

VYUŽITÍ SIMULAČNÍHO MODELOVÁNÍ V PROGRAMU SIMUL8 KE ZLEPŠENÍ PODNIKOVÝCH PROCESŮ SIMULATION MODELLING APPLICATION IN SIMUL8 FOR THE BUSINESS PROCESSES IMPROVEMENT

Martina Kuncová¹

¹ Ing. Martina Kuncová, Ph.D., Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta informatiky a statistiky,
martina.kuncova@vse.cz

Abstract: Simulation is a method used for studying complex systems that are not solvable with standard analytical techniques. Main advantage of the simulation modelling is the fact that all changes are made in virtual reality, in simulation software, without the necessity of the change in real life situation. As it is hard to follow and analyze all the processes in a company, the simulation model can be a good solution for the analysis. To perform the simulation it is necessary to map the whole process including the sequencing of activities and then set the rules for the movement of entities between the activities. Entities are dynamic objects (customers, products, documents) moving through the processes and using various resources. Afterwards all resources required or used by entities must be defined and the probability distributions of activities' times must be selected. Business processes can be modeled in software aimed at discrete event simulation principle. SIMUL8 belongs to these types of software. This contribution describes the use of the simulation model in different situation under the support of SIMUL8 software. All the examples described above (model of the administration processes in vehicle register system, model of the shields production system, model of the camshafts production) show how the model can help to study the system and to analyze the influence of the higher demand, higher production or other changes on the capacity utilization in the system. According to the simulation results some recommendations for the company relating workers, machines or processes could be made.

Keywords: simulation model, discrete simulation, SIMUL8

JEL Classification: C63, C88

ÚVOD

Simulace a simulační modelování bývají využívány zejména v situacích, kdy je nutné analyzovat komplexní a složité systémy či procesy, a to tehdy, kdy se nelze spolehnout na jiné analytické postupy. Simulace jako taková se zabývá tvorbou modelu reálného systému a prováděním experimentů s tímto modelem pro lepší pochopení chování studovaného systému či otestování možných dopadů při změnách systému (Dlouhý a kol., 2011). První modely byly spojeny spíše s fyzikálními či chemickými procesy, ale postupně pronikaly a pronikají simulační modely do dalších odvětví nejen technického, ale také zdravotnického či ekonomického směru (Banks, 1998, Dlouhý a kol., 2011). Současná počítačová simulace je

na vysoké úrovni, objevují se neustále nové a nové simulační programy, nicméně tvorba simulačních modelů využívaných v praxi především v České republice ve srovnání se zahraničím stále ještě není tak rozšířena, jak by mohla být. Pokud existuje problém typu „co bychom měli dělat, když ...“ nebo „jak zlepšit proces ...“, pak může být simulační model dobrým začátkem pro analýzu, případně přímo prostředkem hledání řešení, srovnávání možností či určování dopadů změn. Velkou výhodou simulace je fakt, že probíhá ve virtuálním prostředí, tj. v simulačním programu bez nutnosti přímého zásahu do reálného provozu. Zejména u výrobních procesů ne vždy existují potřebná data k analýzám a celý proces je pro sledování komplikovaný. Proto je

zpracování simulačního modelu ideálním řešením zejména tehdy, kdy je potřeba v procesu najít úzká místa či měnit stávající stav. Se simulací výrobních procesů se můžeme setkat v různých průmyslových odvětvích a ve všech fázích výroby – příklady lze nalézt např. na stránkách firmy Logio (www.logio.cz) či Dynamic Future (www.dynfut.cz), které se využívají tzv. dynamické simulace procesů, zejména výrobních, věnují, ze zahraničních zdrojů jde pak o příspěvky v časopisech a sbornících z konferencí věnovaných simulačnímu modelování (např. Ghanes a kol., 2014, Günal, Pidd, 2010, Syed, 2006). Simulační modely však lze využít i v jiných než výrobních oblastech – pro simulování dopravy, dopravního proudu a dopravních systémů (www.af-cityplan.cz), simulace v leteckém a automobilovém průmyslu (Štoček, 2012), simulace robotických systémů (www.humusoft.cz) či simulace ve zdravotnictví (Voráček a kol., 2014, Günal, Pidd, 2010, Ghanes a kol., 2014).

Dobrý simulační model se neobejde bez příslušného softwaru. Velmi často se v daném případě používají programy Matlab (s doplňkem Simulink), Witness či Comsol (www.humusoft.cz, www.dynfut.cz) či Plant Simulation (Štoček, 2012), které velmi dobře vizualizují potřebné procesy, obvykle s využitím 3D grafiky, obdobně lze modelovat a vizualizovat systémy v programu SIMIO (Voráček a kol., 2014), v dopravních modelech je to např. program PTV Vision (www.af-cityplan.cz). Pro základní analýzu lze však použít i programy určené pro obecnou simulaci procesů, např. SIMPROCESS či SIMUL8 (Dlouhý a kol., 2011), ve kterých lze i s využitím 2D grafiky vytvořit simulační model vybraného procesu a analyzovat jeho možné rozšíření, úpravy a obměny. Tomuto typu modelů se budeme věnovat i v tomto příspěvku. Cílem článku je přiblížit vybrané problémy vhodné pro analýzu prostřednictvím simulačního programu SIMUL8.

1. SIMULACE DISKRÉTNÍCH UDÁLOSTÍ

Jak již bylo nastíněno v úvodu, patří simulace do oblasti tvorby dynamických, numerických a obvykle stochastických modelů (základem většiny simulačních modelů jsou náhodná čísla a jejich transformace na náhodné veličiny z požadovaných pravděpodobnostních rozdělení). Počátkem rozvoje simulací byla tzv. simulace Monte Carlo spočívající v opakovaném generování náhodných pokusů a jejich následném statistickém vyhodnocení (Dlouhý a kol., 2011). Tento typ simulačního modelu lze chápat jako statický, zejména pokud čas není podstatnou součástí modelu. V dynamických modelech se pak již setkáme se zachycením času (v reálné, zrychlené či zpomalené podobě). Zároveň lze na základě sledování času v modelu rozdělit modely na diskrétní a spojité. Ve spojitě simulaci může simulační čas nabývat libovolných hodnot, zatímco v diskrétních simulačních modelech je čas sledován pouze v předem stanovených diskrétních okamžicích (obvykle významných změnách sledovaného systému). Při diskrétní simulaci tedy nenastávají změny v systému průběžně, ale pouze v okamžiku výskytu pro systém důležitých událostí (např. příchod nové zakázky, dokončení výrobku). Jelikož jsou při modelování podnikových procesů diskrétní simulační modely využívány častěji, budeme se zde více věnovat právě jim.

Pod pojmem „modelovaný systém“ si lze představit část reálného provozu, procesu či systému, jehož chování se snažíme zachytit s využitím zvoleného softwaru včetně zapojení generování náhodných veličin popisujících charakteristiky vybraných částí systému (např. dobu trvání činnosti, intervaly mezi vstupy apod.). V každém z modelovaných systémů se objevují statické a dynamické prvky. Dynamické prvky, jinak také nazývané entity, jsou prvky, které procházejí daným systémem a v průběhu času mění některé své vlastnosti (například zákazníci, kteří jsou obsluhováni, výrobky během výrobního procesu apod.). Pod pojmem statický prvek lze chápat tzv. zdroje, neboli prvky, které se v modelu nacházejí uvnitř sledovaného systému a jsou entitami využívány či spotřebovávány (např. stroje, materiál, ale i

lidské zdroje v podobě obslužného personálu). Modelovaný systém se skládá z jednotlivých procesů, což jsou souhrny vzájemně provázaných činností. Na základě definovaného sledu činností a pravidel pro pohyb entit a využívání zdrojů entitami během činností pak analytik sestaví počítačový simulační model (Dlouhý, Jablonský, 2009).

2. SIMULAČNÍ PROGRAM SIMUL8

Program SIMUL8, který je produktem stejnojmenné firmy SIMUL8 Corporation, je určen pro modelování podnikových procesů na bázi simulace diskretních událostí. Program SIMUL8 umožňuje vytvořit vizuální model zkoumaného systému a animaci běhu systému. Rychle a snadno vytvořený vizuální model slouží již od počátku tvorby modelu k diskusi nad strukturou modelovaného systému mezi programátorem (analytikem) a manažerem (zákazníkem). Simulační model je v tomto pojetí chápán jako efektivní nástroj vzájemné komunikace (Dlouhý a kol. 2011).

Program nabízí jednak možnost využití předdefinovaných šablon a jejich úpravy s pomocí průvodce (např. modely letiště, restaurace, samoobsluhy či call center), a dále i možnost vytvořit model vlastní (www.simul8.com). K tomuto jsou využívány základní stavební prvky (předdefinované ikony umístěvané na plochu, následně propojované do modelu včetně nastavení jejich vlastností), a to:

Work Item (pracovní položka, entita) – modeluje dynamické objekty (fyzické či logické) pohybující se systémem – entity.

Work Entry Point (vstup) – objekty, které zachycují vstup entit do systému – příchod zákazníka, vznik výrobku apod.

Work Center (pracoviště, aktivita, činnost) – objekty, které modelují aktivity, kterými procházejí entity. Pro vykonání aktivity se obvykle vyžadují určité zdroje.

Storage Bin (zásobník, fronta) – objekty, které modelují hromadění entit (zásobník, skladiště, fronta). Zásobníky či fronty obvykle předcházejí aktivitám, na jejichž provedení čekají v zásobníku entity z důvodu nedostupnosti zdrojů.

Work Exit Point (výstup) – místo, kudy entity opouštějí modelovaný systém – odchod zákazníka, dokončení zakázky.

Resource (zdroj) – objekty sloužící pro modelování omezených kapacit pracovníků, materiálu či výrobních prostředků, které jsou využívány při činnostech.

3. UKÁZKY VYUŽITÍ SIMULAČNÍCH MODELŮ V PRAXI

V této kapitole budou představeny některé ze simulačních modelů vytvořené v programu SIMUL8 na VŠE v Praze na základě reálných podkladů. Snahou není podat zcela vyčerpávající popis problémů a detailní strukturu modelů. Cílem je pouze ukázat, ve kterých oblastech či na které procesy a systémy lze využít program SIMUL8 a jakých výsledků je možné dosáhnout.

3.1 Simulační model registru vozidel

Prvním představovaným modelem je simulační model registru vozidel. Nejde tedy o příklad výrobního systému, ale o systém obslužný. Podkladem pro tvorbu modelu byla reálně existující pobočka zaměřená na registr vozidel. V tomto případě nebyly přesně známy všechny potřebné parametry (zejména doby trvání jednotlivých činností), proto bylo nutné pokusit se pouze o odhad. Simulace měla 2 základní cíle: zjistit, nakolik by možné předvyplnění potřebných formulářů online snížilo vytížení zaměstnanců a fronty u přepážek, a dále určení vhodného počtu personálu obsluhujícího zákazníky. Simulován byl provoz v době extrémního vytížení (odhadované intervaly mezi příchody aproximovány exponenciálním rozdělením s parametrem 5 minut u obou typů zákazníků, tj. příchozích z důvodu nutných změn v registru vozidel či z důvodu vykonání technické kontroly vozidla). Na daném pracovišti se zákazníkům věnují 3 úředníci registru, 1 pokladník, 4 techničtí pracovníci provádějící STK a další 3 pracovníci kontroly.

V první fázi byl sestaven simulační model uvažující uvedenou intenzitu příchodů zákazníků – pro každého pak následují běžné procesy probíhající v registru, tj. vyplňování formulářů, platby u pokladny, kontrola vozidla, převzetí či odevzdání registračních značek

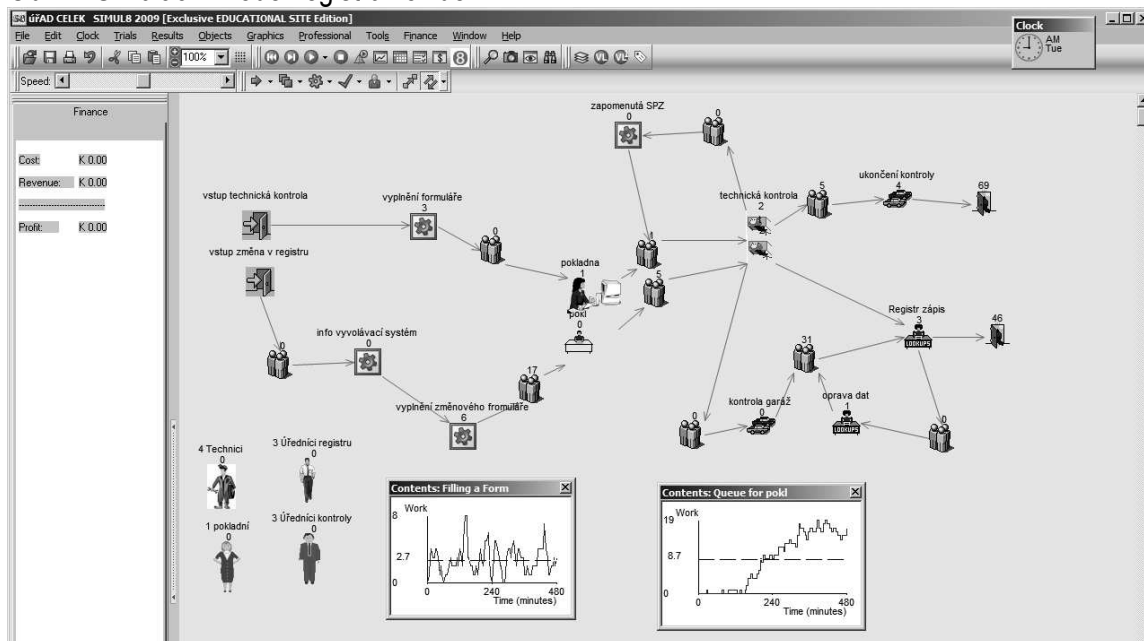
apod. Výsledný simulační model je na obrázku 1. Jde spíše o hypotetickou situaci, neboť uvedené vytížení není zcela běžné (zároveň jde o testování situace bez objednávkového systému). Simulován byl 1 pracovní den (od 9:00 do 18:00), proběhlo 100 simulačních experimentů, ze kterých vyplynuly tyto závěry: v daném případě by bylo vytížení všech pracovníků velmi vysoké (přesahující 85-90 % z celé pracovní doby) a vytvářely by se neúměrně dlouhé fronty (na obrázku 1 vpravo vidíme graf vývoje fronty k pokladně, kde by ve špičce čekalo až 19 zákazníků, ve frontě na zápis do registru je v dané simulaci na konci pracovního dne 31 čekajících). V tomto simulačním experimentu by za den bylo obslouženo 69 osob na STK a 46 osob žádajících změnu v registru (viz obrázek 1). Ze simulačních experimentů vyplynulo, že počet celkem obsloužených zákazníků by se pohyboval kolem 110-130.

Za této situace byla vyzkoušena první změna – předpoklad možného elektronického předvyplnění formulářů zákazníky, kteří žádají změnu v registru. Testována byla situace, kdy se takto zachová 50 % zákazníků a dojde tak ke snížení doby nutné pro vyplňování formulářů na místě a doby potřebné k zápisu do registru. Výsledky ukázaly výrazný pokles vytížení úředníků registru (z původních 87 % na 45 %). Vzhledem k vysokému vytížení pokladny (90 %) byl testován přesun 1 úředníka z registru do pokladny (nově tedy využívání 2 úředníků registru a 2 pokladny). Tato změna (viz obrázek 2) přinesla pokles vytížení pokladen na 50 %

(fronta u pokladny poklesla na max. 3 osoby), zároveň vytížení úředníků mírně stoupl, ale nepřekročilo kritické meze (pohybovalo se kolem 68 %). Počet obsloužených zákazníků žádajících změnu registru stoupl na hodnotu kolem 65-75 osob. Stále však byly přetížení techničtí pracovníci a pracovníci kontroly a větší fronta se v odpoledních hodinách tvořila i u registrů.

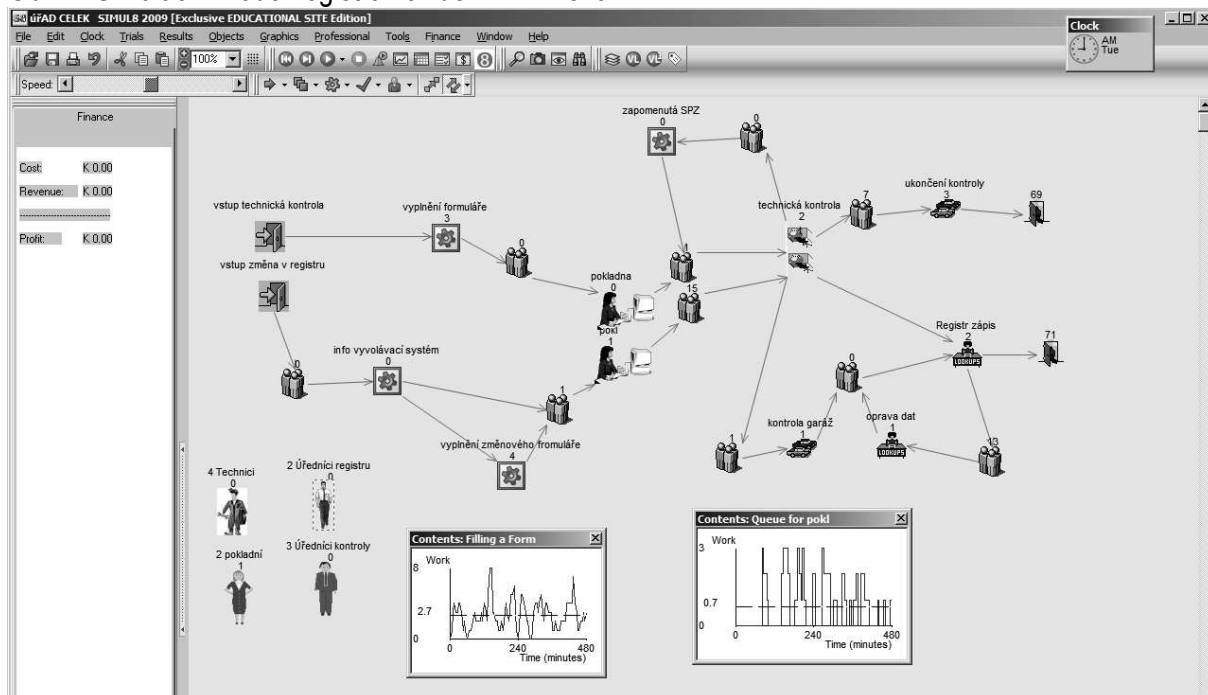
Další změnou bylo testování vhodného počtu obslužného personálu (zde je nutné poznamenat, že nejde o optimalizaci ve smyslu minimalizace front či minimalizace nákladů, pouze o nastavení takového počtu zdrojů, které by zajistily poměrně plynulý provoz s nepřilíživými dlouhými frontami). Po několika testováních se ukázalo, že v takto nastaveném provozu by bylo nutné přidat 1 technického pracovníka a 1 pracovníka kontroly, a dále využívat úředníka z registru, který byl původně z registru přesunut do pokladny, v pokladně jen v dopoledních hodinách, odpoledne by pak byl opět zapojen v rámci zápisů do registru. Toto nastavení zcela neeliminuje fronty, nicméně snižuje jejich maximální délky, zároveň mírně zvyšuje počet obsloužených zákazníků při průměrném vytížení pracovníků kolem 70-75 % (viz obrázek 3 – fronta u pokladny v odpoledních hodinách narůstá, zde až na 11 osob, ale v průměru se pohybuje kolem 3 zákazníků, fronta u zápisů do registrů však dosahuje v maximu kolem 7-9 zákazníků a doba čekání v této frontě je ve většině případů do 15 minut, maximum se zde pohybuje kolem 40 minut, v předchozí situaci to však byl zhruba dvojnásobek).

Obr. 1: Simulační model registru vozidel



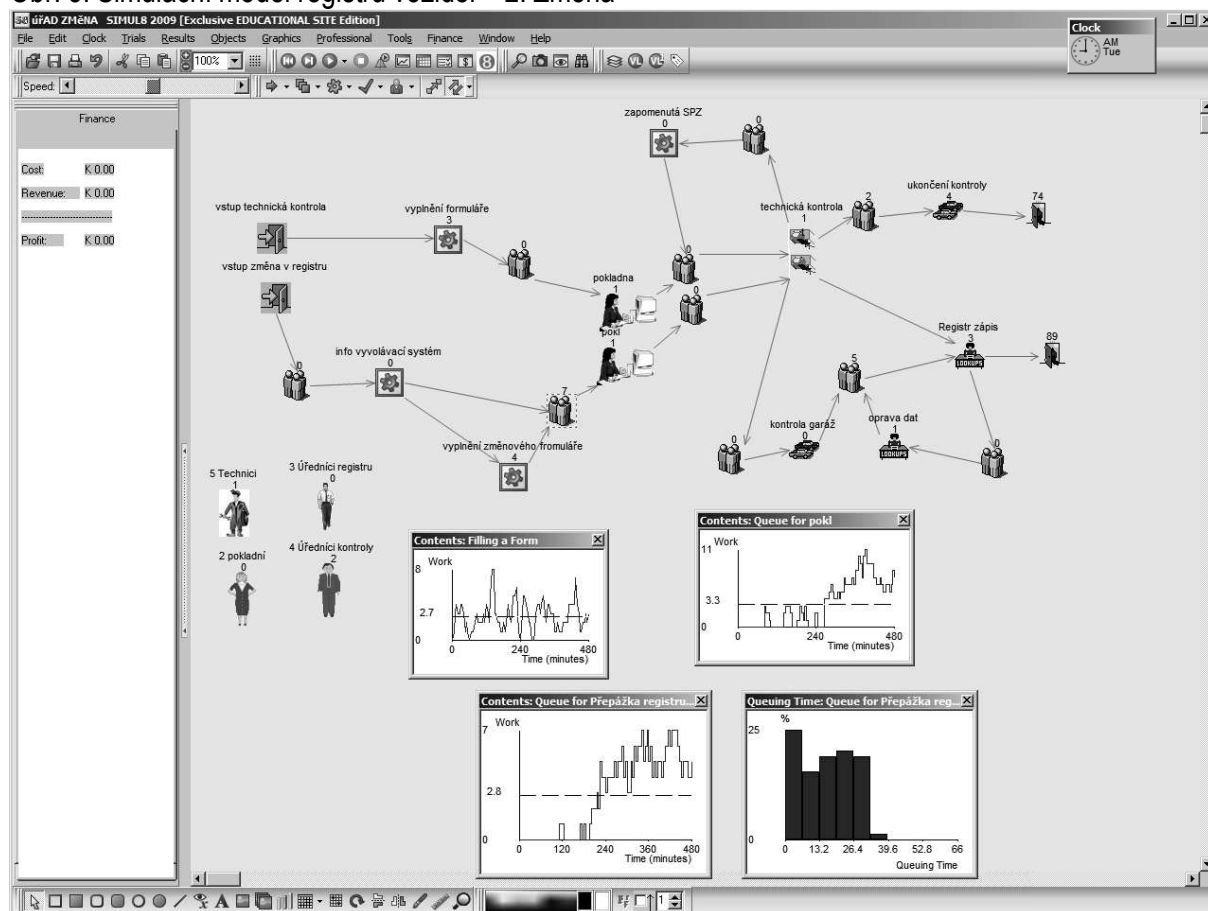
Zdroj: vlastní model v prostředí SIMUL8

Obr. 2: Simulační model registru vozidel – 1. změna



Zdroj: vlastní model v prostředí SIMUL8

Obr. 3: Simulační model registru vozidel – 2. Změna



Zdroj: vlastní model v prostředí SIMUL8

V tomto příkladu nešlo o detailní analýzu celého procesu, pouze o ukázkou možností simulačního modelu při testování extrémního provozu systému.

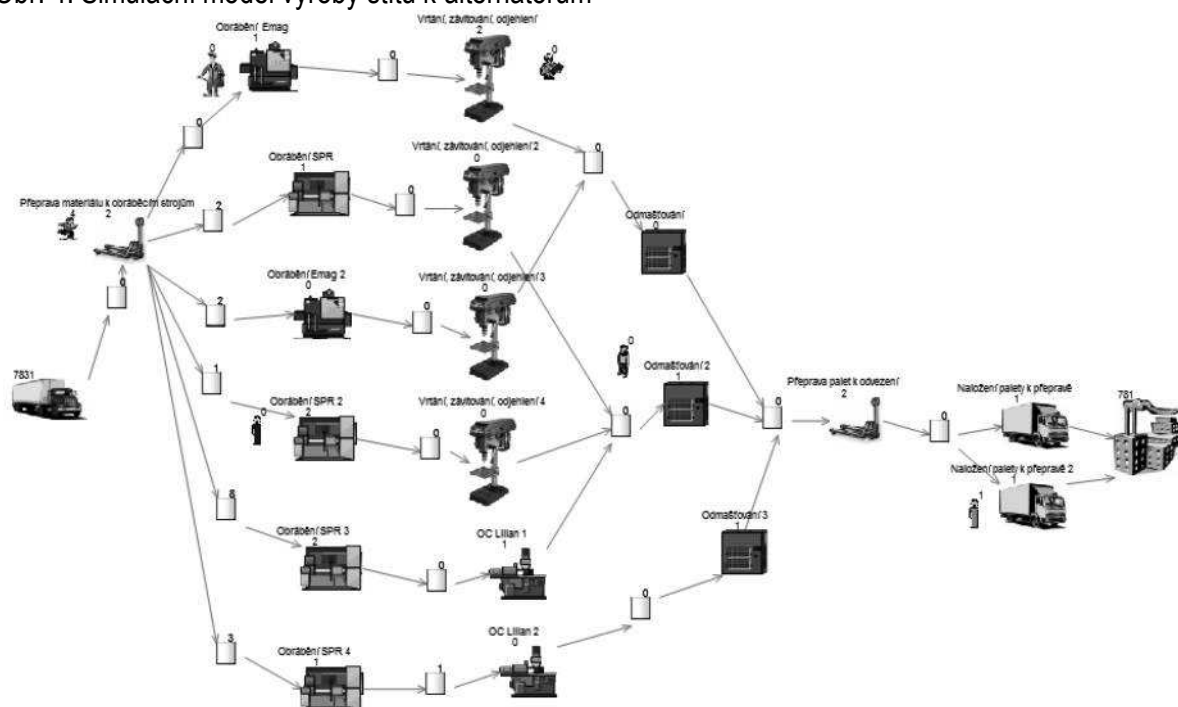
3.2 Simulační model VÝROBY štítů k alternátorům

Simulační model výroby štítů k alternátorům (Ficová, Kuncová, 2013) sloužil k ověření schopností firmy uspokojit novou zakázku. Firma obráběla na přání odběratelů 14 typů štítů různých tvarů a velikostí. Štíty jsou využívány převážně do alternátorů k elektromotorům pohánějícím nejruznější obráběcí stroje, výrobní linky a lisovací zařízení. Do štítu je zasazena hřídel rotoru, na které je rotor obsahující jednu či několik cívek. Štít alternátoru může být označován také jako obal nebo kryt. Počet vyrobených štítů byl odhadnut na základě objednávek na více než 160 tisíc kusů za rok. Na výrobu štítů byl uzavřen kontrakt na 3 roky, s možností dalšího prodloužení smlouvy. Během prvního roku byl

počet vyrobených štítů nižší, avšak v dalších letech se očekává nárůst počtu výrobků na téměř půl milionu kusů ročně. Cílem modelu tedy bylo jednak simulovat současný stav výroby a následně analyzovat dopady rozšíření výroby.

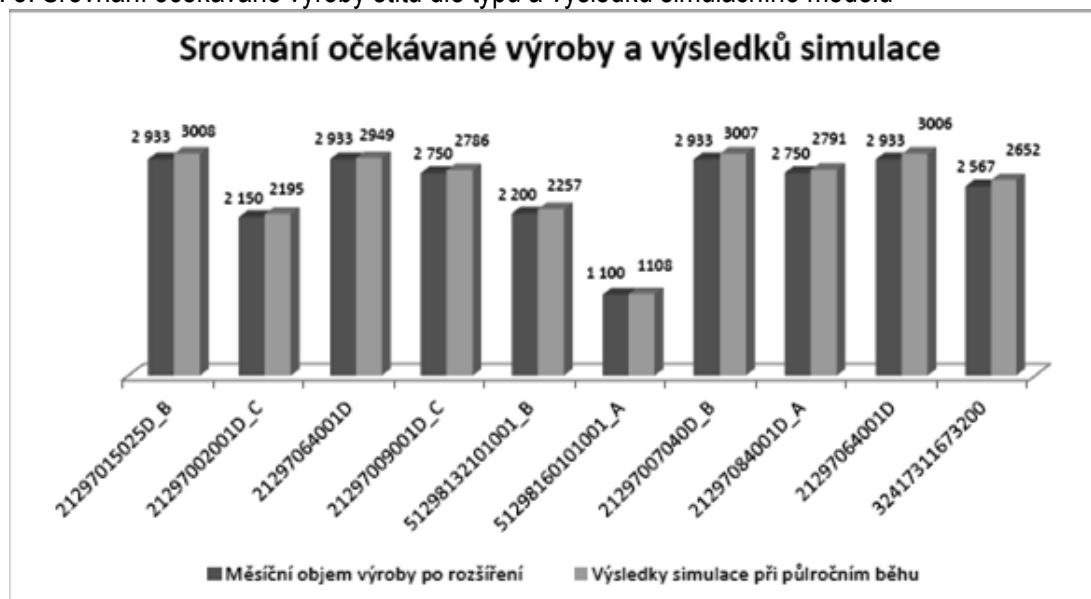
Výrobní model zahrnoval především vyložení a přemístění materiálu, rozdělení materiálu ke strojům vlastní obrábění, vrtání, závitování, odjehlení, odmaštění a následné paletování a převoz k zákazníkovi. Výsledný model ukazuje obrázek 4. Následně byl model pozměněn pro testování zvýšené výrobní zátěže (zejména rozšířen o nové stroje vyrábějící nově zařazené typy štítů). Navýšení výroby však sebou nese také požadavek vícesměnného provozu (na základě simulace potvrzeno především u strojů s vytížením vyšším než 85 %). Při porovnání výsledků simulace (obrázek 5), je patrné, že průměrná hodnota počtu jednotlivých kusů štítů je vyšší, než očekávaný objem výroby po rozšíření. Proto by neměl být problém s dodržáním výrobních plánů v následujících letech.

Obr. 4: Simulační model výroby štítů k alternátorům



Zdroj: Ficová, Kuncová 2013

Obr. 5: Srovnání očekávané výroby štítů dle typů a výsledků simulačního modelu



Zdroj: Ficová, Kuncová 2013

3.3 Simulační model VÝROBY VAČKOVÝCH HŘÍDELÍ

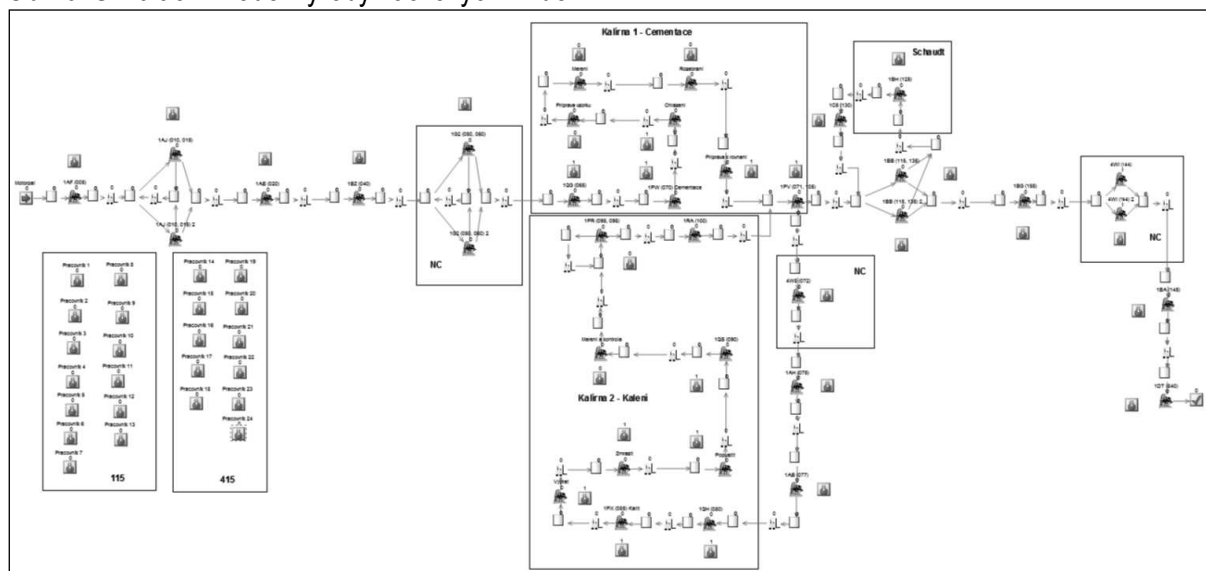
Hlavním záměrem tvorby modelu výroby vačkových hřídelí byl jednak popis a analýza současného stavu a dále potvrdit či vyvrátit dosažitelnost dlouhodobého požadavku vedení podniku na zkrácení průměrné doby výroby jednoho kusu vačkové hřídele na dva týdny (Medonos a kol. 2010). Simulační model se

týkal výroby vačkové hřídele, která je jednou ze tří základních komponent vstřikovacího čerpadla. I když jde o relativně jednoduchou výrobu, právě výroba této součástky nejvíce prodlužuje výrobu celého čerpadla. Výroba jednoho kusu vačkové hřídele trvá v průměru okolo pěti týdnů, přičemž technologický plán (součet časů strávených na jednotlivých pracovištích) udává čas výroby maximálně jeden týden (záleží na konkrétním typu vačkové

hřídele). Simulace současného stavu odpovídá situaci, která byla zjištěna během mapování procesu. Příchody vačkových hřídelí do systému jsou nepravidelné, jak co se týče časových intervalů mezi příchody, tak

velikostmi dávek. Dále se v tomto systému využívá přesunu nehotových vačkových hřídelí mezi pracovišti v počtu 50 kusů (kromě některých operací tepelného zpracování). Model této situace ukazuje obrázek 6.

Obr. 6: Simulační model výroby vačkových hřídelí



Zdroj: Medonos a kol. 2010

Celková doba běhu simulace do vyrobení požadovaných 4550 kusů byla 77 538 minut, což odpovídá 10 týdnům (týden se zde počítá jako 5 dnů), 3 dnům, 20 hodinám a 18 minutám. V této době je započítána i doba 1 měsíce (to znamená 4 týdny a 3 dny), během kterého se systém naplnil entitami a tato doba není započítávána do výsledků. Průměrná doba výroby jednoho kusu se pohybovala kolem 2 týdnů, takže se ukázalo, že požadavky managementu na délku výroby lze splnit. Model zároveň ukázal, že jsou v procesu výroby mnohé prostoje a neefektivnosti, nehotové výrobky stráví více než 79 % pracovního času čekáním. V další fázi byl testován přísun výrobků po kusech nikoli v 50-ti kusových sériích – tento systém se ukázal jako vhodnější z hlediska celkové výroby (průměrná doba vyrobení 1 kusu klesla na 1,5 týdne). Poslední změnou v modelu bylo testování většího zatížení výroby příchodem nové zakázky. Při zadání požadavku původní výroby a nové zakázky se průměrné časy vyrobeného kusu pohybovaly kolem 4 týdnů, tj. na dvojnásobku požadované doby. Výsledkem této simulace je varování, že v podobě, v jaké byly známy plány technologického postupu k datu vytváření

simulace, není možné dosáhnout nižších výrobních časů při dodržení požadavku nové výroby.

ZÁVĚR

Simulační modelování může být vhodným nástrojem v situaci plánování a analýzy komplikovanějších projektů, procesů či systémů. Článek byl zaměřen na ukázkou použití simulace v reálných situacích s využitím prostředí programu SIMUL8 pro tvorbu simulačního modelu. Ve všech popsanych modelech posloužila simulace jako vhodný nástroj pro analýzu daného systému a předpověď dopadu očekávaných změn na daný systém. Simulace tak může být vhodným nástrojem nejen při analýzách výrobních problémů, ale také systémů spadajících pod modelování hromadné obsluhy (tzv. teorie front). Ačkoli program SIMUL8 neobsahuje všechny možnosti pro tvorbu modelů, pro základní simulování procesů diskrétních událostí je zcela dostačující.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory projektu interní grantové agentury VŠE F4/54/2015.

ZDROJE

AF-CityPlan – stránky firmy [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-10-10]. Dostupné z: <http://www.af-cityplan.cz/>

Banks, J. (1998). *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice*. New York: John Wiley & Sons.

Dlouhý, M., Fábry, J., Kuncová, M., Hladík, T. (2011). *Simulace podnikových procesů*. Brno, Computer Press.

Dlouhý, M., Jablonský, J. (2009). Využití simulace při analýze podnikových procesů. *Aca oeconomica Pragensia*, 6/2009, 27-36.

Dynamic Future – stránky firmy [online]. Ostrava, 2016 [cit. 2016-10-10]. Dostupné z: <http://dynfut.cz/>

Ficová, P., Kuncová, M. (2013). Looking for the equilibrium of the shields production system via simulation model. In: *Modeling and Applied Simulation 2013*. Atény, DIME Università di Genova, 50–56.

Ghanes, K., Jouini, O., Jemai, Z., Wargon, M., Hellmann, R., Thomas, V. et al. (2014). A comprehensive simulation modeling of an emergency department: A case study for simulation optimization of staffing levels. *Winter Simulation Conference (WSC) 2014*, 1421-1432.

Günel, M. M., Pidd, M. (2010). Discrete event simulation for performance modelling in health care: a review of the literature. *Journal of Simulation* 4(1), 42-51.

Humusoft – stránky firmy [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-10-10]. Dostupné z: <http://www.humusoft.cz/>

Logio – stránky firmy [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-10-10]. Dostupné z: <http://www.logio.cz/>

Medonos, M., Dlouhý, M., Kuncová, M. (2010). Simulation Analysis of the Production System. In: *Modelování procesů. VŠP Jihlava*, 1-6.

SIMUL8 – charakteristika programu [online]. SIMUL8 Corp. 2016 [cit. 2016-10-01]. Dostupné z: <http://www.simul8.com/>

Syed M. (2006). Line balancing and simulation of an automated production transfer line. *Assembly Automation*, 26(1), 69-74.

Štoček, J. (2012). Počítačová simulace ve firmě Škoda Auto užitá jako nástroj pro optimalizaci zásobování výrobních linek. [online]. Mladá Boleslav, 2012 [cit. 2016-10-10]. Dostupné z: https://is.savs.cz/dok_server/slozka.pl?id=1678;download=6542;z=1

Voráček, J., Vojáčková, H., Kuncová, M., Zažímal, D. (2014). Modelling and Improvement of Hospital Processes. In: *European Conference on Management, Leadership & Governance*. Kidmore End: Kidmore End Academic Conferences International Limited, 363-371.