

SHO ve výrobě

Čistenie a polepovanie áut

Table of Contents

1 Úvod.....	2
1.1 Autory a zdroje informácií.....	2
1.2 Prostredie a podmienky overovania validity modelu.....	2
2 Rozbor témy a použitých metód a technológií.....	3
2.1 Použité postupy tvorby modelu.....	4
2.2 Použité technológie.....	4
3 Konceptcia modelu.....	5
3.1 Petriho sieť.....	5
3.1.1 Zaklád siete.....	5
3.1.2 Nieje voľné parkovacie miesto.....	6
3.1.3 Požičanie vozidla.....	6
3.1.4 Polep fóliou.....	7
3.1.5 Polep dizajnom.....	7
3.1.6 Čistenie.....	8
4 Architektúra simulačného modelu.....	9
5 Simulačné expeprimenty a ich priebeh.....	10
5.1 Postup experimentování.....	10
5.2 Dokumentace experimentů.....	10
5.2.1 Aktuální stav.....	10
5.2.2 Po přikoupení jednoho místa na dílně.....	11
5.2.3 Po zaměstnaní dvou nových zaměstnanců na design.....	11
5.2.4 Po zaměstnaní dvou nových zaměstnanců na design a přeškolení jednoho z čištění na design.....	12
5.2.5 Po zaměstnání dvou nových zaměstnanců na design + ušetření nákladů za jedno vozidlo k zapůjčení.....	12
5.3 Závěr experimentů.....	12
6 Záver.....	13

1 Úvod

Táto práca sa zaoberá vytvorením modelovaním a simulovaním výroby vo firme, ktorá sa zaoberá čistením áut, tvorením dizajnov na autá, polepov dizajnov a ochranných fólií. V tejto práci sme zisťovali účinnosť výroby, možné nedostatky rozdelenia zdrojov a nákladov, a taktiež to do ktorých časti výroby by bolo ideálne investovať financie.

1.1 Autory a zdroje informácií

Tento projekt vypracovali Daniel Andraško a Matěj Pokorný, ktorí sú študenti na škole VUT FIT v Brne.

Data potrebné pre zostavenie modelu sme získali od priateľa, ktorí v danej firme pracuje a preto máme priame zdroje informácií o danej problematike. Ďalej sme získali veľa dôležitých znalostí pre vypracovanie tohoto projektu z predmetu Modelování a simulace (<https://www.fit.vut.cz/study/course/14664/.cs>), vyučovaného na FITe.

1.2 Prostredie a podmienky overovania validity modelu

Podmienky pri experimentálnom overovaní validity modelu¹ boli totožné so získanými informáciami od našich konzultantov z danej oblasti.

Prostredie v ktorom sme pracovali je programovací jazyk C++ s využitím knižnice SIMLIB² pre simuláciu modelu a získanie štatistík o experimentoch.

1 <https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS-2021-09-20.pdf&cid=14664>, slajd 37

2 <https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS-2021-09-20.pdf&cid=14664>, slajd 163

2 Rozbor témy a použitých metód a technológií

Dôležité informácie o modelovanom systéme:

Služby	čistenie, tvorba dizajnu, polep dizajnom alebo fóliou
Počet parkovacích miest v budove	8

Každé vozidlo musí najprv prejsť procesom umytia, umyť auto dokáže každý zamestnanec

Počet mycích boxov	1
Doba umytia vozidla	2 hodiny

Čistenie

Počet zamestnancov na čistenie vozidla	2
Doba čistenia vozidla	6 hodín

Tvorba dizajnu

Počet zamestnancov na tvorbu dizajnu	2
Doba tvorby dizajnu	12 hodín
Doba tlače dizajnu	3 hodiny

Polepovanie fóliami alebo dizajnom

Počet zamestnancov na polepovanie	7
Doba polepovania dizajnom	25 hodín
Doba polepovania fóliou	20 hodín

Pravdepodobnosť 15%, že si zákazník bude chcieť požičať náhradné vozidlo

Počet náhradných vozidiel	2
---------------------------	---

Objednávky – stredy rozloženia počtu jednotlivých typov objednávok za jeden mesiac (30 dní)

Polep fóliou	18
Polet dizajnom	6
Čistenie	6

Tieto informácie boli získané od nášeho konzultanta, ktorý pracuje v danej firme.

2.1 Použité postupy tvorby modelu

Po získaní informácií o systéme sme na ich základe vytvorili abstraktný model³ formou petriho siete⁴, ktorá nám umožňuje znázorniť procesy, zdroje, zmeny stavov systému a ďalšie nevyhnutné časti.

Experimentovanie⁵ s modelom je vhodné formou počítačového programu, pretože môžeme jednoduchým spôsobom meniť základné prvky modelu ako napríklad počty zamestnancov alebo počet parkovacích miest v budove. Preto sme simulačný model vytvorili pomocou programovacieho jazyka C++ s využitím knižnice SIMLIB, ktorá nám umožňuje simulovať a získavať dôležité informácie o simulačných behoch.

2.2 Použité technológie

Pracovali sme na operačnom systéme Ubuntu, ktorý je voľne dostupný na internete. Tvorba petriho siete bola na onlajn editore s adresou <https://www.smartdraw.com/>. Vývoj simulačného modelu⁶ bol v prostredí Visual Studio Code, ktorý je taktiež open source a dá sa získať z oficiálnej stránky tvorca (<https://code.visualstudio.com/>). Kód je programovaný v jazyku C++ s využitím nástroja G++ pre kompilovanie kódu, pričom oba nástroje sú voľne dostupné.

3 <https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS-2021-09-20.pdf&cid=14664>, slajd 10

4 <https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS-2021-09-20.pdf&cid=14664>, slajd 123

5 <https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS-2021-09-20.pdf&cid=14664>, slajd 8

6 <https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS-2021-09-20.pdf&cid=14664>, slajd 10

3 Konceptcia modelu

Náš program dokáže spracovať argumenty, ktoré je možné zadať pri spustení. Tieto argumenty nastavujú prvky systému (napríklad počet zamestnancov). Následne sa spustí simulácia so zadanými argumentami alebo ich východzími hodnotami.

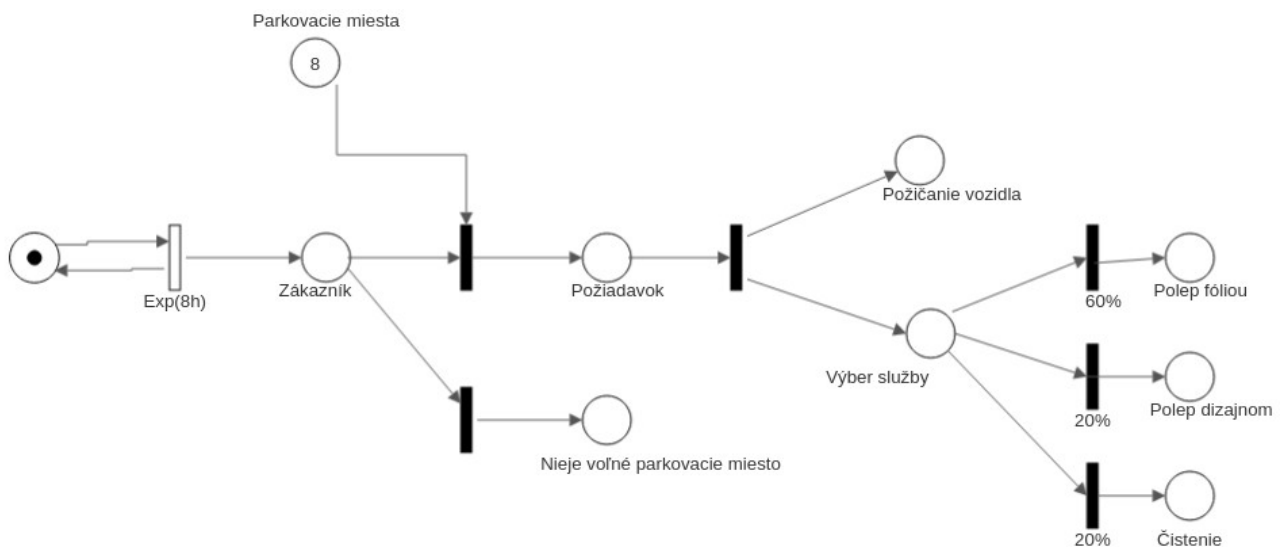
Simulácia spočíva v tom, že sa vygeneruje hlavný prvok systému, čím je zákazník. Na to sa už podľa získaných informácií o systéme simuluje jeho priebeh a to napríklad, ktorú obsluhu si vyberie, ako dlho bude obsluha trvať, ako budú vytiažení zamestnanci, a podobne.

Na výstupe programu sú správy, ktoré sa vypisujú na štandardný výstup, ktoré informujú o tom, ako simulácia prebiehala. Ďalej vznikne súbor v zložke spustenia programu, ktorý obsahuje vygenerované informácie o priebehu simulačného modelu.

Náš model neimplementuje pracovnú dobu. Tak sme sa rozhodli najmä preto, lebo v procese výroby zamestnanci pokračujú v nový deň tam kde skončili a zároveň by to pre nás prílišne sťažilo systém, pretože by sme si museli pri každom procese pamätať, koľko času už ubehlo a na ďalší deň pokračovať ten istý zamestnanec v tom istom procese a čase kde prestal.

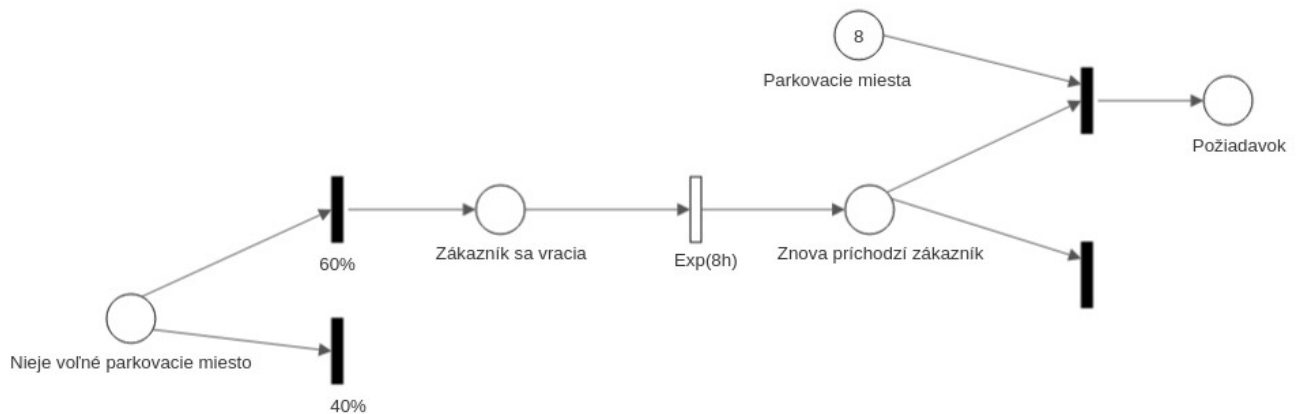
3.1 Petriho sieť

3.1.1 Základ siete



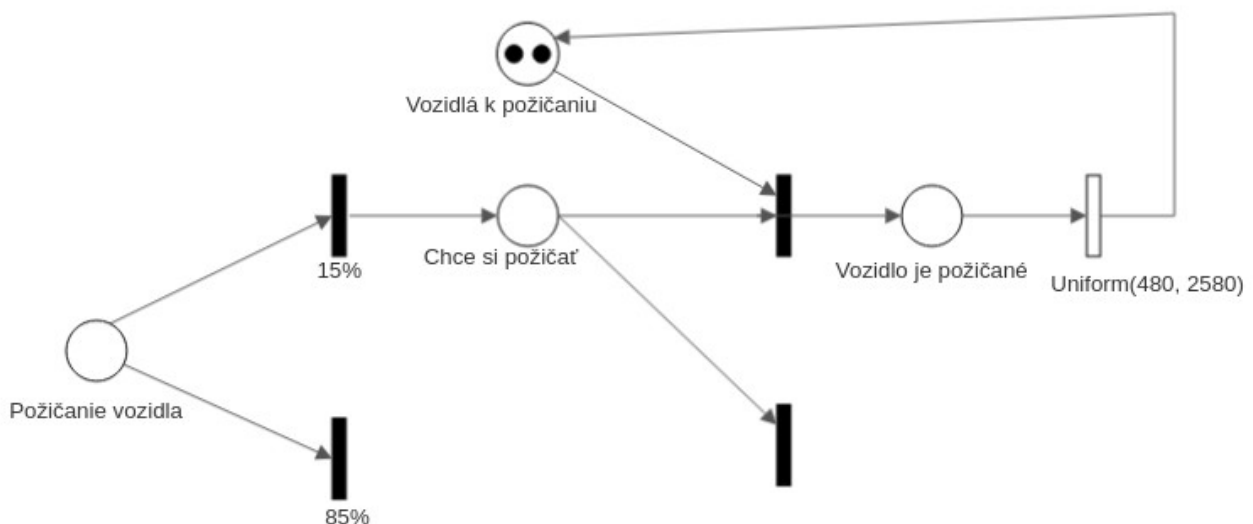
Zákazník sa generuje exponencionálne každých 8 hodín. Následne pokiaľ je k dispozícii parkovacie miesto, tak sa zaberie a vytvorí sa požiadavok. Požiadavok začína proces požičiavania auta a výberu služby. Ak nebolo voľné parkovacie miesto tak sa ide do stavu nieje voľné parkovacie miesto.

3.1.2 Nieje voľné parkovacie miesto



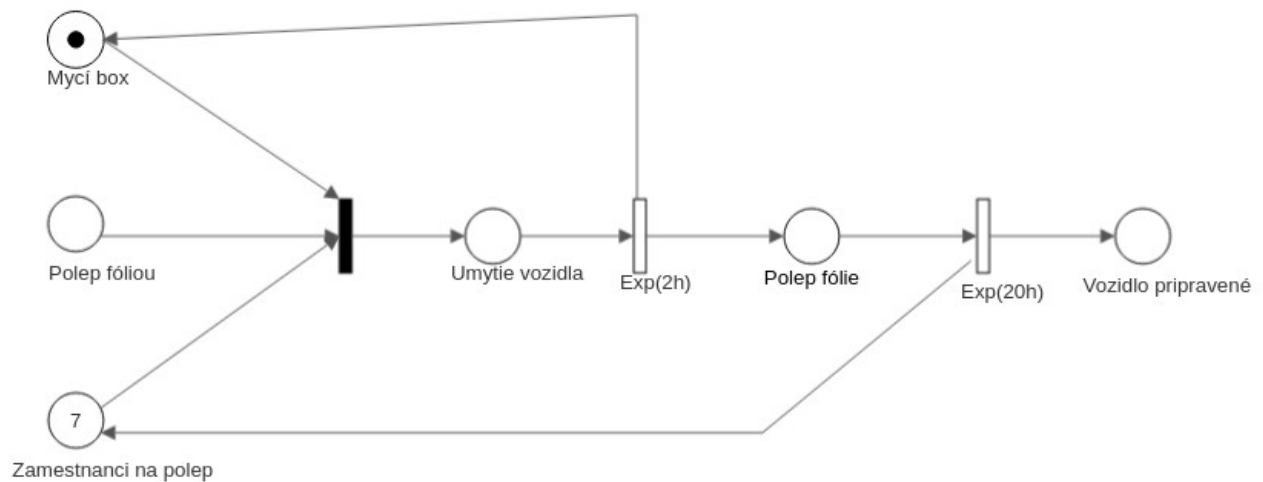
V tomto procese sa so 60% pravdepodobnosťou zákazník vráti o exponenionálne 8 hodín. Ak znova príde a je zabrané parkovacie miesto, tak opúšťa systém. Inak sa vytvorí požiadavok.

3.1.3 Požičanie vozidla



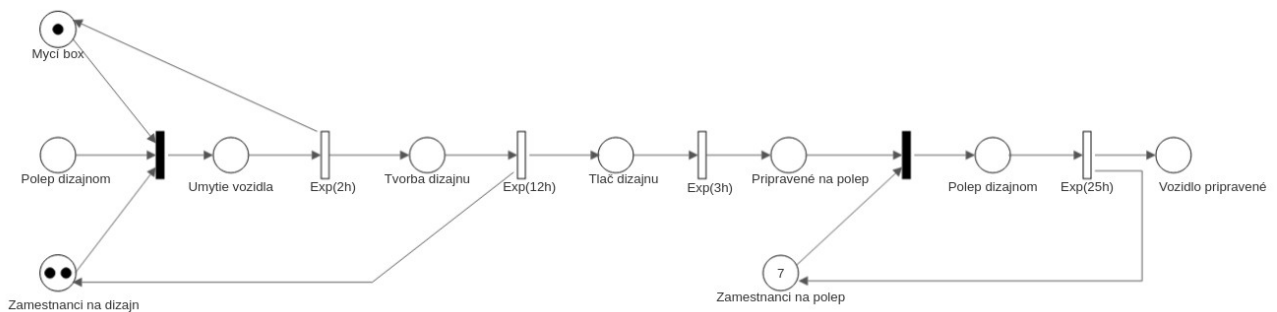
Približne 15% zákazníkov má záujem o požičanie auta. Pokiaľ je k dispozícii tak sa zaberie, čaká sa určitú dobu, ktorá je dána minimálnou a maximálnou možnou časovou dobou, ktorú môže vozidlo zákazníka stráviť v systéme s rezervou vzhľadom na čakanie vo frontách.

3.1.4 Polep fóliou



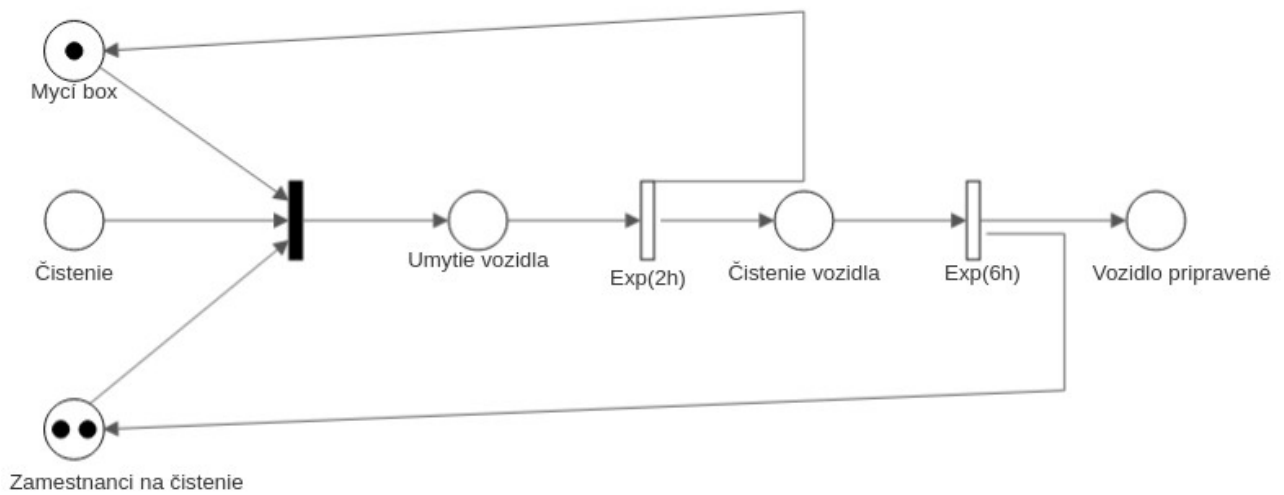
Pokiaľ je voľný zamestnanec a zároveň je voľný mycí box tak sa zaberú a exponencionálne 2 hodiny je systém v stave umytia vozidla. Následne sa polepuje fólia po ktorom je vozidlo pripravené na vyzdvihnutie.

3.1.5 Polep dizajnom



Pokiaľ je voľný zamestnanec na dizajn a zároveň mycí box, tak sa zaberú. Zamestnanec umyje vozidlo a vytvorí dizajn, následne sa uvoľní. Vozidlo je pripravené na polep dizajnom a preto pokiaľ je zamestnanec na polep voľný, tak sa zaberie a uvoľní po exponencionálne 25 hodinách kedy je vozidlo pripravené na vyzdvihnutie zákazníkom.

3.1.6 Čistenie



Pokiaľ je voľný zamestnanec a zároveň mycí box, tak sa zaberú. Mycí box sa uvoľní po dokončení umývania vozidla. Zamestnanec ešte čistí auto po exponencionálnu dobu 6 hodín po ktorom sa uvoľní a vozidlo je pripravené.

4 Architektúra simulačného modelu

Simulačný model má hlavnú funkciu Main ktorá riadi beh programu. Z nej sa volá funkcia na spracovanie argumentov, vytvára sa výstupný súbor alebo inicializuje a spúšťa simulácia. Pomocou knižnice SIMLIB inicializujeme simuláciu, vytvárame triedy procesov alebo zdroje typu Facility a Store.

Po inicializovaní času simulácie voláme generátor zákazníkov príkazom (**new Generator_Zakaznik**)->**Activate()**. Ten nám zaisťuje, že sa vygeneruje instancia triedy **class Zakaznik : public Process**, každých 8 hodín s exponencionálnym rozložením.

Trieda zákazníka obsahuje metódu void **Behavior()**. Tá sa spúšťa v čase vygenerovanom generátorom. Funkcia na začiatku zistí či je voľné parkovacie miesto v budove a teda či je možné prijať zákazníka. Ak je zákazník prijatý, tak sa vytvára proces požičania auta. Ďalej na základe pravdepodobnosti sa určí o aký typ služby ma zákazník záujem. Služby ponúkane zákazníkovi sú tri. Po výbere služby sa zaberá zamestnanec na danú službu, ktorý sa taktiež stará o umytie vozidla, čo je nutné spraviť na počiatku každej služby. A teda sa zaberajú zdroje zamestnancov typu Store a MycíBox typu Facility. Ďalej má každá služba určitú predpokladanú dobu trvania, tá sa čaká príkazom **Wait()**. Taktiež podľa potreby sa zaberajú ďalšie zdroje alebo uvoľňujú.

V prípade, že nebolo voľné parkovacie miesto, tak sa zákazník vracia po exponencionálne 8 hodinách so 60% pravdepodobnosťou. Ak stále nieje voľné, tak opúšťa systém, inak ide do procesu výberu služby.

Proces požičania auta je implementovaný v triede **class PozicanieVozidla : public Process**. Tento proces určuje 15% pravdepodobnosť, že si zákazník bude chcieť vozidlo požičať. Ak si vozidlo chce požičať, tak zisťuje či je nejaké voľné. Zákazník si chcel požičať vozidlo a bolo aspoň jedno voľné, tak sa zaberie zdroj **vozidloNaPozicanie** typu Store. Čaká sa predpokladaný čas držania vozidla v rukách zákazníka a po jeho vypršaní vozidlo vracia.

4.1 Validace modelu

Po vytvorení modelu proběhla validace. Byla spuštěna simulace s výchozími hodnotami získanými od firmy a výsledná data zkontrolována se zaměstnancem firmy. Získané hodnoty vytížeností jednotlivých skladů jako jsou zaměstnanci a parkovací místa a také celkový počet zpracovaných zakázek odpovídají realitě s odchylkou cca 20%.

Přesnější data by přispěly k ještě vyšší kvalitě simulačního modelu, ale bohužel nejsou k dispozici – zdroj dat byl kvalifikovaným odhadem manažera firmy, data o přesných delkách prací na vozech a další podobná nejsou firmou blíže evidována.

Získaná přesnost ovšem dostačuje k závěru že je model použitelný a časem ho lze zpřesnit pouhým dodáním přesnějších hodnot, bude-li mít firma o přesnější model zájem.

5 Simulačné experimenty a ich priebeh

Firma vykazuje pravidelný zisk a vedení se rozhodlo investovat část tohoto zisku zpět do provozu. Pomocí simulace chce zjistit, kde se nejvíce vyplatí zainvestovat. Prostředky nejsou neomezené, je možné pořídit prostor pro 1 auto navíc, nebo najmout 2 nové zaměstnance. Také je možné pořídit další auta k zapůjčení, auto stojí měsíčně podobnou částku, jako 1 zaměstnanec.

5.1 Postup experimentování

Simulace se nastaví na délku jednoho roku (365 dní po 8 hodinách denně), sledovanou výstupní hodnotou jednotlivých simulací je počet dokončených zakázek, právě ty jsou zdrojem dalšího zisku. Délka jednoho roku je vhodná vzhledem ke snadnému porovnání s ročními zisky a obratem v účetnictví.

5.2 Dokumentace experimentů

5.2.1 Aktuální stav

Sklad	Zaměstnanci na čištění	Zaměstnanci na design	Zaměstnanci na lepení	Místa pro auta na dílně	Auta k zapůjčení
Kapacita	2	2	7	8	2
Minimální využití	0	1	0	0	0
Maximální využití	2	2	5	8	2
Průměrné využití	0.14	1.97	1.31	6.80	0.42

Celkově by se v tomto stavu stihlo zpracovat 228 zakázek

V aktuálním stavu vidíme vysokou vytíženost zaměstnanců na design a využití místa na dílně. Velmi malé využití mají zaměstnanci na čištění aut a lepení. V další simulaci vyzkoušíme přikoupení jednoho místa na dílně.

5.2.2 Po přikoupení jednoho místa na dílně

Sklad	Zaměstnanci na čištění	Zaměstnanci na design	Zaměstnanci na lepení	Místa pro auta na dílně	Auta zapůjčení k
Kapacita	2	2	7	9	2
Minimální využití	0	1	0	0	0
Maximální využití	2	2	5	9	2
Průměrné využití	0.15	1.98	1.27	7.75	0.24

Celkově by se v tomto stavu stihlo zpracovat 212 zakázek

Po přikoupení místa na dílně vidíme nepatrné zvýšení zátěže zaměstnanců na čištění, naopak na lepení je práce ještě volnější. Nejvytíženější skupinou zůstávají zaměstnanci na design, kterým nyní práce ještě přibyla. Místo na dílně se tedy využilo více, ale mnoho aut dlouho čekalo na design.

V další simulaci tedy zkusíme místo místa na dílně zaměstnat nového zaměstnance na design.

5.2.3 Po zaměstnání dvou nových zaměstnanců na design

Sklad	Zaměstnanci na čištění	Zaměstnanci na design	Zaměstnanci na lepení	Místa pro auta na dílně	Auta zapůjčení k
Kapacita	2	4	7	8	2
Minimální využití	0	0	0	0	0
Maximální využití	2	4	6	8	2
Průměrné využití	0.17	2.89	2.09	5.49	0.43

Celkově by se v tomto stavu stihlo zpracovat 324 zakázek.

Po zaměstnání dvou nových zaměstnanců na design se dramaticky zvýšil počet dokončených zakázek za rok – došlo k růstu na 152.8% původní hodnoty. Po tomto zvýšení jsou ale i nadále designeři nejvytíženější skupinou zaměstnanců. Vedení firmy proto zvažuje prodej jednoho z málo využívaných vozidel k zapůjčení a ušetřené peníze zainvestovat do přeškolení jednoho zaměstnance z čištění na design.

5.2.4 Po zaměstnání dvou nových zaměstnanců na design a přeškolení jednoho z čištění na design

Sklad	Zaměstnanci na čištění	Zaměstnanci na design	Zaměstnanci na lepení	Místa pro auta na dílně	Auta k zapůjčení
Kapacita	1	5	7	8	1
Minimální využití	0	0	0	0	0
Maximální využití	1	5	6	8	1
Průměrné využití	0.22	2.83	2.00	5.22	0.35

Celkově by se v tomto stavu stihlo zpracovat 323 zakázek.

V tomto stavu již o jedno auto klesnul počet celkových zakázek, ale dlouhodobě firma šetří na provozu jednoho auta k zapůjčení, kterého se zbavila. Poslední simulovanou variantou tedy je varianta zaměstnání dvou nových zaměstnanců na design + ušetření nákladů za jedno vozidlo k zapůjčení.

5.2.5 Po zaměstnání dvou nových zaměstnanců na design + ušetření nákladů za jedno vozidlo k zapůjčení

Sklad	Zaměstnanci na čištění	Zaměstnanci na design	Zaměstnanci na lepení	Místa pro auta na dílně	Auta k zapůjčení
Kapacita	2	4	7	8	1
Minimální využití	0	0	0	0	0
Maximální využití	2	4	6	8	1
Průměrné využití	0.19	2.993	2.03	5.65	0.37

Celkově by se v tomto stavu stihlo zpracovat 320 zakázek.

5.3 Závěr experimentů

Simulace odhaluje, že největší nedostatek prostředků je v oblasti designu, všechny varianty přidávající zaměstnance do této oblasti skončily s vysokým počtem zpracovaných zakázek. Jako úplně nejvhodnější variantu lze hodnotit variantu **d)**, která za cenu snížení celkového počtu zakázek o jednu ročně redukuje počet aut k zapůjčení na polovinu. Jedna dokončená zakázka navíc, kterou by poskytla varianta **c)** by nebyla schopná zaplatit celoroční provoz vozidla které ve variantě **d)** můžeme vyřadit.

6 Záver

Našou prácou sme zistili, že firma ma nedostatky v oblasti tvorby dizajnu. Efektivita sa výrazne zvýši pokiaľ sa navýši počet zamestnancov špecializovaných na dizajn. Simulovaním sme taktiež zistili, že vytázenie zamestnancov na lepenie je pomerne nízke vzhľadom na ich počet. Preto by sme taktiež odporučili v prípade nedostatku financií preškoliť zamestnancov z lepenia na tvorbu dizajnu.