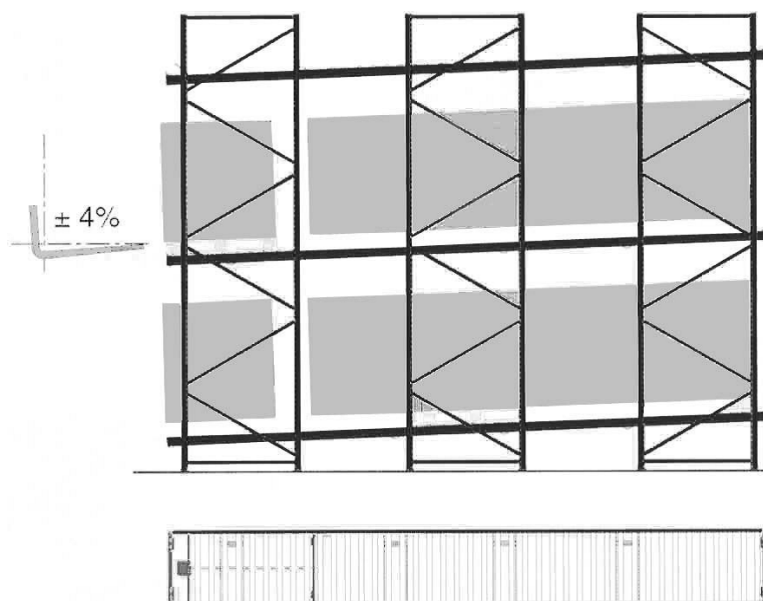
Konstrukce krakorcových regálů se skládá z nosníků vybavených jednostranně či oboustranně vyčnívajícími rameny. Trubkové, tyčové či deskové materiály lze na převislém konci přečnívajících ramen spojovat, svazovat nebo ukládat do speciálních kontejnerů. Podtypem krakorcových regálů jsou stromečkovité regály. Jejich přečnívající ramena se směrem nahoru zkracují. Jako vhodným využitím stromečkovitých regálů se jeví uskladnění menšího množství daného sortimentu. Výhodou může být také vysoká transparentnost [4].



Obr. 14 Krakorcový regál [43]

2.8.4 SPÁDOVÉ REGÁLY

Spádové regály mají separované místo uskladnění a vyskladnění. Používají se například pro skladování krabic či palet. Díky mírnému sklonu regálu 2-8° se uskladněné prvky pohybují samospádovou silou od příjmového do výdejového místa. Pohyb je možné realizovat také pomocnou válečkovou tratí. Vyskladnění pak probíhá pomocí kanálových otvorů na výdejové straně regálu. Díky tomuto principu odpadá nutnost uliček mezi regály a umožňuje tak vyšší využitelnost přidělené skladovací plochy. Dalšími výhodami je dobrý přehled o zásobách, možnost automatizace. Nevýhodou je nutnost udržovat bezpřekážkovou dráhu, zhoršený přístup (ten je možný pouze na čelech regálu) a vyšší poruchovost (zejména u regálu vybavených válečkovou či kolejovou dráhou) [4,13].



Obr. 15 Systém spádového skladování [44]

2.8.5 POSUVNÉ REGÁLY

Sklad s posuvnými regály musí být vybaven kolejnicemi. Posuvné regály se od statických regálů liší osazením podvozků. Díky podvozkům se mohou regály po kolejnicích posouvat. Zmíněný horizontální pohyb je realizován ručním nebo elektrickým pohonem. Velkou výhodou těchto regálů je možnost udržovat pouze jednu meziregálovou uličku a z toho plyne i vysoká využitelnost skladovací plochy a prostoru. Nevýhodou pak je delší časový úsek na uskladnění a vyskladnění, protože v takovém skladu je pouze jedna ulička. Obecným doporučením je maximálně 8 regálových bloků na jednu uličku [4].



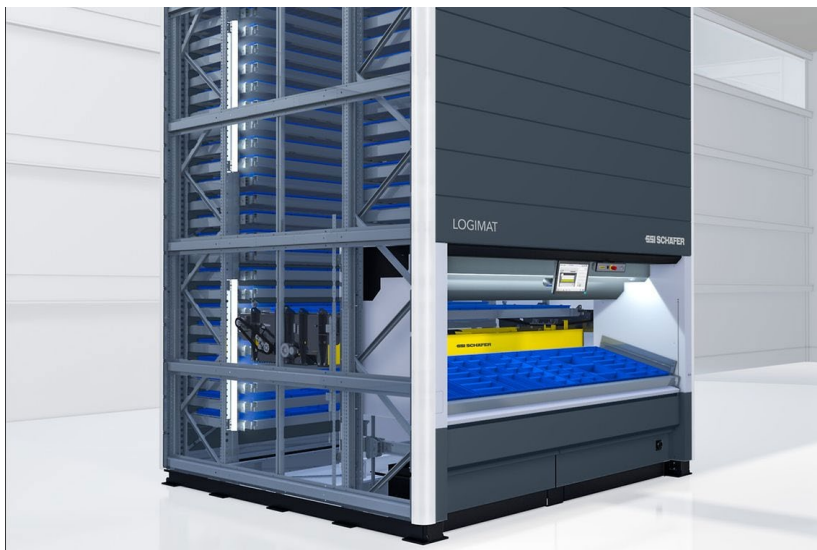
Obr. 16 Systém posuvných regálů [45]

2.8.6 REGÁLY TYPU PÁTERNOSTER

Regálové systémy páternosterového typu mají ložná nákladová zařízení montovaná mezi paralelně, vertikálně a částečně horizontálně obíhající řetězy. Pohon je zajištěn zpravidla elektromotorem. Dle formy a hmotnosti skladovaného materiálu je možné v páternosterovém regálu využívat různé uskladňovací a vyskladňovací prostředky. Existují dva typy těchto regálů, a sice etážový a skříňový [4].

Etážové páternostery mají konstrukci složenou s nosných tyčí či gondol. Vhodné jsou pro skladování profilů či balíkového sortimentu. Existují však těžkotonážní páternostery, které jsou schopné skladovat materiály do hmotnosti až 50 t. Uskladňování a vyskladňování probíhá pomocí jeřábů [4].

Skříňové páternostery jsou v praxi nejběžnější a slouží k uskladnění drobného, například spojovacího, materiálu. Charakteristické jsou pro plechové obložení, jež tvoří skříň a příhradová podlaží. Příkladem tohoto regálu může být LOGIMAT od firmy SSI Schäfer. Jedná se o automatizovanou skladovací věž vhodnou k uskladnění drobného materiálu. V porovnání se statickými regály ušetří až 90% skladovací plochy, díky automatizaci je pak možné minimalizovat chyby způsobené lidským faktorem. Odpadá také složitá manipulace s materiálem při naskladnění a vyskladnění [4,14].



Obr. 17 Skladovací věž LOGIMAT firmy SSI Schäfer [46]

2.8.7 CENTRALIZACE SKLADOVÁNÍ

Centralizované anebo decentralizované skladování je věčná otázka optimalizace skladovacího systému ve výrobním závodě. Centralizovaný sklad poskytuje výhodu v možnosti uskladnění veškerých komponent na jednom místě a udržovat tak zásoby a stav výrobků v přehledném stavu. Umožňuje rovněž efektivní využití skladovacího prostoru. Nevýhodou tohoto řešení jsou dlouhé dopravní cesty z centrálního skladu do výrobních hal. To lze do jisté míry eliminovat vhodným umístěním centrálního skladu, aby cesta do všech výrobních hal byla přibližně stejně dlouhá. V případě decentralizované koncepce skladování odpadá problém delších dopravních cest oproti centrálnímu skladování, protože tyto sklady se nachází zpravidla přímo u výrobního procesu. Nevýhodou je nižší kapacita a nižší využitelnost skladovací plochy a prostoru. Zároveň takový sklad zabírá místo ve výrobní hale a zbývá pak méně prostoru pro výrobní stroje. Pro velké a středně velké výrobní závody se jeví jako vhodné mít centrální řízený sklad s doplněnými meziklady na výrobních halách pro zrovna zpracovávané díly a montáž [4].

2.8.8 ŘÍZENÉ A NEŘÍZENÉ SKLADOVÁNÍ

Řízeným skladováním se rozumí systém založený na automatizaci a řízení skladových operací a procesů. Zjednodušeně řečeno to znamená, že se materiál přijímá do skladu na základě příjemky a vydává na základě výdejky (jedná se o písemný doklad zpravidla s čárovým kódem). Existují různé stupně automatizace, od ručních čteček čárových kódů, přes WMS (Warehouse Management System) systémy, až po vysoce automatizované sklady, ve kterých část úkonů zajišťují roboty [15].

2.8.9 VLASTNÍ NEBO EXTERNÍ SKLADOVÁNÍ

Dalším logistickým problémem ohledně skladování je otázka, zda mít vlastní sklad ve výrobním závodě anebo využít externí skladovací kapacity. Hlavní roli hrají finanční prostředky, jak investiční, tak provozní náklady. Dalším faktorem je plocha výrobního závodu, kterou sklad zabere a stupeň závislosti na něm. Rovněž záleží na vzdálenosti externího skladu a z ní plynoucí ztrátové dopravní časy. Dalším možným přístupem je kombinace vlastních a externích skladů, zejména v případě silného vytížení výroby a vyčerpání kapacity vlastních skladů [4].

Shrnutí je následující. Vlastní sklad má výhodu operativně a rychle vyskladnit a naskladnit potřebné komponenty, je pod stálou kontrolou výrobního závodu a lze snadno chránit firemní know-how. Nevýhodou jsou vysoké vstupní náklady a nezanedbatelné provozní náklady. Externí sklad logistickou firmou zajistí kompletní servis, tedy uskladnit, vyskladnit a na požádání dopravit. Nevýhodou je vzdálenost externího skladu od výrobního závodu a platby logistické firmě. Zpravidla je vhodnější provozovat vlastní sklad a externí využívat v případě zaplněné vlastní kapacity [4,16].

2.9 DOPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ PROSTŘEDKY

Dopravní prostředek je pohybující se objekt, který zajišťuje vnitropodnikovou i mimopodnikovou dopravu. Dopravní prostředky lze rozdělit na silniční, železniční, lodní a letecké. Manipulační prostředky se pak dělí na manipulační prostředky prvního, druhého a třetího řádu (viz. kap. 2.9.3). Cílem manipulačních prostředků je sloučit více rozměrově menších výrobků do jednoho celku (například několik obrobků na paletu), což vede k jejich rychlejší a efektivnější manipulaci a přepravě [5].

2.9.1 MIMOPODNIKOVÁ DOPRAVA

Mimopodniková doprava se realizuje od dodavatele materiálu do výrobního závodu a po dokončení výrobního procesu pak z výrobního závodu k zákazníkovi. Rovněž může sloužit i k externí dopravě v rámci výrobního procesu (například firma nemá lakovnu a lakování vyráběných komponent realizuje externí firma). Mimopodniková doprava je dnes nejčastěji ve strojírenských firmách realizována pomocí nákladních automobilů. Další používané dopravní prostředky jsou nákladní vlaky, lodě či letadla. Sympké hmoty, kapaliny či plyn je možné dopravovat pomocí potrubí [4].

2.9.2 VNITROPODNIKOVÁ DOPRAVA

Vnitropodniková doprava se dále rozděluje na mezioperační a meziobjektovou. Mezioperační doprava je realizována mezi jednotlivými výrobními operacemi a také interní dopravu ve skladě. Meziobjektovou dopravu lze zajistit nákladním automobilem, dále paletovými vláčky taženými tahačem či vysokozdvížným vozíkem. Palety však nemusí být jediným používaným manipulačním prostředkem. Využívají se rovněž i KLT boxy či gitterboxy. Řízení těchto vláček může být ruční nebo AGV či AMR. V hromadné výrobě pak najdou uplatnění i dopravníky. Dále pak lze dopravu rozdělit na vertikální a horizontální [17].

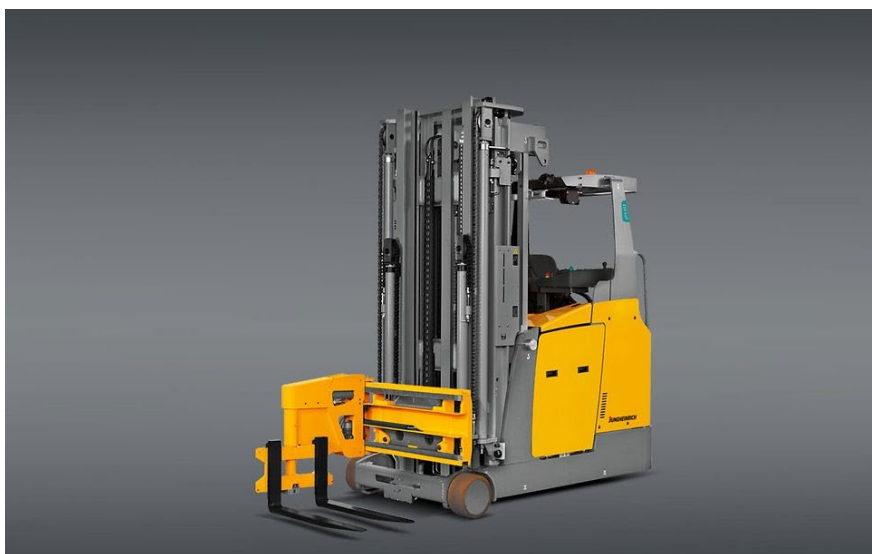
Zdvihací zařízení jsou nedílnou součástí mezioperační manipulace, zejména jedná-li se o těžká břemena. Dílenské jeřáby mohou být mostové, portálové či sloupové. Mostové jeřáby jsou běžným dílenským vybavením s obvyklou nosností do 25 t. Běžně se ve svařovnách či obrobkách využívají také jeřáby sloupové, pro celky o menší hmotnosti také mobilní portálové. Tyto jeřáby zpravidla realizují vnitroobjektovou a mezioperační dopravu [4].

Dalším rozšířeným dopravním prostředkem jsou vysokozdvížené vozíky, které mohou sloužit jak ve výrobní hale, tak ve skladě. Hlavní předností vysokozdvížných vozíků je jejich univerzální využití. Využití najdou jak při manipulaci s paletami ve výrobní hale, stejně tak ve skladech při ukládání palet do regálů. Mohou také posloužit jako hnací vozidlo manipulačních meziobjektových či vnitrohalových vláček a následně provést jejich nakládku a vykládku [4].



Obr. 18 Paletový vláček [47]

Vnitroskladovou dopravu může kromě již zmíněných vysokozdvížných vozíků zajistit také regálový zakladač. Tyto zakladače umožňují možnost automatizace. Dalšími manipulačními prostředky mohou být výtahy, uplatnění zde najdou i jeřáby (například sklad hutních polotovárů) [4].



Obr. 19 Regálový zakladač [48]

2.9.3 MANIPULAČNÍ PROSTŘEDKY

Manipulační prostředky prvního řádu jsou nadefinované jako manipulační prostředky s nosností do 15 kg. Může se jednat u různé krabice, přepravky či hojně rozšířené plastové boxy na spojovací materiál. Zejména tyto boxy jsou hojně využívány ve strojírenské výrobě. Jejich předností je možnost skládání na sebe či umístění popisku do přední části. Dělník tedy ví, kde se jím hledané šrouby nachází. Přeprava šroubku bez těchto manipulačních prostředků by byla dosti zdlouhavá a nákladná [18,20].



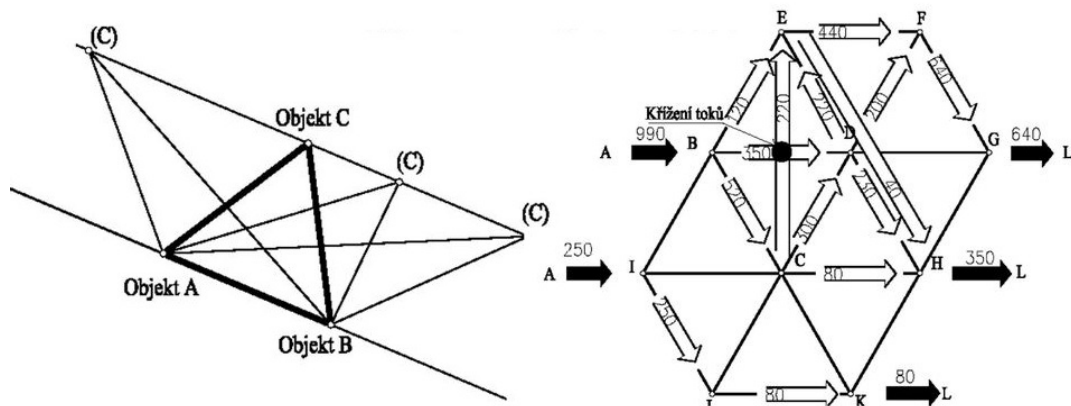
Obr. 20 Box na uložení spojovacího materiálu [49]

Nejrozšířenějším manipulačním prostředkem druhého řádu je tzv. europaleta. Její rozměry 1200 mm x 800 mm, nosnost od 1000 do 1500 kg jsou dány normou UNE-EN 13698-1. U nehybné palety je pak požadovaná nosnost daná normou až 4000 kg. Mezi přednosti europalet patří možnost snadného užití v kterémkoliv skladovacím systému. Její manipulaci lze zajistit libovolným vozíkem bez nutnosti úprav vozidla. Rovněž umožňuje využití v jakémkoliv skladovacím systému. Umožňuje lepší využití skladovací plochy a zjednodušené užití v částečně či plně automatizovaných skladech. Tato paleta není vhodná pro uskladnění rozměrově větších výrobků, naopak lze na ní snadno uskladnit rozměrově menší materiály [19].



Obr. 21 Europaleta [50]

Existují však ještě manipulační prostředky třetího řádu, které jsou tvořeny 10 až 44 manipulačními prostředky druhého řádu. Hmotnost těchto jednotek dosahuje až 40 tun. Jedná se obvykle o kontejnery, hojně využívané v kombinované nákladní dopravě. Jejich předností je snadná překládka z jednoho dopravního prostředku na druhý (například z lodě na železniční nákladní vozy či nákladní automobil) a tím výrazně urychlit přepravní proces k zákazníkovi [18,20].



Obr. 23 Návrh Layoutu pomocí prosté trojúhelníkové metody [52]

Další metoda je metoda těžiště, která vychází ze statiky. Proces tvorby touto metodou se zahajuje vytvořením tabulky s reprezentativními hodnotami. Následuje tvorba diagramu se svisle orientovanými silami včetně ramen sil a výpočet momentů k určenému bodu. Následně se podílem ekvivalentní silou získá výsledek umístění řešeného pracoviště napojeného na další pracoviště [21].

2.11 SIMULACE V LOGISTICE

Dynamická simulace v logistice je dnes hojně využívaný způsob pro dimenzování materiálových toků, optimalizaci procesů a správnou volbu a kapacitu dopravních a manipulačních zařízení. Zavádění změn do výroby je zpravidla spojeno s určitými a někdy nemalými riziky. Simulace napodobuje reálné chování reálného systému pomocí modelu v daném časovém období. Vhodným pomocníkem je zejména u diskrétních systémů, u nichž dochází k určitým změnám v určitém čase [22].

Druhým důležitým pojmem je model. Jedná se o zjednodušené znázornění dvou nebo třírozměrného systému ať už plánovaného nebo již existujícího. Odlišnost modelu od skutečnosti je pouze v předem stanoveném tolerančním poli [25].

Dalšími pojmy, se kterými se lze setkat v oblasti simulací logistických procesů, jsou pojmy Verifikace a Validace. Verifikací se rozumí proces kontroly a ověření správnosti řízení logiky modelu. Úkolem verifikačního procesu je zodpovědět si otázku, zda byl daný simulační model správně vytvořen. Validace pak popisuje opět kontrolní a ověřovací proces, avšak zabývá se otázkou, zda vytvořený model správně reprezentuje skutečný či plánovaný systém s dostatečnou přesností. Cílem obou těchto procesů je tedy získání co nejpřesnější simulace prováděné výpočetní technikou [25].

Výhodou simulace je možnost zrychlení plynutí času oproti skutečnosti. To umožňuje prohlédnout si navržený systém ve zrychleném režimu a prohlédnout jeho přednosti i nedostatky, a to zcela bez rizika. Důkladná analýza navrženého systému včetně porovnání několika navržených řešení minimalizuje riziko nesprávného rozhodnutí a z něj plynoucí důsledky v podobě neefektivních manipulačních prostředků, předdimenzované kapacity skladů či příliš mnoho úzkých míst [22].

Příloha P1 popisuje schéma správného užití dynamické simulace. Pro užitečnost a přesnost dynamické simulace je žádoucí dodržet předepsaný postup, jenž prokazatelně vede k snížení potenciálních chyb. Simulace se skládá z jednotlivých etap od zpracování projektu, určení problému, řešení analýz, sběr potřebných dat, přes experimenty až po realizaci získaného nejvhodnějšího řešení [22].

Na následujících řádcích je popsán slovně postup při tvorbě simulačního modelu.

- **Identifikace řešeného problému**
 - Nutnost co nejpřesněji popsat řešený problém, následně nadefinovat cíle (může se jednat o optimalizaci skladovacích ploch, využití vhodnějších manipulačních prostředků, úprava layoutu výrobní haly, aby co nejlépe na sebe výrobní operace navazovaly apod.).
- **Analýza současného stavu a sběr dat**
 - Je zapotřebí získat co největší objem dat o řešeném problému. Mělo by se jednat o podrobný popis materiálového toku, veškerých výrobních operací, průměrnou dobou provádění konkrétní výrobní operace, skladovací kapacity, počty pracovníků... Důležité je také identifikovat problémová či úzká místa.
- **Parametrizace procesu a popis vazeb**
 - Tato fáze obnáší detailní zmapování výrobního procesu, zmapování materiálových toků a popis veškerých systémových vazeb. Parametrizovat je také nutné tzv. stochastické jevy (poruchovost manipulačních a výrobních zařízení, nemocnost zaměstnanců aj.)
- **Provedení virtuálního modelu současného stavu**
 - V tomto bodě je celý logistický proces převeden do virtuální podoby v simulačním softwaru (např. Siemens Plant Simulation). Jde o postupné tvoření modelu, při kterém se do něj postupně zapracovávají veškeré výrobní procesy, skladovací procesy, doba jedné výrobní operace, počty zaměstnanců... Velmi důležitá je na závěr kontrola výstupních dat podle minulosti, což vede k zjištění reálnosti modelu.
- **Provedení experimentů a různých variant řešení**
 - Zásadní je co nejpreciznější zpracování, neboť se jedná o nejvýznamnější fáze celého procesu. Je vhodné vyhotovit větší počet variant, zvyšuje se tím naděje na nalezení optimálního řešení. Zapotřebí je také třeba brát finanční, prostorové i fyzikální možnosti.
- **Model budoucího virtuálního stavu**
 - Po vybrání dvou až tří optimálních variant z předchozí fáze se zahajuje zpracování virtuálního modelu budoucího stavu. Zde už se zapracovávají detailnější výrobní a logistické postupy a stochastické jevy.
- **Konečný výběr varianty**
 - Závěrem se důkladně zanalyzují výstupy ze simulace a vybere se nejvhodnější varianta s ohledem na prostorové, kapacitní a finanční možnosti zadavatele. Následuje realizace projektu. Po dokončení výstavby následuje zkušební provoz, při kterém dojde k vyladění nedostatků [22].

2.12 PROGRAMY PRO TVORBU SIMULACE

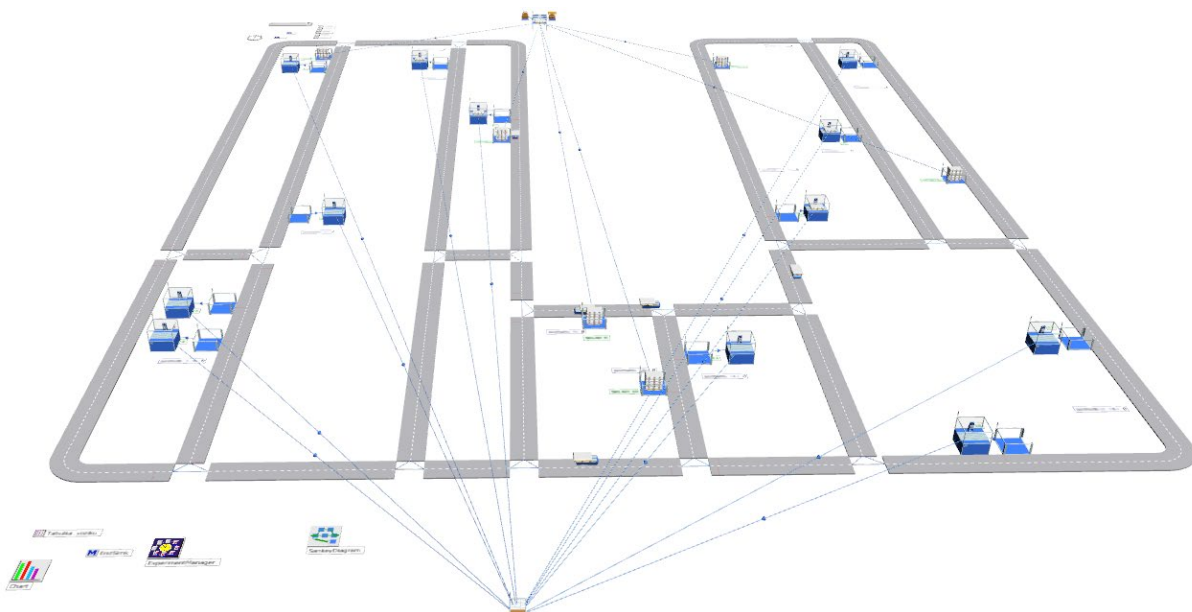
Existuje celá řada programů vhodných k řešení dynamické simulace v logistice běžících pod operačním systémem Windows. Příkladem využívaných softwarů může být DOSIMIS-3, eM-Plant, Witness a v neposlední řadě také Tecnomatix Plant Simulation. Praktická část této diplomové práce bude zpracovávána v Tecnomatix Siemens Plant Simulation, a z toho důvodu je mu věnována tato podkapitola [23].

2.12.1 TECNOMATIX PLANT SIMULATION

Tecnomatix Plant Simulation je software pro modelování dynamické simulace diskretních situací od firmy Siemens PLM Software. Tento software umožňuje vytvářet virtuální modely výrobních závodů, resp. jejich logistických procesů. Modely lze tvořit jak rovinné, tak prostorové. Na těchto modelech lze následně provádět celou řadu experimentů, různých situací v reálném i zrychleném čase simulace, bez ovlivňování případné stávající výroby v závodě. Tento software nenutí uživateli jedno konkrétní řešení, spíše se snaží zodpovědět otázku „Co se stane, když...“ [24].

Program je vybaven knihovnou již nadefinovaných objektů, které usnadňují tvorbu samotného modelu. Jedná se jak o objekty aktivní (manipulační a dopravní prostředky), tak pasivní (suroviny, materiál či palety). Tato knihovna umožňuje urychlit a zjednodušit tvorbu modelů. Uživatel nemusí vytvářet dlouhé skripty, ve kterých by definoval veškeré vlastnosti daného prvku, pouze vyplní požadované údaje ve vlastnostech prvku (například kapacitu skladu) [25].

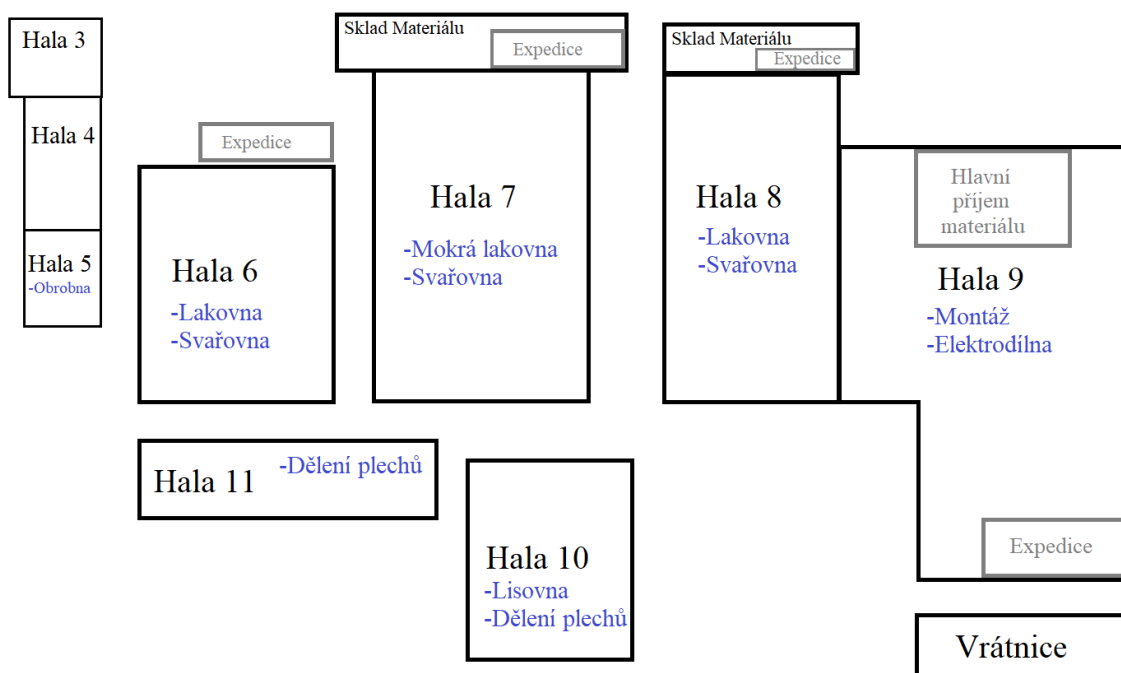
K programování jednotlivých prvků (vozíky, výrobní, sklady, řízení křižovatek...) lze použít tzv. metody. Jedná se o jednoduchý skript psaný programovacím jazykem SimTalk. V tomto skriptu pak lze popsat a regulovat celou škálu vlastností. Například dobu nakládky a vykládky palet, délku výrobních operací, včetně jejich preference, schopnost řídit křižovatky u vozíků, definovat jim rychlost a kapacitu, nebo řešit různé kolizní situace [25].



Obr. 24 Příklad modelu vytvořeného v softwaru Tecnomatix Plant Simulation [autor]

3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VE FIRMĚ

Tato kapitola pojednává o současném stavu výrobních procesů, materiálovém toku a kapacitách výroben a skladů. Pro správně provedenou optimalizaci a návrh nových tras materiálových toků je nezbytná důkladná analýza současného stavu ve výrobním závodě. Popsán zde je celý hlavní materiálový tok firmou, včetně vedlejších a také používání současných informačních prostředků, které jsou nedílnou součástí informačního toku.



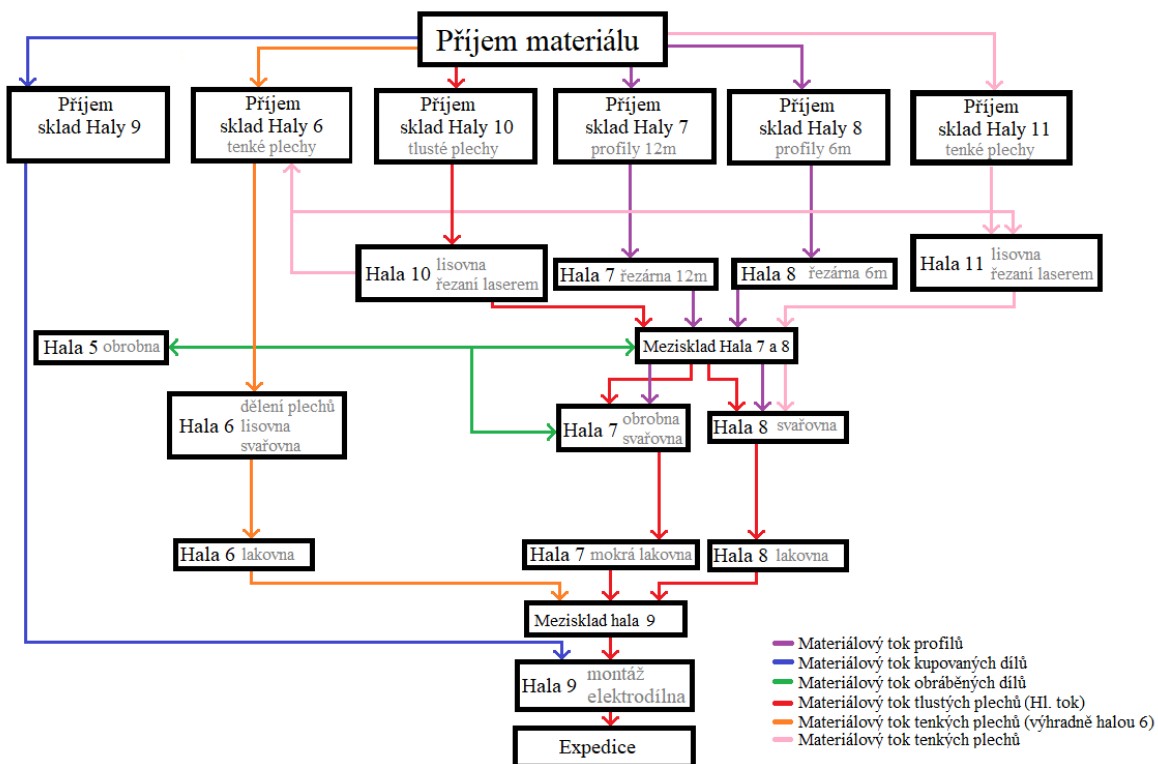
Obr. 25 Schéma výrobního závodu [autor]

3.1 MATERIÁLOVÝ TOK VÝROBNÍM ZÁVODEM

Tato podkapitola popisuje hlavní materiálový tok výrobním závodem od navážky materiálu až po expedici hotového výrobku k zákazníkovi. Náznorně jej popisuje obr.26. Na dodacích listech dováženého materiálu musí být uvedeno příjmové místo, ve kterém má být konkrétní díl doručen. V případě, že dodací list tuto informaci nemá, je zboží doručeno do největšího skladu na hale 9. Ve skladu haly 9 jsou zpravidla skladovány komponenty určené k montáži bez výrobních operací. Profily do délky 6 metrů jsou pak skladovány ve skladu hutních materiálů v zadní části haly 8, kdežto profily do maximální délky 12 metrů jsou uskladněny ve skladu na hale 7. Tyto profily jsou zpravidla následně nařezány v řezárně na halách 7 a 8 dle původní délky, následně míří do meziskladů na hale 7 nebo 8.

Za hlavní materiálový tok je v této práci považován ten s největším počtem výrobních operací. Doručen může být z hlavního interního skladu anebo přímo od dodavatele. Ten začíná na hale 10 pro tlusté plechy, respektive na hale 11 pro tenké plechy dle aktuálních výrobních kapacit. V halách 10 a 11 se provádí prvotní výrobní operace, jako je lisování či pálení plechů pomocí laseru. Po dokončení těchto operací následuje přesun do meziskladů v halách 6, 7 nebo 8 dle výrobního postupu.

V halách 7 a 8 se v současnosti nachází řízené mezisklady. Obráběné díly poté putují do obrobny na hale 5. Tato hala je vybavena pouze menším neřízeným skladem pouze pro aktuálně opracovávané díly. Jako příjmové místo této haly funguje příjmový sklad haly 7. Po návratu z haly 5 je díl opět uložen v meziskladech hal 7 nebo 8. Poté následuje svařování ve svařovnách. Svařovny hal 7 a 8 jsou navíc vybaveny svařovacím robotem. Po dokončení svařování jsou díly uloženy do neřízených meziskladů a následně lakovány. Po nalakování jsou díly uloženy v meziskladu haly 9, kde po vyskladnění probíhá v hale 9 finální montáž, instalace elektrických rozvodů apod. Po dokončení finální montáže a případném odzkoušení výrobku je výrobek odeslán zákazníkovi.



Obr. 26 Schéma materiálového toku výrobním závodem [autor]

Zatímco haly 7 a 8 jsou svým materiálovým tokem provázané, v meziskladech lze najít díly pro obě haly, hala 6 funguje víceméně samostatně. Materiál je přijímán příjmovým skladem buď přímo od dodavatele anebo již částečně opracované díly z hal 10 a 11. V hale 6 se nachází neřízený menší sklad a slouží výhradně pro potřeby uložení vyráběných dílů na této hale. Zde probíhá řezání a lisování, v neposlední řadě také svařování. Po svaření svařenců do jednoho celku následuje lakování a po něm přesun do meziskladu na hale 9, kde probíhá finální montáž a následně expedice.

3.2 INFORMAČNÍ TOK

Výrobní procesy a materiálový tok je potřeba řídit a korigovat správně fungujícím informačním tokem. Je zapotřebí mít správné a úplné informace o všech komponentech ve výrobě a uskladněném surovém materiálu, a to nejen ve kterém skladě či výrobní hale se aktuální díl nachází, ale také jaké výrobní operace na něm probíhají či budou probíhat. Pro evidenci skladovaných dílů a materiálu se používají programy AMS a WMS OSIRIS. Systém AMS je celopodnikový software pro ukládání dat o objednávkách, vyráběných i kupovaných dílech. Systém WMS OSIRIS je pak nadstavba systému AMS pro skladování. V systému WMS OSIRIS lze dohledat přesnou polohu konkrétních dílů a palet na skladech, kdežto AMS pouze ví, že se daný díl nachází v daném skladu [26,27,28].

Software AMS je software sloužící k uchování informací nezbytných pro efektivní řízení firmy. V systému je vedena každá vyráběná zakázka, včetně veškerých vyráběných i kupovaných dílů. V systému se vyskytují 2 základní pohyby materiálu, a sice materiál pouze kupovaný a materiál kupovaný s následnými výrobními operacemi.

Bgr.-Lager WMS History
BDE-Nr.: 25587529

Erfasst	Buchungsschlüssel	Bgr.-Lager	Menge
29.11.2022 11:43:12	Z	H11-PRI	1,000
29.11.2022 14:45:15	U-	H11-PRI	-1,000
29.11.2022 14:45:15	U+	TRAN	1,000
29.11.2022 14:45:15	U-	TRAN	-1,000
29.11.2022 14:45:15	U+	H8-PRI	1,000
29.11.2022 14:45:16	U-	H8-PRI	-1,000
29.11.2022 14:45:16	U+	H8-12	1,000
29.11.2022 14:45:16	E	H8-12	-1,000

Bgr.-Lager WMS History
BDE-Nr.: 25587530

Erfasst	Buchungsschlüssel	Bgr.-Lager	Menge
30.11.2022 16:11:28	Z	H8-12	1,000
01.12.2022 11:29:40	U-	H8-12	-1,000
01.12.2022 11:29:40	U+	H9-01	1,000

Obr. 27 Příklad pohybu vyráběného dílu v softwaru AMS [autor]

Obr.27 popisuje pohyb vyráběného dílu, který nejprve prodělal stříhání na nůžkách v hale 11, následovalo lakování v hale 8 a na závěr proběhla montáž na hale 9. Obr.28 pak popisuje nakupovaný díl, který byl rovnou použit v konkrétní zakázce.

Pos.	Artikel-Nr.	Auftrag	Bezeichnung	Bestellmenge
20	N100012	174783	Uebertriebsschwelle D35 KF4=1080 WB1=1134,5	200,000

WMS-Bewegungen

WMS-Auftrag: 636671 , WMS-Position: 20

WMS-Typ	WMS-Art	Buchungsdatum	WMS-Dokumenten-ID	WMS-Bestell-Menge	Erstellt am
PPI	WE	07.12.2022		50,000	07.12.2022 13:29:58
PPI	WE	07.12.2022		50,000	07.12.2022 13:30:07
PPR	WE	07.12.2022	282663	50,000	07.12.2022 14:05:55
PPR	WE	07.12.2022	282661	50,000	07.12.2022 14:07:15

Obr. 28 Příklad pohybu kupovaného dílu v softwaru AMS [autor]

Software WMS OSIRIS je informační systém, jenž umožňuje realizovat základní principy řízeného skladování. Mezi základní funkce tohoto programu patří plánování a řízení skladovacích procesů od příjmu, přes zaskladnění, po čase též vyskladnění až po expedici dílů. Tento systém má zpravidla aktivní roli při skladovacích procesech, je vybaven schopností plánovat, doporučit dané řešení a vyhodnocovat nahraná data. Skladníci tedy jen realizují manipulaci s materiálem, kterou program nařídí. Pro komunikaci mezi systémem a skladníkem se využívá čtečka čárových kódů [29].

Jako nosič informací se používají čárové kódy umístěné buď na konkrétním dílu nebo na paletě, ve které se díly nachází. Rovněž se čárové kódy nachází na každém regálu každého skladu. Veškerá manipulace s díly či paletami s uloženými díly musí být zaznamenána v informačním systému přečtením kódu. Veškeré výrobní operace se pak píší na tištěný dokument zvaný průvodka, která obsahuje informace, co se s daným dílem má provést na daném pracovišti. Zároveň průvodka obsahuje seznam všech pracovišť, na nichž se daný díl bude zpracovávat chronologicky dle výrobního postupu. Informace jsou rovněž v elektronické podobě uvedeny v informačním systému AMS.

BDE:	Nahrada k 0	PRŮVODKA		Vystavil
BDE		Popis dílu	AB/Polozie	
		Popis dílu CZ	Název	
Artikel				
DPA	Sklad	DKW	Výkres/ Výkres ext.	Index Formát
Barva			Množství	Termín
Gewicht	Typ krabicky/Poset kus.	Auftrag + polozie		

DÍLY ZE SKLADU						
POS	ARTIKEL	POPIS	BARCODE	Z-PO	TYP SKLAD	MNOŽSTVÍ

VÝROBNÍ POSTUP					
POS	STROJ	OPERACE	TERMIN	MNOŽSTVÍ	



OČ	DATUM,ČAS	1.KS	PK	VK

ODESLAT:

Obr. 29 Vzorová průvodka [53]

3.3 SKLADOVÁNÍ

V současné době je v závodu praktikováno decentralizované skladování a kombinace interního a externího skladování. Externí skladování v objektu kasárna, jež se nachází mimo výrobní závod, je používáno z důvodu nedostatečné kapacity současných skladů uvnitř výrobního závodu. Zároveň se využívají sklady řízené a neřízené. Řízené sklady jsou zpravidla kapacitnější sklady a využívají pro dlouhodobější uskladnění. Příjem materiálu probíhá na základě příjemky a následný výdej na základě výdejky. Řízené sklady se v současnosti nachází v halách 7, 8 a 9. Neřízené sklady pak plní funkci mezioperačních skladů. Jejich úloha spočívá v krátkodobém uložení dílů mezi jednotlivými výrobními operacemi na jednom pracovišti (např. svařovna).



Obr. 30 Paletový regál [autor]

V současné době se převážně využívají statické paletové regály. Setkat se s nimi lze ve všech výrobních halách, a to v řízených či neřízených skladech. Ve skladě haly 9 se pak lze setkat s posuvným paletovým regálem, jehož předností je úspora rozlohy skladu, avšak naskladnění a vyskladnění trvá déle, protože v tomto skladu je pouze jedna ulička. Pro uskladnění dílů větších rozměrů (nad rozměr europalety 1200 x 800 mm) se využívají krakorcové regály. Tyto regály jsou v současnosti ve skladech i meziskladech na halách, kde dochází ke zpracování či příjmu od dodavatelů rozměrově větších dílů.

Uskladnění drobného materiálu (například spojovací materiál, kabely apod.) probíhá v páternosterových regálech, které si firma vyrobila svépomocí. Jedná se buď o komponenty nevyráběné a zpravidla využívané až na hale finální montáže, tj. hala 9, anebo o drobné vyráběné komponenty. Drobný materiál je také nutné skladovat v místě spotřeby přímo na pracovištích. V těchto místech funguje zejména pro spojovací materiál technologie kanban, kdy ve stanoveném intervalu přichází pracovník dodavatele a doplní, co chybí. Od každého druhu materiálu jsou v regálu umístěny 2 přepravky a signální hladina je jedna prázdná přepravka.



Obr. 31 Krakorcový regál ve skladu u haly 9 [autor]

3.4 POUŽITÉ DOPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ PROSTŘEDKY

Pro správnou manipulaci s materiálem je zapotřebí vzít v úvahu vlastnosti daného materiálu a vyráběných dílů včetně jejich rozměrů a vyráběného množství. V následujících podkapitolách jsou popsány dopravní a manipulační prostředky využívané v současném stavu. Vzhledem ke skutečnosti, že v hranickém závodě je realizována zakázková výroba, jsou pro manipulaci s materiálem využívány nákladní automobily, jež realizují mimopodnikovou i vnitropodnikovou dopravu, a paletové vláčky. Mezioperační vnitrobjektovou dopravu pak zajišťují vysokozdvizné vozíky a jeřáby. Ve skladech manipulaci zajišťují vysokozdvizné vozíky čelní i boční.

3.4.1 MIMOPODNIKOVÁ DOPRAVA

Veškerá doprava, ať už závazka materiálů či odvoz hotových výrobků, je realizován výhradně silniční dopravou pomocí nákladních automobilů. Mimopodniková doprava je většinou zajišťována vozidly externích firem, přičemž dodavatelé se musí řídit vnitřními předpisy výrobního závodu. Každá objednávka materiálu musí mít řádný dodací list a vykládka probíhá v místě určeném na dodacím listě. Pokud dodací list neobsahuje místo vykládky, je vozidlo dodavatele odesláno do největšího příjmu [26].

3.4.2 MEZIOBJEKTOVÁ DOPRAVA

Meziobjektová doprava je v areálu výrobního závodu povolena pouze smluvními přepravci. Velkorozměrové díly jsou převáženy nákladními vozidly o délce 6,5 m a 13,5 m a nosnosti 4,6 t, resp. 24 t. Provoz těchto vozidel je pouze během ranní směny. Tato vozidla mají během nakládky a vykládky přednost před vozidly zajišťující mimopodnikovou dopravu. Obě vozidla mají výchozí bod před halou 7. Veškerá doprava větších dílů nad rozměr europalety musí být objednána alespoň hodinu předem [26].



Obr. 32 Nákladní automobily využívané k meziobjektové dopravě [54]

Přeprava rozměrově menších dílů je pak realizována tzv. vláčkem. K dispozici jsou vozíky o ložné ploše 2000 mm x 1400 mm o nosnosti 1800 kg. K dispozici je celkem 12 vozíků o kapacitě 6 standardních europalet. Souprava se skládá z až 4 vozíků a tažená je vysokozdvížným vozíkem. Ukládání palet do vozíku přistavené soupravy probíhá tak, aby každý naložený vozík měl palety s díly určenými na stejné místo vykládky (např. hala 8). Nakládka vozíků probíhá nejčastěji před halou 10, ve které probíhá tzv. prvovýroba (např. pálení, ohýbání, vrtání). Vláček nemá definovaný jízdní řád a jezdí po naplnění vozíků [26].



Obr. 33 Paletové vozíky při nakládce [autor]

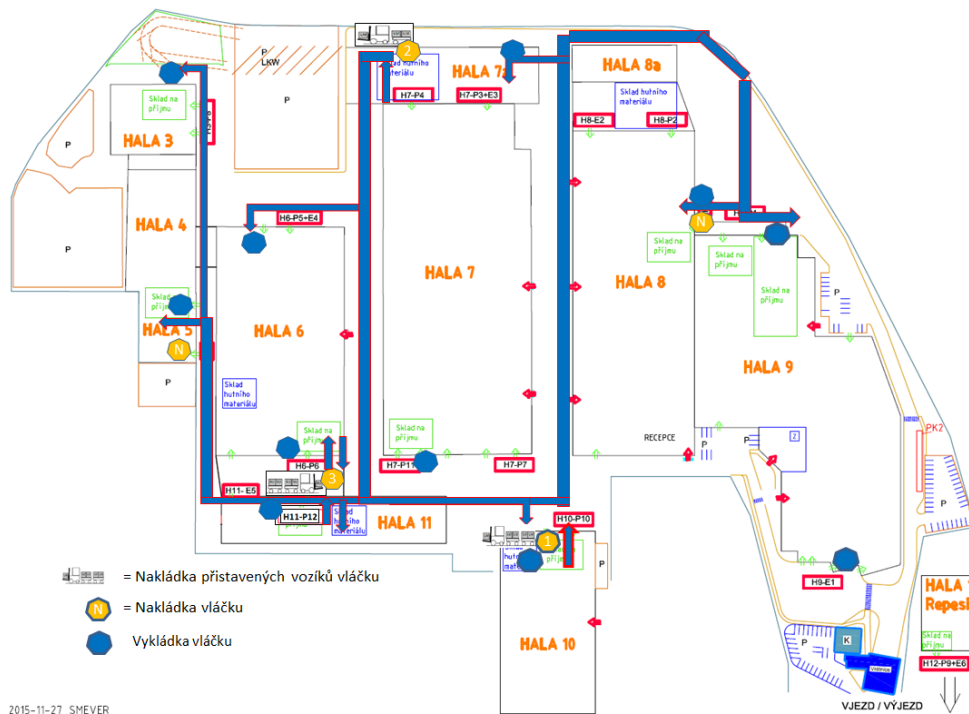
Přeprava rozměrnějších dílců nad rozměry europalety je realizována vozíkem 4CAT, který je tažený opět vysokozdvížným vozíkem. Takto řazená souprava může být kvůli užším uličkám v halách pouze jednovozová. Tento vozík má ložnou plochu 4550 mm x 1400 mm a nosnost 4 t. Tento vozík má rovněž výchozí bod před halou 10, v případě, že pro něj není využití, je odstaven před halou 6 [26].



Obr. 34 Vozík pro objemnější díly [autor]

3.4.3 TRASY VLÁČKŮ A NÁKLADNÍCH AUTOMOBILŮ VNITROPODNIKOVÉ DOPRAVY

Meziobjektové dopravní prostředky, ať už vláčky nebo nákladní automobily, mají danou trasu i místa nakládky a vykládky. Vzhledem k provozním nákladům je snaha využívat spíše paletové vláčky či vozík pro objemnější díly než nákladní automobily. V současném stavu vláčky nezajíždí do vnitřního prostoru výrobních hal a jejich vykládka probíhá na vstupních místech do jednotlivých objektů. V budoucím stavu dojde ke změně dopravního konceptu, včetně změny paletových vozíků, tahače i samotných tras [26].



Obr. 35 Současná Trasa meziobjektového vláčku [55]



Obr. 36 Současná Trasa nákladních automobilů [56]

Z Obr.35 a 36 znázorňujících trasy vnitropodnikových dopravních prostředků je vidět drobná odlišnost v trasách paletových vláček a nákladních automobilů. Hlavním rozdílem je využívání zadní cesty u nákladních automobilů. Je to zejména z důvodu nemožnosti otočit jednoduše nákladní automobil hned u přijímacího skladu haly 9. Další odlišnosti jsou v nakládacích a vykládacích místech. Nákladní automobily navíc obsluhují výdejové místo u haly 9 určené k nakládce již hotových výrobků. Dalším rozdílem je obsluha hal 10 a 11, která je realizována výhradně paletovým vláčkem.

3.4.4 VNITROOBJEKTOVÁ A MEZIOPERAČNÍ DOPRAVA

V rámci jedné haly se lze setkat s celou řadou manipulačních prostředků. Mezi nejrozšířenější patří vysokozdvizné vozíky a mostové jeřáby. Vysokozdvizné vozíky jsou poháněny plynovým či dieslovým motorem, nejrozšířenější jsou však vozíky elektrické. Zároveň jsou provozovány dva typy dle umístění zdvihací vidlice, jedná se o čelní a boční. Tyto vozíky zajišťují jak manipulaci ve skladech, tak i převoz palet mezi jednotlivými výrobními operacemi. Manipulaci s většími a těžšími dílci pak zajišťují mostové jeřáby s nosnostmi od 5 do 12 tun [26].



Obr. 37 Vysokozdvížený vozík firmy Jungheinrich [57]

Dalším hojně rozšířeným prostředkem je ruční paletový vozík. Slouží pro manipulaci s europaletami v rámci jednoho objektu, zpravidla pro manipulaci mezioperační. Jedná se o jednoduchý ručně poháněný vozík, jehož vidlice se nasune pod paletu, a následně pomocí pístu tlakem vzduchu se paleta zvedne nad podlahu. Po dokončeném převozu stačí jen vypustit vzduch a vyjet vidlicí z pod palety. Převážet paletovým vozíkem díly mezi halami není dle vnitřních předpisů firmy dovoleno.



Obr. 38 Ruční paletový vozík [autor]

V tomto výrobním závodě se využívá řada dalších atypických pomocných vozíků např. viz. Obr.39. Jedná se o pojízdný montážní stůl, který umožňuje dvě základní využití. Jednak je na něm možné sestavovat rozměrově menší díly v jeden celek a také je schopen v rámci jedné haly převážet na něm uložené díly díky pojezdovým kolům. Další funkcí těchto montážních stolů je možnost jich mít vícero za sebou např. 2 m od sebe a opracovávat dlouhé díly (př. vrtání profilů). Tyto stoly jsou využívány zejména v halách 7 a 8, kde probíhá svařování či řezání delších dílů, a rovněž také na hale 9, tedy v místě finální montáže.



Obr. 39 Pojízdný montážní stůl [autor]

3.4.5 MANIPULAČNÍ PROSTŘEDKY

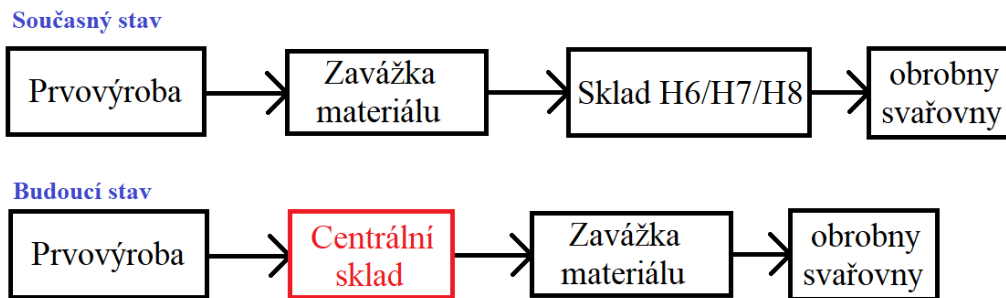
Ve firmě SSI Schäfer je nejčastěji využívána tzv. europaleta s ohrádkou. Tento manipulační prostředek je vhodný pro přepravu a manipulaci s díly nepřesahující rozměr europalety, tj. 1200 x 800 mm. Ohrádka má výšku 200 mm. Přeprava dílů přesahující výšku ohrádky je možná, jen je zapotřebí na to brát ohled při nakládce paletového vláčku. Tento manipulační prostředek výrazně zefektivňuje přepravu rozměrově menších dílů, jelikož přeprava jednotlivých dílů samostatně by byla časově i finančně náročná.



Obr. 40 Europaleta s ohrádkou [58]

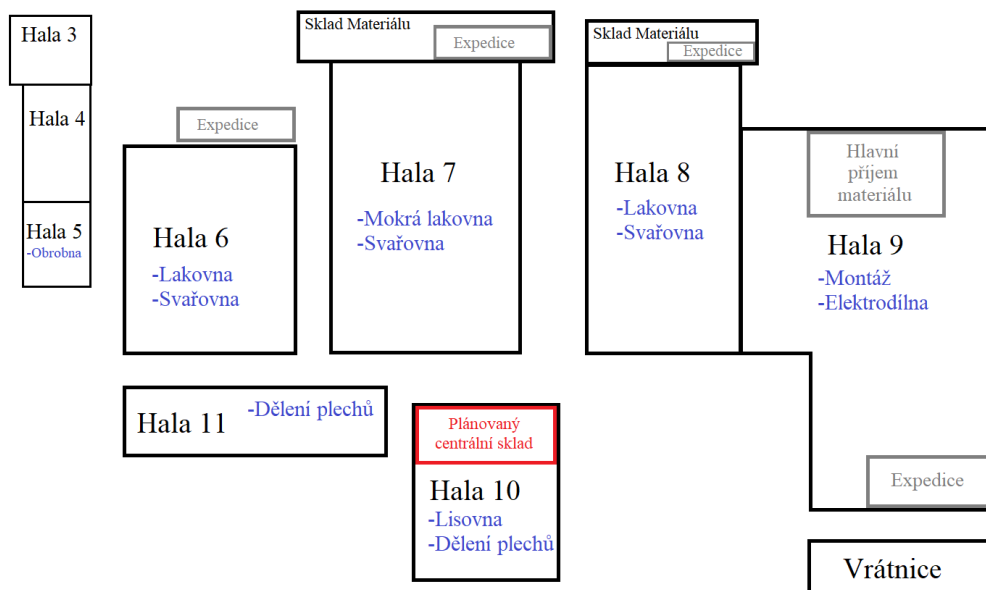
4 PŘÍPRAVA SIMULAČNÍ STUDIE

Jak již bylo zmíněno v úvodu kap.3 hlavním cílem simulační studie je koncepční návrh materiálového a informačního toku z plánovaného centrálního skladu do hal svařoven dle požadavků firmy SSI Schäfer. Rozdílnost současného a budoucího konceptu je názorně popsána v obr.41, kdy v současnosti jsou díly po prvotním zpracování převezeny na sklady jednotlivých hal a poté navezeny na pracoviště svařoven a obroben. V navrhovaném budoucím stavu pak prvotně zpracované díly půjdou do centrálního skladu, poté bude následovat závážka materiálu do hal svařoven a obroben rovnou na konkrétní pracoviště.



Obr. 41 Zjednodušené schéma materiálového toku [autor]

Největší pozornost je věnována halám 6, 7 a 8, protože v těchto halách dojde k největším změnám v layoutu. Z hlediska věnované pozornosti bude následovat hala 10, před kterou vznikne nový centrální sklad pro svařovny umístěné v halách 6, 7 a 8 a také pro obrobny umístěné v halách 5 a 7. V halách 6, 7 a 8 budou zachovány pouze méně kapacitní neřízené mezisklady, jež budou sloužit pouze pro dočasné uložení nadrozměrných dílů, případně také aktuálně zpracovávaných dílů. Zároveň v hale 10 bude nadále probíhat tzv. prvovýroba (pálení a ohýbání plechů, vrtání a lisování).



Obr. 42 Návrh umístění centrálního skladu [autor]

4.1 PŘÍPRAVNÉ PRÁCE PRO TVORBOU MODELU

Simulační studie byla zahájena tvorbou systémové analýzy. Nejprve bylo dle firemních layoutů provedeno rozmístění jednotlivých hal, podrobněji pak skladů, příjmových míst a pracovišť. Následně bylo sestaveno schéma současného a budoucího layoutu výrobního závodu, do nich byly vyznačeny body, kde budou probíhají metody nakládky/vykládky, a poté byly sestaveny tzv. pojmové modely, které posloužily jako podklad pro tvorbu metod v simulačním modelu. Zjednodušené schéma a pojmové modely dle přílohy P2 až P14.

5 SIMULAČNÍ MODEL

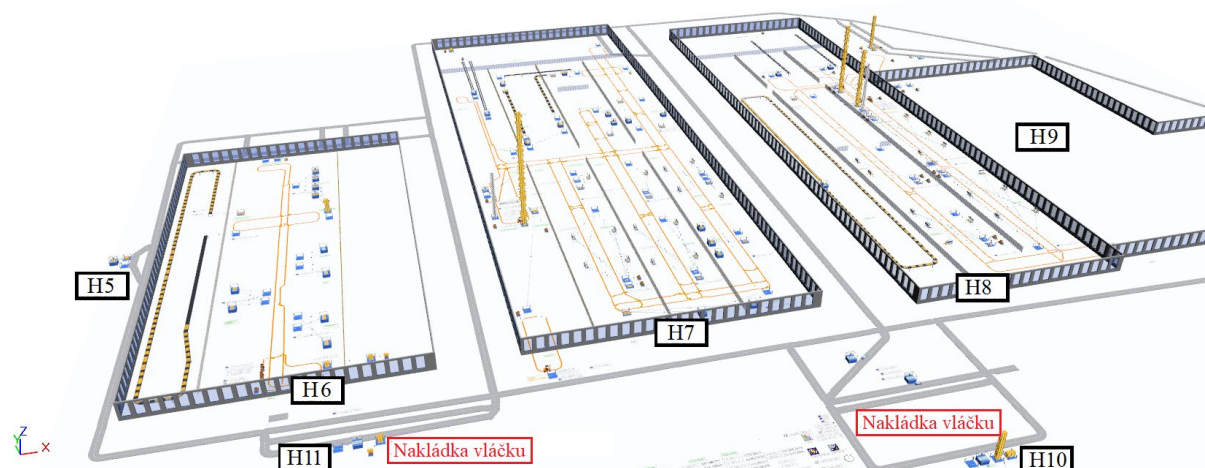
Návrh zavážkového okruhu byl řešen dynamickou simulací v softwaru Tecnomatix Plant Simulation od společnosti Siemens. Vytvořeny byly dva modely, jeden zachycující současný stav ve firmě a druhý, v němž byly navrhovány jednotlivé budoucí výrobní scénáře, ze kterých byl následně vybrán ten nejvhodnější. Oba modely byly hlavně zaměřeny na zavážku materiálu od hal 10 a 11 do hal 6, 7 a 8, doplňkově také na halu 5. Pro kompletnost byla nasimulována také přeprava plechů k otryskání z hal 7 a 8 na halu 10. Vnitroobjektová manipulace s materiálem byla řešena pouze u hal 6, 7 a 8, kterých se prováděné změny nejvíce týkají. Ostatní haly byly reprezentovány pouze jediným prvkem (Station) s potřebnou parametrizací směnového režimu a průměrné doby výroby jednoho dílu na těchto halách. Příjem, respektive výdej materiálu do/z této haly byl v modelu řešen pomocí zásobníku (Bufferu).

Byla provedena simulace zavážkového okruhu pro období o délce 3 měsíců, což lze vzhledem k charakteru výroby považovat za dostatečné, přičemž do statistik nebyl započítán první den simulace z důvodu zkreslených dat způsobených rozběhem simulace. Celou simulaci pak řídí prvek „EventController“, ve kterém je délka simulace i sběr statistik nastaven. Dále bylo nutné nastavit směnový kalendář (v SW Plant simulation prvek ShiftCalendar), který zajistí kontrolu nad během simulace podle nastavené směnovosti. V řešených simulačních modelech byl nastaven na ranní a odpolední směny v pracovní dny pro veškeré transportéry a stanice v simulačním modelu. Bez tohoto prvku by veškeré procesy v modelu běžely nepřetržitě po celou dobu simulace, což by neodpovídalo skutečným poměrům v řešeném výrobním závodě.

Oba modely obsahují také 3 speciální metody (Init, Reset a EndSim). Metoda Init je spuštěna vždy při začátku simulace a je využita k vytvoření transportérů představujících paletové vláčky a vytvoření prvotní poptávky nezbytné pro správný rozběh modelu. Metoda Reset, spouštěná vždy při resetování simulace, slouží k vynulování všech tabulek a také nastavení všech globálních proměnných do výchozího stavu. Metoda EndSim spouštěná při ukončení simulace pak slouží k zápisu sledovaných hodnot do tabulek či globálních proměnných, jež poskytují statistická data pro následné vyhodnocení.

5.1 SIMULAČNÍ MODEL SOUČASNÉHO STAVU

Po dokončení přípravných prací byla zahájena tvorba modelu současného stavu. Simulační model současného stavu mapuje pohyb palet a dílů od hal prvovýroby (H10 a H11) do meziskladů hal svařoven (H6, H7 a H8) a v neposlední řadě také dopravu z halových meziskladů na konkrétní pracoviště. Doprava materiálu je tedy rozdělena na meziobjektovou a vnitroobjektovou. Meziobjektovou dopravu je zajišťována paletovými vláčky a vozíkem pro nadrozměrné díly. Tyto dopravní prostředky jsou v modelu reprezentovány transportéry s nadefinovanou rychlostí a se zanedbáním zrychlení a zpomalení transportérů. Vnitroobjektová doprava je pak mapována z halových meziskladů hal 6, 7 a 8 na konkrétní pracoviště a je zajišťována vysokozdvíhnými vozíky, které rovněž zajišťují i mezioperační dopravu. Pro zjednodušení byly v tomto modelu izolovány (nepropojeny) vnitroobjektové trasy s těmi vnějšími, protože paletové vláčky mají zakázaný vjezd do výrobních hal, a naopak meziobjektová doprava je zakázána vysokozdvíhným vozíkům.



Obr. 43 Simulační model současného stavu ve firmě [autor]

Informační tok je v modelu současného stavu zajištěn pomocí čtyř tabulek, kdy jedna je určena pro meziobjektovou dopravu a zbylé tři slouží halám 6, 7 a 8. Do těchto tabulek jsou zapisovány odvolávky z pracovišť. Přičemž zápis do meziobjektové tabulky není umožněn je-li paletový vláček na trati. Tabulka je tvořena 4 sloupci, kdy první obsahuje názvy příjmových míst a do dalších se zapisují odvolávky konkrétního typu dílu, podle aktuálních potřeb dané výrobní haly. Logika řízení zároveň zajišťuje ochranu před tzv. dvojitou jízdou, kdy by teoreticky jednu odvolávku realizovaly 2 vozíky. U vnitrohalových tabulek je také bráno v potaz pořadí odvolávek.

Tab. 1 Tabulka řešící poptávky konkrétních dílů konkrétních hal [autor]

	string 0	integer 1	integer 2	integer 3
string	Stanice	pocet_dilu_H10	pocet_dilu_H11	pocet_velke_dily
1	H7_prijem	6	4	3
2	H6_prijem	6	3	2
3	H5_prijem	3	1	0
4	H5_export	4	0	0
5	H7_prijem_obrobna	4	0	0
6	H8_prijem	1	4	1
7				
8	H11_prijem	0	0	0
9	H11_export	0	0	0

Vnitrohalové tabulky jsou také vybaveny kontrolou před tzv. dvojitými jízdami. Po každé nakládce dílu ve skladu probíhá pomocí metody kontrola, zda už k danému pracovišti není na cestě jiný vozík. Pokud jsou splněny podmínky, že pracoviště požaduje díl a žádný jiný vozík není na cestě k němu, proběhne zápis do tabulky, že je přeprava v realizaci a přeprava proběhne. U daného pracoviště proběhne vykládka a zápis do tabulky, že byl požadavek na tento díl uspokojen a přeprava již není realizována. Pracoviště si poptávky na díl zapisuje pomocí metody pokaždé, když z příjmového zásobníku odejde díl na pracoviště.

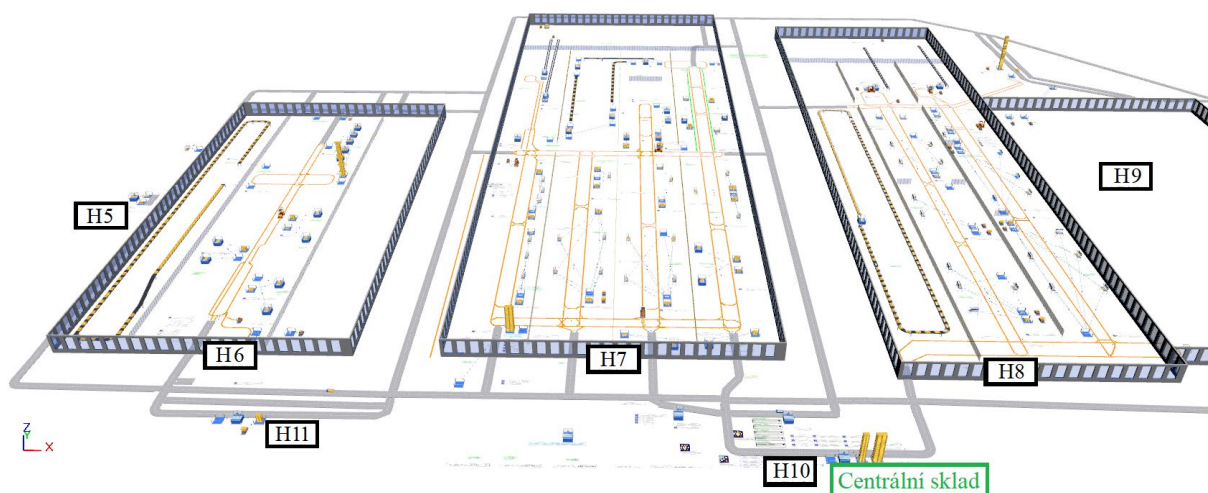
Tab.2 Tabulka řešící poptávky dílů v hale 6 [autor]

	string 0	integer 1	integer 2
string		v_poptavka_dilu	v_vuz_na_ceste
1	H6_prijem	0	0
2	H6_mezisklad_vysekavacka_vstup	3	1
3	H6_mezisklad_vysekavacka_vystup	0	0
4	H6_mezisklad_vysekohyb_vstup	2	0
5	H6_mezisklad_vysekohyb_vystup	0	0
6	H6_mezisklad_laser_vstup	1	1
7	H6_mezisklad_laser_vystup	0	0
8	H6_mezisklad_paletovy	0	0
9	H6_svarovna_vystup	0	0
10	H6_mezisklad_lakovny_vstup	0	0
11	H6_mezisklad_lakovny_vystup	0	0

5.2 SIMULAČNÍ MODEL BUDOUCÍHO STAVU

Po dokončení a odzkoušení modelu současného stavu byl vytvořen model plánovaného budoucího stavu ve výrobním závodě se zpracovanými požadavky od firmy. U haly 10 byl nově uvažován centrální sklad a paletové vláčky začaly nově zajíždět do vnitřních prostor jednotlivých hal svařoven. Koncept přepravy nadrozměrných dílů zůstal beze změny, z důvodu obtížné manipulace v zatáčkách cest uvnitř výrobních hal. Zvažované paletové vláčky a vozík pro nadrozměrné díly je v tomto modelu analogicky reprezentován transportéry se zanedbáním zrychlení a zpomalení transportéru. Vysokozdvíhým vozíkům tedy odpadla povinnost zavážet materiál z mezikladů na halách na kontrétní pracoviště. Nově zajišťují pouze rozvoz nařezaných profilů z řezáren na halách 7 a 8 do svařoven, odvoz dílů ze svařoven do lakovny a na hale 7 také převoz obráběných dílů z obroben do svařoven. Uvolněné místo po zrušených mezikladech bylo využito pro rozšíření výrobních kapacit svařoven, případně obroben. Zároveň však na halách zůstal menší nežřízený sklad pro uložení nadrozměrných dílů či dílů vyčkávajících další zpracování.

V tomto modelu byly využity stejné prvky znázorňující skutečnou výrobu jako v modelu současného stavu. Model už však má venkovní pozemní komunikace propojeny s vnitrohalovými cestami, což pro řešení modelu přináší několik úskalí. Prvně bylo nutné vysokozdvíhým vozíkům zakázat cesty do vnějšího prostoru mimo halu. Druhou zapovězenou činností byl naopak vjezd vozíku pro nadrozměrné díly do vnitřních prostor. To je řešeno řízenými křižovatkami, kdy metody při spuštění projíždějícím vozíkem zjistí, zda se jej týká nějaká omezení pohybu a případně zajistí jeho vychýlení ze zamýšlené zapovězené trasy. Aby nedošlo ke ztrátě původního cíle, je tento cíl nahrán do proměnné přímo v transportéru. Na výjezdu z křižovatky je poté spuštěna metoda, která zajistí navrácení původního cíle uloženého do proměnné transportéru a pošle jej do dané destinace.



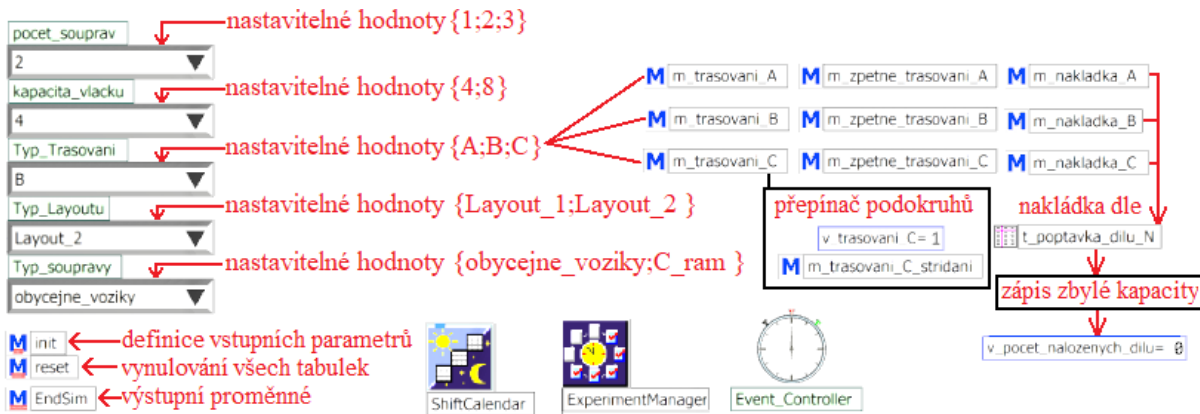
Obr. 44 Simulační model budoucího stavu ve firmě [autor]

Pro sledování odvolávek jsou v modelu budoucího stavu použity již pouze dvě tabulky, kdy jedna slouží pro díly do velikosti europalety, jejichž přepravu zajišťuje paletový vřáček, a také vysokozdvizný vozík, jenž zajišťuje vnitrohalovou přepravu poptávaných nařezaných profilů. Druhá tabulka pak obsahuje informace o aktuální poptávce nadrozměrných dílů na konkrétní hale.

Tab.3 Výňatek tabulky poptávky dílu do velikosti europalety [autor]

string	integer	integer	integer	integer	integer	integer	integer
0	1	2	3	4	5	6	7
string	poptavka	skutecne nalozeno	zpetna jizda	preprava v realizace_zdvizka	preprava v realizaci_vozik_S1	preprava v realizaci_vozik_S2	preprava v realizaci_vozik_S3
1							
2	H6_prijem	0	0	0	0	0	0
3	H6_mezisklad_vysekavacka_vstup	3	2	0	0	1	0
4	H6_mezisklad_vysekohyb_vstup	3	2	0	0	1	0
5	H6_mezisklad_laser_vstup	3	1	0	0	0	1
6	H6_mezisklad_paletovy	0	0	1	0	0	0
7	H6_svarovna_vystup	0	0	0	0		
8	H6_mezisklad_lakovny_vystup	0	0	0	0		

Tab.3 ukazuje výňatek z tabulky řešící závazku materiálu ve firmě. Do prvního sloupce si jednotlivá pracoviště zapisují své požadavky na konkrétní díl. Protože může nastat situace, kdy pracoviště požaduje například 3 palety s díly, ale volná kapacita soupravy jsou již pouze 2 palety, při odjezdu z centrálního skladu proběhne zápis, kolik dílů skutečně vřáček pro daná pracoviště veze. Sloupec 3 pak slouží pro zaznamenání obsluhy daného pracoviště pro nasimulování vysbírávání odpojených vozíků u pracovišť. Navrhovaný koncept závazku spočívá v tom, že u pracoviště se odpojí vozík a ručně se posune mimo uličku, následně si paletu s díly převezme pracoviště a zanechá prázdný vozík, který si tahač při zpětné jízdě vyzvedne zpět a odveze do centrálního skladu. Sloupce 4 až 7 pak slouží jako ochrana před dvojitou jízdou, přičemž sloupec 4 využívají vysokozdvizné vozíky, sloupce 5 až 7 paletové vřáčky, přičemž každý vřáček (v modelu pojmemovaný S1, S2 a S3) využívá pouze jeden a svůj vlastní sloupec. Obsluhu daného pracoviště provede pouze, pokud pracoviště požaduje paletu s díly a zároveň tam žádný další vřáček v danou chvíli nejede.



Obr. 45 Řízení simulačního modelu budoucího stavu [autor]

Zatímco simulační model současného stavu měl pouze jednu variantu scénáře a k jeho ovládní stačil prvek EventController a ShiftCalendar, model stavu budoucího vyžadoval již složitější nastavení. Pomocí prvku DropDownList byly nastaveny různé varianty scénářů dle nastavitelných parametrů (podrobněji viz. kap.7 a příloha P18). Dále na obr.45 lze vidět metody nakládky, trasování a tzv. zpětného trasování. Tyto metody obsahují v samotném názvu rozlišení (A, B a C) a spouští podle aktuálního nastavení DropDownListu „Typ_Trasovani“. Tyto metody mají seřazena jednotlivá pracoviště podle daného směru trasování (viz. kap. 6.2). Trasování C je ještě řízeno proměnnou „v_trasovani_C“, která zajišťuje přepínání jednotlivých podokruhů (podrobněji v kap. 6.2).

Během nakládky probíhá dále zápis do globální proměnné „v_pocet_nalozenych_dilu“. Na počátku se zapíše kapacita transportéru, poté s každým naloženým dílem probíhá odečet dle počtu naložených dílů. To umožňuje během nakládky kontrolovat zbývající volnou kapacitu, ve vyvinuté logice modelu to pak slouží jako signál, že při vyčerpané kapacitě transportéru již neprobíhá nakládka a dojde k ukončení metody nakládky.

5.3 VERIFIKACE A VALIDACE MODELU

Pro správnost simulačního modelu je nezbytné provést kontrolu správnosti modelu a položit si otázky, zda je model vytvořen správně a zda je vytvořen správný model. Oba tyto úkony je nezbytné provést pro správně a smysluplně provedenou simulační studii. Prvně však proběhla kontrola rozmístění pracovišť dle přiložených layoutů od firmy SSI Schäfer.

5.3.1 VERIFIKACE

Verifikace modelu probíhala postupně během jeho samotné tvorby pomocí breakpointů, které umožňují zastavit simulaci na daném řádku konkrétní metody a následně je další postup v kódu odkrokován. Díky tomu je možné odhalit, jak se model chová a vyladit chyby v logice. Dalším nástrojem, který umožňuje odkrokování je příkaz „debug“. Pro odhalování a vyladování rozsáhlejších nedostatků v logice je vhodné využít funkci „Stop on Controls“, jež zajistí pozastavení simulace a následně je nutné odkrokování každé metody, která je během simulace spuštěna.

5.3.2 VALIDACE

Validace byla provedena pro veškeré zavážecí okruhy, v této práci je však podrobněji popsán pouze jeden rozvoz materiálu z haly 10 na příjmová místa ostatních hal. Model pro tuto kontrolu musel být patřičně upraven, protože vzhledem k mnoha vzájemně se ovlivňujícím parametrům, nelze adekvátně porovnat statické výpočty s proměnnými časy operací, které je možné v softwaru Tecnomatix Plant Simulation nastavit. Model byl tedy pro účely této kontroly vybaven konstantními hodnotami, při kterých je možné hodnoty porovnat s analytickým výpočtem. Při validačním výpočtu je uvažována situace, kdy přijede prázdná souprava na místo nakládky a celá doba jedné jízdy zavážkovým okruhem je provedena dle parametrů viz. Tab.4.

Tab. 4 zadané hodnoty pro statický výpočet [autor]

Počet palet [-]				Doba nakládky jedné palety [s]	Doba vykládky jedné palety [s]	Rychlost vláčku [m·s ⁻¹]	Celková dráha vozíku [m]
H7	H6	H5	H8				
6	6	3	6	20	20	2,77	1292

Tab.5 Výsledky ze simulace pro validaci modelu [autor]

	string 0	datetime 1	integer 2	datetime 3
string	název skladu	čas příjezdu/odjezdu do skladu	aktuální počet dílů ve vláčku	doba pobytu ve skladu při nakládce/vykládce
1	H10_export_prij	2020/01/01 06:00:43.8242	0	
2	H10_export_odj	2020/01/01 06:07:43.8242	21	2020/01/01 00:07:00.0000
3	H7_prijem_prij	2020/01/01 06:08:34.3843	21	
4	H7_prijem_odj	2020/01/01 06:10:34.3843	15	2020/01/01 00:02:00.0000
5	H6_prijem_prij	2020/01/01 06:10:51.0991	15	
6	H6_prijem_odj	2020/01/01 06:12:51.0991	9	2020/01/01 00:02:00.0000
7	H5_prijem_prij	2020/01/01 06:13:32.3825	9	
8	H5_prijem_odj	2020/01/01 06:14:32.3825	6	2020/01/01 00:01:00.0000
9	H8_prijem_prij	2020/01/01 06:17:11.5197	6	
10	H8_prijem_odj	2020/01/01 06:19:11.5197	0	2020/01/01 00:02:00.0000
11	H10_export_prij	2020/01/01 06:22:28.8775	0	

Tab. 5 popisuje získaná data pro validaci modelu. Z tabulky lze vyčíst vícero údajů. První sloupec popisuje názvy jednotlivých příjmových míst (skladů) hal svařoven a obroben a halu 10 (prvovýroba), kde probíhá nakládka transportéru. V druhém sloupci je zaznamenán přesný čas, kdy transportér přijel na dané příjmové místo a kdy přesně odjel. Rozdílem času příjezdu prázdného transportéru zpět k H10 a příjezdem k místu nakládky lze určit celkovou dobu jednoho zavážkového okruhu. Třetí sloupec popisuje, kolik palet s díly má naložen transportér na příjezdu či odjezdu u daného příjmového skladu (např. k H7 přijel s 21 paletami a odjel již jen s 15 paletami). Získaná data ze simulace jsou následně porovnána v Tab.6 s analyticky vypočtenými hodnotami. Statický výpočet doby trvání jednoho zavážecího okruhu je pak určen součtem doby jízdy, nakládky a vykládky.

Dále lze z difference času příjezdu a odjezdu k danému příjmovému místu (skladu) zjistit (dle druhého sloupce tabulky), kolik času strávil vláček nakládkou či vykládkou u daného příjmového místa. Tato hodnota je zaznamenána ve čtvrtém sloupci tabulky, vždy v odjezdovém řádku daného skladu. Z rozdílu počtu naložených dílů v soupravě na příjezdu a na odjezdu z daného příjmového místa lze zjistit, zda byl naložen či vyložen správný počet dílů.

Níže je popsán analytický výpočet doby trvání jednoho zavážkového okruhu, doba nakládky všech dílů u H10_export a doba vykládky požadovaného počtu dílů na příjmových místech H7_příjem, H6_prijem a H8_prijem.

Statický výpočet pro výpočet doby trvání jednoho zavážecího okruhu:

$$t_c = t_j + t_{nc} + t_{vc} \quad [s] \quad (1)$$

$$t_c = \frac{s}{v} + (n_7 + n_6 + n_5 + n_8) \cdot t_n + n_7 \cdot t_v + n_6 \cdot t_v + n_5 \cdot t_v + n_8 \cdot t_v$$

$$t_c = \frac{1292}{2,77} + (6 + 6 + 3 + 6) \cdot 20 + 20 \cdot 6 + 20 \cdot 6 + 3 \cdot 20 + 6 \cdot 20$$

$$t_c = 1306,534 \text{ s}$$

$$t_c = \mathbf{21,77 \text{ min}}$$

Kde:

t_c ... celkový čas jedné jízdy zavážky [s]

t_j ... čistá doba jízdy vláčku [s]

t_{nc} ... celková doba nakládky [s]

t_{vc} ... celková doba vykládky [s]

t_n ... doba nakládky jednoho dílu [s]

t_v ... doba vykládky jednoho dílu [s]

n_7 ... počet dílu k přepravě pro halu 7 [-]

n_6 ... počet dílu k přepravě pro halu 6 [-]

n_5 ... počet dílu k přepravě pro halu 5 [-]

n_8 ... počet dílu k přepravě pro halu 8 [-]

Tab. 6 Porovnání výsledků získaných výpočtem a ze simulačního modelu [autor]

	Výsledná hodnota doby trvání jednoho zavážkového okruhu [hh:mm:ss.ssss]
Simulace	00:21:44.9467
Výpočet	00:21:45.2244
Rozdíl	00:00:00.2777

Z výsledků dle Tab.6 vyplývá, že rozdíl je necelých 0,3 s což lze brát za dostatečnou přesnost a model lze považovat z tohoto hlediska za validovaný. Odchylna vznikla chybami při zaokrouhlování či při převodu jednotek času u analytického výpočtu. Analogicky byl proveden tento výpočet pro veškeré výrobní scénáře.

Analytický výpočet pro výpočet doby nakládky:

$$t_{nc} = (n_7 + n_6 + n_5 + n_8) \cdot t_n \quad [s] \quad (2)$$

$$t_{nc} = (6 + 6 + 3 + 6) \cdot 20$$

$$t_{nc} = 420 \text{ s}$$

$$t_{nc} = 7 \text{ min}$$

Analytický výpočet pro výpočet doby vykládky na hale 7:

$$t_{vcH7} = n_7 \cdot t_v \quad [s] \quad (3)$$

$$t_{ncH7} = 6 \cdot 20$$

$$t_{ncH7} = 120 \text{ s}$$

$$t_{ncH7} = 2 \text{ min}$$

-analogicky byly provedeny výpočty pro dobu vykládky na hale 6 a 8.

Analytický výpočet pro výpočet doby vykládky na hale 5:

$$t_{vcH5} = n_5 \cdot t_v \quad [s] \quad (4)$$

$$t_{ncH5} = 3 \cdot 20$$

$$t_{ncH5} = 60 \text{ s}$$

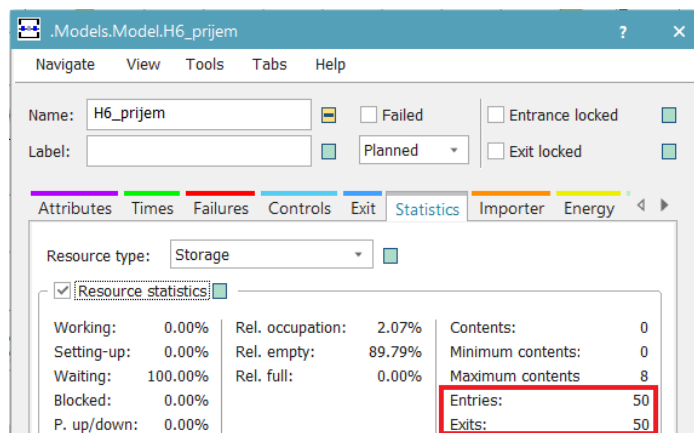
$$t_{ncH5} = 1 \text{ min}$$

Tab. 7 Porovnání výsledků simulace a analytického výpočtu doby nakládky a vykládky [autor]

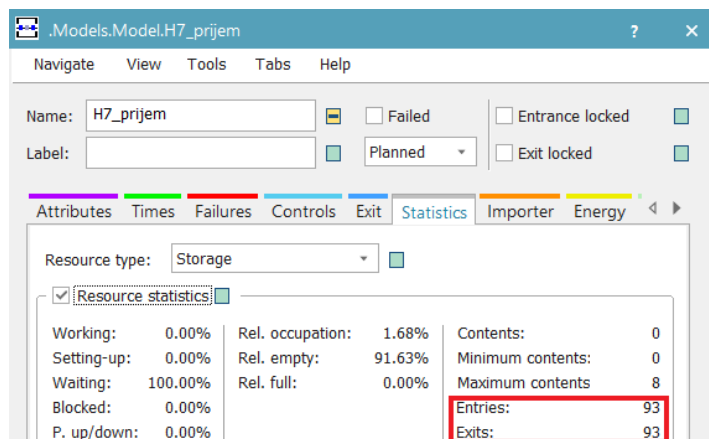
	Výpočet	Simulace
Doba nakládky	00:07:00.0000	00:07:00.0000
Doba vykládky H6, H7 a H8	00:02:00.0000	00:02:00.0000
Doba vykládky H5	00:01:00.0000	00:01:00.0000

Z hodnot dle Tab.7 plyne, že doba nakládky dle analytického výpočtu a dle simulačního modelu je podle zadaných parametrů shodná, z čehož lze usoudit, že simulační model je validovaný.

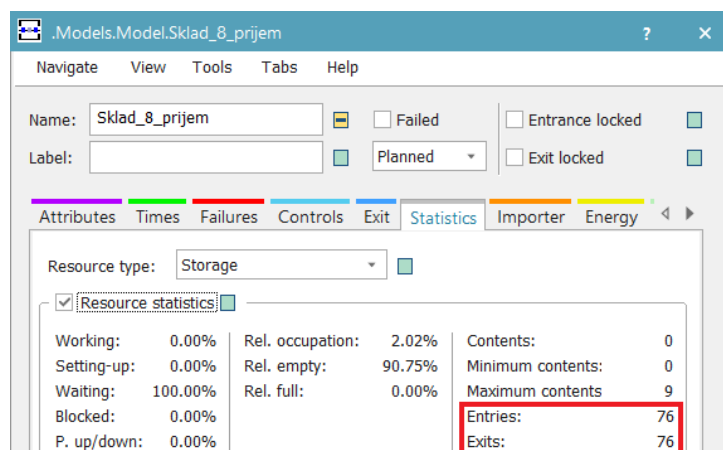
Další provedená validační kontrola byla zaměřena na počet přepravených palet za den do příjmových skladů hal svařoven. Porovnána byla data získaná od firmy viz. Tab.8 a data ze simulačního modelu, ve kterém bylo ověřeno období 1 provozní den. Data ze simulačního modelu pak byla získána ze statistik příjmových skladů hal svařoven (H6, H7 a H8) viz. obr.46-48. Červeně zvýrazněný údaj v obr.46-48 ukazuje počet přijatých a vydaných palet z daného skladu. Tyto údaje byly pro přehlednost zapsány do Tab.8 a porovnány se skutečnými daty.



Obr. 46 Statistika příjmového skladu haly 6 [autor]



Obr. 47 Statistika příjmového skladu haly 7 [autor]



Obr. 48 Statistika příjmového skladu haly 8 [autor]

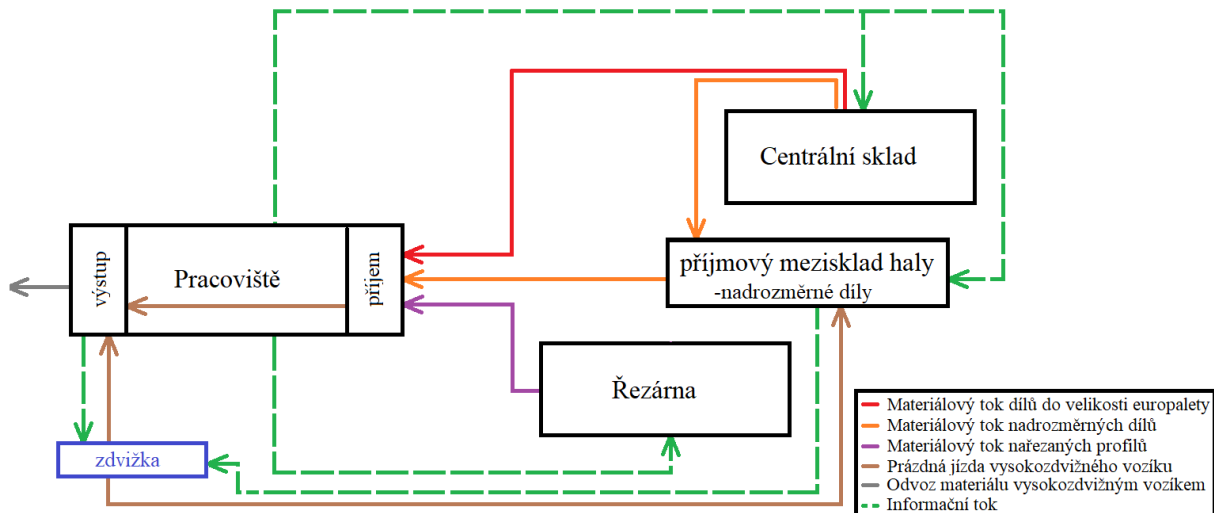
V Tab.8 lze vidět, že se v simulačním modelu rovnají počtu přepravených palet ve skutečnosti. Dle provedených validačních kontrol lze model považovat za validovaný.

Tab. 8 Porovnání počtu zpracovaných dílů dle skutečnosti a dle simulačního modelu [61]

Hala	Počet zpracovaných dílů za den – skutečnost [ks]	Počet zpracovaných dílů za den – simulace [ks]
H6	50	50
H7	93	93
H8	73	73

5.4 NÁVRH LOGIKY ŘÍZENÍ KOMPONENT

Nezbytnou součástí správně fungujícího modelu je správně navržená logika řízení a odvolávky. Obr.49 popisuje schéma materiálového a informačního toku mezi navrhovaným centrálním skladem, řezárnami, konkrétními pracovišti a také dopravními prostředky jako jsou paletové vřáčky a vysokozdvizné vozíky. Pro ilustraci je na Obr.49 uvedeno pouze jedno pracoviště a jedna řezárna, jelikož všechna pracoviště fungují na stejném principu. V simulačním modelu je provedeno zjednodušení informačního toku na zápis poptávky dílů a jízd vozíku do tabulek.



Obr. 49 Navrhovaná logika řízení komponent v manipulačním systému [autor]

Na Obr.49 je zobrazen náčrt zjednodušeného schématu navrhované logiky řízení. Podrobnější schémata jsou zpracována v příloze P16 a P17. Příloha P16 popisuje dopravu standardního dílu, příloha P17 pak nadrozměrného dílu.

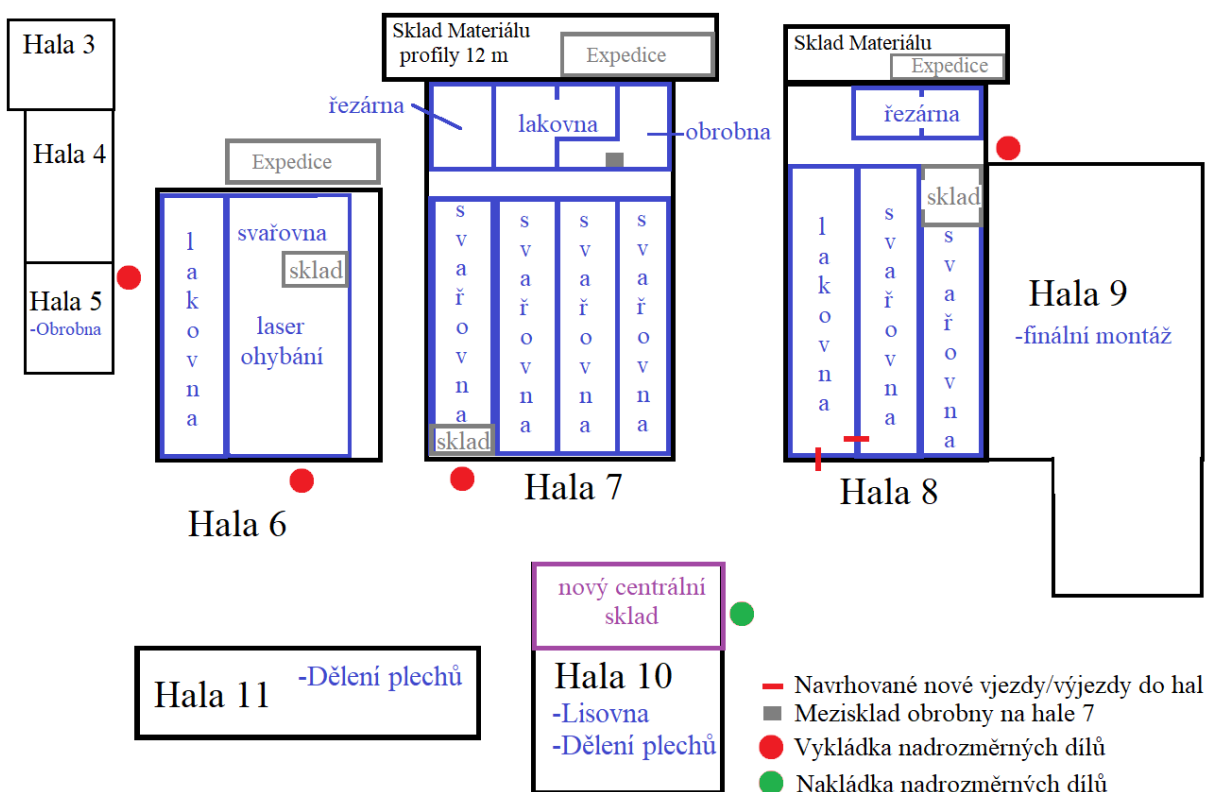
Materiálový tok začíná nakládkou požadovaného množství dílů do paletového vřáčku. Následně proběhne zápis do tabulky `t_poptavka_diluN` a dle metody trasování (závisí na aktuálně zvoleném způsobu trasování) následuje jízda k určenému pracovišti. Na pracovišti proběhne fyzická vykládka dovezeného materiálu na příjmové místo pracoviště. Následuje zápis o počtu dovezených dílů do tabulky pomocí metody a poté paletový vřáček odjede na další pracoviště.

Druhou zpracovávanou komponentou na svařovnách jsou nařezané profily, které je potřeba přepravit z řezáren. Informační tok funguje analogicky jako u dílu z centrálního skladu. Proběhne nakládka a zápis jízdy do tabulky, poté příjezd na příjmové místo pro profily a opět proběhne zápis do tabulky a vykládka. Následuje samotné svařování, přesuny v rámci pracoviště jsou pro zjednodušení řešeny konektory. Po dokončení výrobních operací na pracovišti je vyráběná komponenta odvedena konektorem do výstupního místa pracoviště a je vyslán signál pomocí metody a následně přijede nejbližší volný vozík. Po jeho příjezdu následuje nakládka dílu a je odvezen do lakovny.

6 NAVRHOVANÁ KONCEPCE MATERIÁLOVÉHO TOKU

V této kapitole jsou popsány jednotlivé navržené změny v materiálovém toku, které byly poté různě kombinovány v matici experimentů a na jejichž základě poté proběhly experimenty. Bylo zapotřebí navrhnout vhodné využití prostoru získaného zrušením meziskladů na halách svařoven, dále vhodnou kapacitu souprav a vhodné paletové vozíky. Dále bylo prověřováno, jaký způsob trasování paletového vláčku se jeví jako nejvhodnější. V neposlední řadě je také řešena samotná koncepce paletového vláčku. Řeší se typ vozíků (jednoduché, C-rámy), kapacita navrhovaných souprav a samotný počet souprav s ohledem na charakter a objem výroby.

6.1 NAVRHOVANÉ LAYOUTY

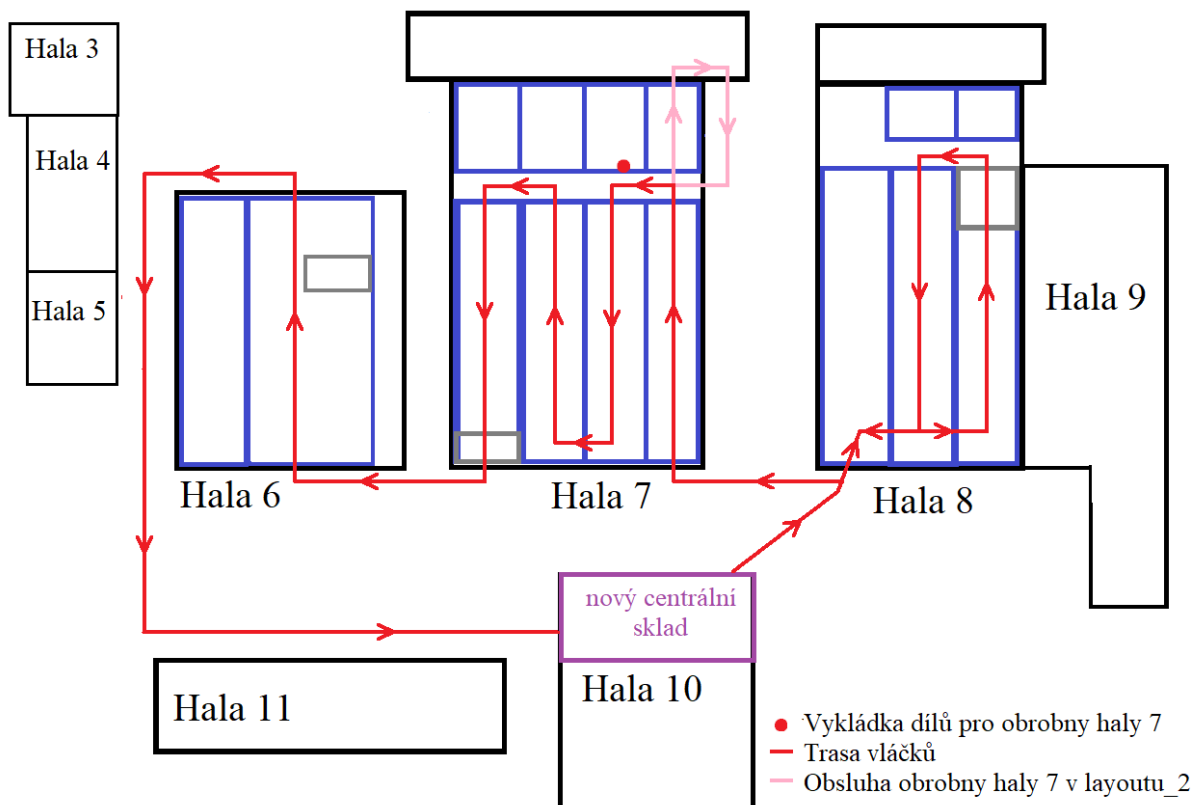


Obr. 50 Navrhovaný Layout_1 [autor]

V návrhu Layout_1 bylo získané místo na hale 7 využito pro rozšíření výrobní kapacity svařoven. Problematická je v tomto návrhu obsluha obrobny, protože obráběcí stroje jsou umístěny ve slepých uličkách. Vyřešeno je to tedy pomocným neřízeným meziskladem, u kterého proběhne vykládka paletového vláčku, zavážka přímo ke strojům pak bude realizována vysokozdvihnými vozíky. Na hale 8 je navrženo vybudování druhého vjezdu z přední strany, což obnáší drobné stavební úpravy. Tento vjezd výrazně zjednoduší zavážku materiálu na tuto halu, protože ušetří čas a najeté kilometry ztracené zdlouhavým objížděním haly. Uvolněné místo na hale 8 jak pak využito pro rozšíření výrobní kapacity svařoven. Nejméně změn proběhne na hale 6, kde dojde pouze k redukci kapacity současného skladu a získaný volný prostor bude využit pro potřeby svařoven.

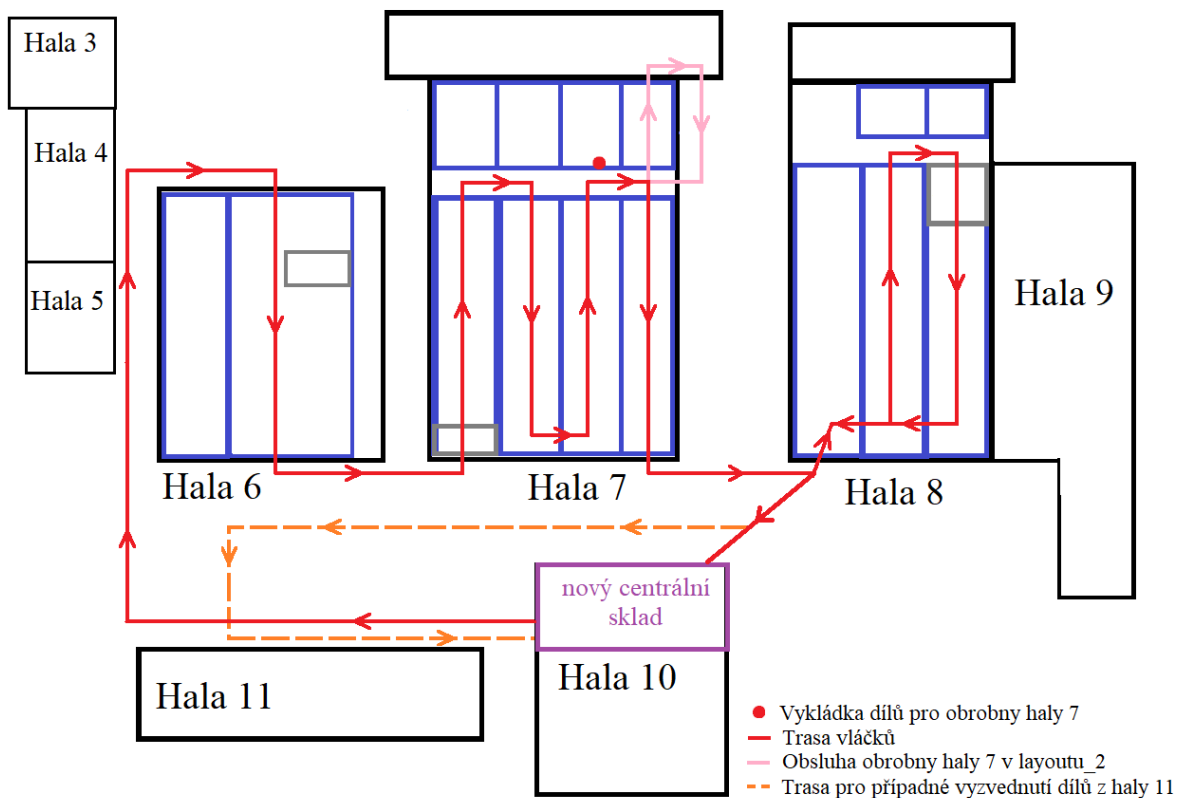
6.2 NAVRHOVANÉ TRASOVÁNÍ

Dalším řešených aspektem je způsob trasování paletových vláčků. K odzkoušení v simulačním modelu byly navrženy celkem 3 způsoby trasování (varianta A, B a C). Ve všech variantách je zohledněná tzv. zpětná jízda tahače, kdy si trasu projede v opačném pořadí a posbírá prázdné vozíky u obslužených pracovišť. Na závěr ještě proběhne podle potřeby zajetí k hale 11 a převoz dílů z této haly do centrálního skladu.



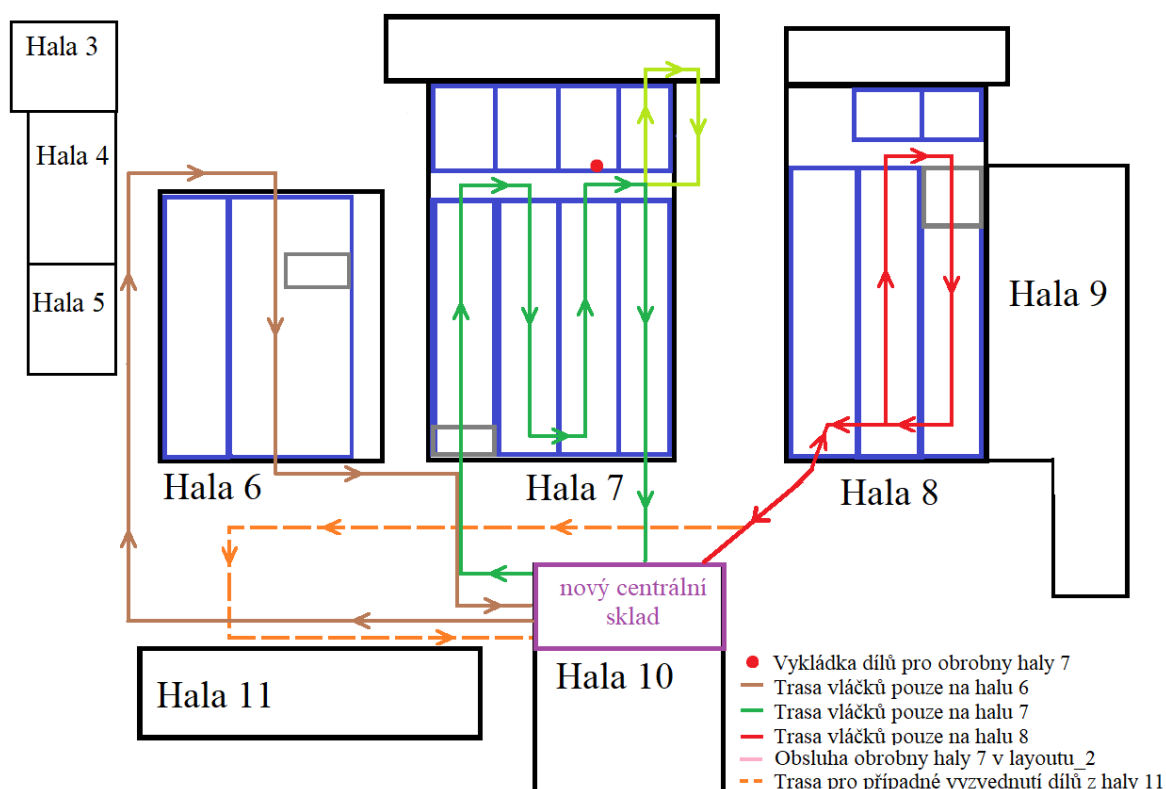
Obr. 52 Návrh budoucího trasování-A [autor]

Ve variantě A probíhá zavážka zprava doleva dle Obr.52. Souprava tedy započne s obsluhou pracovišť na hale 8, následně obsluží halu 7 a na závěr halu 5. Hlavní úskalí tohoto způsobu trasování je převoz obrobenných dílů z haly 5 na halu 7. Obsluha haly 5 vyžadovala rovněž specifický proces nakládky a vykládky. Na rozdíl od ostatních pracovišť zde probíhá vykládka rovnou z vozíku a neprobíhá rozpojení. V případě potřeby jsou na vozík naloženy palety s již obrobennými díly a odvezeny do haly 7. Po jejich vyložení na hale 7 následuje sběr prázdných vozíků a odjezd do centrálního skladu. V případě dostatečného množství dílů na hale 11 dojde ještě k obsluze této haly a převozu dílů do centrálního skladu. Oproti variantě B je v tomto způsobu trasování lepší obsluha haly 11. Nevýhodou je pak výše zmíněný problematický převoz dílů z haly 5 na halu 7.



Obr. 53 Návrh budoucího trasování-B [autor]

Druhý způsob trasování je veden dle obr.53 zleva doprava. Zavážka začíná nejprve halou 5 nebo 6, poté následuje obsluha pracovišť haly 7 a na závěr se opět využije navrhovaný nový vstup do haly 8 a proběhne obsluha pracovišť na hale 8. Po obsluze všech pracovišť následuje opět zpětná jízda pro sběr paletových vozíků v opačném směru zavážkové trasy. Po vysbírání všech vozíků následuje ještě případná jízda na halu 11 pro díly určené k naskladnění v centrálním skladu. Výhodou oproti variantě A je efektivnější převoz obráněných dílů z haly 5 na halu 7. Po obsluze všech pracovišť následuje opět zpětná jízda pro sběr paletových vozíků v opačném směru zavážkové trasy. Nevýhodou tohoto řešení je však časově náročnější zajištění na halu 11.



Obr. 54 Návrh budoucího trasování-C [autor]

Posledním testovaným způsobem trasování v simulačním modelu je varianta C. Tato varianta počítá vždy s jízdou pouze na jednu halu s výjimkou haly 5, která patří do jednoho podokruhu s halou 6. Souprava tedy nejprve obslouží haly 5 a 6, poté proběhne sběr prázdných vozíků a odjezd do centrálního skladu. Další jízda pak míří pouze do haly 7 a další pak analogicky do haly 8, u které se opět předpokládá využití nově vybudovaného vjezdu do haly. Přepínání mezi jednotlivými podokruhy je řešeno pomocí globální proměnné, která bere v potaz délku čekání na díl v konkrétních halách a také preferuje vyšší počet poptávaných dílů dané haly. Na závěr závázky každé haly následuje ještě případná jízda na halu 11 pro díly určené k naskladnění v centrálním skladu. Nevýhodou tohoto trasování jsou delší čekací časy pracovišť na požadované díly.

6.3 NAVRHOVANÉ PARAMETRY SOUPRAV

Vzhledem k objemu výroby a současné kapacitě paletových vláček byl pro simulační studii navržen počet souprav 1 až 3 o kapacitě 4 nebo 8 palet. Dále byly stanoveny obecné požadavky na tahače a vozíky. U tahačů se předpokládá manuální řízení řidičem, autonomní tahače uvažovány nejsou. Co se týče vozíků, jsou požadovány vozíky s madly pro snadnou ruční manipulaci a vzhledem k úzkým uličkám ve firmě také řízené nápravy, které umožňují projet ostřejší zatáčky než nápravy neřízené. Požadovány jsou vozíky čtyřkolové, neboť během testovacích jízd byly do firmy zapůjčeny vozíky dvoukolové a náklad měl tendenci se pohupovat, což není žádoucí.

Dále jsou zvažovány a testovány 2 typy konstrukce vozíku. Jedná se o jednoduché paletové vozíky a o tzv. C-rámy. Původně byly ještě zvažovány portálové vozíky, avšak pro problematickou manipulaci v zatáčkách byly zavrženy a simulační studie se jimi nijak nezabývala.



Obr. 55 Paletové podvozky firmy Wanzl [59]

Předností těchto paletových podvozků je konstrukční jednoduchost a nižší pořizovací cena. Nevýhodou je nutnost soupravu rozpojovat, a při nakládce respektovat pořadí pracovišť v daném způsobu trasování tak, aby se u daného pracoviště vždy zanechal poslední vozík v soupravě. Oproti tomu tzv. C-rámy se vyznačují složitější údržbou a vyšší pořizovací cenou. Jejich princip je následující: do základní konstrukce vozíku ve tvaru písmene C je pomocí válečků nasunut druhý paletový vozík, který se pak u daného pracoviště vysune ven a zanechá se v místě vykládky. Výhodou tohoto řešení je volnost při nakládce. Není nutné přesně dodržet pořadí trasy, protože v místě vykládky lze bez problému vysunout kterýkoli vozík.



Obr. 56 Paletové vozíky tzv. C-rámy výrobce Lean-Technology [59]

7 VÝSLEDKY SIMULACE

Matice experimentů obsahuje celkem 5 proměnných parametrů. Prvním proměnným parametrem je počet souprav, model byl testován pro variantu 1 až 3 souprav o kapacitě 4 nebo 8 palet. Dalším měnitelným parametrem je trasování A, B nebo C (podrobněji popsáno v kap. 6.2). K trasování pak náleží příslušná metoda určující pořadí nakládky a cílových pracovišť paletového vláčku a 2 různé layouty. Posledním zkoumaným parametrem je typ paletových vozíků, zda se jedná o jednoduché paletové podvozky anebo tzv. C-rámy (podrobněji popsáno v kap. 6.3).

V příloze P18 je celá sestavená matice experimentů. Celkem bylo testováno 72 různých výrobních scénářů. Simulace probíhala po dobu 3 měsíců podle navolených scénářů. Jako výstupní parametry byly zvoleny stavy paletových vláček, to znamená, kolik procent času stráví v daném stavu (jede, prázdný, odstaven, zpětná jízda, nakládka a vykládka). Dalšími zkoumanými parametry je počet přepravených palet na jednotlivé haly měsíčně a v neposlední řadě také průměrný čekací čas stanic. Pro porovnání navržených layoutů byly zkoumány najeté kilometry vysokozdvížných vozíků na hale 7, protože jedním z cílů navržených změn je snížit náběh vysokozdvížných vozíků a také čekací čas stanic na hale 7. Data získaná z experiment manageru v SW Tecnomatix Plant Simulation byla převedena do MS Excel, kde probíhala jejich další analýza. Během analýzy dat byly postupně nevyhovující varianty vyřazovány.

Jednotlivé výstupní parametry byly posuzovány v tomto pořadí:

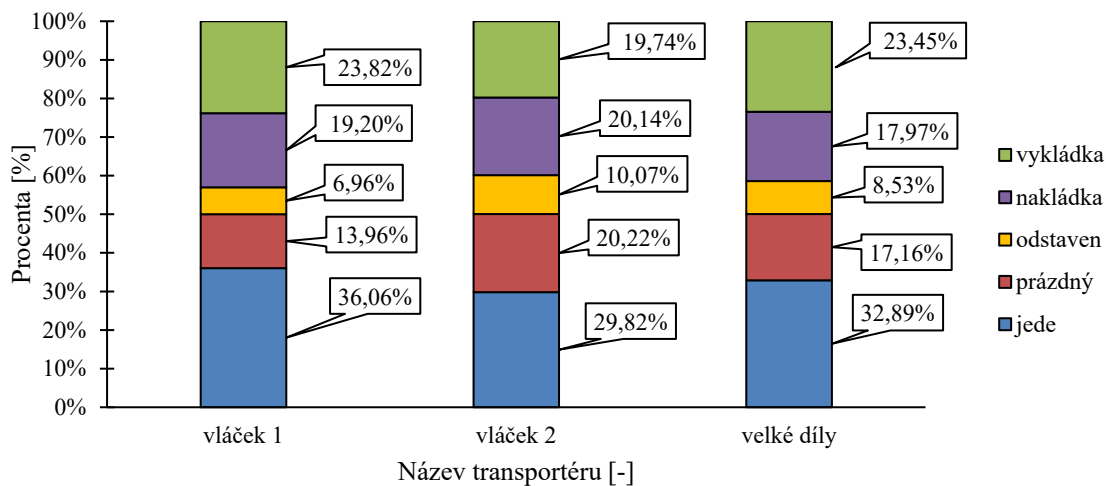
- Počet vyrobených komponent měsíčně
- Stavy paletových vláček „jede“, „prázdný“, „odstaven“ a čekací čas pracovišť na požadovanou komponentu
- Počet přepravených palet paletovými vláčky za měsíc

7.1 VÝSTUPY ZE SIMULACE SOUČASNÉHO STAVU

Aby bylo možné vybrat adekvátní řešení navrhovaného budoucího konceptu závazky materiálu, bylo nejprve nutné zpracovat data ze simulace současného stavu. Zkoumanými parametry byl počet přepravených palet současnými soupravami, najetý počet kilometrů současných vláček a vysokozdvížných vozíků, a také počet vyrobených dílů na halách 6, 7 a 8. Dále byl určen průměrný čekací čas jednotlivých pracovišť na paletu a stavy vláček a vysokozdvížných vozíků (kdy konají prázdnou jízdu, vezou díl, nakládají, vykládají, jsou odstaveny). Tab.9 zobrazuje počet přepravených dílů na haly 6, 7 a 8 za kalendářní měsíc v současném stavu. Tyto hodnoty jsou poté porovnávány s navrhovanými výrobními scénáři.

Tab.9 počet přivezených palet na hal [autor]

hala	Počet přivezených palet na halu za měsíc [ks]
Hala 6	1150
Hala 7	2150
Hala 8	1752

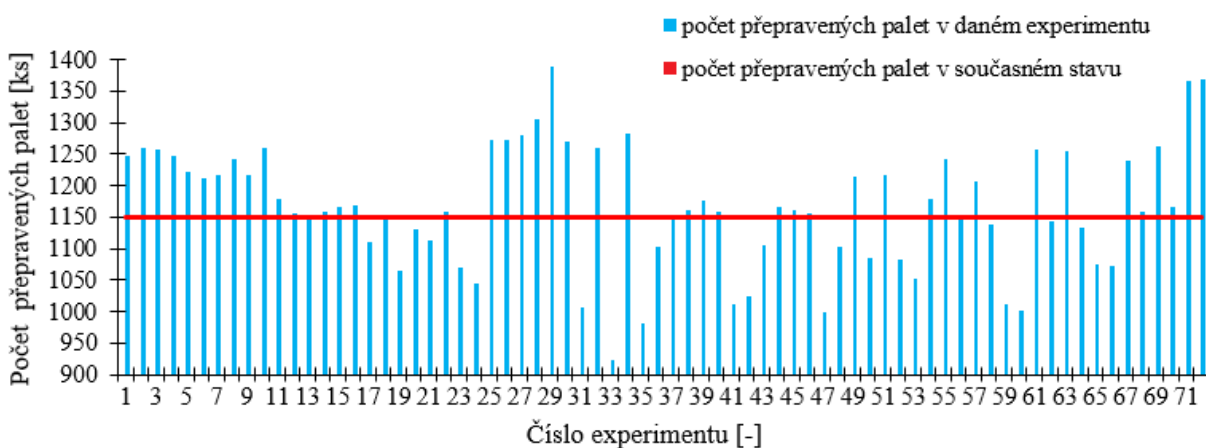


Obr. 57 Stavby současných vláčků [autor]

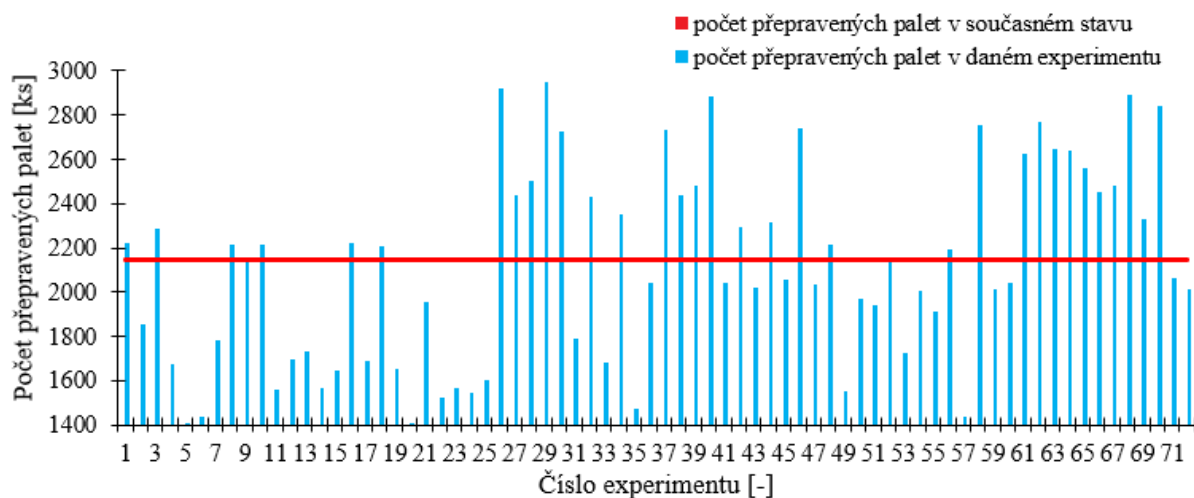
Obr.57 popisuje stavy, ve kterých se daný vláček nachází v rámci pracovního cyklu a po jakou dobu. Sloupec „vláček 1“ popisuje stavy soupravy zajišťující zavážku materiálu z haly 10. Sloupec „vláček 2“ pak popisuje stavy vláčku, jež zajišťuje rozvoz materiálu z haly 11 a sloupec „velké díly“ ukazuje stavy vozíku rozvážejícího nadrozměrné díly.

7.2 VÝSLEDKY SIMULACE UVAŽOVANÉHO BUDOUCÍHO STAVU

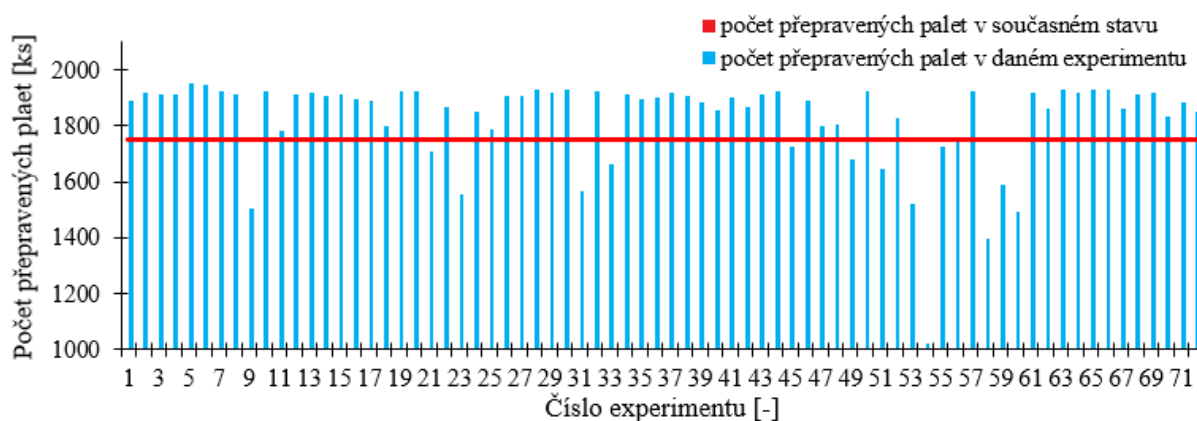
Cílem celé analýzy je zlepšit výrobní parametry, tedy převést více palet s požadovanými díly, než v současném stavu a zároveň zkrátit dobu čekání na požadovaný díl v jednotlivých pracovištích. První kontrolované hledisko byl počet přepravených palet za měsíc na haly 6, 7 a 8 v současnosti a v jednotlivých experimentech. Experimenty s nižším počtem přepravených palet, byť jen v jedné hale, byly z dalších analýz a úvah vyloučeny.



Obr.58 Graf popisující počet přepravených palet na hale 6 za měsíc [autor]



Obr.59 Graf popisující počet přepravených palet na hale 7 za měsíc [autor]



Obr.60 Graf popisující počet přepravených palet na hale 8 za měsíc [autor]

Červeně vyznačená čára v grafech obr.58-60 (podrobněji grafy v příloze P19-P21) znázorňuje současný stav, vůči kterému jsou jednotlivé zvažované výrobní scénáře porovnávány. Hodnoty pod touto čarou jsou nevyhovující výrobní scénáře. Za nevyhovující experimenty se považují všechny, které mají alespoň v jedné na jednu halu méně vyrobených palet než v současném výrobním režimu. V celku očekávaně vypadly jako první scénáře s uvažovaným pouze jedním vláčkem, protože jedna souprava kapacitně menší, než současná není schopna adekvátně uspokojit poptávku. Testování těchto variant se může jevit zbytečné, avšak pro úplnost a jistotu byly testovány také. Podrobněji bylo dále zkoumáno 18 experimentů.

7.2.1 POROVNÁNÍ STAVŮ VLÁČKU S ČEKACÍ DOBOU PRACOVIŠŤ

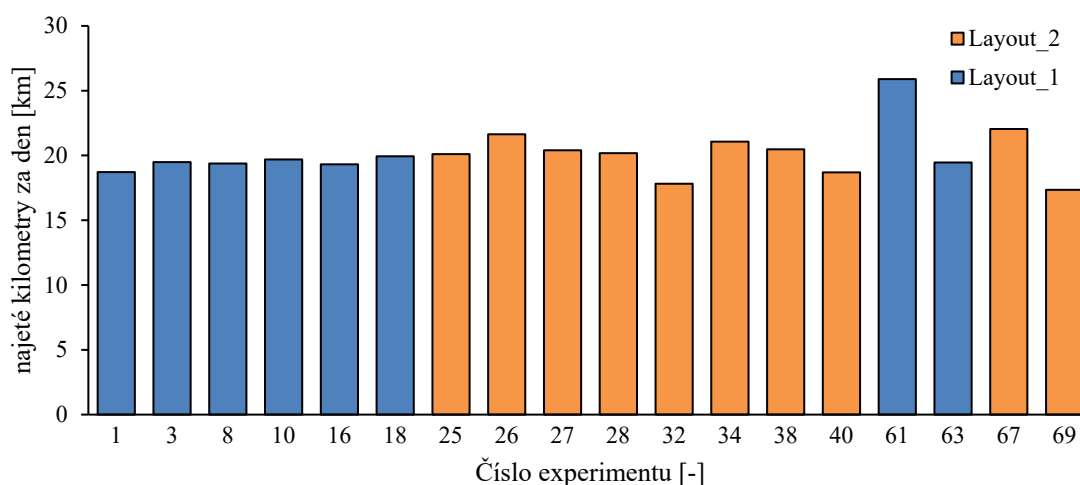
U dále preferovaných výrobních scénářů byly zkoumány stavy vláčků „jede“, „prázdný“ a „odstaven“, přičemž stav „jede“ by měl být co nejvyšší a naopak „prázdný“ či „odstaven“ co nejmenší. Tyto stavy byly vybrány pro svou vypovídající hodnotu, protože při zbylých stavech (nakládka, vykládka a zpětná jízda) stráví soupravy při jednotlivých experimentech podobný čas, se vzájemnou odchylkou do 1 p.b., což výsledky nijak zásadně neovlivní. V úvahu je také brán průměrný čekací čas stanic (pracovišť) na požadované komponenty. Jednotlivé parametry daných experimentů byly seřazeny od nejvhodnějšího po nejméně vhodný. Následně byla provedena multikriteriální analýza. Experimenty podléhající této analýze jsou znázorněny v grafu P22 a P23 (příloha) a v Tab.10, ve které jsou navíc zvýrazněny nejlépe hodnocené experimenty. Přičemž graf dle přílohy P22 popisuje porovnání stavu „jede“, „prázdný“ a „odstaven“ s průměrným čekacím časem stanic. Graf P23 pak ukazuje porovnání jednotlivých stavů transportérů nad sebou v jednom sloupci, přičemž součet hodnot všech stavů v daném sloupci dává 100 %.

Tab.10 Vybrané experimenty [autor]

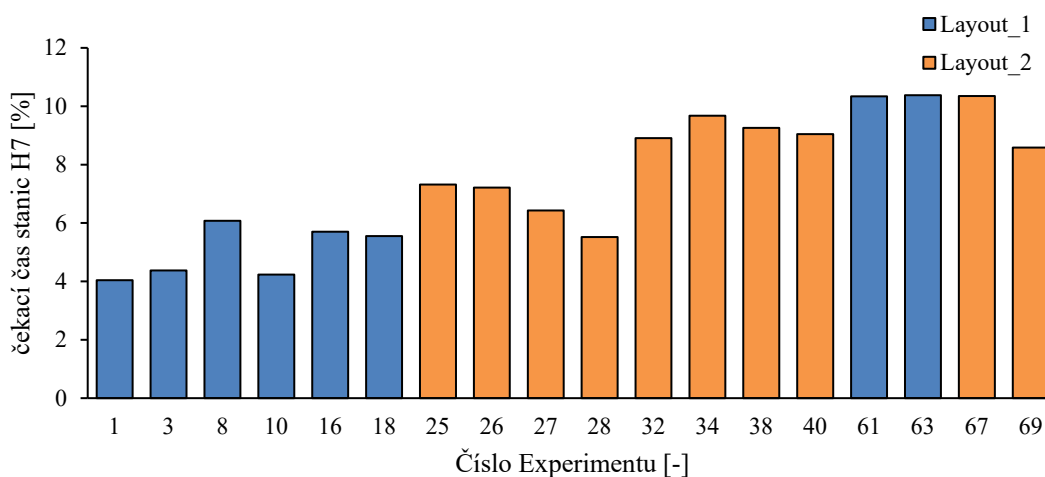
Číslo experimentu [-]	stavy vozíku			průměrný čekací čas stanic [%]
	Jede [%]	Odstaven [%]	Prázdný [%]	
1	21,05	12,27	17,02	2,98
3	20,78	6,33	13,33	3,96
8	20,87	5,34	11,34	4,96
10	17,86	21,40	12,53	4,17
16	19,69	7,66	7,68	3,83
18	16,58	19,48	15,48	6,11
25	17,13	12,71	12,71	2,88
26	17,59	15,86	10,85	2,90
27	16,78	13,75	11,75	2,13
28	18,86	12,77	9,77	2,44
32	16,96	9,84	19,67	2,22
34	17,15	12,69	19,39	1,71
38	18,07	12,62	13,63	2,89
40	18,99	13,41	11,41	3,02
61	17,35	7,55	9,55	3,55
63	16,32	8,21	16,29	4,08
67	15,71	13,16	22,33	2,29
69	16,01	10,65	15,30	3,24

7.2.2 POROVNÁNÍ LAYOUTU_1 A LAYOUTU_2

Tato podkapitola je věnována porovnání obou Layoutů a shrnutí jejich výhod i nevýhod. Cílem porovnání bylo zjistit, zda Layout_2 (popsán v kap. 6.1) poskytne lepší obsluhu pracovišť obroben na hale 7. Grafy na obr.61 a 62 popisují již pouze vybrané experimenty (viz. Tab.10) a layout je danému experimentu přiřazen dle matice experimentů (viz příloha P18). Z tohoto důvodu jsou experimenty 61 a 63 s Layoutem_1 osamoceny mezi experimenty s nastaveným Layoutem_2. Jak lze vidět v obr.61, která se zabývá najetými kilometry vysokozdvížných vozíků za den na hale 7, nejsou rozdíly nijak významné. Stejně tak vliv na čekací čas stanic (viz. obr.62) nebyl nikterak významný. Je to dáno nutností vysokozdvížných vozíků zajíždět k pracovištím pro opracované díly a převést je na pracoviště svařovny, případně lakovny.



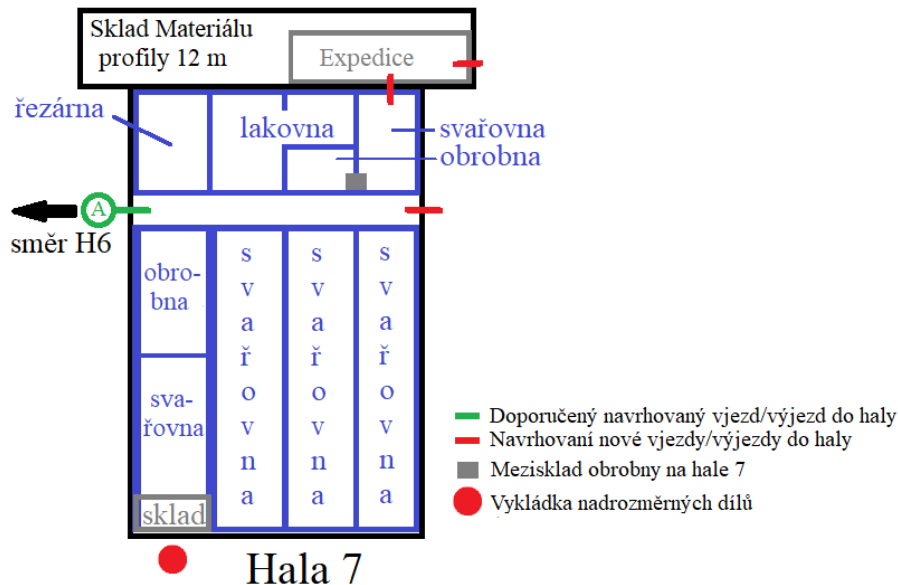
Obr.61 Graf popisující najeté km vysokozdvížných vozíků za den [autor]



Obr.62 Doba čekání na díl pracovišť na hale 7 [autor]

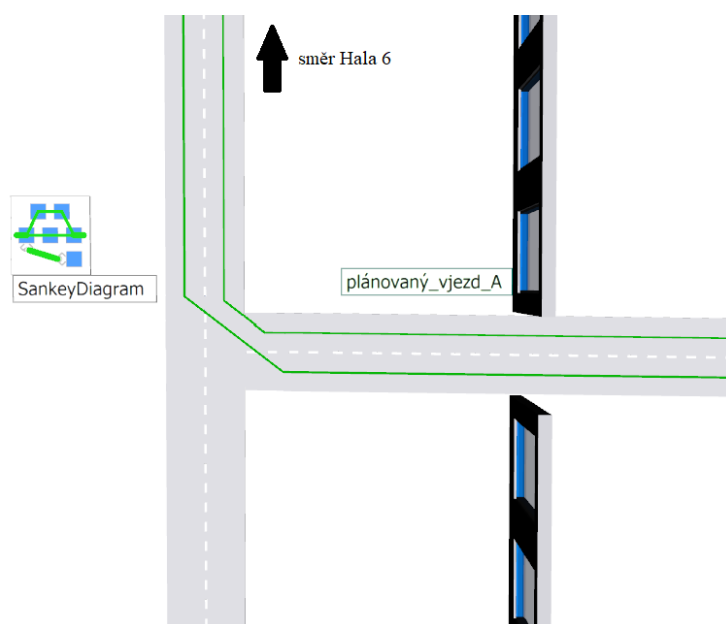
7.2.3 NAVRŽENÝ VJEZD A

Ze simulační studie vyplynulo, že Layout_2 s vybudovanými novými vstupy se nejeví natolik výhodný, jak se zprvu zdálo (podrobněji popsáno v kap. 6.1). Avšak vybudovat vjezd A dle obr.63 by bylo vhodné pro zkrácení cesty souprav na halu 6, případně na halu 5. Výhodou tohoto vjezdu je možnost ušetřit přepravní čas a najeté kilometry souprav.



Obr.63 Detail haly 7 navrhovaného vjezdu A v Layoutu_2 [autor]

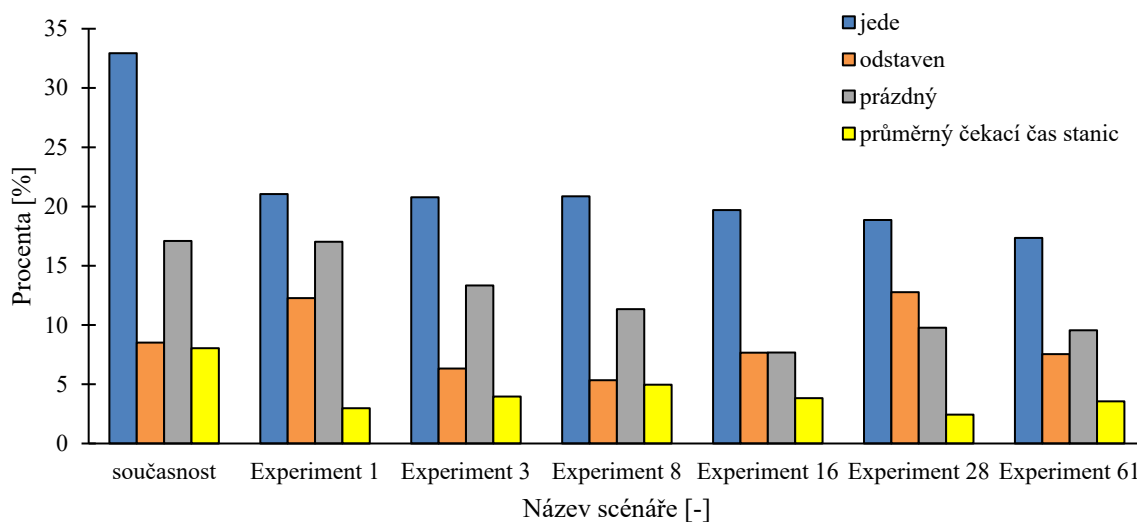
Jak plyne ze Sankeyova diagramu (viz. obr.64), pokud soupravy využijí tento vjezd, pokračují dále do svařovny haly 6 (svařovna se nachází v zadní části haly) nebo na halu 5. Pokud jede paletový vláček ze svařovny haly 6 či obrobny haly 5 a pokračuje v jízdě do haly 7, opět využije tento navrhovaný vjezd a neobjíždí halu 7 zvenčí. Záležet tedy bude na rozhodnutí firmy, zda tento boční vjezd vybuduje či nikoli.



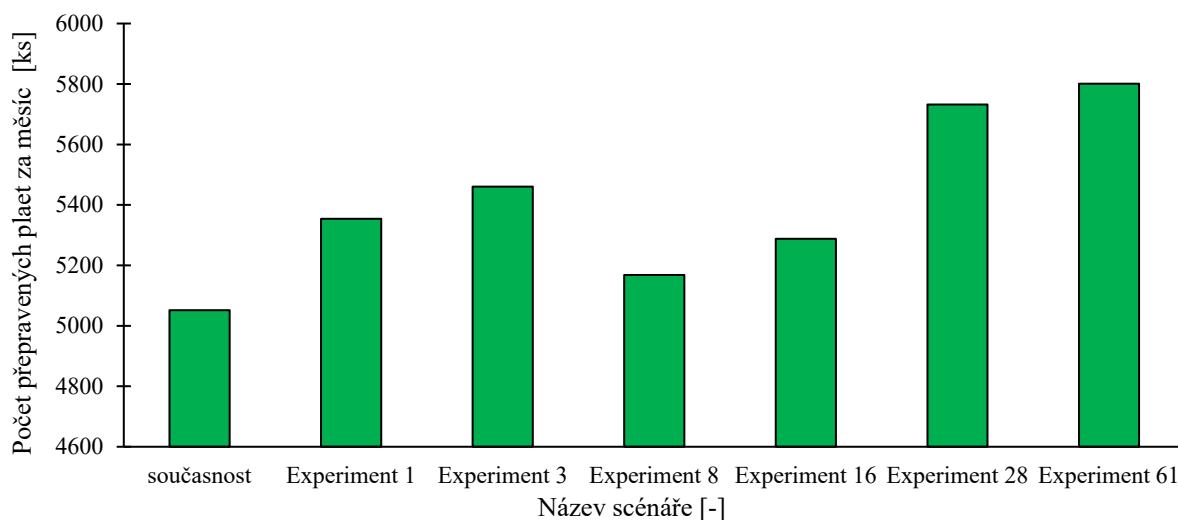
Obr.64 Sankeyho diagram navrhovaného vjezdu A do haly 7[autor]

8 NAVRHOVANÁ ŘEŠENÍ

V této kapitole jsou popsána vhodná řešení zavážkového okruhu. Jsou seřazeny od varianty minimální až po maximální. Dále je v této kapitole zmíněna i jedna varianta s použitím vozíků typu C-rám. Nejlépe hodnocené experimenty jsou sepsány v Tab.11 včetně zkoumaných výstupních parametrů, což jsou stavy vláčků „jede“, „prázdný“ a „odstaven“ s průměrnou čekací dobou stanic (pracovišť) a počtem přepravených palet za den. Pro porovnání jsou v tabulce uvedeny také hodnoty výstupních parametrů z modelu současného stavu. Z grafu viz. Obr.65 je na první pohled patrné, že stav „jede“ je u současných vláčků výrazně vyšší, konkrétně v průměru o 11 procentních bodů. Je to způsobeno rozdílným konceptem zavážky, kdy současná souprava musí halu svařoven objíždět po venkovních komunikacích, což prodlužuje dobu jízdy s naloženými paletami. Graf na Obr.66 pak přehledně ukazuje, že počet přepravených palet je v těchto experimentech skutečně vyšší než v současném stavu.



Obr.65 Porovnání současného stavu s uvažovanými budoucími stavy [autor]



Obr.66 Porovnání počtu přepravených palet za měsíc v současném stavu s uvažovanými budoucími stavy [autor]

Tab.11 Porovnání nejvhodnějších experimentů se současným stavem[autor]

	stavy vozíku			průměrný čekací čas stanic [%]	počet přepravených palet /měsíc [-]
	Jede [%]	Odstaven [%]	Prázdný [%]		
současnost	32,94	8,52	17,09	8,04	5052
Experiment 1	21,05	12,27	17,02	2,98	5354
Experiment 3	20,78	6,33	13,33	3,96	5461
Experiment 8	20,87	5,34	11,34	4,96	5168
Experiment 16	19,69	7,66	7,68	3,83	5288
Experiment 28	18,86	12,77	9,77	2,44	5732
Experiment 61	17,35	7,55	9,55	3,55	5801

8.1 VARIANTA MINIMÁLNÍ

Tato varianta počítá s použitím dvou vláčků o kapacitě 4 palety (parametry tohoto scénáře Exp_8 dle Tab.12). Varianta počítá s trasováním A (kap. 6.2), tedy, že trasa začíná halou 8 a končí halou 5. Zatímco porovnání stavu souprava „jede“ vychází pro všechny preferované experimenty okolo 20 %, hlavním nedostatkem je delší čekací čas pracovišť na požadovanou komponentu. Ten je oproti variantě optimální vyšší o 1 až 2 procentní body v závislosti na zvoleném způsobu trasování. Rovněž má tato varianta nejvyšší hodnotu čekací doby pracovišť ze všech navrhovaných výsledků. Počet přepravených palet za měsíc je u minimální varianty o 116 vyšší než v současném stavu (5052 přepravených palet za měsíc oproti navrhovaných 5168 za měsíc). V případě pořízení dvou tahačů by tedy bylo vhodnější nakládat po dvou paletách, protože to povede ke zkrácení doby čekání u pracovišť.

Tab.12 Parametry experimentu 8 [autor]

	Typ vozíku	Layout	trasování	kapacita	Počet souprav
Exp 08	obycejne_voziky	Layout_1	A	4	2

8.2 VARIANTA OPTIMÁLNÍ

Ve výrobních scénářích Exp_1 a Exp_3 je uvažováno použití vláčků o kapacitě 8 palet, předpokládá se stohování palet na sebe či pořízení vozíků pro 2 palety na vozík. Počet přepravených palet je v těchto variantách 5354 resp. 5461 za měsíc oproti Exp_08 je zde zlepšení o více než 200 přepravených palet měsíčně. Oproti současnému stavu se jedná o zvýšení počtu přepravených palet o 302 resp. o 409 měsíčně vyšší. Zatímco přepravou palet stráví soupravy u všech vybraných variant okolo 20 %, u stavu „odstaven“ lze pozorovat dvojnásobný procentní podíl tohoto stavu u Exp_1 oproti Exp_3 (12,2 % oproti 6,3 %). Naopak stav „prázdný“ vychází lépe pro Exp_01, ve kterém stráví soupravy o 4 p.b. méně času v tomto stavu než v případě Exp_03. Vzhledem ke skutečnosti, že i počet přepravených palet vychází lépe pro Exp_03, je tento navrhovaný výrobní scénář příznivější. Lze tedy konstatovat, že výhody a nevýhody trasování B převážily výhody a nevýhody trasování A (podrobněji popsáno v kap. 6.2).

Tab.13 Parametry experimentů 1 a 3 [autor]

	Typ vozíku	Layout	trasování	kapacita	Počet souprav
Exp 01	obycejne_voziky	Layout_1	A	8	2
Exp 03	obycejne_voziky	Layout_1	B	8	2

8.3 VARIANTA MAXIMÁLNÍ

V případě, že by firma vyžadovala výrazněji zvýšit výrobu, jeví se jako nejvhodnější experimenty 28 a 61. Oba tyto experimenty zvýší v průměru počet přepravených palet o 714 palet za měsíc. V obou těchto experimentech je uvažováno pořízení 3 souprav. V případě experimentu 28 je dosaženo nejnižšího čekacího času pracovišť, pouze 2,43 %. Avšak soupravy stráví odstavené 12,7 % času. Vzhledem k počtu souprav a jejich kapacitě lze usoudit, že podle získaných dat ze simulace jsou 3 soupravy o kapacitě 8 už předimenzované. Lepších výsledků lze dosáhnout při kapacitě 4 palety dle parametrů experimentu 61. Oproti Exp_28 je přepraveno 5801 palet za měsíc, což je o 69 přepravených palet více. Pozitivní je také pokles času stráveného odstavením o 5 procentních bodů. Z uvedených poznatků vyplývá, že při počtu 3 souprav postačí pouze kapacita soupravy o 4 paletách.

Tab.14 Parametry experimentů 28 a 61 [autor]

	Typ vozíku	Layout	trasování	kapacita	Počet souprav
Exp 28	obycejne_voziky	Layout_2	B	8	3
Exp 61	obycejne_voziky	Layout_1	A	4	3

8.4 VARIANTA C-RÁM

Pokud by přeci jen firma chtěla využít vozíky typu C-rám, vychází vhodně pouze experiment 16. I přes nejvyšší testovanou kapacitu dokázaly tyto vozíky převzt pouze 5288 palet za měsíc. Zlepšení oproti současnému stavu je tedy pouze o 236 přepravených palet měsíčně. V dalších parametrech tento výrobní scénář nijak nezaostává. Avšak s obdobnými výsledky ze simulace plyne, že je vhodnější použít obyčejné vozíky, které jsou na údržbu méně náročné a je s nimi snadnější manipulace, což umožní při obdobném objemu přeprav využít menší počet souprav.

Tab.15 Parametry experimentu 16 [autor]

	Typ vozíku	Layout	trasování	kapacita	Počet souprav
Exp 16	C-rám	Layout_1	B	8	3

ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá řešením zavážkového okruhu při změně skladovacího systému ve firmě SSI Schäfer pomocí dynamické simulace. V teoretické části jsou definovány základní teoretické pojmy z oblasti logistiky výroby, poté je rozebráno skladování, dopravní manipulační prostředky a závěr této kapitoly je věnován dynamickým simulacím, včetně představení a stručného popisu softwaru Tecnomatix Plant Simulation od společnosti Siemens.

Dále byla provedena analýza současného stavu ve firmě. Popsány byly jednotlivé haly, v současnosti používaná vozidla včetně jejich trasování. Dále zde bylo uvedeno současné skladování, materiálový a informační tok. Tato kapitola sloužila jako podklad pro tvorbu simulačních modelů, protože důkladná analýza systému je nezbytná pro správně a smysluplně provedenou simulační studii.

Praktická část je pak věnována zejména časově náročné tvorbě simulačních modelů. Při tvorbě modelů byl kladen největší důraz na haly 6, 7 a 8, ve kterých se plánují nejvýraznější změny. Nejprve byl vytvořen model současného stavu, následně byl verifikován a validován. Po získání potřebných dat následovala tvorba modelu plánovaného budoucího stavu. Do tohoto modelu byly dosazeny veškeré navrhované změny v konceptu materiálového toku. Zkoušeny byly různé počty a kapacity souprav, 2 různé layouty a 2 různé typy paletových vozíků.

Následně byl v modelu budoucího stavu vytvořen experiment manager a dle matice experimentů byly postupně testovány jednotlivé výrobní scénáře. Dále byly zvoleny výstupní parametry jako je stavy vláčků a jejich najeté kilometry za den, čekací čas stanic a pro kontrolu smysluplnosti také počet přepravených palet na haly 6, 7 a 8 za měsíc. Poslední jmenovaný údaj byl první kritérium pro vyřazení nevyhovujících experimentů. Jako první se ukázaly jako nevyhovující scénáře s použitým pouze jedním paletovým vláčkem. Dále se ukázalo nevhodné trasování C, ve kterém trvá dlouho vyřízení jednotlivých odvolávek, protože paletový vláček řeší při každé jízdě jen jednu halu. Dalším zjištěným parametrem byla nevhodnost C-rámů, které pro svou složitější manipulace a náročnější údržbu nejsou schopny realizovat odvolávky dostatečně efektivně. Ze simulačního modelu vyplynulo také dle čekacích časů stanic na hale 7 a počtu najetých kilometrů vysokozdvizných vozíků, že layout_2 není tak výhodný, jak před provedenou simulací jevil. Přesto vybudování jednoho výjezdu z haly 7 je doporučeno. V obou variantách layoutu se také uvažuje vybudování nového vjezdu do haly 8 z přední části, které je již firmou SSI Schäfer schváleno.

Výsledné smysluplné výstupy ze simulace byly poté seřazeny podle toho, jak moc zvýší a zefektivní výrobu a zavážku materiálu na variantu minimální, optimální a maximální. Pro úplnost je také rozepsán jediný vhodný výsledek při použití tzv. C-rámů, avšak pro srovnatelnou efektivitu zavážky a výroby by musely být použity 3 soupravy, zatímco s obvyčejnými vozíky lze celou zavážku zvládnout pouze se 2 soupravami. Doporučené řešení je tedy využívat 2 soupravy tvořené tahačem a 4 vozíky o celkové kapacitě 8 palet.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] SSI Schäfer: *SSI Schäfer v České republice* [online]. [cit. 2022-09-05]. Dostupné z: <https://www.ssi-schaefer.com/cs-cz/spole%C4%8Dnost/zpr%C3%A1vy/rozhovor-s-vedouc%C3%ADm-p%C5%99edstavitelem-ssi-schaefer-551904>
- [2] SSI Schäfer, s.r.o.: *Z malé zámečnické dílny vyrostl moderní strojírenský závod*. In: *Průmysl Dnes* [online]. 2022 [cit. 2022-09-06]. Dostupné z: <https://www.prumysldnes.cz/exkluzivni-rozhovory/ssi-schafer-sro-201222>
- [3] DOLAN, Antonín. *Logistika: Interaktivní učební text*. [online] České Budějovice, 2018 [cit. 2022-09-07]. Dostupné z: <http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2018/06/logistika.pdf>. Interní učební text. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích-zemědělská fakulta.
- [4] CHRISTOF, Schulte, Gustav TOMEK a Adolf BAUDYŠ. *Logistika*. Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-85605-87-2.
- [5] ČSN EN 14943. *Přepravní služby – Logistika – Slovník*. Český normalizační institut, 2006.
- [6] BIGOŠ, Peter, Juraj RITÓK a Imrich KISS. *Materiálové toky a logistika*. Prešov: Vydavateľstvo Michala Vaška, 2002, 157 s. ISBN 80-7165-362-4.
- [7] PERNICA, Petr. *Logistický management: teorie a podniková praxe*. Praha: Radix, 1998, 660 s. ISBN 80-86031-13-6.
- [8] Gaben, *Čárové kódy (teorie)* [online]. Ostrava 2016 [cit. 2022-09-11]. Dostupné z: <https://www.gaben.cz/cz/faq/carove-kody-teorie>
- [9] RÝGROVÁ, Pavla. *Jak funguje čtečka čárových kódů*. In: *Minipos* [online]. Mníšek pod Brdy: www.quitec.cz, 2020, 13.7.2020 [cit. 2022-09-11]. Dostupné z: <https://www.minipos.cz/jak-funguje-ctecka-carovych-kodu/>
- [10] MACŮREK, Filip. *Radiofrekvenční identifikace RFID a její použití v automatizaci a logistice*. *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. Ústí nad Labem, 2005, (8/2005) [cit. 2022-11-27]. Dostupné z: https://automa.cz/cz/casopis-clanky/radiofrekvenci-identifikace-rfid-a-jeji-pouziti-v-automatizaci-a-logistice-2005_08_30654_1857/?fbclid=IwAR2qNcls6lwMjqU5GhMIH_UthbaWoB-ovSjJAh6-Jqqrif6Jr3nXGL9VvkzE
- [11] VENKRBEK, Václav. *Logistika: Zásobovací logistika, řízení zásob* [online]. Brno [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/206859660-Nwb024-logistika-05-zasobovaci-logistika-rizeni-zasob-vaclav-venkrbec.html>
- [12] Kaizen. *svetproduktivity.cz* [online]. CPI web servis, 2012 [cit. 2022-09-14]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kaizen.htm>
- [13] PROMAN, *Spádové paletové regály* [online]. Chrudim [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://www.regaly-proman.cz/cs/paletove-regaly/spadove-paletove-regaly>

- [14] Logimat. *SSI Schäfer* [online]. [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://www.ssi-schaefer.com/cs-cz/produkty/skladov%C3%A1n%C3%AD-/p%C5%99pravky-pro-mal%C3%A9-d%C3%ADly-/skladovac%C3%AD-v%C3%BDtahov%C3%A9-syst%C3%A9my/skladovac%C3%AD-v%C4%9B%C5%BE-ssi-logimat--193336>
- [15] Velký přehled řízeného skladování. *od čteček až po roboty: Grit.eu* [online]. 2022 [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://www.grit.eu/clanky-a-novinky/velky-prehled-rizeneho-skladovani-od-ctecek-az-po-roboty>
- [16] Vlastní sklad a logistika e-shopu, nebo outsourcing? In: *Upgates.cz* [online]. EVíci webdesign, 2014–2022, 24.5.2021 [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://www.upgates.cz/a/vlastni-sklad-a-logistika-e-shopu-nebo-outsourcing>
- [17] KÁNSKÝ, O. Vnitropodniková doprava. In: *Docplayer.cz* [online]. docplayer.cz, 2022, 2016 [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/45773420-Vnitropodnikova-doprava-o-kansky.html>
- [18] TVRDOŇ, Leo, Jaroslav BAZALA a kolektiv autorů. Manipulační jednotky. *Verlag Dashöfer* [online]. 18.3.2021 [cit. 2022-11-27]. Dostupné z: https://www.techportal.cz/33/manipulacni-jednotky-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EoSf6RcLfOnl01fg2EIPIJ0/?fbclid=IwAR1K6WQcnkuGF_79nS4nJvEr9S18se15NLYDjek2RrCYmBmGSp3XqZ53jg
- [19] Euro paleta (rozměry a vlastnosti). *mecalux.cz* [online]. Česká republika: Mecalux, 2022 [cit. 2022-09-14]. Dostupné z: <https://www.mecalux.cz/technicka-prirucka-pro-skladovani/palety/euro-paleta>
- [20] KLABUSAYOVÁ, Naděžda. Logistika: Manipulační jednotky a přepravní prostředky. In: *Inovace VOV: projekt inovace vyššího odborného vzdělávání* [online]. Praha: Fakulta elektrotechnická, katedra telekomunikační techniky ČVUT v Praze [cit. 2022-11-27]. Dostupné z: <https://www.vovcr.cz/odz/ekon/409/page22.html>
- [21] URBÁNEK, Michal, Adam BALÁŽ, Jiří FRÜHBAUER a Tomáš NOVÁK. *Návrh logistických okruhů a analýza rozmístění stanovišť v layoutu* [online]. In: Brno, 2n. 1., 17.10.2022, s. 39 [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://moodle.vut.cz/course/view.php?id=260866>
- [22] TVRDOŇ, Leo, Jaroslav BAZALA a kolektiv autorů. *Dynamická Simulace* [online]. Praha: Dashöfer Holding, 1997–2022, 9.1.2020, 8 [cit. 2022-09-24]. Dostupné z: <https://www.dlprofi.cz/log/?uniqueid=mRRWSbk196FNf8-jVUh4Eluk3A1jA9RsPJR8v-JA-FE&coolurl=1&ion=33>
- [23] ŠTOČEK, Jiří. *Optimalizace materiálového toku ve vybraném průmyslovém závodě*. Brno: Vysoké učení technické. ISBN 80-214-2885-6. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav dopravní techniky, 2004. 114 s. Vedoucí práce doc. Ing. Břetislav Mynář, CSc.
- [24] Tecnomatix Plant Simulation. *axiomtech.cz* [online]. Zlín: AXIOM TECH [cit. 2022-09-26]. Dostupné z: <https://www.axiomtech.cz/25357-tecnomatix-plant-simulation>

- [25] HLOSKA, Jiří. *Inovace výuky logistických procesů pomocí metody diskrétní simulace*. Brno, 2015.
- [26] VRÁNA, Michal a Roman VOZÁK. *Kritéria příjmu zboží: Kritéria příjmu zboží*. Hranice na Moravě, 2022. -Interní firemní dokument
- [27] CÍCHOVÁ, Veronika. *Převozy materiálu mezi halami*. Hranice na Moravě, 2017. - Interní firemní dokument
- [28] HROCH, David. *Řízení interního skladování*. Hranice na Moravě, 2015. -Interní firemní dokument
- [29] WMS OSIRIS-produktový list <https://www.iczgroup.com>
- [30] Výrobní závod firmy SSI Schäfer v Hranicích na Moravě. In: *1188* [online]. Praha, 2022 [cit. 2022-09-05]. Dostupné z: <https://www.1188.cz/122379-ssi-schafer-s-r-o-hranice>
- [31] Výrobní závod firmy SSI Schäfer s popisem hal. In: *Deník.cz* [online]. 2020, 26.2.2020 [cit. 2022-09-06]. Dostupné z: <https://pr.denik.cz/doporucujeme/z-male-zamecnicke-dilny-vyrostl-moderni-strojirensky-zavod-20200226.html>
- [32] Logistický systém. In: *Inovace VOV: portál inovace vyššího odborného vzdělávání* [online]. Praha: ČVUT v Praze [cit. 2022-09-07]. Dostupné z: <https://www.vovcr.cz/odz/ekon/409/page02.html>
- [33] TVRDOŇ, Leo a Jaroslav BAZALA a kolektiv autorů. Logistický řetězec. In: *Dhlprofi* [online]. Praha, 2019, 31.10.2019 [cit. 2022-09-11]. Dostupné z: https://www.dlprofi.cz/33/rizeni-zasob-a-logisticke-retezce-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EkKpRnC__SJU999WdpzAgdA/
- [34] BIGOŠ, Peter, Juraj RITÓK a Imrich KISS. Jednotlivé toky výrobního závodu. In: *Materiálové toky a logistika I 2002*. -překresleno
- [35] Příklad čárového kódu styl Code 39. In: *Gaben: čárové kódy-teorie* [online]. 2016 [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://www.gaben.cz/cz/faq/carove-kody-teorie>
- [36] Rádiový čip. In: *Hadex: tradice budoucnost* [online]. Ostrava: Softima, 2023 [cit. 2022-11-27]. Dostupné z: https://www.hadex.cz/m493c-rfid-pristupovy-cip-125khz-privesek-cerny/?gclid=CjwKCAiAhKycBhAQEiwAgf19ekkc_tte3YZqROYgyAKU8d87M0oUaTHkBIwMohrBCIXLjS6-HqZhoCI-IQAvD_BwE&fbclid=IwAR1DD2RsXWwktT3-6Q9d3qVdUs4yYd_b2BVU8XrPYizrFJI0xdbBRgO4S-0
- [37] Schéma systému Push In: VENKRBEC, Václav. *Logistika: Zásobovací logistika, řízení zásob* [online]. Brno [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/206859660-Nwb024-logistika-05-zasobovaci-logistika-rizeni-zasob-vaclav-venkrbec.html>
- [38] Schéma systému Pull In: VENKRBEC, Václav. *Logistika: Zásobovací logistika, řízení zásob* [online]. Brno [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/206859660-Nwb024-logistika-05-zasobovaci-logistika-rizeni-zasob-vaclav-venkrbec.html>

- [39] Princip Kanbanu. In: *Kanban-system* [online]. 2022 [cit. 2022-09-14]. Dostupné z: <https://www.kanban-system.com/wp-content/uploads/2020/03/Smart-Kanban-Syst%C3%A9m-typy-Kanban%C5%AF.jpg>
- [40] TVRDOŇ, Leo, Jaroslav BAZALA a kolektiv autorů. Princip systému Just in Time. In: *Dhlprofi: logistika v praxi* [online]. Praha, 1997–2022 [cit. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://www.dhlprofi.cz/log/?uniqueid=mRRWSbk196FNf8-jVUh4EpW525SCOIv7-DhCcyoNb4g§ion=33Princip systému Just in Sequence>
- [41] Princip systému Just in Sekvence. In: *Průmyslové inženýrství.cz: Just in Sequence (1) -co to vlastně je?* [online]. Olomouc, 2020 [cit. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/just-in-sequence-1-co-to-vlastne-je/>
- [42] Paletový regál firmy Kaiser-Kraft. In: *Kaiser+Kraft: Schulte-Paletový regál* [online]. [cit. 2022-11-23]. Dostupné z: <https://www.kaiserkraft.cz/regaly/paletove-regaly/paletovy-regal/kompletni-regal-nosnost-police-2580-kg/p/M2646099/>
- [43] Krakorcový regál. In: *Hoffmann group: Kragarmregal, einseitig Tiefe 400 mm* [online]. [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/DE/de/hom/Betriebseinrichtungen/Lagertechnik-Raumsysteme/Kragarmregal%2C-einseitig-Tiefe-400-mm/p/991711>
- [44] TVRDOŇ, Leo a Jaroslav BAZALA a kolektiv autorů. Systém spádového skladování [online]. In: *Dhlprofi, logistika v praxi* [online]. Praha, 2019, 31.10.2019 [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://www.dhlprofi.cz/33/dynamicke-skladove-systemy-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EoSf6RcLfOnlbhNC-pnPLh8/>
- [45] Systém posuvných regálů. In: *Skonline* [online]. 2020 [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://skonline.2022stores.ru/category?name=posuvn%C3%A9%20reg%C3%A1ly%20do%20skladu>
- [46] Skladovací věž Logimat firmy SSI Schäfer. In: *SSI Schäfer: Skladovací věž logimat* [online]. Hranice na Moravě [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://www.ssi-schaefer.com/cs-cz/produkty/skladov%C3%A1n%C3%AD-/p%C5%99pravky-pro-mal%C3%A9-d%C3%ADly-/skladovac%C3%AD-v%C3%BDtahov%C3%A9-syst%C3%A9my/skladovac%C3%AD-v%C4%9B%C5%BE-ssi-logimat--193336>
- [47] Paletový vláček. In: *Tway: štíhlá logistika počítá i s paletovými vozíky* [online]. Rudná, 2020 [cit. 2022-09-14]. Dostupné z: <https://t-way.cz/pripadove-studie/stihla-logistika-pocita-i-s-paletovymi-voziky/>
- [48] Regálový zakladač. In: *Jungheinrich* [online]. 2022 [cit. 2022-09-14]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/produkty/manipulacni-technika/vna-voziky>
- [49] Box na uložení spojovacího materiálu. In: *B2B partner* [online]. Ostrava: B2B Partner, 2023 [cit. 2022-11-27]. Dostupné z: https://www.b2bpartner.cz/plastove-boxy-103-x-166-x-73-mm-modre/?gclid=EAIaIQobChMI_vHA7P_M-wIVGJ93Ch0K5Ae6EAQYAiABEgIMRvD_BwE&fbclid=IwAR1gUxRLINMWeOXmbff6dBWMYheE7cXrWc0Va8DhJaPfeaM0sY7eLbWPnL0

- [50] Europaleta. In: *Dřevo-olšinsky.cz: Europaleta Epal nová* [online]. Ústí nad Labem [cit. 2022-09-15]. Dostupné z: <https://www.drevo-olsinky.cz/europaleta-epal-nova-kusove/110/drevo-brikety-pelety>
- [51] Layout firmy TATRA Kopřivnice. In: *KLA.cz* [online]. slideshare a scrib company [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/komoralogistickychauditoru/klacz-intralogistika-audit-logistiky-v-tatra-trucks>
- [52] VAVRUŠA, Jan. Prostá trojúhelníková metoda. In: *Projekt Educom* [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.kvs.tul.cz/EduCom/>
- [53] Průvodka – interní firemní dokument
- [54] Nákladní automobily In: CÍCHOVÁ, Veronika. *Převozy materiálu mezi halami*. Hranice na Moravě, 2017.
- [55] Trasa vláček In: CÍCHOVÁ, Veronika. *Převozy materiálu mezi halami*. Hranice na Moravě, 2017.
- [56] Trasa nákladních automobilů In: CÍCHOVÁ, Veronika. *Převozy materiálu mezi halami*. Hranice na Moravě, 2017.
- [57] Vysokozdvíhací vozík. In: *JH Bazar* [online]. Modletice, 2022 [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://www.jhbazar.cz/efg-320>
- [58] Paleta s ohrádkou. In: *Pinterest: Paletová ohrádka* [online]. [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/464081936585254019/>
- [59] Paletové podvozky firmy Wanzl In: *Wanzl* [online]. Hněvotín: Wanzl spol. [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: https://www.wanzl.com/cs_CZ/produkty/voziky/milkrun/paletove-podvozky~p4953
- [60] Paletové vozíky tzv. C-rámy výrobce Lean-Technology. In: *Milkrun – Lean Technology* [online]. Warszawa [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: <http://lean-technology.pl/milkrun/>
- [61] Porovnání počtu zpracovaných dílů dle skutečnosti a dle simulačního modelu In: *Výrobní data -rok 2022* -interní firemní dokument
- [62] Vývojový diagram dynamické simulace. In: TVRDOŇ, Leo, Jaroslav BAZALA a kolektiv autorů. *Dynamická Simulace* [online]. Praha: Dashöfer Holding, 1997–2022, 9.1.2020, 8 [cit. 2022-09-24]. Dostupné z: <https://www.dlprofi.cz/log/?uniqueid=mRRWSbk196FNf8jVUh4Eluk3A1jA9RsPJR8v-JA-FE&coolurl=1&ion=33>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

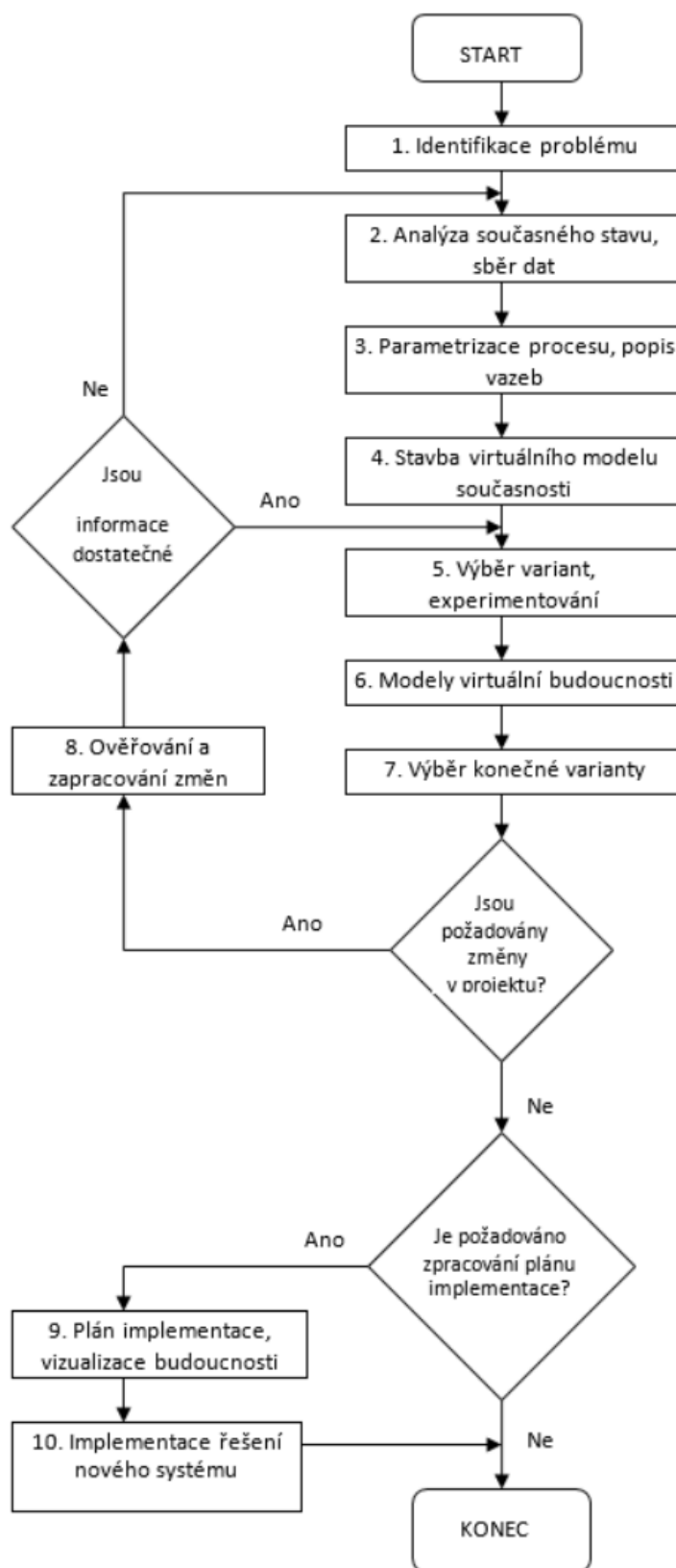
<i>AMS</i>	[-]	Software pro efektivní řízení firmy
<i>Exp</i>	[-]	Experiment
<i>H10</i>	[-]	Hala 10
<i>H11</i>	[-]	Hala 11
<i>H5</i>	[-]	Hala 5
<i>H6</i>	[-]	Hala 6
<i>H7</i>	[-]	Hala 7
<i>H8</i>	[-]	Hala 8
<i>MS Excel</i>	[-]	Microsoft office Excel
<i>n₅</i>	[-]	Počet dílu k přepravě pro halu 5
<i>n₆</i>	[-]	Počet dílu k přepravě pro halu 6
<i>n₇</i>	[-]	Počet dílu k přepravě pro halu 7
<i>n₈</i>	[-]	Počet dílu k přepravě pro halu 8
<i>SW</i>	[-]	Software
<i>t_c</i>	[s]	Celkový čas jedné jízdy zavážky
<i>t_j</i>	[s]	Čistá doba jízdy vláčku
<i>t_n</i>	[s]	Doba nakládky jednoho dílu
<i>t_{nc}</i>	[s]	Celková doba nakládky
<i>t_v</i>	[s]	Doba vykládky jednoho dílu
<i>t_{vc}</i>	[s]	Celková doba vykládky
<i>t_{vH5}</i>	[s]	Celková doba vykládky všech palet na halu 5
<i>t_{vH7}</i>	[s]	Celková doba vykládky všech palet na halu 7
<i>WMS</i>	[-]	Warehouse management systém
<i>WMS Osiris</i>	[-]	Program pro efektivní řízení skladování

SEZNAM PŘÍLOH

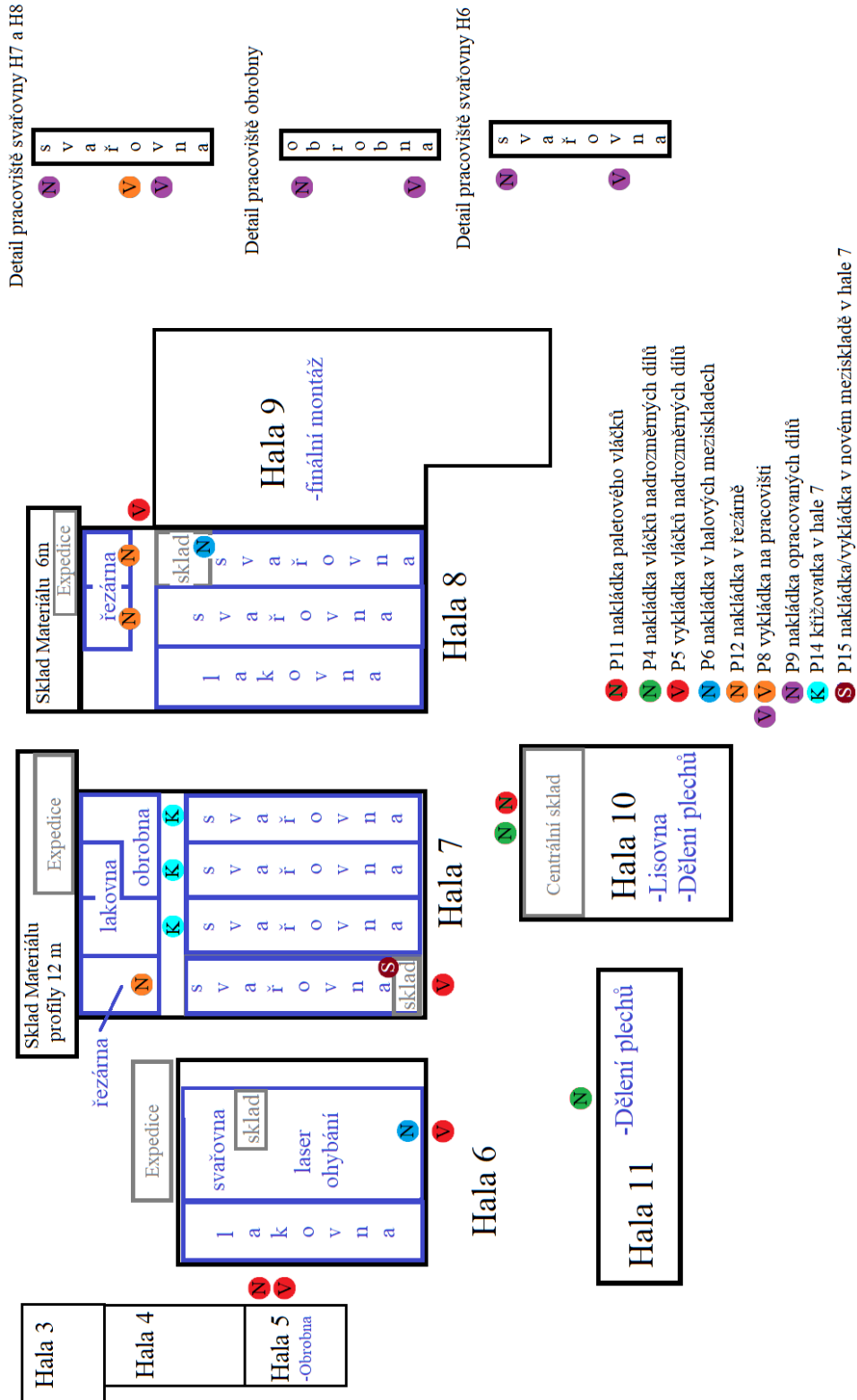
- P1 Vývojový diagram dynamické simulace
- P2 Schéma simulačního modelu současného stavu
- P3 Schéma simulačního modelu budoucího stavu
- P4 Vývojový diagram – nakládka v modelu současného stavu
- P5 Vývojový diagram – vykládka v modelu současného stavu
- P6 Vývojový diagram – nakládka v modelu současného stavu v halovém meziskladu
- P7 Vývojový diagram – nakládka v modelu současného stavu v řezárně
- P8 Vývojový diagram – vykládka na pracovišti
- P9 Vývojový diagram – nakládka opracovaných dílů na pracovišti
- P10 Vývojový diagram – vnitrohalová křižovatka v modelu současného stavu
- P11 Vývojový diagram – nakládka v centrálním skladu v modelu budoucího stavu
- P12 Vývojový diagram – nakládka v řezárně v modelu budoucího stavu
- P13 Vývojový diagram – vykládka na pracovišti v modelu budoucího stavu
- P14 Vývojový diagram – vnitrohalová křižovatka v modelu budoucího stavu
- P15 Vývojový diagram – nakládka/vykládka v novém meziskladu H7 v modelu bud. stavu
- P16 Schéma navrhované logiky řízení komponent – standartní díly
- P17 Schéma navrhované logiky řízení komponent – nadrozměrné díly
- P18 Matice experimentů
- P19 Podrobnější graf počtu přepravených palet na H6 za den
- P20 Podrobnější graf počtu přepravených palet na H7 za den
- P21 Podrobnější graf počtu přepravených palet na H8 za den
- P22 Graf popisující stavy „jede“, „prázdný“ a „odstaven“ s čekacím časem stanic
- P23 Graf popisující všechny stavy paletových vláčků
- P24 Podrobnější popis simulačního modelu současného stavu
- P25 Podrobnější popis simulačního modelu budoucího stavu
- P26 Nový celkový layout, 1-200229-01
- P27 Nový layout H6, 3-200229-02
- P28 Nový layout H7 (dle matice experimentů Layout_1), 2-200229-03
- P29 Nový layout H7_2 (dle matice experimentů Layout_2), 2-200229-04
- P30 Nový layout H8, 2-200229-05

PŘÍLOHY

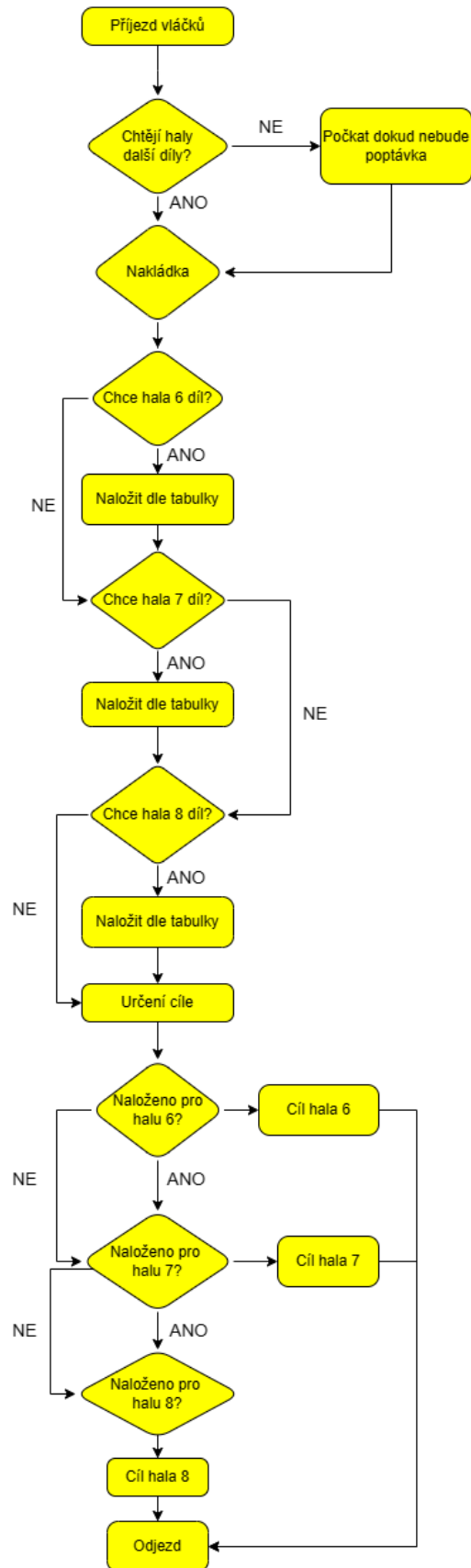
Příloha P1: Vývojový diagram dynamické simulace dle [62]



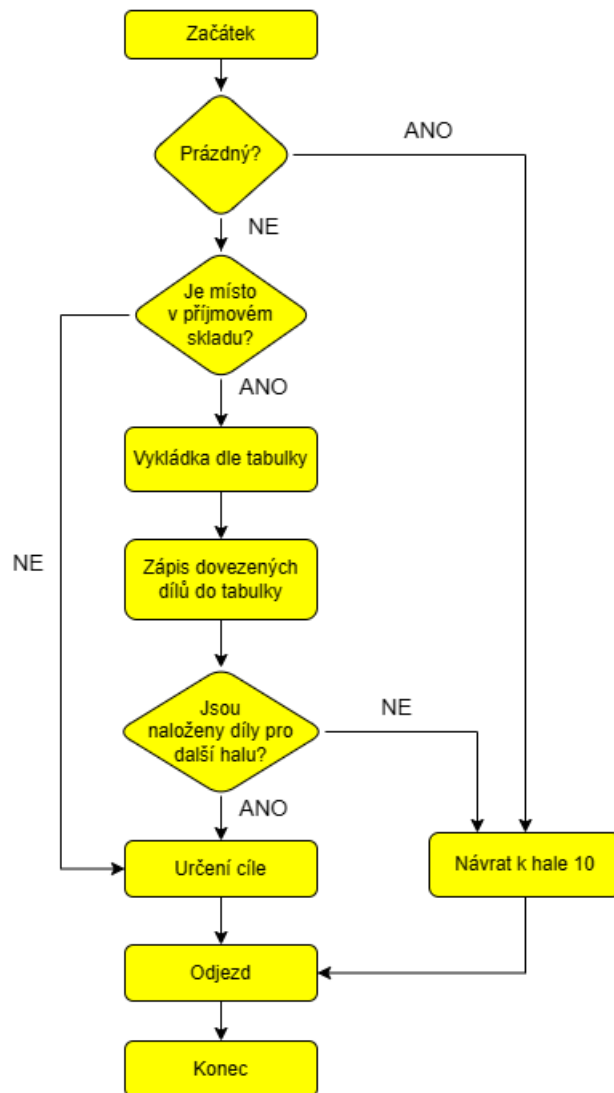
Příloha P3: Schéma simulačního modelu budoucího stavu [autor]



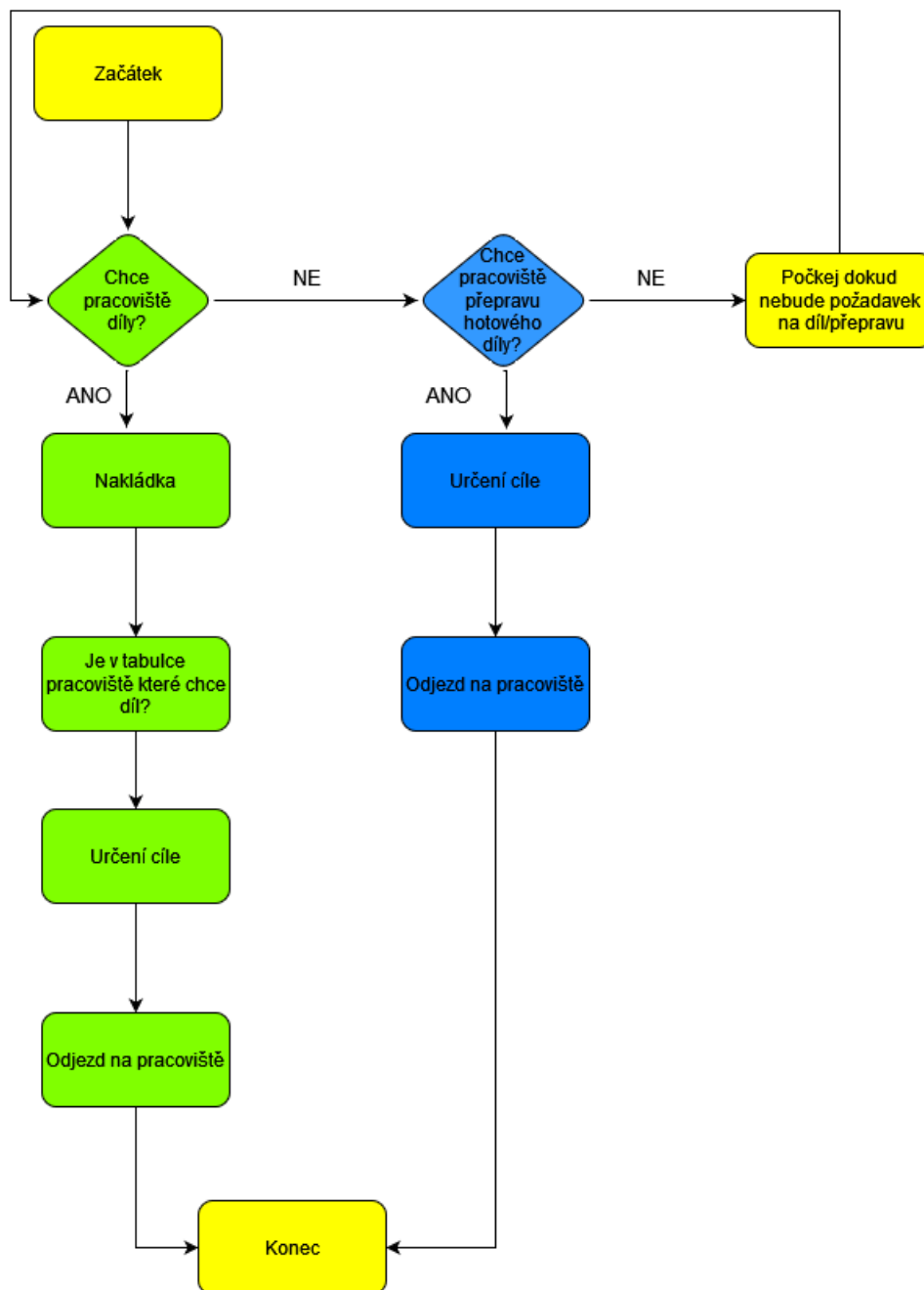
Příloha P4: Vývojový diagram – nakládka v modelu současného stavu [autor]



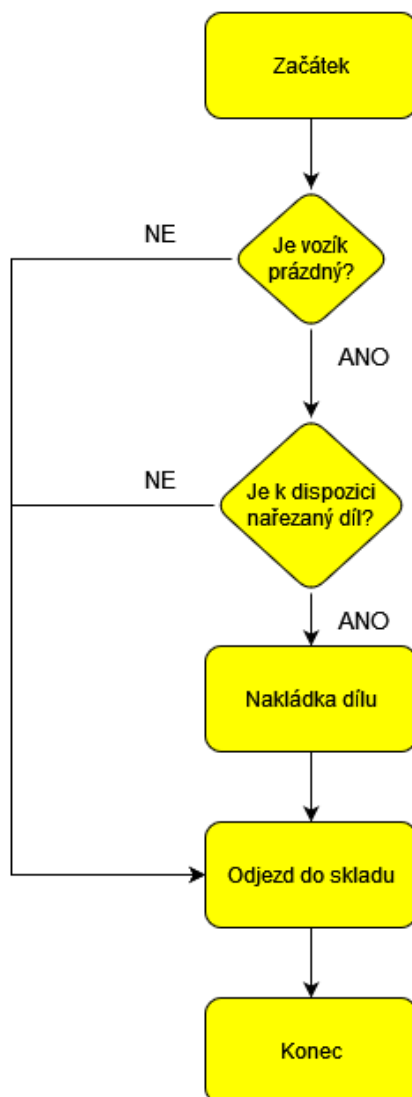
Příloha P5: Vývojový diagram – vykládka v modelu současného stavu [autor]



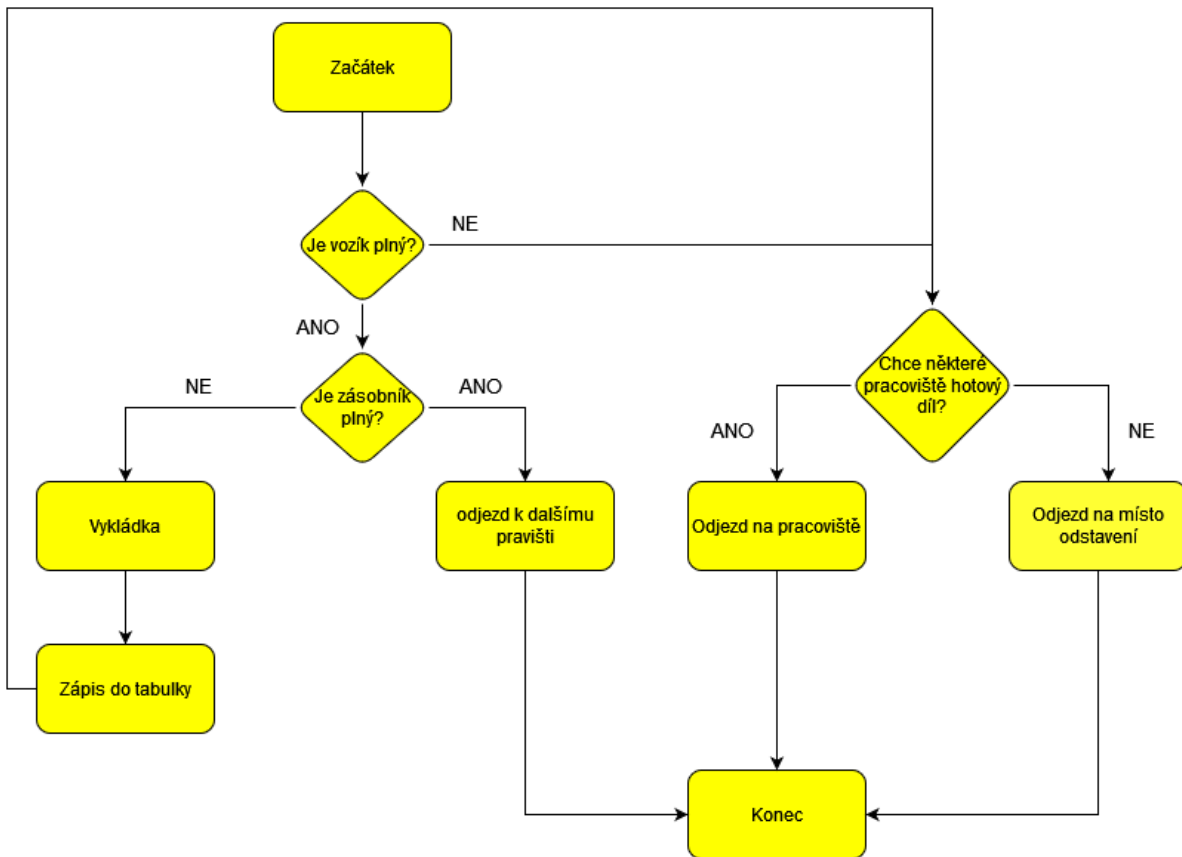
Příloha P6: Vývojový diagram – nakládka v modelu současného stavu v halovém meziskladu [autor]



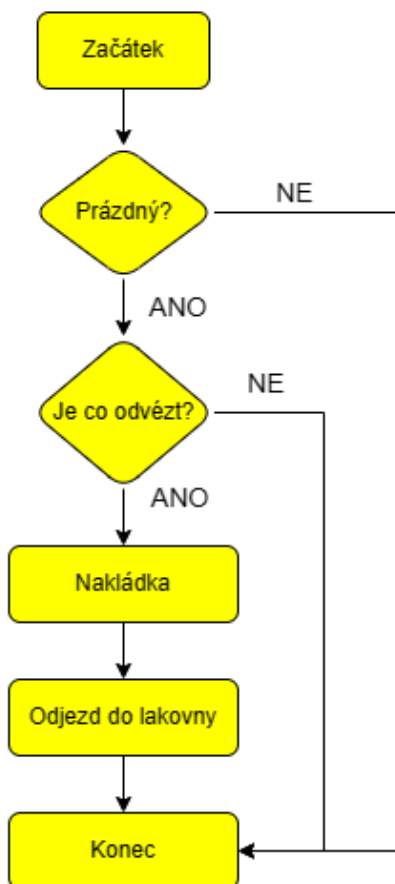
Příloha P7: Vývojový diagram – nakládka v modelu současného stavu v řezárně [autor]



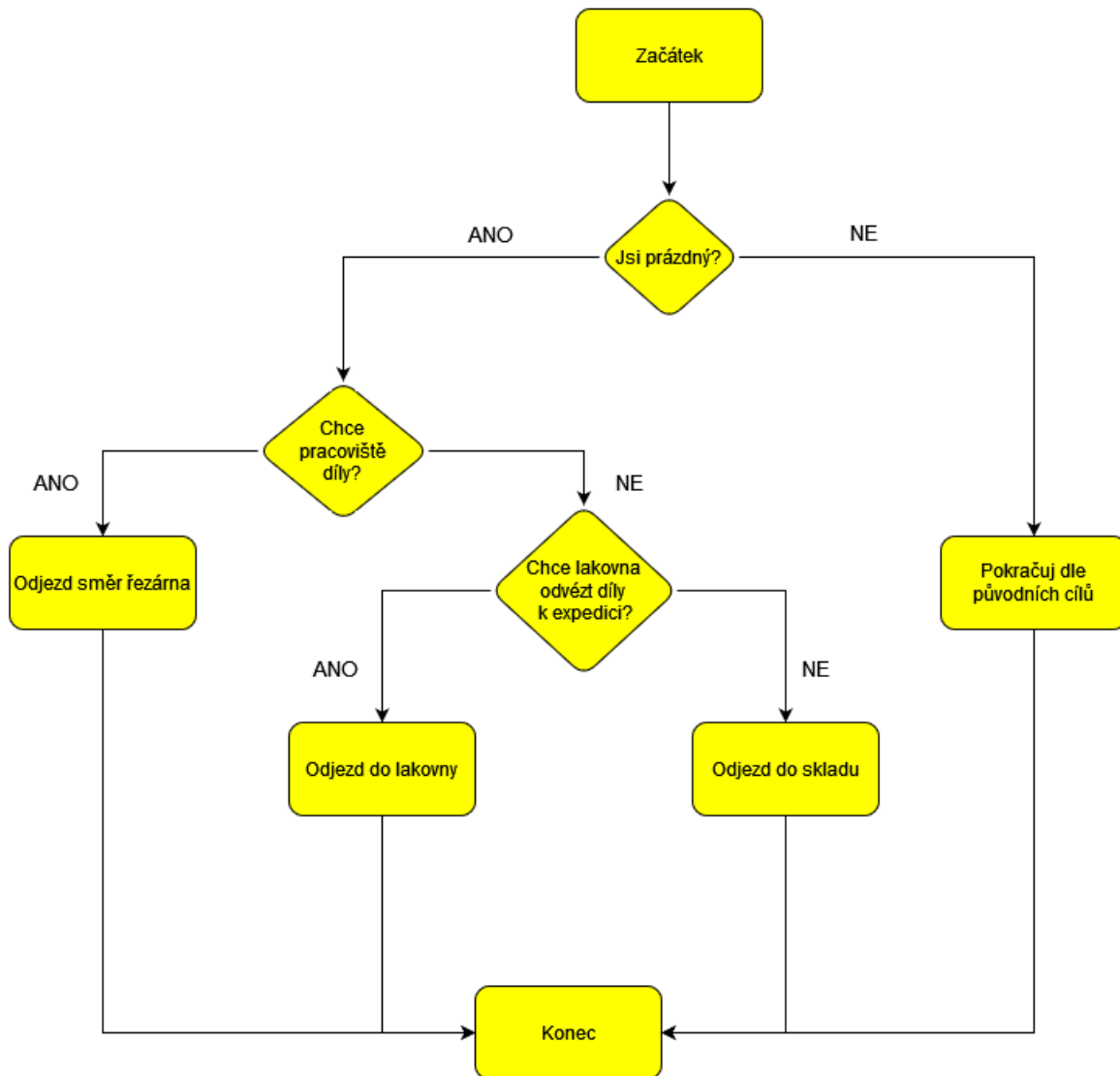
Příloha P8: Vývojový diagram – vykládka na pracovišti [autor]



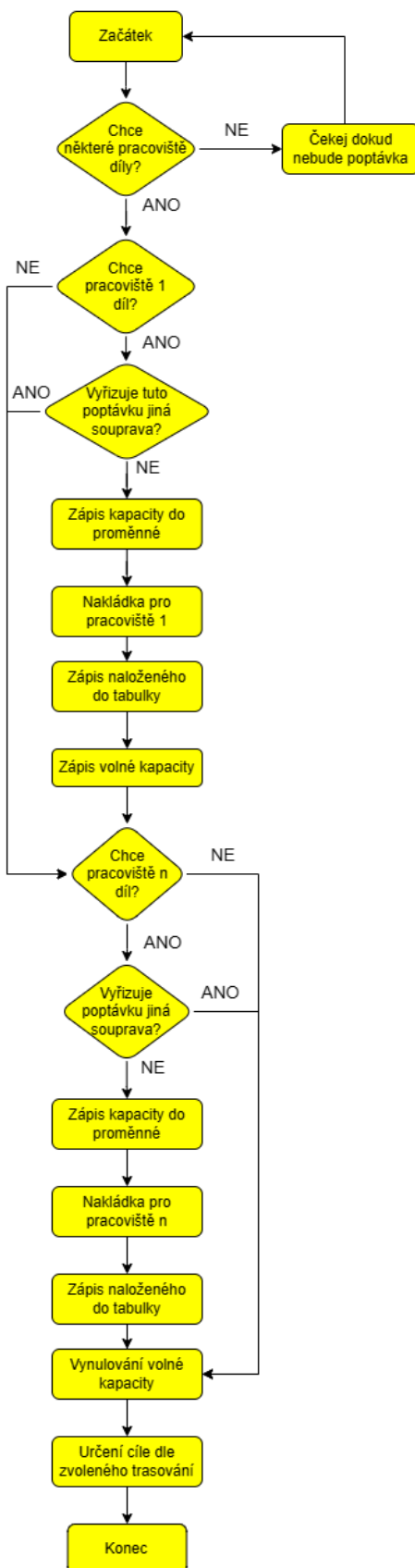
Příloha P9: Vývojový diagram – nakládka opracovaných dílů na pracovišti [autor]



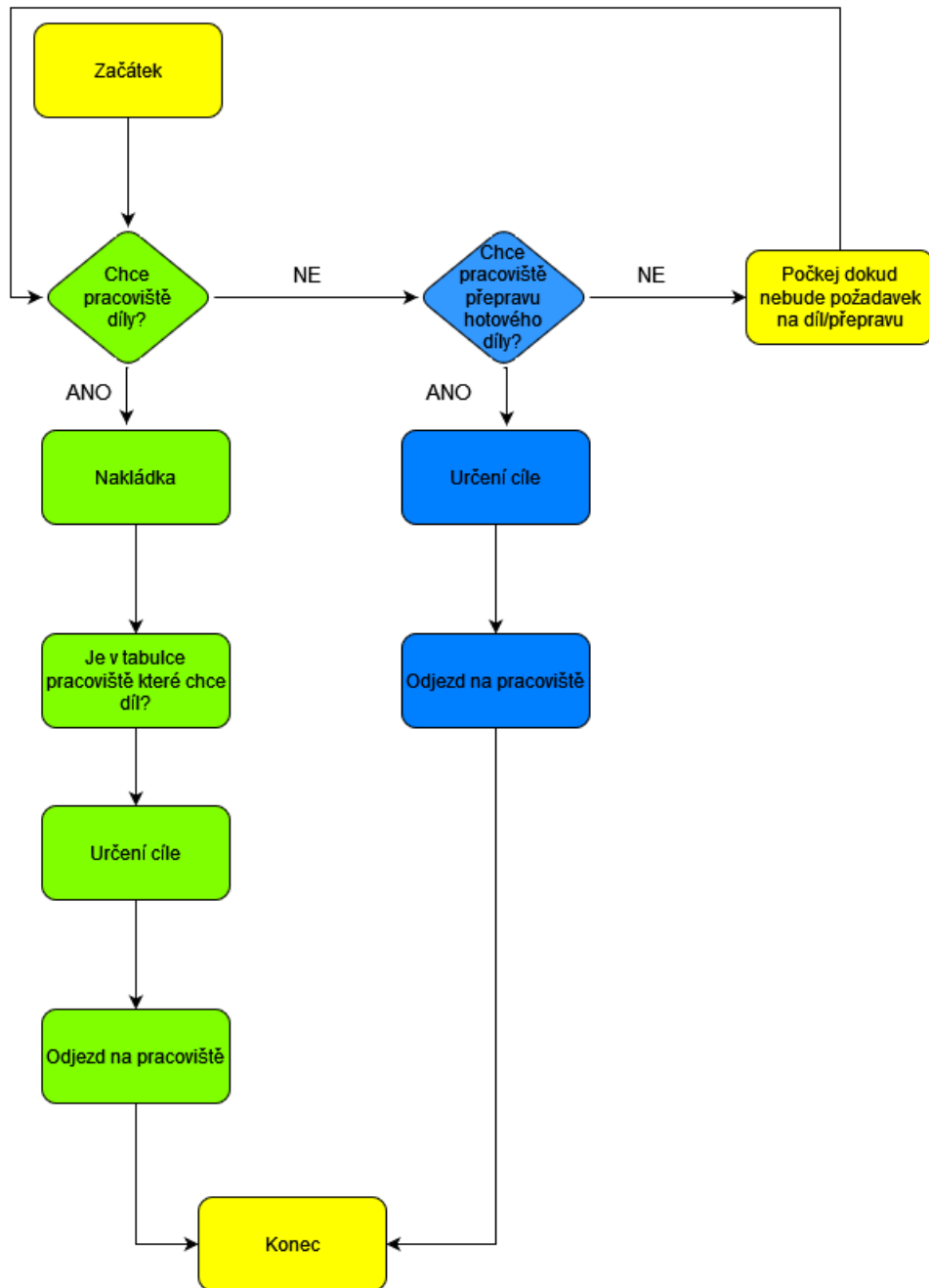
Příloha P10: Vývojový diagram – vnitrohalová křižovatka v modelu současného stavu [autor]



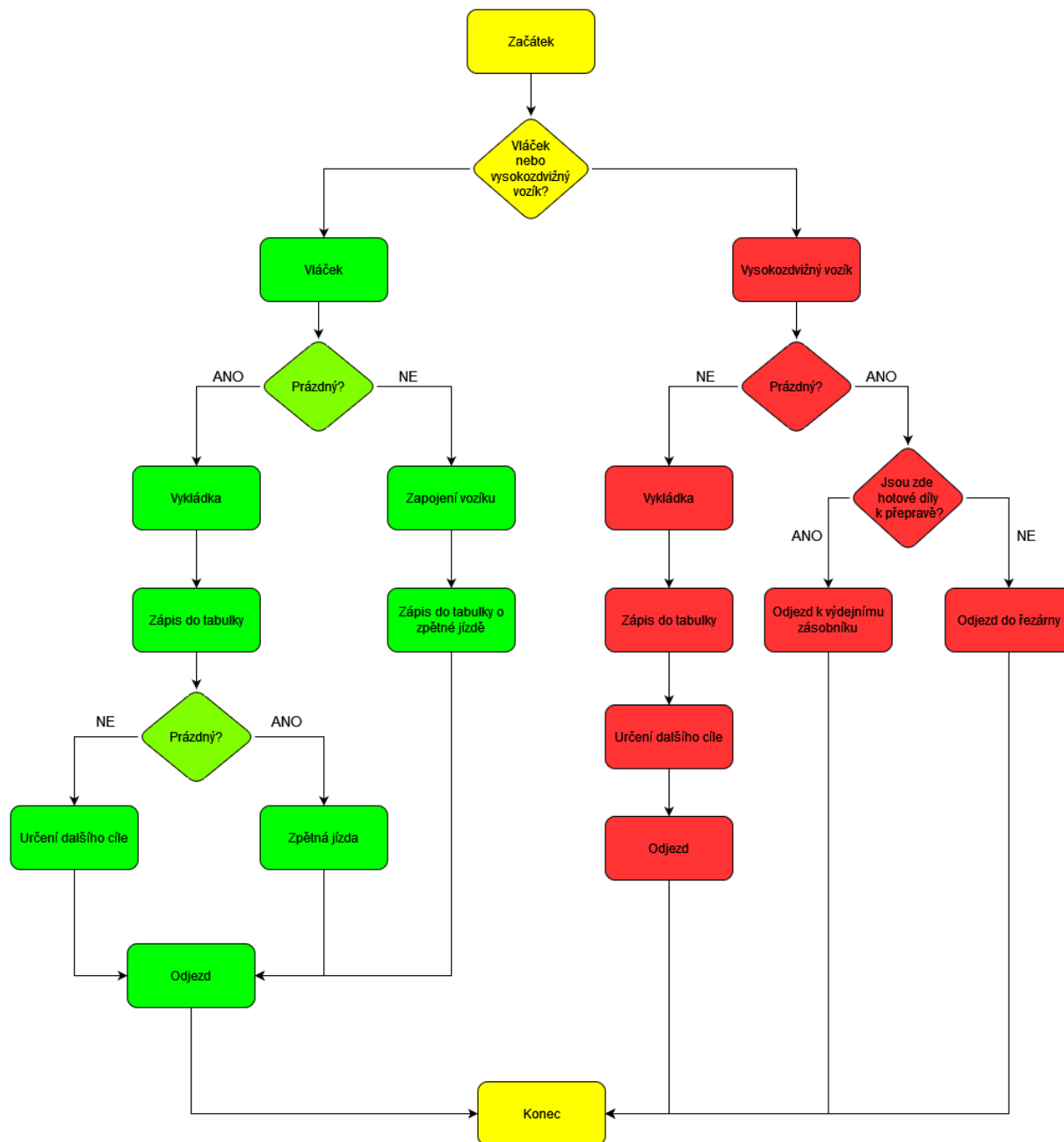
Příloha P11: Vývojový diagram – nakládka v centrálním skladu v modelu budoucího stavu [autor]



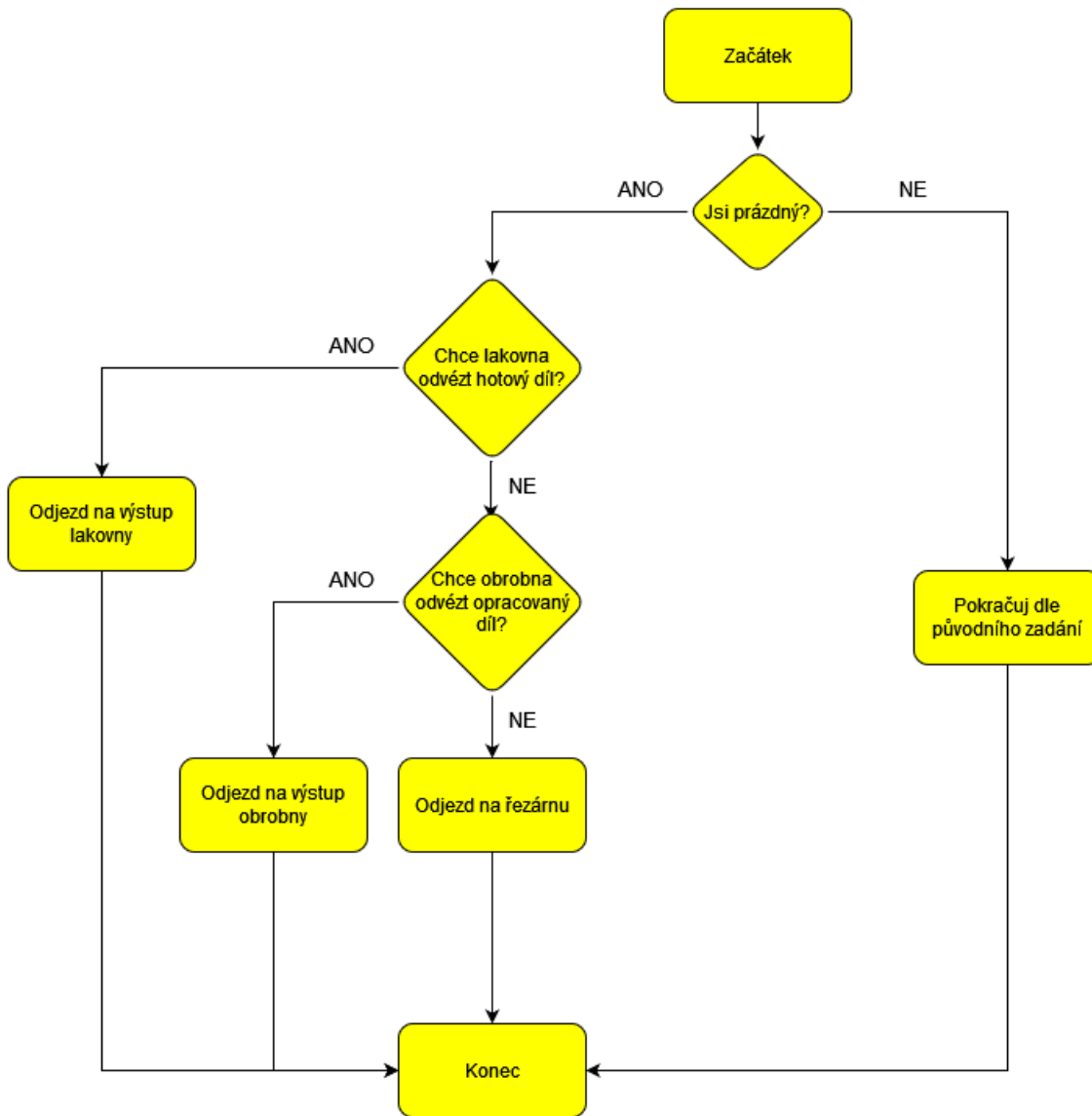
Příloha P12: Vývojový diagram – nakládka v řezárně v modelu budoucího stavu [autor]



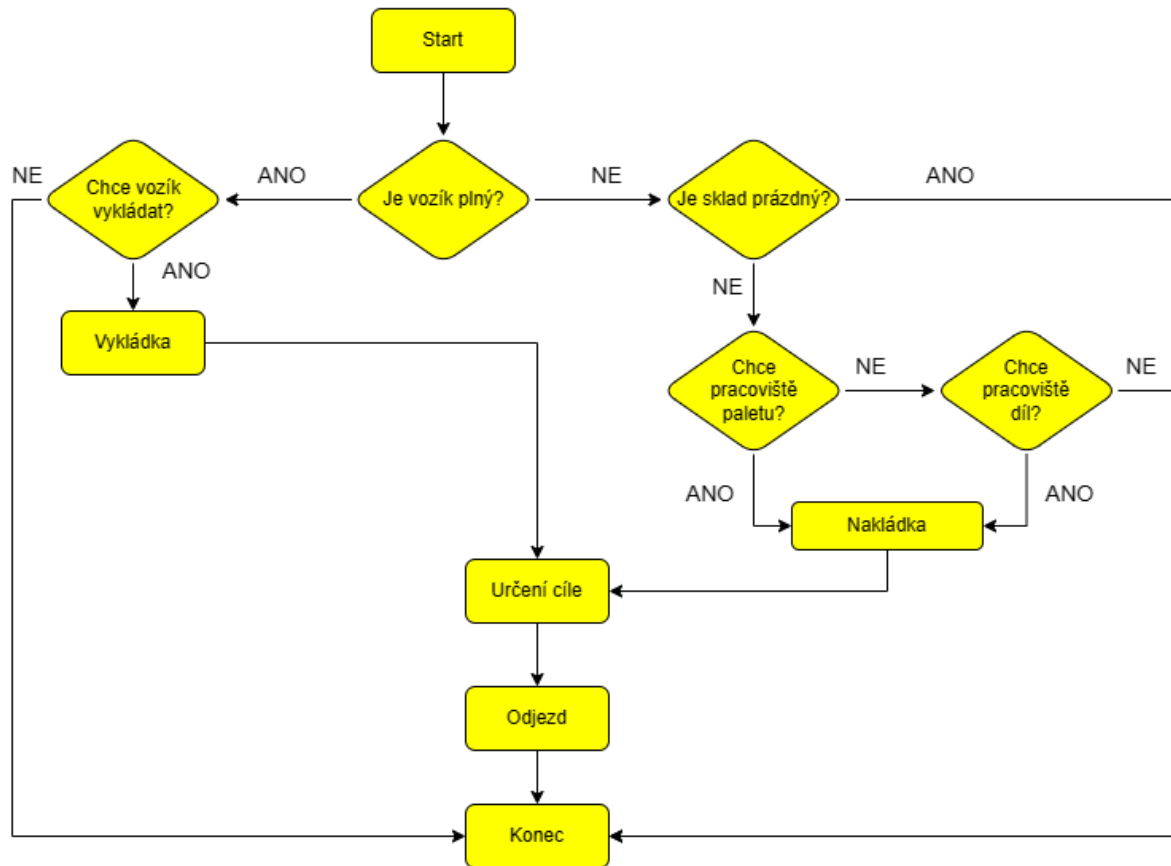
Příloha P13: Vývojový diagram – vykládka na pracovišti v modelu budoucího stavu [autor]



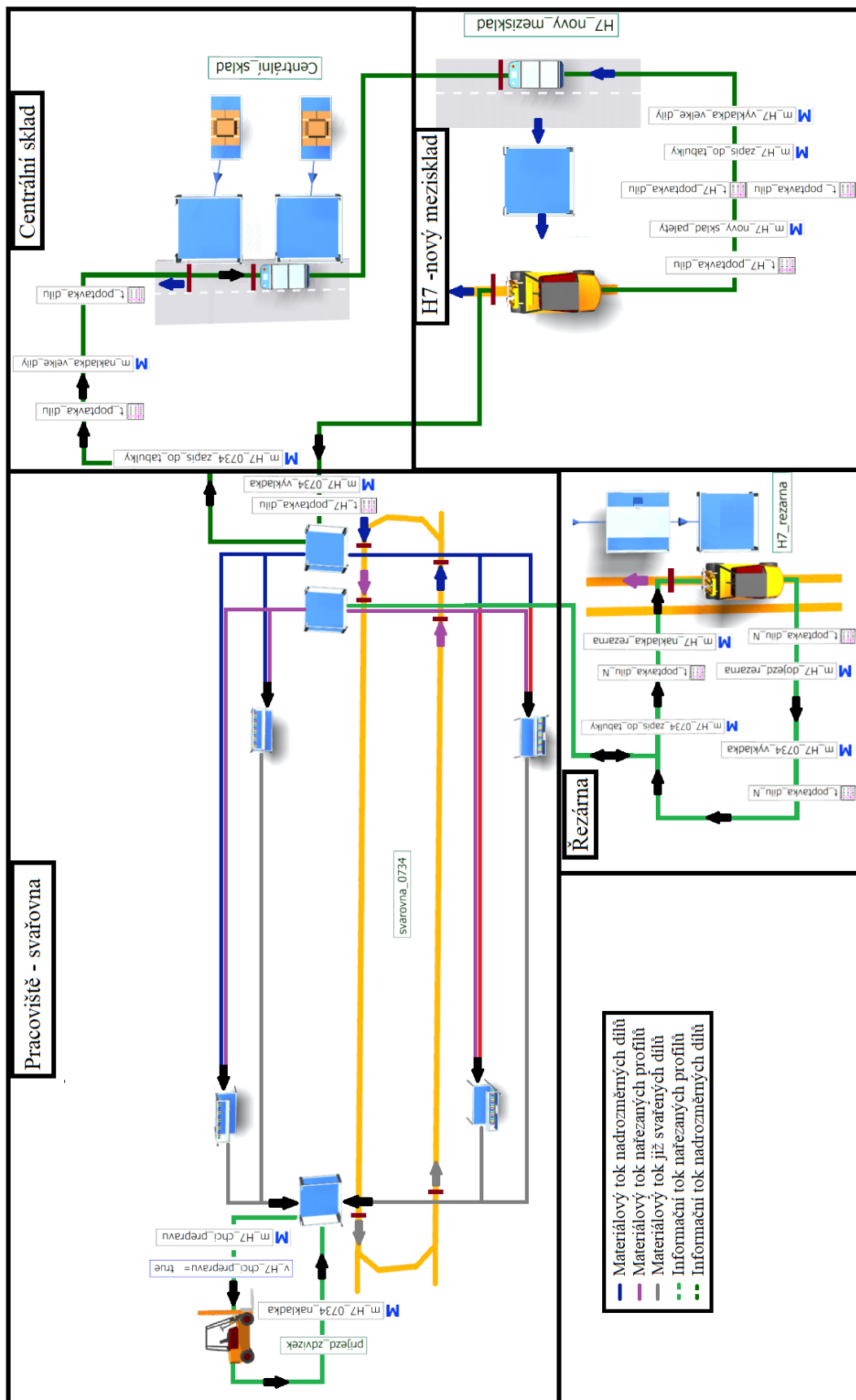
Příloha P14: Vývojový diagram – vnitrohalová křižovatka v modelu budoucího stavu [autor]



Příloha P15: Vývojový diagram – nakládka/vykládka v novém meziskladu H7 v modelu budoucím stavu [autor]



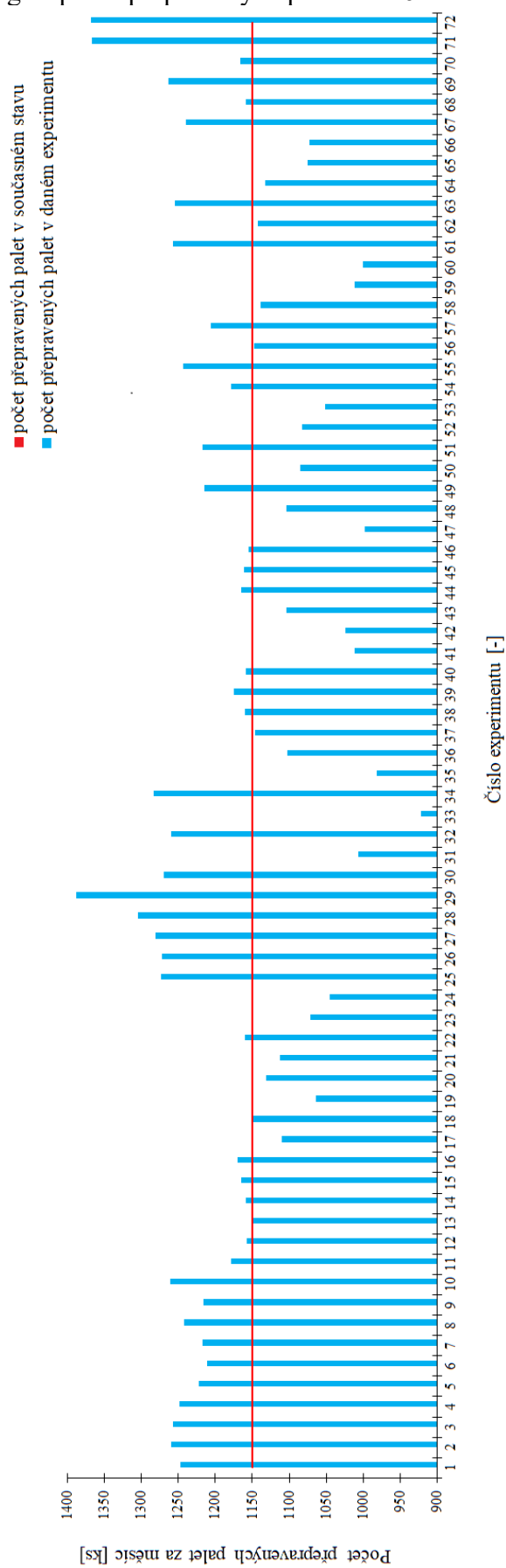
Příloha P17: Schéma navrhované logiky řízení komponent – nadrozměrné díly [autor]



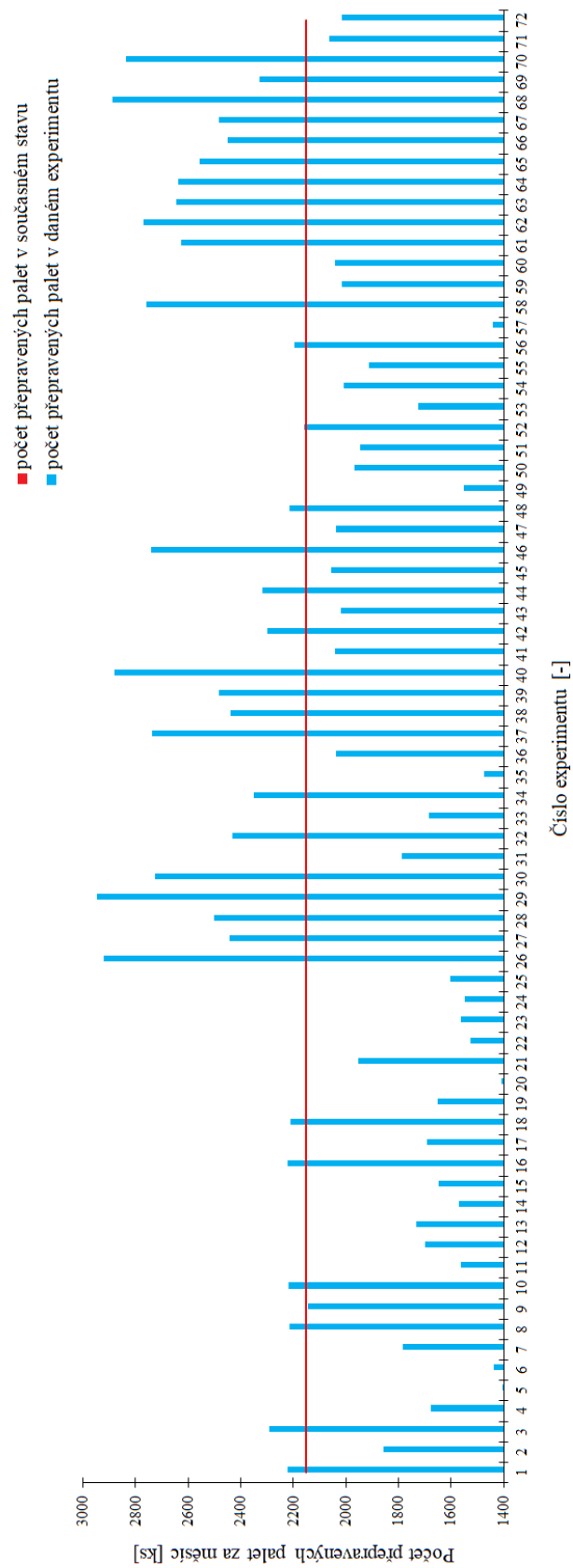
Příloha P18: Matice experimentů

Exp 01	obycejne_voziky	Layout_1	A	8	2
Exp 02	obycejne_voziky	Layout_1	A	8	3
Exp 03	obycejne_voziky	Layout_1	B	8	2
Exp 04	obycejne_voziky	Layout_1	B	8	3
Exp 05	obycejne_voziky	Layout_1	C	8	2
Exp 06	obycejne_voziky	Layout_1	C	8	3
Exp 07	obycejne_voziky	Layout_1	A	4	1
Exp 08	obycejne_voziky	Layout_1	A	4	2
Exp 09	obycejne_voziky	Layout_1	B	4	1
Exp 10	obycejne_voziky	Layout_1	B	4	2
Exp 11	obycejne_voziky	Layout_1	C	4	1
Exp 12	obycejne_voziky	Layout_1	C	4	2
Exp 13	C_ram	Layout_1	A	8	2
Exp 14	C_ram	Layout_1	A	8	3
Exp 15	C_ram	Layout_1	B	8	2
Exp 16	C_ram	Layout_1	B	8	3
Exp 17	C_ram	Layout_1	C	8	2
Exp 18	C_ram	Layout_1	C	8	3
Exp 19	C_ram	Layout_1	A	4	1
Exp 20	C_ram	Layout_1	A	4	2
Exp 21	C_ram	Layout_1	B	4	1
Exp 22	C_ram	Layout_1	B	4	2
Exp 23	C_ram	Layout_1	C	4	1
Exp 24	C_ram	Layout_1	C	4	2
Exp 25	obycejne_voziky	Layout_2	A	8	2
Exp 26	obycejne_voziky	Layout_2	A	8	3
Exp 27	obycejne_voziky	Layout_2	B	8	2
Exp 28	obycejne_voziky	Layout_2	B	8	3
Exp 29	obycejne_voziky	Layout_2	C	8	2
Exp 30	obycejne_voziky	Layout_2	C	8	3
Exp 31	obycejne_voziky	Layout_2	A	4	1
Exp 32	obycejne_voziky	Layout_2	A	4	2
Exp 33	obycejne_voziky	Layout_2	B	4	1
Exp 34	obycejne_voziky	Layout_2	B	4	2
Exp 35	obycejne_voziky	Layout_2	C	4	1
Exp 36	obycejne_voziky	Layout_2	C	4	2
Exp 37	C_ram	Layout_2	A	8	2
Exp 38	C_ram	Layout_2	A	8	3
Exp 39	C_ram	Layout_2	B	8	2
Exp 40	C_ram	Layout_2	B	8	3
Exp 41	C_ram	Layout_2	C	8	2
Exp 42	C_ram	Layout_2	C	8	3
Exp 43	C_ram	Layout_2	A	4	1
Exp 44	C_ram	Layout_2	A	4	2
Exp 45	C_ram	Layout_2	B	4	1
Exp 46	C_ram	Layout_2	B	4	2
Exp 47	C_ram	Layout_2	C	4	1
Exp 48	C_ram	Layout_2	C	4	2
Exp 49	obycejne_voziky	Layout_1	A	8	1
Exp 50	C_ram	Layout_1	A	8	1
Exp 51	obycejne_voziky	Layout_1	B	8	1
Exp 52	C_ram	Layout_1	B	8	1
Exp 53	obycejne_voziky	Layout_1	C	8	1
Exp 54	C_ram	Layout_1	C	8	1
Exp 55	obycejne_voziky	Layout_2	A	8	1
Exp 56	C_ram	Layout_2	A	8	1
Exp 57	obycejne_voziky	Layout_2	B	8	1
Exp 58	C_ram	Layout_2	B	8	1
Exp 59	obycejne_voziky	Layout_2	C	8	1
Exp 60	C_ram	Layout_2	C	8	1
Exp 61	obycejne_voziky	Layout_1	A	4	3
Exp 62	C_ram	Layout_1	A	4	3
Exp 63	obycejne_voziky	Layout_1	B	4	3
Exp 64	C_ram	Layout_1	B	4	3
Exp 65	obycejne_voziky	Layout_1	C	4	3
Exp 66	C_ram	Layout_1	C	4	3
Exp 67	obycejne_voziky	Layout_2	A	4	3
Exp 68	C_ram	Layout_2	A	4	3
Exp 69	obycejne_voziky	Layout_2	B	4	3
Exp 70	C_ram	Layout_2	B	4	3
Exp 71	obycejne_voziky	Layout_2	C	4	3
Exp 72	C_ram	Layout_2	C	4	3

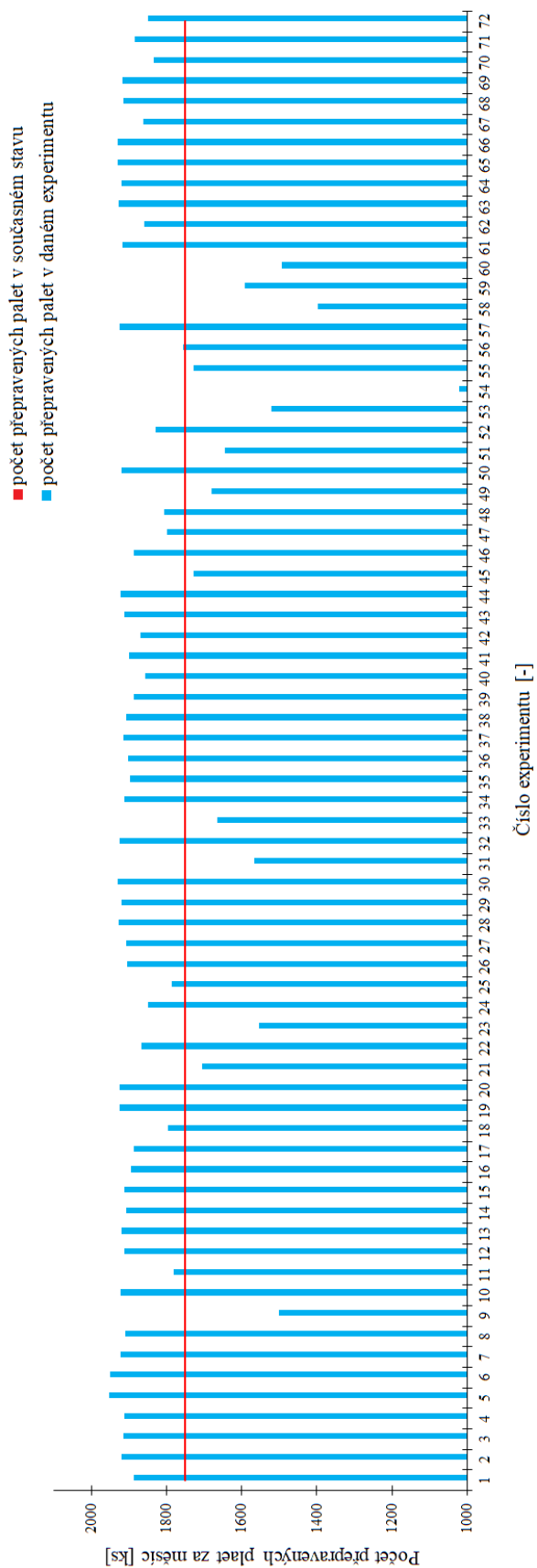
Příloha P19: Podrobnější graf počtu přepravených palet na H6 za měsíc



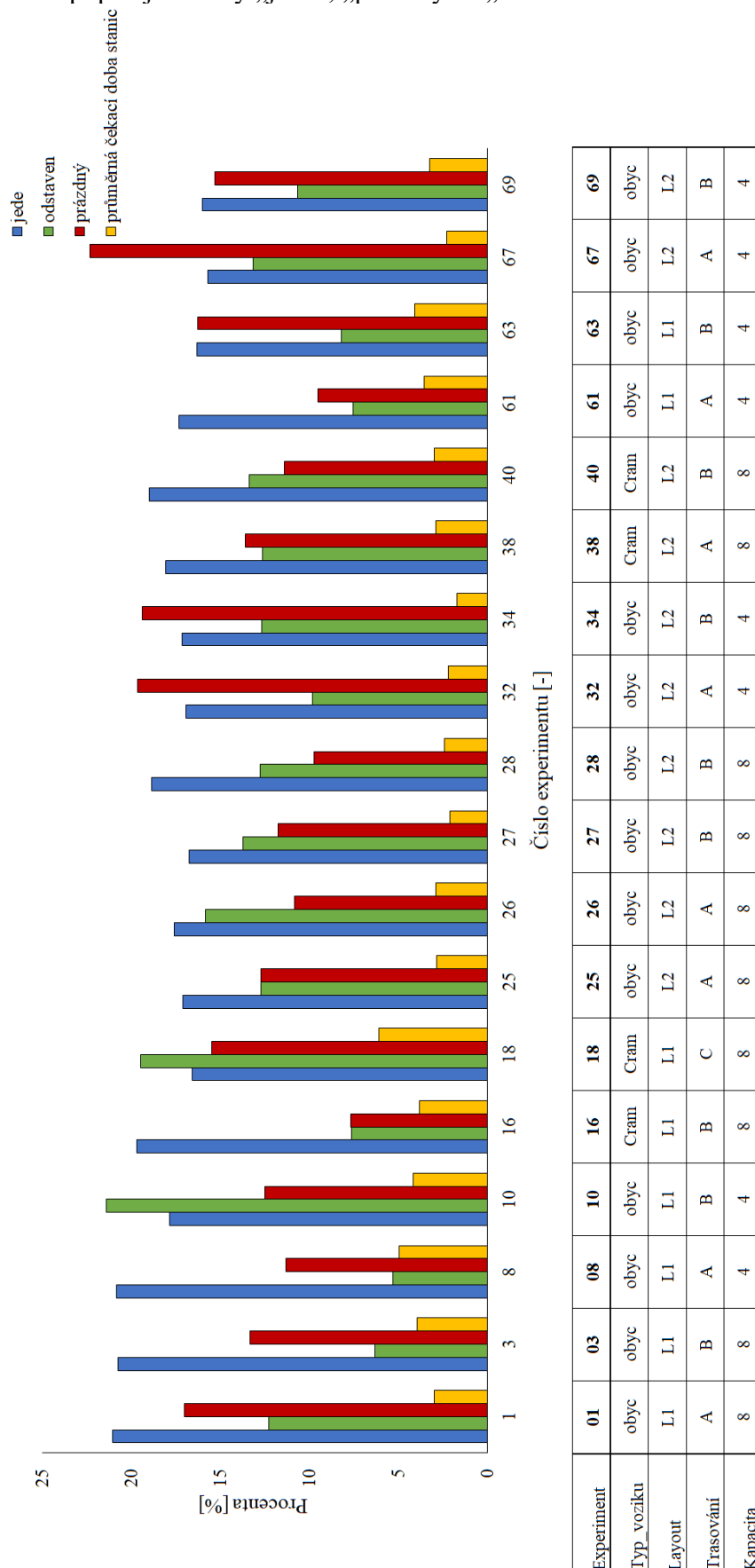
Příloha P20: Podrobnější graf počtu přepravených palet na H7 za měsíc



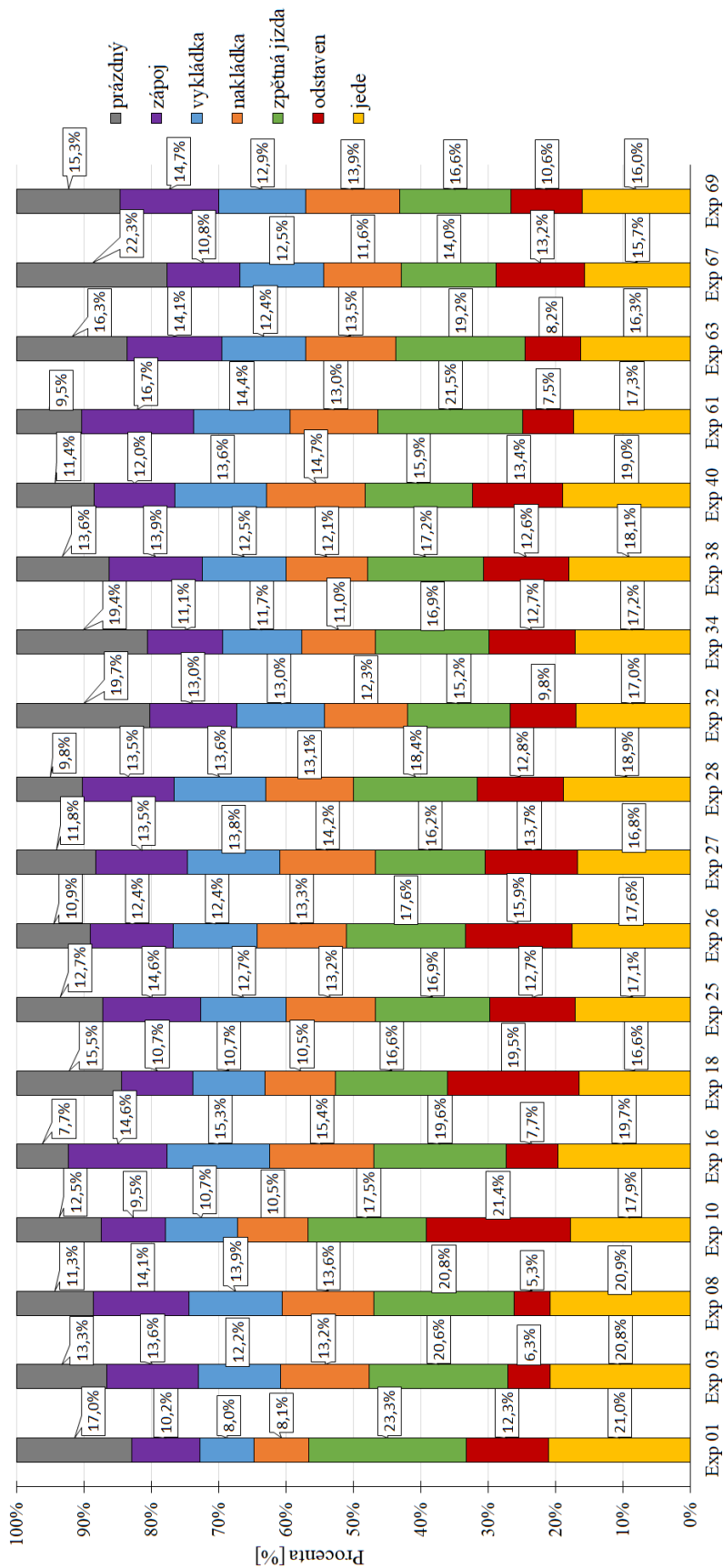
Příloha P21: Podrobnější graf počtu přepravených palet na H8 za měsíc



Příloha P22: Graf popisující stavy „jede“, „prázdný“ a „odstaven“ s čekacím časem stanic



Příloha P23: Graf popisující všechny stavy paletových vláčků



Číslo experimentu [-]

Experiment	01	03	08	10	16	18	25	26	27	28	32	34	38	40	61	63	67	69
Typ_vozíku	obyc	obyc	obyc	obyc	Cram	Cram	obyc	obyc	obyc	obyc	obyc	obyc	Cram	Cram	obyc	obyc	obyc	obyc
Layout	L1	L1	L1	L1	L1	L1	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L1	L1	L2	L2
Trasování	A	B	A	B	B	C	A	A	B	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Kapacita	8	8	4	4	8	8	8	8	8	8	4	4	8	8	4	4	4	4
Počet_souprav	2	2	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3