



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta informačních technologií

Technická zpráva k projektu do předmětu IMS

Výrobní proces z oblasti: strojírenské nebo zemědělské

Obsah

1	Úvod	1
1.1	Řešitelé a zdroje informací	1
1.2	Validita modelu	1
2	Rozbor tématu a použitých technologií	2
2.1	Použité postupy	2
2.2	Původ technologií	2
2.3	Traverza	2
2.4	Stanoviště	3
2.5	Pauzy a přerušení	4
2.6	Shrnutí	4
3	Koncepce modelu	5
3.1	Návrh konceptuálního modelu	5
3.2	Formy konceptuálního modelu	6
4	Architektura simulačního modelu	7
4.1	Hlavní procesy a porucha	7
4.2	Pauza na oběd	7
4.3	Změna směny a vykonání osobních potřeb	7
5	Podstata simulačních experimentů a jejich průběh	8
5.1	Obecný popis simulačních experimentů	8
5.2	Jednotlivé experimenty	9
5.2.1	Experiment 1	9
5.2.2	Experiment 2	10
5.2.3	Experiment 3	11
5.2.4	Experiment 4	12
5.2.5	Experiment 5	12
5.3	Závěr plynující z experimentů	12
6	Shrnutí simulačního experimentů a závěr	13
7	Literatura	14

1 Úvod

Tato dokumentace vznikla v rámci projektu do předmětu Modelování a simulace bakalářského studijního programu Vysoké školy informačních technologií v Brně. Práce se zabývá simulací (viz. [3], slajd 8) modelu (viz. [3], slajd 7) linky navěšování ocelových výrobků lakovny firmy Agrostroj s.r.o. se sídlem v Pelhřimově. Na základě modelu a série simulačních experimentů bude znázorněno chování systému za stávajících a dále námi upravených podmínek. Cílem tohoto projektu je zkoumání, proč dosavadní stav není optimální, nalézt lepší řešení procesu navěšování a popřípadě vyzkoušet provést různé změny, které by mohly zvýšit efektivitu linky.

1.1 Řešitelé a zdroje informací

Autory projektu jsou Vojtěch Kozel a Milan Augustín. Při tvorbě projektu bylo využito materiálů a znalostí získaných v předmětu IMS. Dalším podstatným zdrojem informací ohledně chodu linky a především poskytnutím náhledu do interních statistik pro ověření validity modelu (viz. [3], slajd 7) byl mistr linky lakovny Adam Šušmák.

1.2 Validita modelu

Validita navrhovaného modelu (viz. [3], slajd 7) byla průběžně experimentálně ověřována. První a také hlavní ověření validity modelu bylo provedeno srovnáním statistik výstupů simulace (viz. [3], slajd 7) s údaji poskytnuté již zmiňovaným Adamem Šušmákem. Vzhledem k tomu, že statistiky linky lakovny jsou dlouhodobé, srovnání bylo prováděno pouze s posledním rokem, který nám i tak stačil pro dostatečné ověření, že model (viz. [3], slajd 7) je validní.

Potřebné informace o lince a jejím chodu byly získány od Adama Šušmáka a také od jednoho z řešitelů, který na lince pracoval v rámci brigády tři roky zpátky po dobu zhruba tří měsíců. Tato zkušenost pomohla při řešení ke správnému pochopení reálného problému a také při ověřování validity modelu.

2 Rozbor tématu a použitých technologií

Pro modelování a simulaci (viz. [3], slajd 7) linky navěšování je potřeba znát reálný chod a strukturu celé linky, nejen části navěšování, která je modelována (viz. [3], slajd 8) a zkoumána v rámci řešení tohoto projektu. Nemyslí se tím celý podrobný výrobní proces, ale obecná představa pro pochopení problematiky je nutná. V následujícím odstavci a poté kapitolách 2.3 – 2.6 je vysvětlen chod linky a rozebrány její stěžejní části. Navěšovací linka lakovny je součástí výrobního procesu. Proces lakování probíhá následujícím způsobem. Ze skladu materiálu je neustále po dobu provozu linky přivážen materiál, který je pracovníky navěšen na přivolanou traverzu (traverzy jsou přivolávány ze skladu traverz – je jich pevný počet). Po navěšení materiálu je traverza odeslána ze stanoviště. Materiál na traverze poté prochází dalšími výrobními postupy, které nejsou pro tuto práci důležité (začištění, odmaštění, lakování, průchod pecí. . .). Na konci linky je materiál svěšen a prázdná traverza se vrací zpátky do zásobníku traverz. Cílem zkoumání tohoto projektu je část navěšování.

Pro tuto část je podstatných mnoho faktů. Provoz je nepřetržitý, což znamená, že až na výjimky funguje linka 24 hodin denně 7 dní v týdnu. Linka navěšování se skládá ze tří navěšovacích stanovišť a dvou zásobníků traverz. Jeden zásobník obsahuje traverzy typu A (100 kusů) a druhý traverzy typu B (50ks). Dále zde probíhá výměna jednotlivých směn po osmi hodinách. Každé stanoviště má své pauzy na oběd a omezení v podobě vykonání potřeb zaměstnanců, kteří linku obsluhují. Jednotlivé části jsou podrobně popsány v kapitolách 2.3 - 2.6.

2.1 Použité postupy

Ke tvorbě projektu byl použit jazyk C++, neboť umožňuje objektový návrh, který se hodí pro řešení projektu. Dále byla použita knihovna SIMLIB [4], protože poskytuje třídy vhodné pro simulaci. Kromě toho, že tyto dva použité postupy vyžaduje samotné zadání projektu, tak knihovna SIMLIB poskytuje spoustu potřebných věcí pro tvorbu simulačních modelů (viz. [3], slajd 7) a výsledný kompilovaný kód C++ je poměrně rychlý. Použité konstrukce a algoritmy je možné najít ve slajdech k předmětu IMS (viz. [3], slajd 126-218) popřípadě slajdech k prvnímu [1] a druhému [2] demonstračnímu cvičení od pana Hrubého.

Pro získání parametrů byly použité hodnoty získané osobním měřením, konzultací s mistrem lakovny a také nahlédnutím do interních statistik.

Pro lepší představu byl pro vizualizaci výsledků použit program Matlab, pomocí kterého probíhalo vykreslení grafů na základě dat získaných provedením experimentů s modelem (viz. [3], slajd 7) linky lakovny. Díky grafům se lépe dokáže analyzovat výsledek simulace (viz. [3], slajd 7) a je možné vyvodit závěry.

2.2 Původ technologií

- C++ – <http://en.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>
- Simlib – <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/> (GNU GPL)
- Linux – distribuce Mint, <http://linuxmint.com/> (GNU GPL)
- macOS High Sierra 10.13.1
- Matlab – verze R2017A

2.3 Traverza

Traverza je pro proces lakování neodmyslitelnou součástí. Pro jednoduchost si jí můžeme představit jako věšák, na který se zavěšuje materiál. Traverzy se nachází prázdné v zásobníku traverz, odkud jsou přivolávány na stanoviště. Na jedno stanoviště se vejde vždy maximálně jedna traverza, na kterou se po jejím příjezdu navěšuje materiál. Po navěšení je traverza odeslána po lince dále a materiál je zpracováván. Po zpracování je materiál z traverzy svěšen a ta se vrací zpátky do zásobníku traverz, odkud je opět až na ní přijde řada

přivolána, ověřena materiálem a poslána k dalšímu zpracování. Tato iterace se opakuje neustále dokola, jinou roli v systému nehraje.

Vzhledem k rozmanitosti výrobků, které je potřeba zpracovávat se v systému nachází 2 typy traverz. Traverzy typu A a traverzy typu B. Z hlediska doby navěšování materiálu se nic nemění, avšak doba zpracování (čas od odeslání plné traverzy po navracení se zpátky do zásobníku) je odlišná. Konkrétně pro typ A doba zpracování činní rovnoměrně 16-22 hodin, pro typ B 14-20 hodin.

2.4 Stanoviště

Stanovištěm se rozumí část linky, kde probíhá navěšování materiálu na přivolané traverzy.

Každé stanoviště má 3 zaměstnance a jednotlivá stanoviště pracují nezávisle na sobě. To znamená, že za standartního provozu probíhá současně navěšování na třech stanovištích. Všechna stanoviště využívají pro navěšování traverzy ze společných zásobníku (pro typ A a pro typ B).

Na každém stanovišti si potřebují pracovníci vykonat i svou potřebu, proto v časových intervalech rovnoměrného rozložení (viz. [3], slajd 94) 1.5-2.5 hodiny odchází jeden z pracovníků pryč na dobu 20-25 minut rovnoměrně od stanoviště a kolegové musí pracovat pouze ve dvou. Tento fakt ovlivňuje rychlost doby navěšení plné traverzy k odeslání. Stanoviště o třech pracovnících má plnou traverzu naloženou za dobu rovnoměrného (viz. [3], slajd 94) rozložení 5-25 minut, pokud jsou na práci pouze dva, doba se zvýší na 9-35 minut.

Přerušením práce stanoviště je také pauza určená zákonem. Ta činní dobu 30 minut a po tuto dobu je stanoviště nečinné, všichni pracovníci odchází na oběd (neprobíhá navěšování).

Standartní případ chodu pro každé stanoviště:

1. Přivolání traverzy
2. Navěšení materiálu
3. Odeslání traverzy k dalšímu zpracování
4. Pokud není čas na pauzu (oběd/vykonání osobní potřeby) a nebo pokud není konec směny, opakuje se činnost od bodu 1

Každé stanoviště má pauzy na oběd v jiných časech a to konkrétně:

- Stanoviště 1 – 10.00, 17.00 a 1.00
- Stanoviště 2 – 10.30, 17.30 a 1.30
- Stanoviště 3 – 11.00, 18.00 a 2.00
- Pokud nastane čas na pauzu, pracovníci dokončí aktuálně prováděnou činnost (naložení traverzy) a poté odchází na pauzu po dobu 30 minut

Vzhledem k tomu, že každý typ materiálu má jiný způsob navěšování, tak každé stanoviště zpracovává pouze určité druhy a typy materiálů. To ovlivňuje i fakt, jaké typy traverz používají:

- Stanoviště 1 – přivolává pouze traverzy typu A a pokud nejsou v zásobníku žádné, čekají na navracení prázdné traverzy do zásobníku
- Stanoviště 2 – primárně přivolává traverzy typu B a pokud nejsou, smí využít i traverzy typu A
- Stanoviště 3 – platí pro něj stejné podmínky jako pro stanoviště číslo 1, tedy přivolává a používá pouze traverzy typu B

Každé stanoviště je odlišně vzdáleno od zásobníku traverz, proto také každému trvá jinou dobu, než po přivolání přijede traverza se skladu a můžou zahájit činnost navěšování materiálu:

- Stanoviště 1 – 25 sekund
- Stanoviště 2 – 40 sekund
- Stanoviště 3 – 60 sekund

2.5 Pauzy a přerušení

Jak již bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, jelikož se jedná o reálný provoz, kde jsou humanoidní pracovníci, nikoliv roboti, nastávají na lince různé pauzy. Jednou a již popsanou v minulé kapitole je pauza na oběd, která trvá dobu 30 minut a každé stanoviště chodí na pauzy v jiný čas, aby linka běžela alespoň v provozu dvou stanovišť a především se netvořily velké fronty v závodní jídelně.

Další pauzou je odchod pracovníků stanoviště vykonat si svou potřebu. K této pauze dochází pravidelně, v intervalu 1,5-2,5 hodin rovnoměrně (viz. [3], slajd 94) pro každé stanoviště zvlášť. S odchodem na povinnou pauzu se tento časovač nuluje, jelikož si zaměstnanci vykonají své potřeby při pauze.

Dalším přerušením práce je také změna směny, která probíhá každých 8 hodin. V realitě se neděje nic jiného, než po dokončení aktuální činnosti (navěšování materiálu) se vymění 3 stávající pracovníci (pokud jeden vykonává potřebu, odchází také) za nové 3 pracovníky, kteří pokračují ve stejné činnosti, jako předešlá směna. Na chod systému tento fakt nemá žádný vliv, pouze se vymění pracovníci a obnoví se jejich časovač pro odchod vykonat svou potřebu.

Posledním a také asi nejzávažnějším přerušením které na lince nastává je porucha linky. K poruše nastává v čase daném exponenciálním (viz. [3], slajd 94) rozložením se středem 1 den a oprava linky trvá dobu exponenciálního rozložení (viz. [3], slajd 94) 2 hodina. Při vzniku poruchy je možné dokončit činnost navěšování materiálu, avšak není možné po dobu trvání poruchy odeslat traverzu k dalšímu zpracování.

2.6 Shrnutí

Linka navěšování se tedy skládá ze tří samostatných stanovišť, které pracují naprosto nezávisle na sobě. Jediný společný zdroj pro všechny stanoviště je sklad traverz, kde navíc každé stanoviště má určité omezení, podle kterého ze skladu smí čerpat traverzy. Na každém stanovišti probíhají zákonem dané pauzy a také snížení počtu pracovníků dané nutností vykonání vlastní potřeby. Globálním přerušením je porucha, která zastaví činnost všech stanovišť do doby, než je opravena. V intervalech 8 hodin se střídají na všech stanovištích zároveň zaměstnanci.

3 Koncepce modelu

Cílem projektu je simulovat (viz. [3], slajd 8) a sledovat dosavadní chod linky (vytíženost, stav zásobníků, pokud nejsou ve skladu traverz volné, měřit dobu prostoje kdy stanoviště nemůže pracovat...) a v případě shledání nedostatků navrhnout a experimentálně otestovat vylepšení. K simulaci není potřeba model celé lakovny, protože cílem zkoumání je proces od přivolání traverzy po odeslání. Pro validitu modelu nám stačil údaj, za jak dlouho se po odeslání traverza navrátí zpátky do zásobníku, tím pádem bylo možno zanedbat část výrobního procesu, který nastává po odeslání traverzy ze stanoviště navěšování.

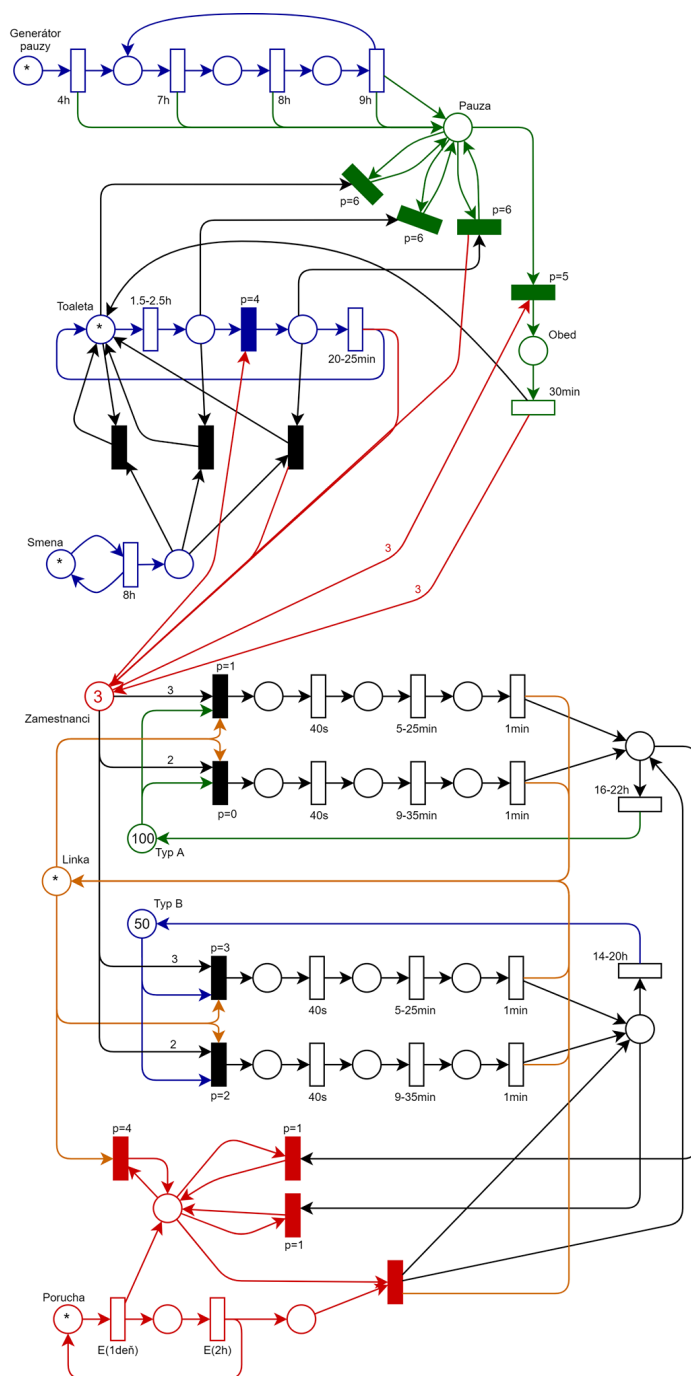
Dále došlo k zanedbání výměny směny, kdy není nutné měnit zaměstnance. Pro model nemá žádný vliv fakt, že stávající zaměstnanci byli vystřídáni další směnou, jelikož nás zajímá rychlost doby navěšování, která se liší počtem zaměstnanců u stanoviště, nikoliv tím, zda se změnila směna. V rámci modelu (viz. [3], slajd 9) změna směny pouze restartuje proces pauzy na vykonání osobní potřeby a pokud při změně směny některý ze zaměstnanců vykonává svou potřebu, je v rámci modelu (viz. [3], slajd 9) přemístěn zpátky na stanoviště.

3.1 Návrh konceptuálního modelu

Na začátku procesu přichází ke každému stanovišti 3 pracovníci. Každé stanoviště si přivolá traverzu, na kterou začne navěšovat materiál. Po dokončení této činnosti je traverza odeslána a pokud není čas na pauzu, nutnost některého z pracovníků si vykonat potřebu případně pokud nenastala porucha, opakuje se tento proces neustále dokola. Každých 8 hodin se změni směny (přijdou noví 3 pracovníci). Linka pracuje bez přerušení, v systému (viz. [3], slajd 9) neustále kolují traverzy, které jsou ověšovány materiálem, který je dále zpracováván. Po zpracování se vrací do zásobníku. Omezení jsou pouze v podobě poruch, které přichází s exponenciálním rozložením 1 den.

3.2 Formy konceptuálního modelu

Abstraktní model linky navěšování byl popsán pomocí Petriho sítě (viz. [3], slajd 126-138) na základě získaných relevantních údajů zmiňovaných výše.



Obrázek 1: Petriho síť

4 Architektura simulačního modelu

Všechny procesy dědí z přídy `Proces` z knihovny `SIMLIB` [4]. Stejně tak všechny generátory dědí z třídy `Event`.

4.1 Hlavní procesy a porucha

Hlavní část programu tvoří tři skoro stejné procesy `Post`. Tyto třídy reprezentují průchod linky celým procesem výroby a zároveň po ukončení práci na stanovišti generují nový proces `Post` reprezentující, že zaměstnanci a linka jsou opět k dispozici a cyklus navěšování může opět začít po splnění vstupních podmínek.

Proces `Post` může být přerušený poruchou, které je modelovaná (viz. [3], slajd 7) jako proces, třída `Failure`, která vzniká s exponenciálním rozložením se středem 1 den. Když se dostane do stavu vytvoření chyby, vygeneruje se jako dlouho bude trvat porucha. Následně se tento čas předá všem procesům `Post`, které opustí stanoviště nakládání a pokračují dále v lince. Dále porucha vytvoří 3 procesy `Control`, které se starají o to, aby jednotlivé stanoviště 1-3 byli pozastavené po dokončení činnosti nakládání v případě, že porucha nebyla opravena dříve, než dokončili aktuálně rozdělanou činnost.

4.2 Pauza na oběd

Pauza na oběd je generovaná generátorem `LunchGenerator`, který se spouští na začátku simulace (viz. [3], slajd 8) s odstupem 4, 4.5 a 5 hodin. Jsou tak vygenerované 3 generátory, každý pro jedno stanoviště navěšování. Samotný generátor má 3 režimy, kdy má vygenerovat pauzu na oběd. Samotná přestávka je proces `Lunch`, který má zvýšenou prioritu procesu a zařadí se do fronty čekání na 3 zaměstnance. Předtím ale zkontroluje, zda nějaký zaměstnanec nevykonává vlastní potřebu a případně přeruší tento proces, který uvolní zaměstnance z vykonávání vlastní potřeby a je možno přistoupit k pauze na oběd. Ta trvá 30 minut, po kterých jsou zaměstnanci uvolnění a procesu vykonání osobní potřeby se zašle signál, že "timer" pro probuzení tohoto procesu se může resetovat.

4.3 Změna směny a vykonání osobních potřeb

Změna směny je jednoduše generovaná každých 8 hodin pomocí generátoru `ShiftGenerator`, který vytváří proces `Shift`. Tento proces pouze dá signál procesu `Toilet`, že nastala změna směny a má se obnovit od začátku.

Proces vykonání osobní potřeby se nazývá `Toilet`. Jedná se o nejkomplikovanější proces, ve kterém nebylo šetřeno konstrukcí `goto` jazyka C/C++. Jádrem procesu jsou čtyři stavy `START`, `READY`, `ACTIVE` a `LUNCH`. Stav `START` reprezentuje počátek celého procesu a v tomto stavu se čeká na čas příchodu potřeby zaměstnance. Jde o rovnoměrné rozložení (viz. [3], slajd 94) mezi 1.5 a 2.5 hodinami. Po tomto čase přejde proces do stavu `READY`, kde se kontrolují podmínky přechodu a při nemožnosti splnění podmínek přechodu se proces uspí a čeká. Při každé změně podmínek je probuzen a kontroluje stav, či se vyhovuje podmínkám přechodu. Po splnění přechází do stavu `ACTIVE`, kde se vykonává potřeba zaměstnance s časem rovnoměrného rozložení (viz. [3], slajd 94). Po uplynutí je zaměstnanec uvolněný a proces `Toilet` se dostává do stavu `START`. Celý tento koloběh se opakuje.

Samotný proces `Toilet` může být přerušený/obnovený procesy `PostX`, `Shift` a `Lunch`. Proces `Post` smí obnovit proces `Toilet` jen v případě, že se nachází ve stavu `READY`. `Shift` nastavuje procesu toalety stav `RESET` a obnovuje proces. Proces `Lunch` nejdříve kontroluje, zda `Toilet` není ve stavu `ACTIVE`. Pokud tomu tak je, odesílá signál na uvolnění zaměstnance a následně nastavuje stav na `LUNCH`. V tomto stavu `Toilet` ignoruje další přerušování/obnovení a čeká jen na ukončení obědové pauzy.

5 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Cílem jednotlivých experimentů bylo jak je již na začátku zmiňováno objevit po prvním referenčním experimentu slabé místo v systému a pokusit se formou experimentů s modelem (viz. [3], slajd 7) nalézt jiné, lepší řešení. Popřípadě v rámci sdělených možností (zrychlení linky, zvětšení zásobníků pro traverzy, omezení přestávek) zjistit, jaký by měly tyto změny dopad na celkový chod linky a zda se zvýší počet zpracovaného materiálu (vyšší zisk pro firmu). Hlavním cílem bylo tedy experimentálně zjistit, kolik traverz by bylo potřeba přidat do zásobníku, aby se zvýšilo vytížení linek a následně experimentálně zjišťovat, zda nelze nalézt jiné, lepší řešení.

5.1 Obecný popis simulačních experimentů

Jako referenční hodnoty byly použity hodnoty získané z osobního měření a experimentu reprezentující běžný stávající provoz. Ostatní experimenty se prováděly tak, že se měli konstanty ovlivňující chod linky navěšování. Doba běhu simulace (viz. [3], slajd 8) byla nastavena na 1 rok.

Experimenty byly prováděny v změnou následujících parametrů a jejich kombinací:

- Zvýšení počtu traverz v zásobníku
- Zvýšení rychlosti zavěšování (v realitě kladen větší nárok na zaměstnance)
- Omezení odchodů na vykonání potřeby (nyní jsou mistři hodně benevolentní, jelikož nemají pocit, že by pár minut provozu dlouhodobě omezovalo výkon)
- Zvýšení rychlosti zpracování odeslané traverzy (v realitě je možné zrychlit výrobní proces po odeslání traverzy až o 2 hodiny).

5.2 Jednotlivé experimenty

5.2.1 Experiment 1

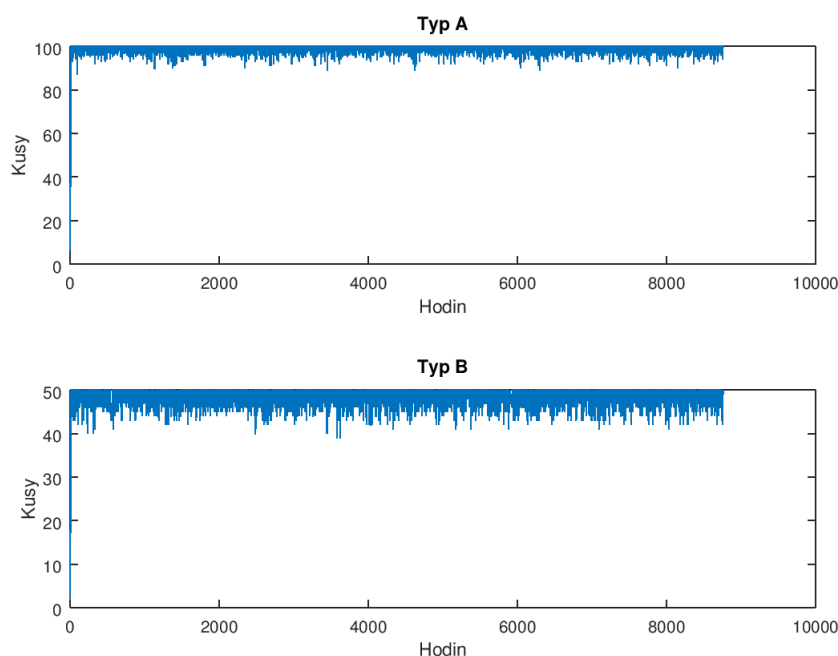
Prvním experimentem projektu bylo samotné spuštění se získanými hodnotami, aby se ověřila validita modelu. Ta spočívala v porovnání výsledků statistik experimentu s oficiálními hodnotami. Jelikož se v systému (viz. [3], slajd slajd 7) nachází poruchy a opravy s exponenciálním rozložením (viz. [3], slajd 94), byl tento experiment puštěn 10x a výsledky se jak průměrovaly, tak porovnávaly s referenčními hodnotami. Důvod byl takový, aby se v případě „náhody“ a nečekaného množství poruch netvářil model (viz. [3], slajd 7) validně, ačkoliv by nebyl.

Tento experiment proběhl při nastavení výchozích hodnot. Jak bylo z předpokladu zjištěno, v aktuálním reálném prostředí je nedostatek traverz a to způsobuje problém, že zaměstnanci na stanovištích nejsou schopni pracovat po celou dobu, jelikož musí čekat až se prázdné traverzy vrátí do zásobníku. Experiment byl puštěn 10x a hodnoty byly průměrovány. Z naměřených hodnot se došlo k vytíženostem jednotlivých linek, které je možno vidět v následující tabulce.

Název	Vytíženost
1. stanoviště	80.85 %
2. stanoviště	95.60 %
3. stanoviště	72.11 %

Tabulka 1: Tabulka vytížení stanovišť

Momentálně je tedy situace taková, že zhruba 20% času zaměstnanci prostojí na svém stanovišti, jelikož nemůžou pracovat. Z níže uvedeného grafu je vidět, že je v systému (viz. [3], slajd 9) skoro permanentně využit veškerý počet traverz.



Obrázek 2: Experiment 1

Následujícím sérií experimentů číslo 2 byla hledána optimální hodnota stavu zásobníků, aby se tento problém eliminoval.

5.2.2 Experiment 2

Na základě předchozího experimentu se projevila chyba linky lakovny, se kterou se od začátku počítalo. Reálný systém (viz. [3], slajd 9) nemá v zásobníku dostatečný počet traverz, takže je omezen provoz v případě, kdy tyto traverzy dojdou.

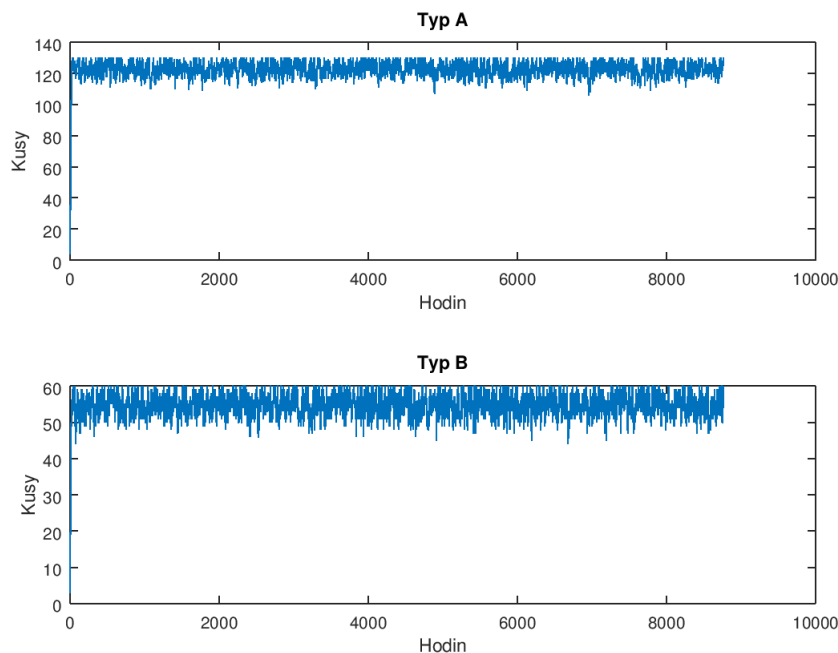
V tomto experimentu se zkoušely systematicky nastavovat hodnoty tak, aby se došlo nejlepšímu vytížení a zároveň nebyl v zásobníku zbytečný přebytek. Pro firmu by byla koupě traverz finanční zátěží a nemá smysl kupovat 30 traverz, pokud jich systém (viz. [3], slajd 9) potřebuje jen 10. Rozsah se postupně zvyšoval od referenčních hodnot po 150 traverz v zásobníku pro typy A a 100 traverz v zásobníku pro typy B.

Po spuštění mnoha experimentů se došlo k závěru, že nejideálnější variantou je zvýšit v zásobníku A počet traverz na 130 kusů a v zásobníku B na 60 kusů.

S takovouto změnou dojde ke zvýšení vytíženosti na skvělých 98,5%. Při dalším navyšování se vytíženost měnila už jen v řádech setin procent, takže by koupě více traverz neměla pro firmu z hlediska investice význam. Vytížení stanovišť a použití traverz je znázorněno v následující tabulce a grafu.

Název	Vytíženost
1. stanoviště	98.53 %
2. stanoviště	99.61 %
3. stanoviště	98.16 %

Tabulka 2: Tabulka vytížení stanovišť



Obrázek 3: Experiment 2

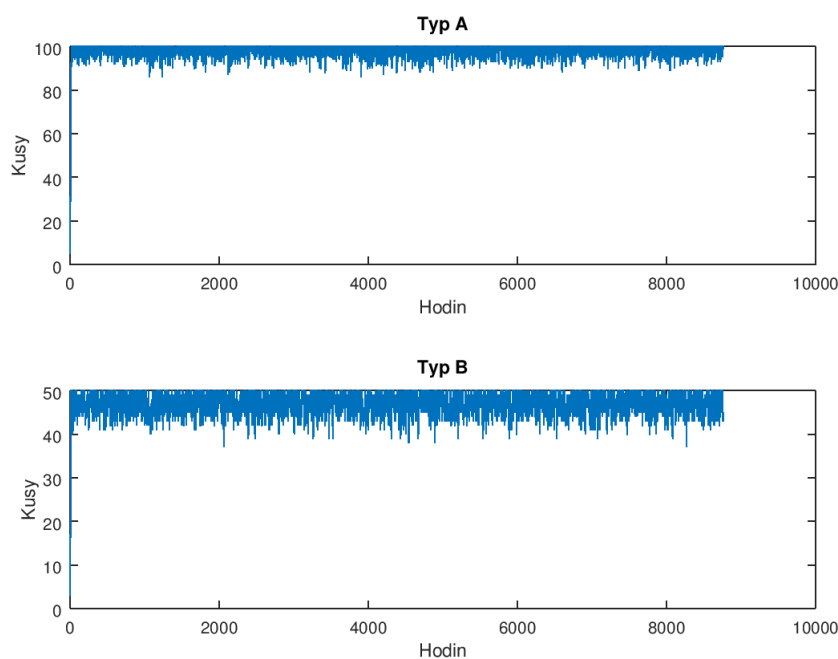
Sérií těchto experimentů se vyřešil problém, který byl hlavním cílem tohoto projektu. V následujících experimentech bylo zjišťováno, jak by se systém choval při různých změnách parametrů, popřípadě zda se nedá nalézt lepší kombinace zrychlení procesu vs. zvýšení kapacity zásobníků.

5.2.3 Experiment 3

V tomto experimentu se využilo předpokladu, kdy výrobní proces po odeslání traverzy se může zrychlit o 2 hodiny jak pro traverzy typu A, tak i pro typ B. Počet traverz jsme nechali stejný, jako v experimentu 1. Zatížení jednotlivých stanovišť je popsáno znázorněno v následující tabulce.

Název	Vytíženost
1. stanoviště	89.01 %
2. stanoviště	98.63 %
3. stanoviště	84.29 %

Tabulka 3: Tabulka vytížení stanovišť



Obrázek 4: Experiment 3

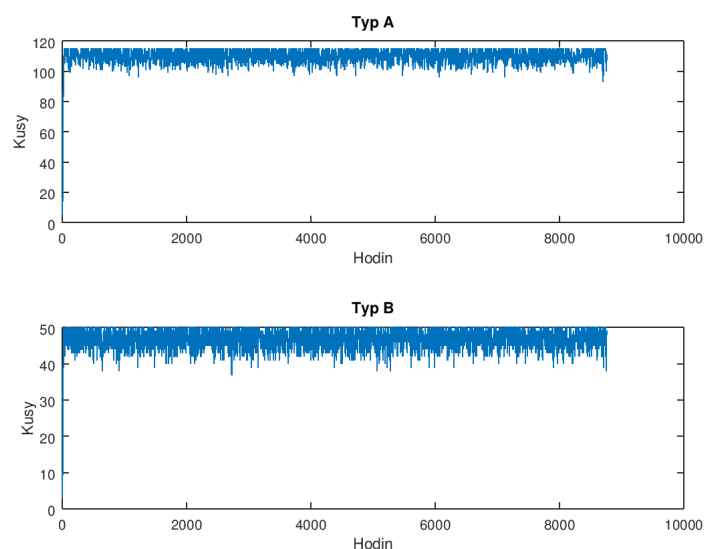
Z experimentu plyne, že pokud by se aktuálně zrychlil proces výroby, bylo by i tak nutné zvětšit počet traverz typu A. Dle následujícího grafu je možno vidět, že opět systém (viz. [3], slajd 9) má problém s nedostatečným počtem traverz.

5.2.4 Experiment 4

V experimentu 3 jsme zjistili, že zrychlení výrobního procesu samo o sobě nemá tak velký efekt. V tomto experimentu jsme tedy opět zkoumali, jak by se musel zvýšit počet traverz, aby zrychlení mělo smysl. Postup byl stejný, jako v experimentu číslo 2. Tentokrát jsme došli k počtu 115 traverz typu A a 50 traverz typu B. Výsledky experimentu jsou znázorněny následující tabulkou a grafem.

Název	Vytíženost
1. stanoviště	96.83 %
2. stanoviště	99.36 %
3. stanoviště	95.61 %

Tabulka 4: Tabulka vytížení stanovišť



Obrázek 5: Experiment 4

5.2.5 Experiment 5

Cílem tohoto experimentu bylo zjistit, jak velký dopad na výrobu by mělo omezení přestávek pro vykonání osobních potřeb. Místo každých 1,5-2,5 hodin bylo umožněno odejít až po 3 hodinách. Na základě experimentů bylo zjištěno, že při době jednoho roku by se díky této změně odeslalo o 646 více traverz typu A a o 233 kusů typu B. Při celkovém počtu 80 000 odeslaných traverz tedy vyplývá, že se jedná o zanedbatelný počet, kde by tato změna akorát vyvolala negativní reakce zaměstnanců kteří pracují na stanovištích.

5.3 Závěr plynující z experimentů

Celkem bylo provedeno mnoho desítek jednotlivých malých experimentů. Některé z nich byly zaměřeny na reálný problém, kdy není dostatek traverz, další poté zkoušeli, jak by se systém (viz. [3], slajd 9) choval v případě, že by se změnili jiné, ovlivnitelné parametry. Z provedených experimentů vyplynulo, že je možné zvýšit vytížení a výkon linky pouhým přidáním traverz, popřípadě kombinací zrychlení zpracování traverz a počtu traverz v zásobníku. Domněnka, že časté odchody pro vykonání vlastní potřeby rapidně omezují výkon byla vyvrácena.

Výsledky výše uvedených experimentů jsou dostupné ve složce `experiments`.

6 Shrnutí simulačního experimentů a závěr

Autoři došli k závěru, že linka má slabé místo v počtu traverz. Tento problém se dá vyřešit přidáním traverz do zásobníku, popřípadě zrychlením procesu výroby v kombinaci s přidáním traverz do systému.

Tento model je schopný simulovat reálný systém (viz. [3], slajd 7) linky lakovny a je možné na něm experimentovat dle potřeb.

7 Literatura

Reference

- [1] HRUBÝ M. Demonstrační cvičení IMS #1. [cit. 2012-12-06][Online]
<http://perchta.fit.vutbr.cz/vyuka-ims/uploads/1/ims-demo1.pdf>.
- [2] HRUBÝ M. IMS demonstrační #2. [cit. 2012-12-06][Online]
<http://perchta.fit.vutbr.cz/vyuka-ims/uploads/1/diskr2-2011.pdf>.
- [3] PERINGER P. Slajdy k přednáškám modelování a simulace, 2010. Verze 2010-09-20 [cit. 2012-12-05][Online]
<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/course-files-st.php/course/IMS-IT/lectures/IMS.pdf>.
- [4] PERINGER P. SIMulation LIBrary for C++, 2011. [Online]
<http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>