

Počítačová simulace logistických procesů

Ing. Martin Sedláček¹, Ing. Jiří Štoček Ph.D.²

¹VUT v Brně, 145196@vutbr.cz

²Škoda Auto a.s., jiri.stocek@skoda-auto.cz

Computer simulation of logistic processes

Abstract: *Logistic processes planning requires complex view of examined system in cause of enormous number of factors that affect correct logistic functionality in production. Computer simulations could provide this type of view. Implemented logistic process could be optimized in relatively short time period while using these tools effectively. Eventually it could define new logistic process conditions.*

Key words: *logistic process, discrete event simulation, optimization*

ÚVOD

Logistika svými procesy prakticky vstupuje do všech výrobních oblastí průmyslového závodu. Veškerý kladený důraz na maximální produkci výrobních oblastí může být bezpředmětný bez fungující logistiky, která tyto oblasti zásobuje materiálem, nebo výsledné produkty přesouvá blíže ke konečnému spotřebiteli. Logistický řetězec je podsystém logistického systému skládající se z řady článků, jehož struktura a chování jsou odvozeny od požadavku pružně a hospodárně uspokojit určitou potřebu finálního zákazníka. [1] Tlak na přesnou a jasnou definici vstupních parametrů plánovaných logistických systémů přináší motivaci k využití počítačových simulačních studií.

Tento článek se zabývá popisem simulační studie logistických řetězců se zaměřením na zavážení materiálu pomocí sekvenčních vozíků. Zavážecí okruhy jsou definovány místy spotřeby, kdy přepravu zajišťují maximálně dvě soupravy s maximálně čtyřmi sekvenčními vozíky.

Cílem optimalizačních kroků je minimalizovat počet zavážecích okruhů (v případě plánovaného provozu nejprve definování zavážecích okruhů) a minimalizovat délku zavážecího okruhu na základě vhodné posloupnosti zavážecích míst. Výhody využití počítačové simulace v tomto typu úloh spočívají v rychlé změně vstupních parametrů, které ovlivňují složení a vytížení jednotlivých souprav v zavážecích okruzích. Simulační studie se zabývá logistickými řetězci přidruženými k montážní lince výrobního závodu. Vlastní montáž provádí pracovníci, kteří při některých specifických činnostech využívají manipulátory pro zabezpečení montáže v požadované rychlosti a kvalitě.

Sekvenční zavážení

Sekvenční vozíky, používané při sekvenčním zavážení v rámci řešeného projektu, lze definovat jako pojízdné regály s přesně stanoveným počtem dílů, které jsou v jednotlivých místech vstupu/odběru určeny právě pro konkrétní výrobek putující po montážní lince. Tento zavážecí proces pracuje jako logistický koncept JIS. Pojízdné regály jsou pro jízdu umístěny na podvozek, který je připojen za přepravní prostředek a vytváří tak sekvenční vozík. Příklad plnění sekvenčního regálu je zobrazen na obr. 1, kde jsou, po umístění všech dílů do přípravku, díly automaticky přesunuty na pozice v regálu.

Operátoři ve skladu musí zabezpečit přípravu vozíku pro konkrétní stanici s díly ve správném pořadí i ve správném čase. Časové rozmezí, ve kterém musí být vozík naplněn pro následující jízdu, je závislý na kapacitě sekvenčního vozíku a na uspořádání výrobního programu. Výrobní program kromě informací o vzájemném poměru výskytu jednotlivých typů elementů materiálového toku je důležité znát časovou posloupnost, ve které mají být tyto typy elementů (výrobky) zadávány do výroby, resp. expedovány dopravním systémem v rámci logistického řetězce. [2]

V projektovaném systému se mohou objevovat sekvenční vozíky určené pouze pro jeden typ výrobku. To znamená, že pokud je na pracovišti přítomen jiný typ výrobku, než pro který jsou určeny díly v sekvenčním vozíku, nemůže být díl z daného vozíku odebrán. Doba vyprázdnění vozíku je tímto prodloužena, čímž vzniká i více časového prostoru ve skladu.



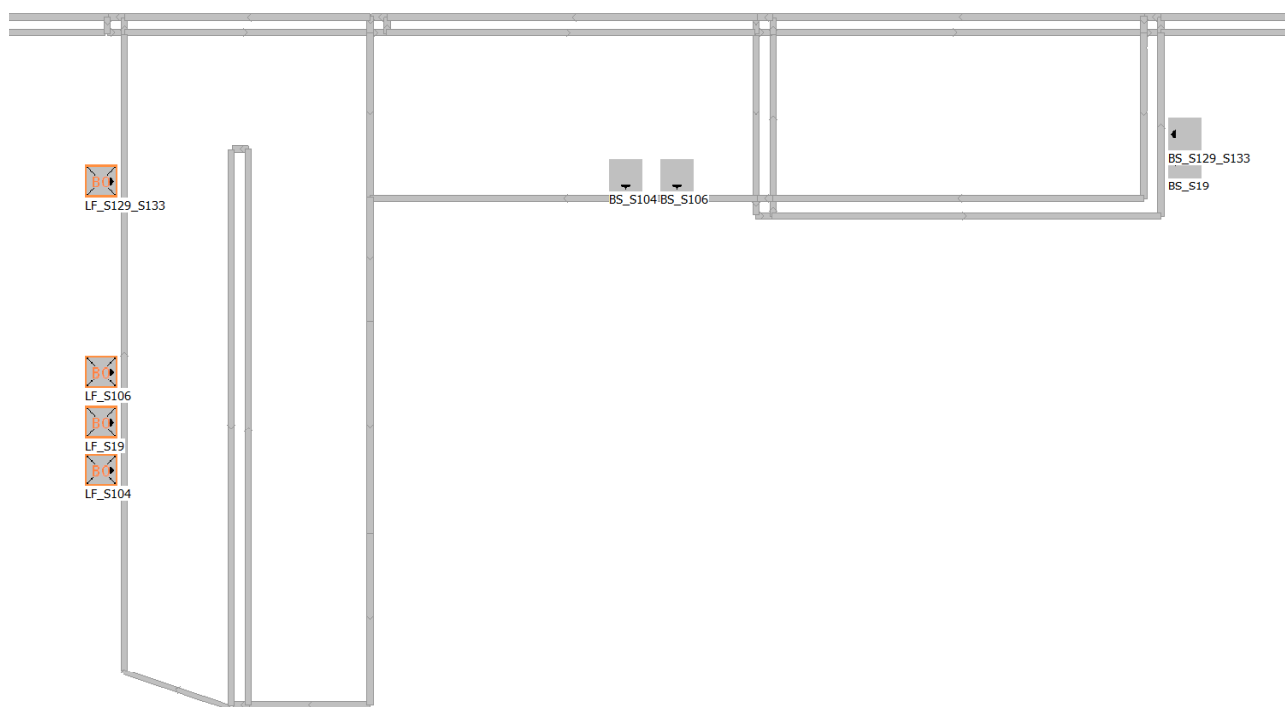
Obr. 1 Příklad plnění sekvenčního regálu [3]

Zavážecí okruh

Jednotlivé zavážecí okruhy jsou tvořeny skladovými pozicemi a zavážecími místy. Skladovací místa se nachází ve skladové části budovy, která je ovšem přímo připojena na budovu montážní linky. Každému zavážecímu místu přísluší konkrétní prostor ve skladu, kde je vytvářen sekvenční vozík. Obsluha přepravního prostředku, která spravuje vlastní zavážecí okruh, projíždí pevně stanovený zavážecí okruh. Ve skladu i na zavážecích místech zabezpečuje výměnu plných sekvenčních regálů za prázdné. Výměna je ergonomicky i časově nenáročná, neboť je využíváno

systemu podvozek vs. regál, který je velmi efektivní. Na zavážecím místě však musí být vytvořen dostatečný prostor pro umístění dvou regálů jako operační zásoby.

Na obr. 2 jsou zobrazeny stanice příslušející jednomu zavážecímu okruhu, které jsou zaváženy jedním přepravním prostředkem. Posloupnost příjezdu k jednotlivým stanicím musí být optimální, aby na daných pracovištích nedocházely zásoby z důvodu čekání na příjezd přepravního prostředku a aby se trasa tohoto prostředku zbytečně neprodlužovala.



Obr. 2 Stanice příslušící jednomu zavážecímu okruhu [zdroj: vlastní]

Využití počítačové simulace

Pomocí virtuálního počítačového prostředí je možné zobrazit reálné či projektované logistické systémy spolu s výrobním procesem, se zachycením všech důležitých rysů jednotlivých vyskytujících se prvků v logistickém řetězci. [4] Počítačové simulace je vhodným nástrojem pro odhalení úzkých míst v projektovaném systému. Tato činnost přináší nesporný benefit v dlouhodobém horizontu finančních nákladů. Díky simulaci lze tak správně směřovat finanční prostředky a ušetřit je tím pro úpravu nevhodně zrealizovaného systému.

V případě optimalizace již reálného systému mohou simulační modely nabývat téměř dokonalé přesnosti chování reálného provozu. Lze tak efektivně posuzovat potřebné změny parametrů a testovat je na věrné kopii reálného systému, což opět působí pozitivně na směřování prostředků do úprav studované oblasti. Vzhledem k tomu, že díky využití simulačního modelování nedochází k vícenákladům z důvodu nutných změn, je finanční přínos jen těžko vyčíslitelný. Nesporně však simulační studie přispívají k pochopení chování budoucího realizovaného stavu, díky vyhodnocování simulačních experimentů.

V rámci tohoto článku jsou prováděny simulace pomocí softwaru Plant Simulation společnosti Siemens. Zpracování vstupních i výstupních dat pro simulační studii zpravidla zabezpečují konvenční a běžně dostupné softwary (nejčastěji MS Excel apod.).

Metodika simulační studie

Sběr vstupních dat

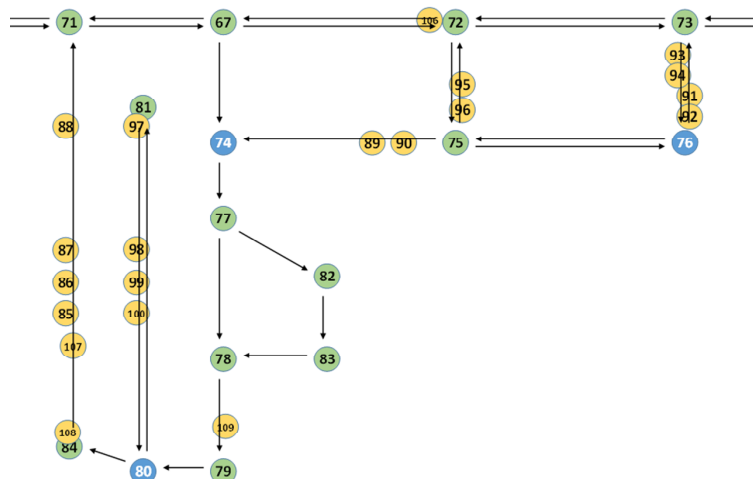
Jak je zřejmé z předchozího textu, jedním z nejzásadnějších úkonů pro vytvoření simulační studie je sběr relevantních vstupních dat (předpokládáme, že úloha je pro počítačovou simulaci vhodná). Přepravní prostředky se musí stejně jako v reálném provozu pohybovat po logistických trasách, ke správnému vytvoření cest je třeba získat výkres studovaného provozu. Na jednotlivé trasy je možné umístit omezující podmínky jako např. rychlost, směr nebo šířku komunikace, která tím může omezit typ vozů, který se po ní bude pohybovat. Nezbytnou součástí vytvoření takovéto úlohy v simulačním prostředí je znalost typu zavázečního konceptu, fungování informačního toku a omezujících podmínek pro přepravní prostředky (kapacity vozíků, rychlost vozů, maximální velikost soupravy, doba vykládání/nakládání materiálu).

Je vhodné si se zadavatelem simulační studie vytvořit jednoduchou strukturu souborů pro předávání vstupních dat pro efektivnější komunikaci v případě změn konceptu, nebo aktualizace jednotlivých částí řešeného projektu.

Vytvoření konceptu zavázečních okruhů

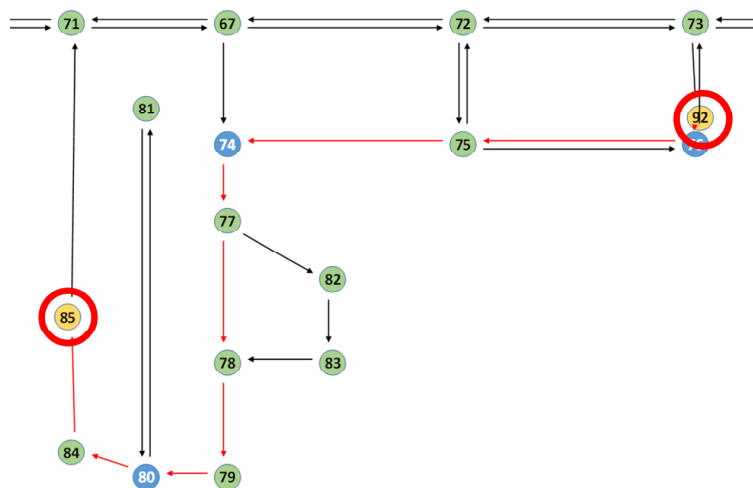
Pokud je cílem simulační studie návrh nebo optimalizace zavázečních okruhů, využíváme sofistikovaných nástrojů pro koncepční návrh zavázečních okruhů. Již při několika zavázečních místech a k nim příslušících skladech vzniká situace, kdy nemusí být jednoznačné, jak daný okruh vytvořit, nebo které stanice sdružit do společného okruhu (okruhy jsou v tomto případě sdruženy max. ze 4 stanic, v modelu bylo přes 80 zavázečních míst). V takovém případě je tedy vhodné využít následující postup.

Nejprve je nezbytné vytvořit matematický model, kterým bude definována síť logistických komunikací a jednotlivé uzly, kterými bude trasa vedena, viz obr. 3. Zelené body jsou uzly, kde je možno se soupravou otočit, modré uzly jsou místa, kde je umožněn pouze průjezd, šipka označuje směr komunikace, její délka pak prezentuje v odpovídajícím měřítku délku trasy. Žluté uzly jsou zavázeční stanice, případně sklady. V uživatelském rozhraní tohoto nástroje je definováno, které sklady udržují materiál jim příslušným zavázečním místům.



Obr. 3 Matematický model části studované oblasti [zdroj: vlastní]

Rozhodnutí, které stanice jsou vhodné pro sloučení do jednoho zavázečního okruhu, se provádí na základě podobnosti jednotlivých tras ze skladu do zavázečního místa. Dle obr. 4 je zřejmé, že sklad se nachází v uzlu 92 (je zde začátek trasy), zavázeční místo 85 je dosažitelné skrze uzly 76, 75, 74, 77, 78, 79, 80 a 84. Tyto údaje jsou následně porovnány s údaji všech tras v simulačním modelu. Je tedy zjišťována podobnost jednotlivých tras, a to nikoliv na základě umístění jednotlivých skladů nebo zavázečních míst, ale jejich bodů průjezdu od skladu k zavázečnímu místu. Tato metoda zajišťuje korektní vyhodnocení podobnosti jednotlivých tras (je možné využít výsledek shlukové analýzy například pomocí dendrogramu).



Obr. 4 Nejkratší trasa mezi zvolenými uzly [zdroj: vlastní]

Vyhodnocení, díky kterému je možné definovat stanice, které jsou vhodné pro sdílení zavázečního okruhu, není však pro přenesení do simulačního modelu dostatečné. Touto metodikou jsou následně jednotlivé vytvořené okruhy testovány a definována vhodná místa pro začátek zavázečního okruhu, nebo počet stanic, který je možné v rámci konkrétního zavázečního okruhu obsluhovat. Okruhy mohou být hodnoceny na základě délky okruhu nebo doby průjezdu okruhem

včetně operací ve skladech a zavážecích místech. Při vyhodnocení jsou uvažována různá specifika jako např. možnost otočení v uzlu, vzájemná vzdálenost uzlů, pravidlo předcházejících uzlů (v okruhu je nejprve nutné navštívit sklad a následně zavážecí místo), čas manipulace, směr příjezdu k uzlu nebo rychlosti přepravních prostředků. Tato metodika tedy napomáhá k efektivnímu návrhu izolovaného zavážecího okruhu.

Testování okruhů v simulačním modelu

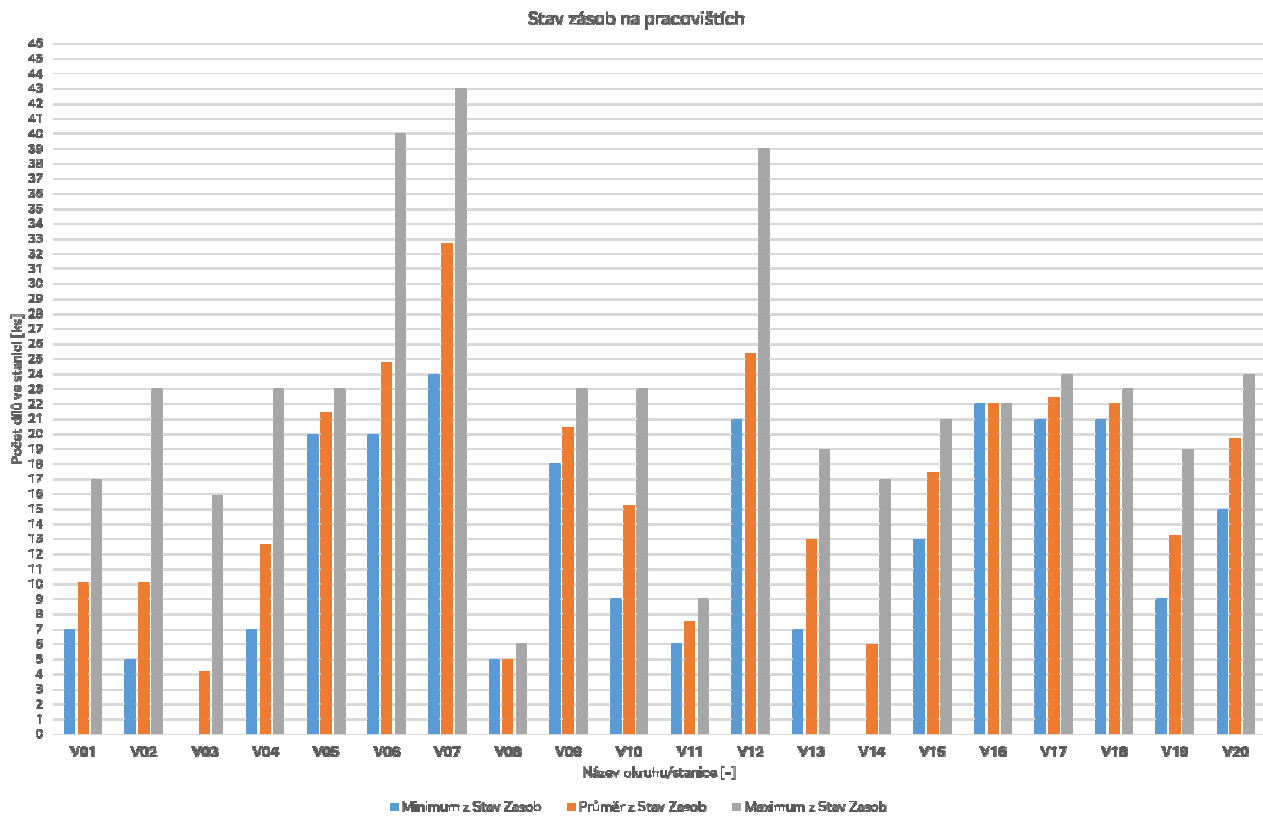
Ke komplexnímu testování již navržených zavážecích okruhů využíváme simulačního modelu. Díky simulačnímu modelu je možné testovat vzájemné ovlivnění přepravních prostředků v zavážecích okruzích. Simulační model lze rovněž zatížit některými vnějšími vlivy, jako je poruchovost jednotlivých přepravních prostředků, zdržení při manipulaci s materiálem, vlivem různého výrobního programu, kombinací různých směnových režimů, omezením na trasách způsobených jinou činností v oblasti, nebo náhodným provozem ve sledované oblasti.

Simulační model také umožňuje včasnou lokalizaci úzkých míst v síti logistických tras, kde dochází k blokážím z důvodu přetížení komunikací, a pomáhá tak v návrhu opatření pro budoucí implementaci jednotlivých koncepčních návrhů do reálného provozu.

Analýza výsledků simulace

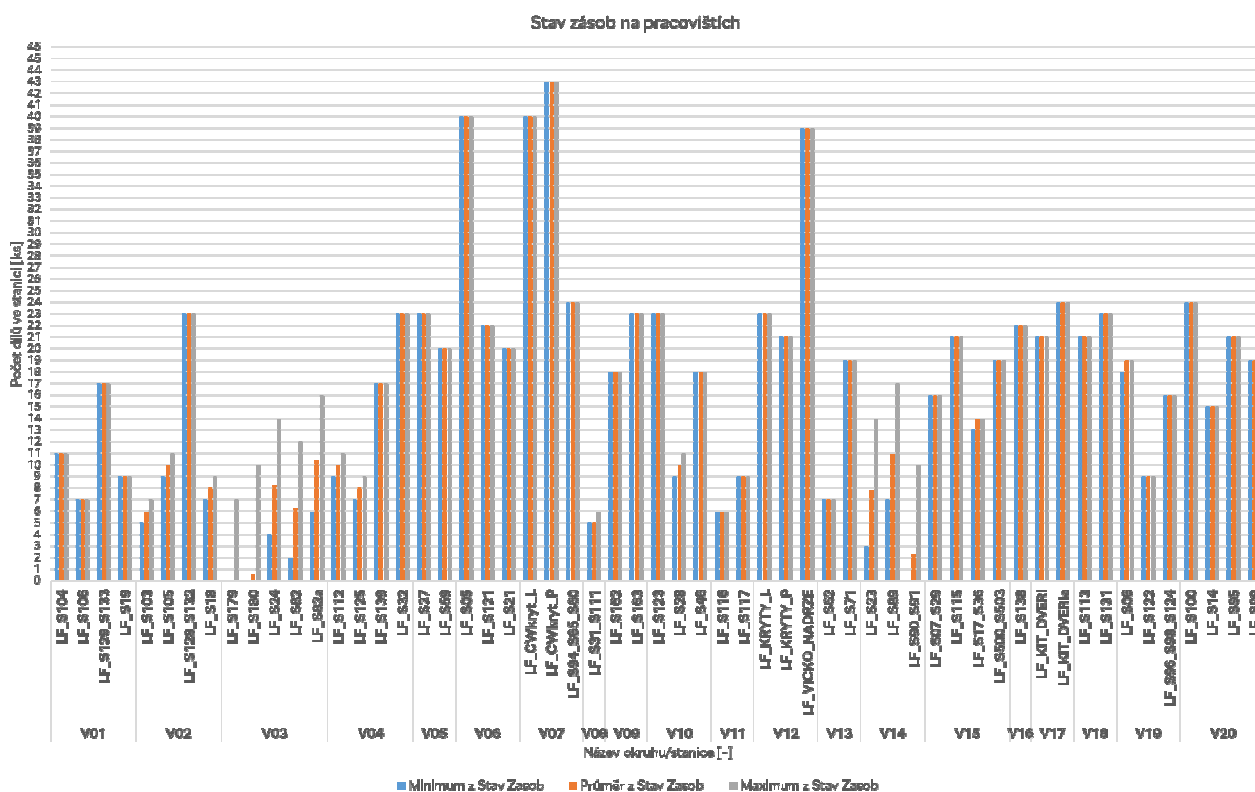
Z verifikovaného a validovaného modelu, který odpovídá požadované konfiguraci, je nutné získávat dostatečné množství informací v odpovídající kvalitě. Parametry experimentů je nezbytné zvolit tak, aby z nich bylo možné získat požadované informace pro zadavatele simulační studie.

Cílem logistického řetězce, který zajišťuje montážní linku, je dodávat materiál v takovém čase, kvalitě a množství, aby zabezpečil kontinuální provoz linky. Pokud se zaměříme na příklad možných sledovaných výsledků na obr. 5, kde je zobrazen stav materiálu na zavážecích místech v průběhu simulace, zjistíme, že uvedený cíl není splněn pro zavážecí okruhy s označením V03 a V14, kde minimální zásoba materiálu klesá na nulu a tím pádem by byl ohrožen chod montážní linky.



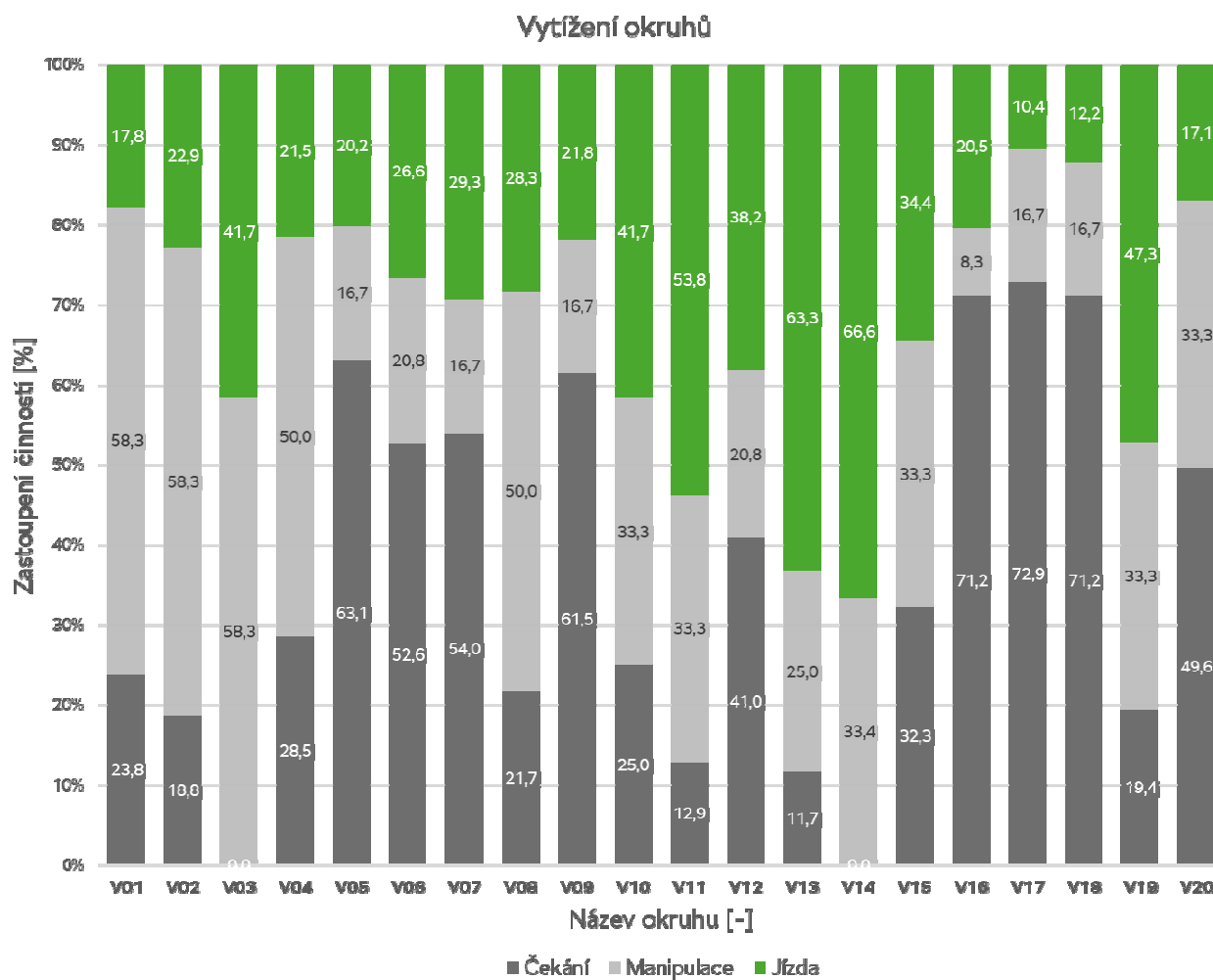
Obr. 5 Stav zásob materiálu v okruzích [zdroj: vlastní]

Při vyšší míře detailnosti výsledků je možné sledovat konkrétní problematická zavážecí místa jednotlivých okruhů. Na obr. 6 jsou zobrazena konkrétní zavážecí místa příslušející zavážecím okruhům definovaných pro tento příklad. Z okruhu V03 jsou kritická zavážecí místa LF_S179 a LF_S180. V okruhu V14 se jako problematická jeví stanice LF_S90_91.



Obr. 6 Stav zásob materiálu na závazecích místech [zdroj: vlastní]

Vytipování problematických stanic však nemusí být dostatečnou informací, jelikož řešením pro konkrétní stanice může být pouze změna posloupnosti obsluhy stanic v okruhu a problém se pouze přesune na jiné závazecí místo. Pro komplexnější pohled na studovaný systém je vhodné posuzovat více faktorů pro daný závazecí okruh společně. Poměrné vytížení souprav v jednotlivých závazecích okruzích je zobrazeno na obr. 7. Zde je opět jasné, že plně vytíženy jsou soupravy právě okruhu V03 a V14. V okruhu V03 je dle obr. 7 souprava vytížena z větší části manipulací s materiálem, tedy výměnou jednotlivých sekvenčních regálů. V okruhu V14 je tomu naopak, souprava je zde vytížena zejména jízdou po logistických komunikacích.



Obr. 7 Poměrné vytížení souprav v jednotlivých zavážecích okruzích [zdroj: vlastní]

Souprava v okruhu V03 obsluhuje celkem pět stanic a zdržení způsobené manipulačními časy je natolik velké, že zapříčiňuje nedostatek materiálu v zavážecích místech LF_S179 a LF_S180. Zavážecí okruh V14 je veden po komunikacích s omezeným průjezdem, ve kterých je omezena maximální povolená rychlost soupravy, tedy čas strávený jízdou k zavážecím místům je natolik velký, že místu LF_S90_91 dochází zásoba materiálu.

ZÁVĚR

Článek pojednává o metodickém vytváření simulačních modelů logistických systémů při využití softwaru Plant Simulation. Logistické procesy jsou nedílnou součástí jednotlivých výrobních oblastí. Snaha o optimalizaci procesů v těchto oblastech se tedy dotýká i logistiky. Simulační studie napomáhají k objektivnímu hodnocení optimalizovaného systému jako celku, nikoliv izolovaně, bez vzájemných vlivů dílčích činností. Díky možnosti změny parametrů v simulačním prostředí je možné vyhodnocovat a porovnávat vzájemně jednotlivé varianty myšlených úprav na plánovaném systému a to za neporovnatelně nižších finančních nákladů.

LITERATURA

- [1] DAVID, Petr a František ORAVA. Zásílatelství. Vyd. 1. Praha : České vysoké učení technické, 2008, 115 s. ISBN 978-80-01-04035-5.
- [2] HLOSKA, J. Optimalizace materiálového toku v hromadné výrobě simulačními metodami. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 144 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc..
- [3] Material flow systems [online]. Halle / Westfalen: LUCA Logistic Solutions, 2011 [cit. 2019-08-25]. Dostupné z: <https://www.luca.eu/en/material-flow-systems>
- [4] 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.