

# SIMULAČNÍ STUDIE VÝROBY KRÁTKÝCH HLAVNÍ VE SPOLEČNOSTI ČESKÁ ZBROJOVKA A.S.

*Bronislav Chramcov, Ladislav Daniček*  
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

## ABSTRAKT

Příspěvek se zabývá problematikou využití počítačové simulace při zefektivnění produkce výrobního systému. V našem případě jsou možnosti využití demonstrovány na konkrétním příkladu z průmyslové praxe. Cílem bylo sestavit model existující výrobní linky krátkých hlavních a zejména navrhnout řešení pro zvýšení produktivity a nalezení úzkých míst systému. Pro modelování a následnou simulaci bylo použito simulačního prostředí Witness. Na základě předem definovaných požadavků provozovatele byla navržena řada simulačních experimentů. Výsledky těchto experimentů odhalily neekonomičnost a velmi malou průchodnost stávajícího systému.

## 1 ÚVOD

Počítačová simulace diskrétních událostí se stává nezbytným podpůrným nástrojem v oblasti zefektivňování provozu výrobních systémů. To je způsobeno mimo jiné její schopností napodobovat a sledovat stochastické i dynamické vlastnosti jednotlivých procesů a tak předpovídat jejich chování.

V dnešním, tzv. turbulentním prostředí již nelze dosáhnout efektivního provozu výrobních systémů pouze lokální optimalizací jednotlivých parametrů či subsystémů. Ty se totiž natolik vzájemně ovlivňují, že není možné řešit je samostatně, nýbrž je třeba na celý systém nahlížet globálně a hledat optimum systému jako celku. Vysoká dynamika, komplexnost a tím i nejistota při řešení podnikových úloh stále více vyžadují využívání takových metod a podpůrných prostředků, které umožňují komplexní přístup k projektování výrobních systémů i rychlé vyzkoušení různých variant řešení, a tedy minimalizování rizika chybných rozhodnutí. Významným pomocníkem se proto stává komplexní dynamická analýza výrobních systémů pomocí počítačové simulace. Počítačová simulace je tedy v dnešní moderní době nezbytnou součástí každého většího výrobního procesu. S její pomocí můžeme provádět simulace reálného prostředí. Při správném namodelování procesu je možno provést simulaci výroby na několik dnů či týdnů dopředu. Tento nástroj poskytuje firmám možnost operativního plánování při minimalizaci energií, zásob a pracovních sil.

Tento článek se zabývá simulační studií konkrétní výrobní linky, v našem případě výrobní linky krátkých hlavních ve firmě vyrábějící pistole. Proces výroby je detailně popsán v části 2. Tato studie zahrnuje analýzu stávajícího stavu linky, sběr dat, konstrukci a verifikaci modelu a zejména návrh a realizaci simulačních experimentů. Cílem bylo navrhnout řešení pro zvýšení produktivity a nalezení úzkých míst výrobního systému. Simulační experimenty byly navrhovány na základě předem definovaných požadavků provozovatele. Úkolem bylo určit vhodný počet strojů na jednotlivých pracovištích popřípadě nastavit vhodný počet pracovních směn provozu těchto pracovišť. Po konstrukci modelu a následnou simulaci bylo použito simulačního prostředí Witness. Proces vytváření modelu v prostředí Witness je nastíněn v části 3. Popis navržených simulačních experimentů a zhodnocení dosažených výsledků je prezentováno v části 4.

## 2 POPIS PROCESU VÝROBY KRÁTKÝCH HLAVNÍ PISTOLÍ

Stroje, použité ve výrobě, slouží k opracovávání výrobků v různých fázích výroby. Jedná se především o soustruhy, brusky a vrtačky. Všechny tyto stroje opracovávají v daný okamžik pouze jeden výrobek. Do stroje tedy vstupuje pouze jedna součást, na které se provádí specifická operace a vystupuje také jedna součást. Jednotlivé stroje jsou uspořádány do skupin. Každá skupina pak tvoří pracoviště, které provádí určitou operaci. Každý stroj (až na jednu výjimku) obsluhuje jeden pracovník. Z tohoto důvodu není třeba pracovní síly v modelu uvažovat.

V tabulce - Tabulka 1 jsou uvedeny počty strojů na jednotlivých pracovištích, které se v systému používají pro opracování výrobku a také počet směn, po který je pracoviště v provozu. Každému pracovišti přísluší určitá operace. Na některá pracoviště se výrobek dostává opakovaně, proto provádí několik různých operací.

**Tabulka 1: Počet strojů na jednotlivých pracovištích a jejich směnnost**

Číslo pracoviště	Popis pracoviště	Počet strojů	Počet směn
1.	Vrtání hlavní	3	2
2.	Vrtání - zahloubení	1	2
3.	Soustružení - Fischery	3	2
4.	Soustružení - SV 18	7	2
5.	Soustružení - Liberty	6	2
6.	Honování	5	2
7.	Kování	2	3
8.	Broušení	6	2
9.	Soustružení - komory	3	2
10.	Leštění - komory	2	2
11.	Ruční úprava	9	1

Proces výroby je popsán krok za krokem v tabulce Tabulka 2. Je zde uvedeno číslo pracoviště, kde daná operace probíhá a také doba trvání jednotlivých operací. Tyto údaje poskytl provozovatel linky ze svého systému plánování, kde jsou tyto údaje pro všechny stroje uloženy. Sběr těchto dat probíhal na pracovišti dlouhou dobu, a proto můžeme tato data považovat za velmi korektní. Bylo by tedy ztrátou času provádět další měření přímo v provozu.

Přesun výrobků ve výrobě se děje pomocí vozíků. Přesun materiálu není v reálné výrobě řízen, dochází k němu v případě vyprázdnění jednotlivých zásobníků. Doba přesunu materiálu od jednoho stroje k druhému je minimální, protože přesun probíhá na velmi krátké vzdálenosti. Proto můžeme říci, že doba přesunu materiálu je zanedbatelná.

Výrobní linka pracuje v tří-směnném provozu. Většina pracovišť je však v provozu jen 2 pracovní směny (viz Tabulka 1). Jednotlivé pracovní směny výrobního systému jsou přehledně uspořádány do tabulky Tabulka 3.

**Tabulka 3: Pracovní směny hlavního oddělení**

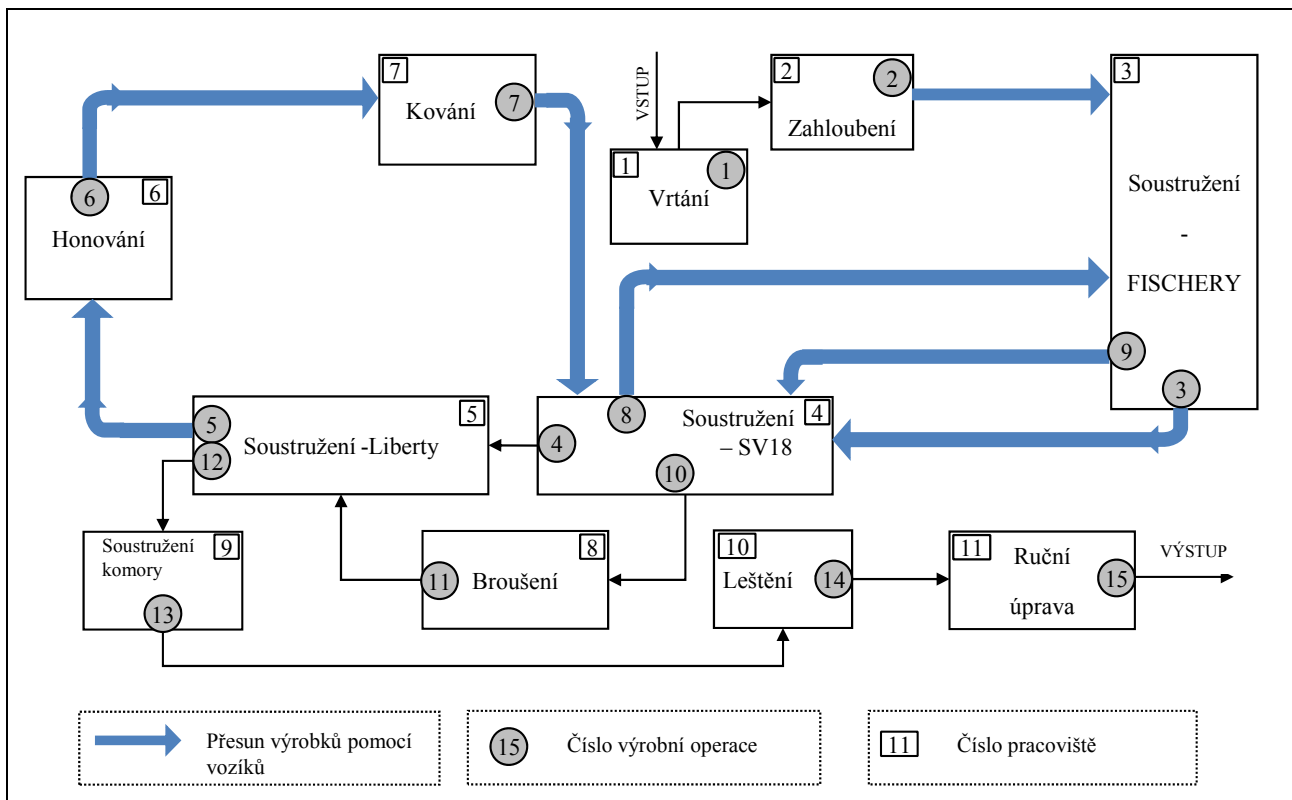
Směna	Začátek směny	Přestávka	Konec směny
Ranní směna	5:45	10:30-11:00	14:15
Odpolední směna	14:00	17:30-18:00	22:00
Noční směna	22:00	2:00-2:30	5:30

Při provozu dochází k pravidelné údržbě strojů. Díky této údržbě dochází k poruchám na jednotlivých strojích jen výjimečně. Doba údržby spolu s poruchami zabere 3 % strojového času.

**Tabulka 2: Postup výroby krátkých hlavních**

Číslo operace	Popis operace	Číslo pracoviště	Čas operace [s]
1.	Vrtání díry pro přípravu vývrtu	1	17,4
2.	Zahloubení konců u vyvrtané díry	2	7,8
3.	Soustružení osazení na jedné straně přířezu pro upnutí na kopírovací stroj	3	14,4
4.	Soustružení povrchu a to do kužele či válce dle provedení výkovku respektive konečného tvaru hlavně	4	13,8
5.	Zhotovení konců, provádí se pro upnutí na operaci kování a honování, které následují.	5	10,2
6.	Honování. Jedná se o konečnou úpravu díry před vlastním kovááním. Honování se provádí pro dosažení potřebného rozměru díry a drsnosti	6	40,2
7.	Kování je zhotovení konečných rozměrů vývrtu a povrchu výkovku dle potřebné ráže a provedení hlavně	7	49,2
8.	Upíchnutí a zarovnání čela hlavně na potřebnou délku dle provedení – tzv. první čelo	4	10,2
9.	Operace soustružení čel a osazení	3	22,8
10.	Opět upíchnutí, zahloubení, frézování tvaru v oblasti nábojové komory, soustružení průměru hlavně s přídatkem pod brus	4	155,4
11.	Broušení průměru hlavně na konečný rozměr, tvar a opracování	8	94,8
12.	Soustružení s napojením na podozubí a samotné soustružení ozubí	5	84
13.	Soustružení nábojové komory a soustružení ústí, kde se stanoví jeho konečná délka podle jednotlivých provedení	9	91,2
14.	Leštění skluzavky a leštění nábojové komory	10	28,2
15.	Kontrolní a přípravné činnosti pro další práci s výrobkem. Patří sem: rozměrové kontroly, čištění konzervace, odmašťování atd.	11	1,8

Zjednodušené schéma provozu výrobní linky je prezentováno na obrázku - Obrázek 1.



Obrázek 1: Zjednodušené schéma linky pro výrobu krátkých hlavních pistolí

### 3 KONSTRUKCE MODELU V SIMULAČNÍM PROSTŘEDÍ WITNESS

#### 3.1 Systém WITNESS

Pro sestavení modelu a následnou realizaci navržených simulačních experimentů je možné využít celé řady simulačních programů a systémů. V našem případě jsme využili prostředí systému Witness, který jsme měli k dispozici. Jedná se o produkt britské společnosti Lanner Group, je světově jeden z nejúspěšnějších nástrojů pro simulaci výrobních, obslužných a logistických procesů. Používá se pro podporu rozhodování vedoucích pracovníků při řešení organizačních, technických a provozních problémů souvisejících zejména s restrukturalizací a zlepšováním podnikových procesů. WITNESS napomáhá omezit rizika při realizaci změn v organizacích tím, že umožňuje vytvářet interaktivním způsobem vizuálně srozumitelné simulační modely složitých podnikových procesů, tyto analyzovat a optimalizovat. WITNESS umožňuje testování různých variant změn systému a vyhodnocení jejich dopadu na chování procesu. Je možné identifikovat úzká místa ve výrobě, vyhodnotit náklady a přínosy změn ještě před tím, než je zakoupeno potřebné zařízení, zvýšit výkonnost organizace bez nutnosti rozšíření zdrojů a podobně.

Jádro systému WITNESS doplňují moduly pro optimalizaci procesů, zobrazení v prostředí virtuální reality, pro snadnou oboustrannou výměnu informací mezi nástroji WITNESS a Microsoft VISIO, propojení s CAD/CAM systémy, dokumentaci modelů a získávání znalostí z rozsáhlých souborů dat.

#### 3.2 Model výrobní linky v prostředí Witness

Každé obslužné pracoviště výrobní linky je modelováno v prostředí Witness pomocí jediného elementu *Machine* typu *Single*. Počet strojů na daném pracovišti a operační čas (cycle time) jsou nastaveny na základě tabulek Tabulka 1 a Tabulka 2. Pokud pracoviště provádí více operací s různým operačním časem (cycle time), je tento parametr uvažován jako proměnná. Hodnota této proměnné je pak nastavena ve výstupním pravidle zásobníku před daným pracovištěm.

Přesun výrobků ve výrobě se děje pomocí vozíků. Ty jsou modelovány pomocí elementu *Vehicle*. Tyto vozíky se pohybují po předem definovaných drahách (modelováno pomocí elementu *Track*). V simulačním

modelu je přesun realizován tehdy, když dojde k poklesu množství výrobků v zásobníku pod hodnotu 3. Kapacita jednotlivých zásobníků je 5000. Jak bylo zmíněno výše doba přesunu materiálu od jednoho stroje k druhému je minimální.

Pro namodelování procesu údržby a poruchy na jednotlivých pracovištích je využito pomocného elementu typu *Machine*, který obstarává generování poruch (údržby na jednotlivých strojích daného pracoviště). Každé pracoviště má tedy svůj generátor poruch. Toto řešení je dáno skutečností, že nelze nastavit poruchu jen na jednom stroji daného pracoviště, které je modelováno pouze jediným elementem. Porucha (popřípadě údržba) je generována pomocí nové součásti (element typu *Part*), která při vstupu do daného generátoru poruch, vyvolá poruchu na odpovídajícím stroji daného pracoviště. Doba poruchy (údržby) je nastavena prostřednictvím parametru *Cycle Time* generátoru poruchy. Pro generování poruchy (údržby) je použito normálního rozdělení. Parametry jsou voleny tak, aby k poruše (údržbě) došlo na každém stroji minimálně jednou na 1 den.

Pracovní směny jsou v modelu realizovány pomocí elementu Shift. Pro účely simulace, byly na základě tabulky Tabulka 3, vytvořeny tři týdenní směny. Směny jsou pak přiřazeny jednotlivým pracovištím podle toho, kolik směn je dané pracoviště v provozu denně.

#### 4 SIMULAČNÍ EXPERIMENTY A VÝSLEDKY

Po vytvoření modelu výrobní linky je nejdříve potřeba navržený model ověřit. Ověřený model je následně využit pro simulační experimenty. Jelikož sledovaný systém pracuje v nepřetržitém provozu, bylo pro ověření modelu s reálným systémem nutné nejdříve model naplnit výrobky. To lze provést v prostředí Witness díky parametru WarmUp Period. Hodnota tohoto parametru stanovuje čas, kdy dojde k vynulování sledovaných statistických charakteristik a proměnných. Hodnota WarmUp Period je nastavena na 172800 sekund, což odpovídá době dvou dnů. Tato doba je dostačující pro zaplnění celého modelu výrobky. Celková doba simulace u všech experimentů je 2 týdny (2 dny Warp Up, 12 dnů testovací perioda). Výsledky jednotlivých simulačních experimentů jsou přehledně zobrazeny v níže uvedených tabulkách.

##### 4.1 Simulace stávajícího stavu a ověření modelu

Jedním z nejdůležitějších úkolů při sestavování modelů reálných systémů je jejich kontrola a ověření platnosti. Existuje celá řada technik pro takovéto testování navržených modelů. Tyto techniky (metody) lze klasifikovat do čtyř základních kategorií: neformální, statické, dynamické a formální. Z pohledu této terminologie bylo použito pouze neformální a statické techniky. Při ověřování bylo sledováno zejména procentuální vytížení jednotlivých pracovišť a celková produkce výrobní linky. Hodnoty sledovaných charakteristik jsou srovnatelné s hodnotami reálného systému. Výsledky simulace stávajícího stavu jsou přehledně zaznamenány v tabulce Tabulka 4.

Tabulka 4: Výsledky simulace stávajícího stavu výrobní linky

Číslo pracoviště	Popis pracoviště	Počet strojů	Počet směn	Vytížení [%]	Blokován [%]
1.	Vrtání hlavní	3	2	35,10	61,87
2.	Vrtání - zahlobení	1	2	46,73	50,13
3.	Soustružení - Fischery	3	2	34,94	60,39
4.	Soustružení - SV 18	7	2	43,58	53,43
5.	Soustružení - Liberty	6	2	30,15	57,14
6.	Honování	2	2	96,95	0,00
7.	Kování	2	3	66,38	16,74
8.	Broušení	6	2	23,00	0,00
9.	Soustružení - komory	3	2	47,49	0,00
10.	Leštění - komory	2	2	22,02	0,00
11.	Ruční úprava	9	1	0,54	0,00
CELKEM		44	22	40,63	27,25
Počet požadovaných pracovníků na 1 den				81	
Celková produkce výrobní linky [kusů]				6230	

## 4.2 Návrh změn parametrů modelu vedoucí ke zvýšení efektivity výroby

Simulační experimenty byly navrhovány na základě předem definovaných požadavků provozovatele:

**Tabulka 6: Výsledky simulačního experimentu číslo 1**

Číslo pracoviště	Popis pracoviště	Počet strojů	Počet směn	Vyřízení [%]	Blokován [%]
1.	Vrtání hlavní	2 (3)	1 (2)	96,99	0,00
2.	Vrtání - zahloubení	1	1 (2)	86,95	0,00
3.	Soustružení - Fischery	3	2	60,04	18,41
4.	Soustružení - SV 18	7	2	97,01	0,00
5.	Soustružení - Liberty	6	2	59,03	0,00
6.	Honování	2	3 (2)	73,17	0,00
7.	Kování	2	3	90,85	0,00
8.	Broušení	6	2	56,69	0,00
9.	Soustružení - komory	3	2	97,03	0,00
10.	Leštění - komory	2	2	45,01	0,00
11.	Ruční úprava	1 (9)	1	10,95	0,00
CELKEM		35 (44)	21 (22)	70,34 (40,63)	1,67 (27,25)
Počet požadovaných pracovníků na 1 den				70 (81)	
Celková produkce výrobní linky [kusů]				14019 (6230)	

**Tabulka 5: Výsledky simulačního experimentu číslo 2**

Číslo pracoviště	Popis pracoviště	Počet strojů	Počet směn	Vyřízení [%]	Blokován [%]
1.	Vrtání hlavní	2 (3)	1 (2)	96,99	0,00
2.	Vrtání - zahloubení	1	1 (2)	86,95	0,00
3.	Soustružení - Fischery	3	2	67,55	0,00
4.	Soustružení - SV 18	7	3 (2)	93,07	0,00
5.	Soustružení - Liberty	6	2	84,60	0,00
6.	Honování	2	3 (2)	76,17	0,00
7.	Kování	2	3	93,40	0,00
8.	Broušení	6	2	84,99	0,00
9.	Soustružení - komory	3	3 (2)	94,49	0,00
10.	Leštění - komory	2	2	64,66	0,00
11.	Ruční úprava	1 (9)	1	15,73	0,00
CELKEM		35 (44)	23 (22)	78,05 (40,63)	0,00 (27,25)
Počet požadovaných pracovníků na 1 den				80 (81)	
Celková produkce výrobní linky [kusů]				20140 (6230)	

- lze odebírat stroje na jednotlivých pracovištích
- nelze navýšit počet strojů na pracovišti
- lze měnit počet pracovních směn jednotlivých pracovišť

Úkolem tedy bylo určit vhodný počet strojů na jednotlivých pracovištích, popřípadě nastavit vhodný počet pracovních směn provozu těchto pracovišť.

Postupně bylo navrženo několik úprav stávajícího stavu výrobní linky. Všechny navržené experimenty byly odsimulovány. Výsledky jsou přehledně zaznamenány v tabulkách uvedených níže.

## 4.3 Simulační experiment číslo 1

Z výsledků simulace stávajícího stavu výrobní linky je zřejmé, že úzkým místem výroby je pracoviště *Honování*. Blokování některých pracovišť je způsobeno právě v důsledku vysoké výrobní kapacity pracovišť před pracovištěm *Honování* a zejména neodpovídající výrobní kapacitou pracoviště *Honování*. Experiment číslo 1 eliminuje toto úzké místo navýšením počtu pracovních směn na tomto pracovišti (pracoviště *Honování* bylo nastaveno na tří-směnný provoz). Čas blokace některých pracovišť je v tomto případě redukován snížením výrobní kapacity pracoviště *Vrtání hlavní* a *Zahloubení*. V neposlední řadě byl snížen neadekvátní počet míst na pracovišti *Ruční úprava*. Výsledky tohoto simulačního experimentu jsou přehledně zobrazeny v tabulce Tabulka 6. Změny proti původnímu stavu jsou v tabulce zvýrazněny. Původní hodnoty jsou uvedeny v závorkách.

Výsledkem tohoto experimentu je více než dvojnásobné navýšení celkové produkce výroby a zároveň podstatné snížení počtu pracovníků. Nevýhodou je částečná blokáce pracoviště *Soustružení – Fischery*, která je dána maximálním vytižením pracoviště *Soustružení – SV18*. Tento problém řeší simulační experiment číslo 2.

**Tabulka 7: Výsledky simulačního experimentu číslo 3**

Číslo pracoviště	Popis pracoviště	Počet strojů	Počet směn	Vyřízení [%]	Blokován [%]
1.	Vrtání hlavní	2 (3)	1 (2)	96,99	0,00
2.	Vrtání - zahloubení	1	1 (2)	86,95	0,00
3.	Soustružení - Fischery	3	2	66,83	0,00
4.	Soustružení - SV 18	7	3 (2)	90,89	0,00
5.	Soustružení - Liberty	5 (6)	2	95,20	0,00
6.	Honování	2	3 (2)	75,93	0,00
7.	Kování	2	3	91,80	0,00
8.	Broušení	5 (6)	2	95,54	0,00
9.	Soustružení - komory	3	3 (2)	94,51	0,00
10.	Leštění - komory	1 (2)	3 (2)	87,61	0,00
11.	Ruční úprava	1 (9)	1	15,74	0,00
CELKEM		32 (44)	24 (22)	81,64 (40,63)	0,00 (27,25)
Počet požadovaných pracovníků na 1 den				75 (81)	
Celková produkce výrobní linky [kusů]				20146 (6230)	

**Tabulka 8: Výsledky simulačního experimentu číslo 4**

Číslo pracoviště	Popis pracoviště	Počet strojů	Počet směn	Vyřízení [%]	Blokován [%]
1.	Vrtání hlavní	2 (3)	1 (2)	96,99	0,00
2.	Vrtání - zahloubení	1	1 (2)	86,95	0,00
3.	Soustružení - Fischery	2 (3)	2	97,00	0,00
4.	Soustružení - SV 18	7	3 (2)	89,38	0,00
5.	Soustružení - Liberty	5 (6)	2	95,87	0,00
6.	Honování	2	3 (2)	79,18	0,00
7.	Kování	2	3	95,87	0,00
8.	Broušení	5 (6)	2	95,61	0,00
9.	Soustružení - komory	3	3 (2)	95,05	0,00
10.	Leštění - komory	2	2	65,05	0,00
11.	Ruční úprava	1 (9)	1	15,83	0,00
CELKEM		32 (44)	23 (22)	82,98 (40,63)	0,00 (27,25)
Počet požadovaných pracovníků na 1 den				74 (81)	
Celková produkce výrobní linky [kusů]				20263 (6230)	

zřejmě, že při 3% době údržby (poruchy) je vyřízení pracoviště *Soustružení – Fischery* maximální, což později vede k blokaci pracoviště *Soustružení – SV18*. K tomuto jevu dochází již asi po 3 týdnech.

#### 4.4 Simulační experiment číslo 2

Experiment číslo 2 se snaží vyrovnat s kritickými místy předchozího experimentu. Výsledky předchozího experimentu (viz Tabulka 6) ukazují, že je nutné zvýšit výrobní kapacitu pracoviště *Soustružení – SV18* a *Soustružení – komory*. Z tohoto důvodu byl provoz těchto pracovišť nastaven na tří-směnný. Výsledky tohoto simulačního experimentu jsou přehledně zobrazeny v tabulce Tabulka 8.

Výše uvedenými úpravami bylo dosaženo více než trojnásobné navýšení celkové produkce výroby při prakticky stejném počtu pracovníků (80). K blokaci strojů téměř nedochází. Při dlouhodobější simulaci (asi 1 měsíc) dojde k nepatrné blokaci pracoviště *Soustružení – Liberty*.

#### 4.5 Simulační experiment číslo 3

Experiment číslo 3 řeší problém nižšího vyřízení pracovišť *Soustružení – Liberty*, *Broušení* a *Leštění komory*. U prvních dvou jmenovaných pracovišť byla tato otázka vyřešena snížením počtu strojů. U pracoviště *Leštění komory* došlo ke snížení počtu strojů a zároveň také ke zvýšení počtu směn (nastaven tří-směnný provoz). Výsledky tohoto simulačního experimentu jsou přehledně zobrazeny v tabulce Tabulka 7.

Vzhledem k předchozímu simulačnímu experimentu bylo dosaženo úspory 5 pracovníků. Hodnota celkové produkce výroby se prakticky nezměnila. K blokaci strojů téměř nedochází. Při dlouhodobější simulaci (asi 2 měsíce) dojde k nepatrné blokaci pracoviště *Soustružení – Liberty*.

#### 4.6 Simulační experiment číslo 4

Experiment číslo 4 téměř koresponduje s experimentem číslo 3. Tento experiment řeší nižší vyřízení pracoviště *Soustružení – Fischery* a to snížením počtu strojů na tomto pracovišti. Výsledky tohoto simulačního experimentu jsou přehledně zobrazeny v tabulce Tabulka 8.

V porovnání s předchozím experimentem došlo ke zvýšení celkové produkce (cca 120 kusů) a úspoře jedné pracovní síly. Z výsledků v tabulce Tabulka 8 je však

#### 4.7 Vyhodnocení simulačních experimentů

Na základě výsledků provedených simulačních experimentů (viz Tabulka 6, Tabulka 5, Tabulka 7, Tabulka 8) lze na první pohled konstatovat, že experiment číslo 4 dosahuje nejlepších charakteristik. Celková produkce výroby je maximální a je dosaženo úspory 7 pracovních sil. Tento experiment má však svou slabinu, která byla naznačena v předchozí části. Slabší místo tohoto experimentu se projeví teprve při delším simulačním čase. Přibližně po třech týdnech dochází díky maximálnímu vytižení pracoviště *Soustružení – Fischery* k blokaci pracoviště *Soustružení – SV18*. Z tohoto důvodu se jako nejlepší jeví řešení, které bylo navrženo při simulačním experimentu číslo 3. K nepatrné blokaci dochází u pracoviště *Soustružení – Liberty* až po téměř dvou měsících. Oproti původnímu stavu je možné uspořít 6 pracovních míst a celková produkce se zvýší více jak trojnásobně.

### 5 CONCLUSION

Článek prezentuje možnosti využití dynamické simulace při hledání rezerv výrobních systémů. Na konkrétním příkladě je demonstrováno využití simulačního prostředí Witness při návrzích na zvýšení efektivity výroby krátkých hlavní ve firmě vyrábějící pistole. Na základě mnoha simulačních pokusů byla odstraněna úzká místa původního výrobního systému. Řešení spočívalo v eliminaci počtu strojů na vybraných pracovištích. U jiných pracovišť bylo navrženo snížit popřípadě zvýšit počet směn provozu. Všechny tyto návrhy pak vedou nejenom ke zvýšení produkce výroby (v našem případě až o 1000 ks denně) ale také k úsporám pracovních míst a energií.

### LITERATURA

Banks, J. 1998. “*Handbook of Simulation*”. New York: John Wiley & Sons, 849 p., ISBN: 978-0-471-13403-9.

Banks, J. et al. 2005. “*Discrete-event system simulation*”. New Jersey: Prentice Hall, 608 p., ISBN: 0-13-144679-7.

### KONTAKT

Ing. Bc. Bronislav Chramcov, Ph.D.  
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
Ústav aplikované informatiky  
Nad Stráněmi 4511  
760 05 Zlín, Česká republika

Tel: ++420 57 6035186  
Mobil: ++420 724 646731  
Fax: ++420 57 6035279

E-mail: [chramcov@fai.utb.cz](mailto:chramcov@fai.utb.cz)