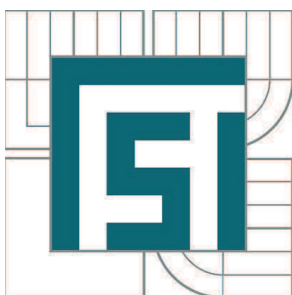


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

ANALÝZA A OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO SYSTÉMU POMOCÍ POČÍTAČOVÉ SIMULACE

ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF THE PRODUCTION SYSTEM USING COMPUTER
SIMULATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TEREZA SEKEROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA SIMEONOVÁ

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tereza Sekerová

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Analýza a optimalizace výrobního systému pomocí počítačové simulace

v anglickém jazyce:

Analysis and optimization of the production system using computer simulation

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Nastudujte a zpracujte informace v oblasti diskrétní simulace výrobních systémů (VS), vytvořte simulační model vybraného výrobního systému v příslušném simulačním SW, vygenerujte a zhodnoťte výstupy, proveďte optimalizaci VS dle zadaných vstupních parametrů a požadovaných cílů, zhodnoťte výsledky

Cíle bakalářské práce:

- Nastudování a zpracování informace v oblasti diskrétní simulace výrobních systémů (VS)
- Tvorba simulačního modelu vybraného výrobního systému v příslušném simulačním SW
- Vygenerování a zhodnocení výstupů
- Optimalizace VS dle zadaných vstupních parametrů a požadovaných cílů
- Zhodnocení výsledků

Seznam odborné literatury:

PROUD, John F. Master scheduling: a practical guide to competitive manufacturing. 3rd ed. Hoboken: John Wiley, 2007, xxviii, 657 s. ISBN 978-0-471-75727-6.

Modeling manufacturing system: from aggregate planning to real-time control. Berlin: Springer, 1999, 215 s. ISBN 35-406-5500-X.

HARRISON, David K. Systems for planning and control in manufacturing: systems and management for competitive manufacture. 1st ed. Oxford: Newnes, 2002, xiv, 297 s. ISBN 07-506-4977-1.

Modeling manufacturing system: from aggregate planning to real-time control. Berlin: Springer. ISBN 35-406-5500-X.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivana Simeonovová

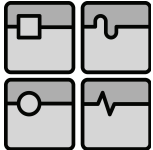
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 5.11.2013

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 4
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaměřuje na simulaci a optimalizaci výrobních systémů. Cílem je vysvětlení základních pojmů týkajících se nejen simulace a optimalizace, ale i obecně výroby. Rovněž je objasněna tvorba simulačního modelu v simulačním softwaru Factor/AIM. V úvodní části jsou popsány základní pojmy týkající se výroby. Dále pak vysvětlení procesu tvorby simulačního modelu, rozdělení simulačních nástrojů či výpočty průběžné doby výroby a výrobku.

V poslední kapitole je popsána tvorba konkrétního simulačního modelu v simulačním softwaru Factor/AIM. Simulována byla jednoduchá výroba ohýbaných háčků. Poté byla navržena alternativa tohoto výrobního procesu a byla provedena analýza vyvážení zdrojů za účelem detekce a odstranění úzkých míst.

Klíčová slova

simulace, modelování, simulační nástroje, výrobní systém, optimalizace výrobních systémů, teorie úzkých míst, Ganttův diagram, simulační software Factor/AIM

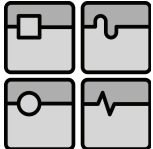
SUMMARY

This thesis is focused on simulation and optimization of manufacturing systems. The aim is to explain basic concepts relating not only to the simulation and optimization but also generally to the production. The creation of the simulation model is shown by using simulation software Factor/AIM. The basic concepts related to the production are described in the introductory section. The next part explains the development of simulation model, simulation tools or lead time calculation of production and product.

Last chapter describes the creation of a specific simulation model in the simulation software Factor/AIM. Simple production of bent metal hooks is simulated. Afterwards an alternative manufacturing process is proposed and analysis of original and new manufacturing process is done.

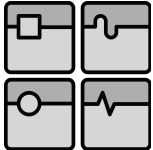
Key words

simulation, modelling, simulation tools, production system, optimization of production systems, theory of constrains, Gantt's chart, simulation software Factor/AIM

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SEKEROVÁ, Tereza. *Analýza a optimalizace výrobního systému pomocí počítačové simulace*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů systémů a robotiky. 81 stran. Ing. Simeonovová Ivana.

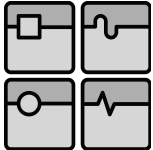
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Analýza a optimalizace výrobního systému pomocí počítačové simulace** vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Tereza Sekerová

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

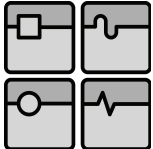
PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Ivaně Simeonovové a doc. Ing. Simeonu Simeonovi, CSc. za cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

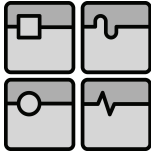
ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	6
PODĚKOVÁNÍ.....	7
OBSAH.....	8
ÚVOD.....	10
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY VÝROBY A VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ.....	11
1.1 Definice výroby	11
1.2 Výrobní zdroje	11
1.3 Typy výroby.....	12
1.4 Výrobní systém	14
1.4.1 Projektování výrobních systémů.....	14
2 ZÁKLADNÍ PRINCIPY SIMULACE A MODELOVÁNÍ.....	16
2.1 Vymezení pojmu simulace.....	16
2.2 Definice simulačního modelu	16
2.3 Modelování jako základ simulace.....	16
2.4 Počítačová simulace.....	16
2.5 Simulační časy	17
2.6 Vhodnost a použití simulace.....	17
2.7 Důvody pro použití simulace	19
2.8 Důležité zásady simulace.....	19
2.9 Rozdělení simulace	20
2.10 Základní etapy modelování a simulace.....	22
2.11 Rozdělení modelů	23
2.12 Simulační nástroje.....	24
2.12.1 AROP	24
2.12.2 Plant Simulation.....	26
2.12.3 Infor	26
2.12.4 Další simulační nástroje.....	27
2.12.5 Porovnání softwarů Witness, Factor/AIM , Simul8 a ProModel.....	28
3 VYSVĚTLENÍ POJMŮ TÝKAJÍCÍCH SE VÝROBY	29
3.1 Analýza	29
3.1.1 Systémová analýza.....	29

3.1.2 Operační analýza.....	29
3.2 Syntéza.....	29
3.3 Optimalizace	29
3.4 Ganttovy diagramy	30
3.5 Úzké místo	31
3.6 Průběžná doba výroby a výrobku	32
4 SYSTÉMY ŘÍZENÍ ZÁSOB.....	37
4.1. Řízení zásob	37
4.2 Pull systém	37
4.2.1 Just-in-time koncepce	38
4.2.2 Koncepce Kanban	38
4.3 Push systém.....	38
4.3.1 MRP	38
4.3.2 MRPII	39
5 TVORBA SIMULAČNÍHO MODELU POMOCÍ SIMULAČNÍHO SOFTWARE FACTOR/AIM.....	40
5.1 Modelovaná výroba	40
5.2 Simulační model a cíl simulace	43
5.3 Tvorba simulačního modelu	43
5.4 Analýza výstupů simulačního modelu.....	47
5.4.1 Grafické výstupy.....	47
5.4.2 Ganttovy diagramy	49
5.4.3 Textové výstupy.....	50
5.5 Návrh optimalizace výroby.....	52
5.5.1 Přidání strojů.....	52
5.5.2 Optimalizace mezikladů rozpracované výroby	53
5.5.3 Vyhodnocení výstupů	54
ZÁVĚR	58
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	59
SEZNAM A ZDROJE OBRÁZKŮ A TABULEK	63
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	67
PŘÍLOHA	68

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 10
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ÚVOD

V první části bakalářské práce jsou popisovány pojmy týkajícími se výroby, výrobních systémů, modelování, počítačové simulace, atd. Počítačová simulace přináší výrobním podnikům mnoho výhod. Oproti experimentům s reálnými modely umožňuje menší časovou i finanční náročnost. Užití počítačové simulace může přinést zefektivnění či optimalizaci výroby a to na základě analýz výsledků. Na trhu je mnoho druhů simulačních softwarů, z nichž některé jsou v práci uvedeny a popsány. V druhé části bakalářské práce je potom více popsán simulační software Factor/AIM. Factor/AIM je specializovaný nástroj určený k tvorbě modelů výrobních procesů. Cílem práce se simulačním softwarem je vytvoření simulačního modelu výrobního procesu. Simulována je výroba kovových ohýbaných háčků. Po vytvoření simulačního modelu jsou analyzovány výsledky a následně je navržena alternativa optimalizace využití zdrojů výrobního procesu háčků.



1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY VÝROBY A VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ

1.1 Definice výroby

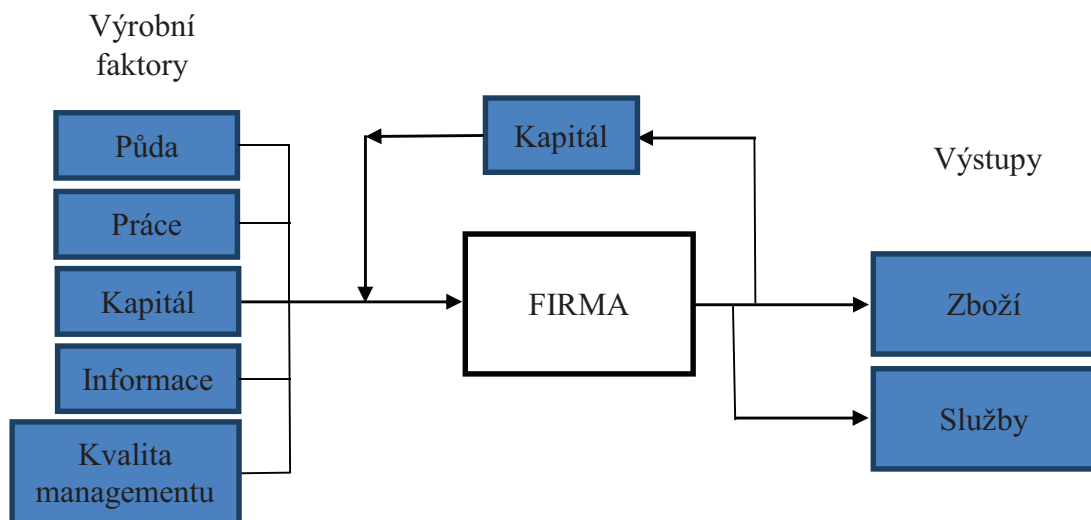
„Výroba je proces transformace a přizpůsobování zdrojů, vstupujících do výrobního systému a směřující k tvorbě hmotných statků nebo služeb“[2].

Výrobu je tedy obecně možno popsat jako proces, při němž dochází k přetváření zdrojů v produkty. Účelné řízení produktů a zdrojů je pak ve výrobě chápáno jako základní funkce plánování.

1.2 Výrobní zdroje

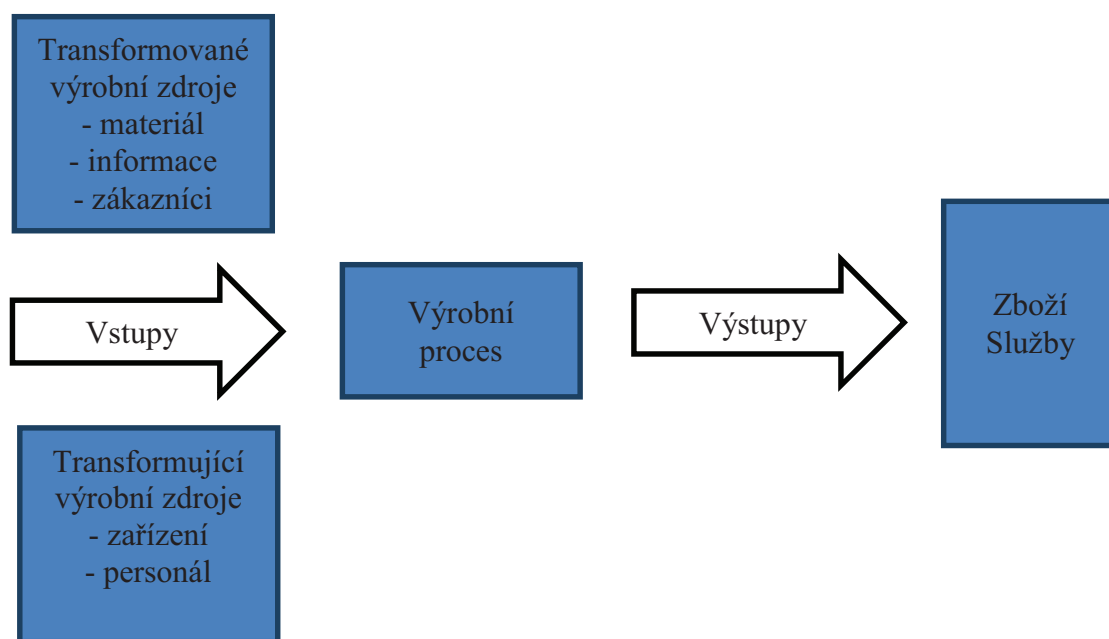
Výrobní faktory představují zdroje využívané v procesu výroby. Dají se rozdělit do čtyř základních skupin:

- přírodní zdroje, jimiž je myšlena orná půda, lesy, zdroje nerostných surovin, voda, vzduch
- práce zahrnující lidské zdroje, které jsou uplatnitelné ve výrobním procesu
- kapitál označující výrobní faktory, které vzniknou až v průběhu výroby, a dále se v ní uplatňují jako vstupy – rozlišujeme mezi reálným a finančním kapitálem. Koloběh kapitálu je znázorněn na obrázku Obr. 1
- informace



Obr. 1: Koloběh výrobních faktorů, zboží, služeb a kapitálu ve firmě

Podle role ve výrobě je možno výrobní faktory dále rozdělit na transformované a transformující. (viz Obr. 2). Za transformující výrobní zdroj je považováno zařízení či personál daného podniku. Transformované výrobní zdroje pak tvoří materiál, zákazníci nebo informace. Důležité je, aby výrobní faktory byly ve výrobě využívány efektivně a předcházelo se tak plýtvání s omezenými zdroji [3].



Obr. 2: Transformované a transformující výrobní zdroje

1.3 Typy výroby

Výrobu lze rozdělit podle mnoha kritérií, zde jsou uvedena jen některá.

I) Rozdělení podle četnosti výrobku

a) Kusová výroba

Může být opakovaná nebo neopakovaná. V případě opakované výroby se výroba jednotlivých výrobků opakuje v čase. U neopakované výroby se jedná o jednorázovou výrobu daného produktu, příkladem může být šití oděvů na míru. Kusová výroba je výroba malých dávek opakovaných s velkým časovým odstupem. Často jsou k výrobě použity univerzální stroje a nástroje a je třeba i vysoce kvalifikovaných dělníků. Při tomto typu výroby převažuje technologické uspořádání. Informační a materiálový tok je složitý.

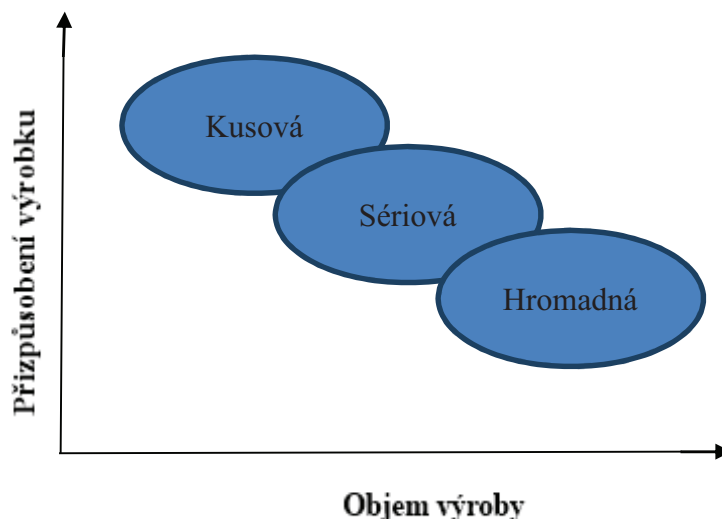
b) Sériová výroba

Jedná se o opakovanou výrobu v sériích. Může se jednat o pravidelnou či nepravidelnou výrobu a podle velikosti série lze rozlišit hnízdové nebo linkové

uspořádání. Je využíváno pružné automatizace a zásad skupinové technologie. Informační a materiálové toky jsou jednodušší.

c) Hromadná výroba

Trvale opakovaná výroba stejných nebo velmi podobných výrobků během určitého období. Výroba je často realizována jako transfer linky se snahou o maximální koncentraci operací do jednoho místa. Převažuje předmětné uspořádání, materiálový tok je jednoduchý, ale je nutno synchronizovat dodávky mezi jednotlivými pracovišti.



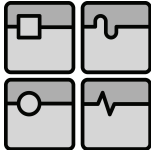
Obr. 3: Přizpůsobení výrobku individuálním požadavkům zákazníka

II) Rozdělení podle časové spojitosti

- Časově spojitá výroba – existují 2 typy spojité výroby: výrobek se nevyrábí v několika stupních nebo výrobek se vyrábí v několika stupních, ale mezi výrobními stupni i uvnitř těchto stupňů nesmí být časové prodlevy, například výroba v potravinářském či chemickém průmyslu
- Časově nespojitá výroba – výroba probíhající v diskrétních časových krocích, například strojírenská výroba

III) Rozdělení dle vztahu k odbytu

- Zákaznická výroba – kusová výroba uskutečňovaná na základě objednávek konkrétních zákazníků
- Výroba pro trh – hromadná nebo sériová výroba stejných výrobků pro více zákazníků, například výroba spotřebního zboží

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 14
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

IV) Rozdělení podle vazby na vstupní materiál, výstupní produkt

- a) Výroba typu V – počet výrobků mnohonásobně převažuje počet nakoupených materiálů, výroba jedním technologickým postupem – použití například v ocelářství či textilním průmyslu
- b) Výroba typu T – konečný výrobek se skládá pouze z omezeného množství komponent, zcela rozdílné technologické postupy – použití například v elektrotechnice
- c) Výroba typu A – počet materiálů vyráběných komponent je mnohonásobně vyšší než počet výrobků, používají se odlišné technologické postupy pro různé díly konečného produktu – využití například v těžkém strojírenství či leteckém průmyslu

1.4 Výrobní systém

Jak uvádí Videcká [6] výrobní systém je transformační systém, ve kterém se vyrábí výrobek. V tomto smyslu jsou výrobní systémy definovány tak, že slouží transformaci nebo konverzi surovin nebo materiálu na vstupu na požadovaný výrobek na výstupu. Výrobní systém zahrnuje všechny činitele účastnící se procesu výroby – výrobní prostory, výrobní zařízení, suroviny, polotovary, rozpracované a hotové výrobky, energie, odpady, informace a pracovní síly.

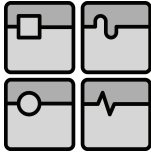
Výrobní systém lze chápat jako „hledání cesty“, jak kvalitněji, rychleji, jednodušeji a hlavně levněji řídit, organizovat a vykonávat podnikové procesy.

Tři hlavní a důležité aspekty průmyslové výroby jsou:

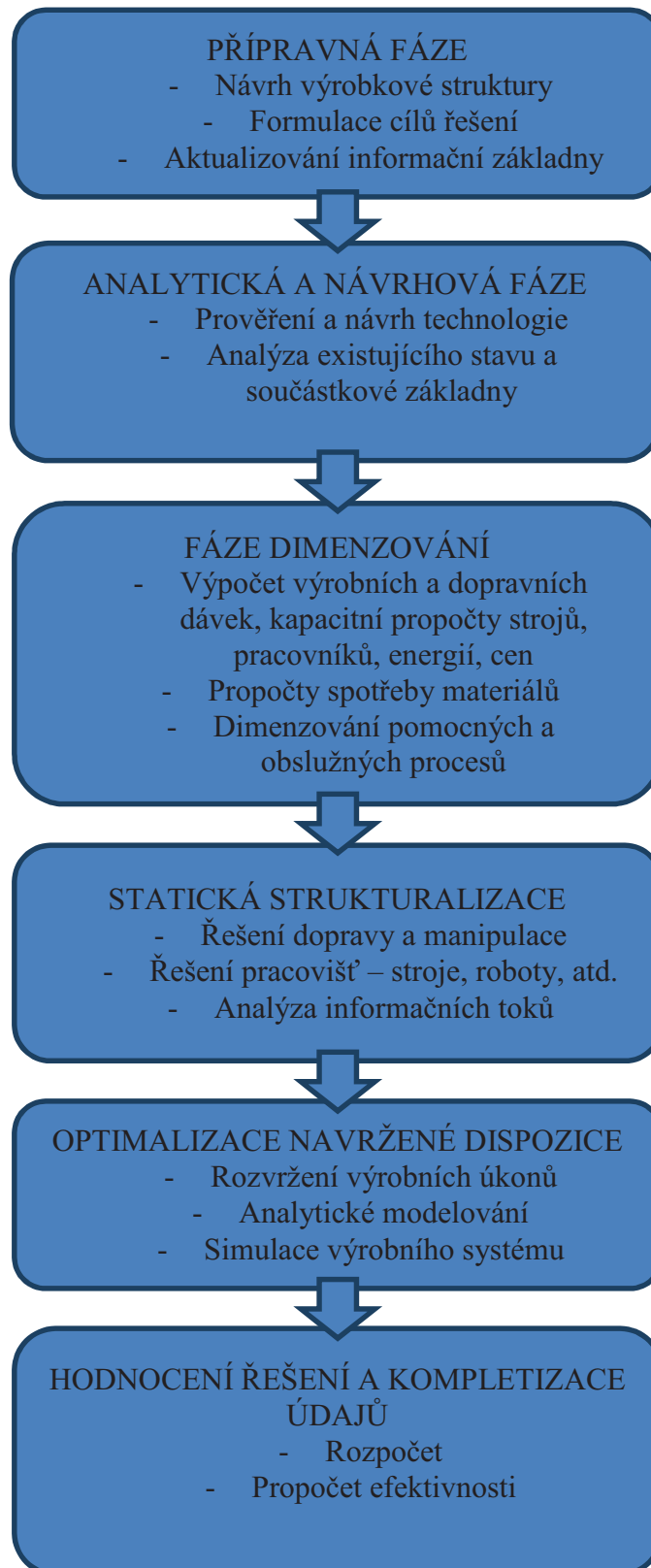
- a) Technologie výrobku – zabývající se konstrukcí a charakteristikami samotného výrobku
- b) Technologie procesu – zahrnující konstrukci a technický popis technologických procesů
- c) Plánování, projektování a řízení výroby – zahrnující organizaci a provoz strojů, plánování, rozvrhování a výrobní systémy využívané při výrobě zboží

1.4.1 Projektování výrobních systémů

Projektování je ucelený návrh výrobního systému pro výrobu souboru součástí, tj. efektivní propojením subsystémů – například materiálového a informačního toku, pracovníků přímé výroby a montáže atd. Dnes se k projektování výrobních systémů přistupuje novými cestami, jako je například dynamické projektování, podpora analytické činnosti, důraz na organizaci a řízení, integrace k okolí. Základní fáze projektování výrobních systémů viz Obr.4.



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Obr. 4: Základní fáze projektování výrobních systémů

2 ZÁKLADNÍ PRINCIPY SIMULACE A MODELOVÁNÍ

2.1 Vymezení pojmu simulace

Simulace je napodobování činností daného systému v průběhu času [15]. Cílem simulace je získat nové znalosti o zkoumaném systému, a to za pomoci experimentů s jeho modelem. Model musí být popsán odpovídajícím způsobem a ne každý model systému je pro simulaci vhodný. Simulace je napodobování činností daného systému v průběhu času, přičemž vývoj chování systému může být zkoumán pomocí simulačního modelu.

2.2 Definice simulačního modelu

Simulační model je dynamický model, v němž dochází k výskytu dějů ve stejném pořadí jako v modelovaném systému. Model imituje vývoj zkoumaného systému. Pomocí modelu je možno simulovat konkrétní proces rychleji nebo pomaleji, než probíhá ve skutečnosti. Například o systému, který zřetelně reaguje po měsících či dokonce rocích, je možno díky použití modelu a zrychlení simulace získat informace během několika minut. Naopak model lze použít i pro simulaci rychle reagujícího systému, tedy simulovat pomaleji (např. je-li třeba smysly zvládnout děje ve velmi rychle reagujícím systému) [11].

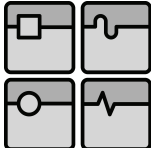
Jinými slovy model je zjednodušeným zobrazením reality. Dají se na něm studovat vlastnosti, které jsou důležité z hlediska zkoumaného jevu. „Příkladem modelu může být soustava diferenciálních rovnic popisující let rakety nebo její ekvivalent ve tvaru blokového schématu“ [28].

2.3 Modelování jako základ simulace

Termín modelování se na rozdíl od termínu simulace vztahuje k napodobeninám objektů reprezentujícím nějaké existující objekty. Historie simulace a modelování sahá až k počátkům civilizace. Jedná se tedy o metody velmi staré, které však prošly velkým vývojem. Počítačová simulace je pak moderním nástrojem pro analýzu komplikovaných výrobních, zásobovacích, komunikačních a mnoha dalších podnikových procesů. Pomocí počítačového modelu simulace umožňuje příslušným pracovníkům předvídat chování systému při změně vnitřních nebo vnějších podmínek vzhledem k daným kritériím, jako jsou zisk, náklady či spolehlivost. Díky tomu je možné následně optimalizovat podnikové procesy a porovnávat mezi sebou navrhované alternativy a řešení.

2.4 Počítačová simulace

Počítačová simulace je simulace, při níž je modelem počítačový program. Pomocí tohoto programu můžeme simulovat abstraktní model určitého systému. Počítačovou simulaci používáme v případech, kdy by simulace na reálném objektu byla příliš nákladná či nemožná. V rámci optimalizace simulačního modelu můžeme získat alespoň data věrohodnější [36].

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 17
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Počítačová simulace se začala rozvíjet ruku v ruce s rychlým vývojem počítačů. O tzv. místní simulaci se jedná v případě, že je prováděna na jednom počítači. Simulace však může být prováděna na více počítačích připojených v místní síti LAN či vnější síti například Internet. Jedná se potom o tzv. distribuovanou simulaci [37].

2.5 Simulační časy

U simulace je nutné rozlišovat mezi několika typy časů. Čas, ve kterém probíhá skutečný děj v reálném systému je označován jako reálný čas. Za strojový čas je pak považován čas, který je třeba k výpočtu programu. Ten je závislý zejména na složitosti modelu.

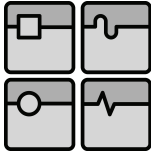
Simulační čas je modelový (vnitřní) čas simulačního modelu. Jedná se o fiktivní čas, který nemusí být rovnoměrný či plynulý. Dle potřeb může běžet pomaleji či rychleji než reálný čas. V případě simulačního času je rozlišováno mezi simulačním časem s proměnlivým časovým krokem a konstantním časovým krokem.

Použití konstantního časového kroku ($\Delta t = \text{konstanta}$) může přinést několik problémů: pokud je zvolen příliš malý, zvýší se objem výpočetních operací, což je z časového i ekonomického hlediska zbytečné. Naopak je-li zvolen příliš velký časový krok, shlukne se více událostí v jednom časovém okamžiku a může dojít k chybě, například opomenutí některých událostí. Proto se jako vhodnější uvádí užití proměnlivého časového kroku. Proměnlivý časový krok respektuje fakt, že v reálném systému se po sobě jdoucí události nevyskytují v pravidelných časových intervalech [38].

2.6 Vhodnost a použití simulace

S rychle rostoucím vývojem programových a technických nástrojů umožňuje simulační software rychlé, a dá se říci téměř bezchybné, zpracování mnoha složitých výpočtů, které slouží ke kontrolovaným experimentům se zkoumanými systémy. Simulační software je v dnešní době nedílnou součástí běžné a vědecké praxe.

Simulace je vhodná zvláště tehdy, neexistuje-li další lepší metoda. Simulace se používá pro složité systémy hromadné obsluhy a dále k výzkumu složitých systémů, jako jsou systémy popsané větším počtem diferenciálních rovnic, jejichž formulace a řešení jsou nesnadná. Avšak hlavním oborem využití simulace jsou komplexní systémy, v nichž se mezi sebou ovlivňují faktory několika oborů zaráz. Například při vývoji technické elektroniky musíme současně respektovat hlediska ekonomická, dopravní, klimatická, biologická či ergonomická.

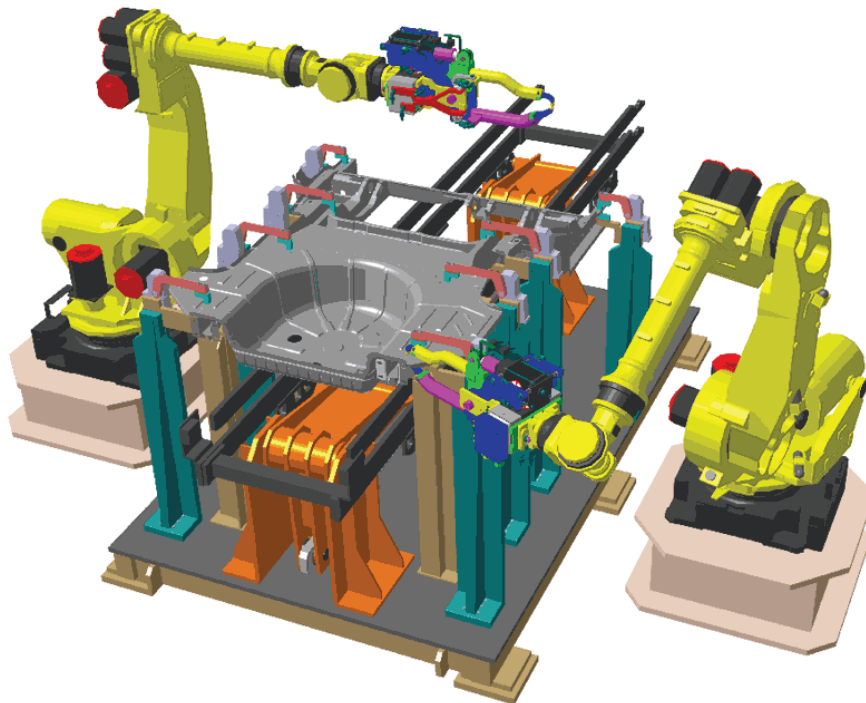


Simulační metody jsou používány v těchto případech:

- neexistuje-li úplná matematická formulace problému nebo nejsou-li známy analytické metody řešení matematického modelu
- pro analytické metody by bylo nutno použít příliš zjednodušující předpoklady, což nemůžeme ve všech případech přijmout
- analytické metody jsou pouze teoreticky použitelné, ale jejich reálné použití by bylo obtížné
- experiment nelze provést ve skutečném prostředí nebo je potřeba měnit měřítko času

V používání simulačních programů převažují obory technického rázu od strojírenství přes elektrotechniku až k chemii.

Simulace se v praxi využívá například pro modely obchodních domů, pro vizuální efekty u filmů a počítačových her, modely pro předpovídání počasí, modely situací na letištích, modely dopravy ve městech, modely živelných katastrof, modely vesmíru, modely v elektrotechnologii a nanotechnologii, modely chemických reakcí či v lékařství modely bakterií a virů, potažmo modely léků, které na ně působí.



Obr. 5: Příklad simulace – model výrobní linky

2.7 Důvody pro použití simulace

Je mnoho důvodů, proč zavádět simulaci a modelování do výrobního procesu. Mezi hlavní důvody patří možnost modelovat neexistující výrobu nebo u již existující výroby hledat problémy, například úzká místa. Velkou výhodou simulace je fakt, že vše probíhá pouze v počítačovém modelu, bez zásahu do přímého provozu podniku. Z ekonomického hlediska je použití simulace vhodné, protože chyba objevená již při experimentech je vždy levnější než chyba, která je odhalena až při realizaci konkrétního a nesimulovaného modelu.

Výhody, které může poskytnout použití simulace:

- Při využití všech zdrojů může dojít ke zvýšení výrobních kapacit
- Analýzu citlivosti získaného řešení na změnu parametrů modelu a dynamického chování složitého reálného systému
- Snížení provozních nákladů
- Nahrazení experimentu s reálným podnikovým systémem, jehož provedení je prakticky nemožné, experimentem na počítači
- Zkrácení časů dodávek materiálů i průběžných časů výrobků
- Pro optimalizaci výroby umožňuje srovnávání různých kritérií a variant
- Zvýšení produktivity díky eliminaci úzkých míst a zastavování výroby kvůli nedostatku materiálu
- Spotřebu zásob a intervaly jejich doplňování – grafy vývoje zásob
- Minimální, průměrné a maximální doby trvání činností a celkový čas trvání procesu
- Počet neobsloužených požadavků, počet závad a reklamací, tedy statistiky poruchovosti a tím způsobené ztráty
- Detailní popis struktury procesu, který nemusel být před tvorbou modelu znám

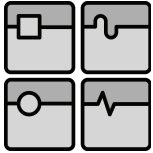
Nevýhody simulace:

- Složitě sestavení, implementace a posouzení správnosti výsledků v případě komplexních výrobních systémů
- Přesnost simulačního modelu
- Časová náročnost, protože simulací jsou získávány konkrétní numerické výsledky a pokud dojde ke změně podmínek, tak je nutno simulaci opakovat

2.8 Důležité zásady simulace

Mezi hlavní zásadu simulace patří účelovost konstrukce, tedy platí, že výsledky dané simulace mohou být použity pouze pro účely, pro které byl model zhotoven. Dokonalá znalost modelovaného objektu je nutnou a předpokládanou podmínkou.

Také zásada identifikovatelnosti musí být splněna. Ta říká, že je nutné při výběru proměnných modelu a definování vztahů mezi nimi identifikovat ty, které jsou důležité pro funkčnost. Tedy není správné do modelu řadit prvky a vazby, které neovlivňují funkci modelu.



Za hlavní zásady jsou dále považovány aktualizace a sběr informací. Aktualizace musíme brát v úvahu, chceme-li používat model opakovaně, protože ten musí reagovat na změny systému. Korektní data jsou nutná ke správnému vytvoření modelu a testování správnosti modelu.

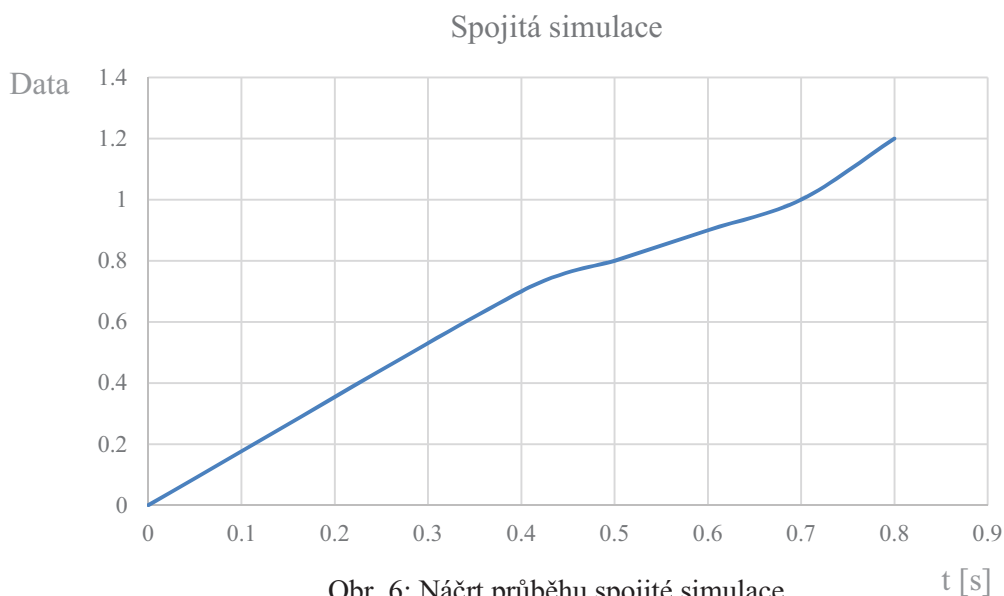
2.9 Rozdělení simulace

Modely simulace dělíme na stochastické a deterministické. Stochastickými modely se simulují náhodné jevy, zatímco modely deterministickými se počítají deterministické úlohy, jako jsou například úlohy výpočtu hodnot určitých integrálů.

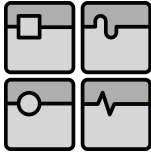
- I) Podle toho jaké používáme simulační modely, je možno simulaci rozdělit na:
- A) Spojitou
 - B) Diskrétní

Ad. A) Spojitá simulace

Spojitá simulace zkoumá změny systému spojitě a sleduje poměr změn atributů, který je možno vyjádřit derivací. Čas v simulačním modelu je opakovaně zvyšován s konstantně malým krokem a model je založený na základě využití diferenciálních rovnic. Často se využívá analogových počítačů, které jsou schopny vyjádřit proměnné pomocí napětí elektrického proudu. Tyto počítače mají však malou přesnost, proto se využívá spojení analogového počítače a číslicového počítače. Vzniká tak hybridní počítač. Jedná se o číslicový počítač, na němž se pomocí simulačních jazyků simuluje činnost analogového počítače.



Obr. 6: Náčrt průběhu spojitě simulace



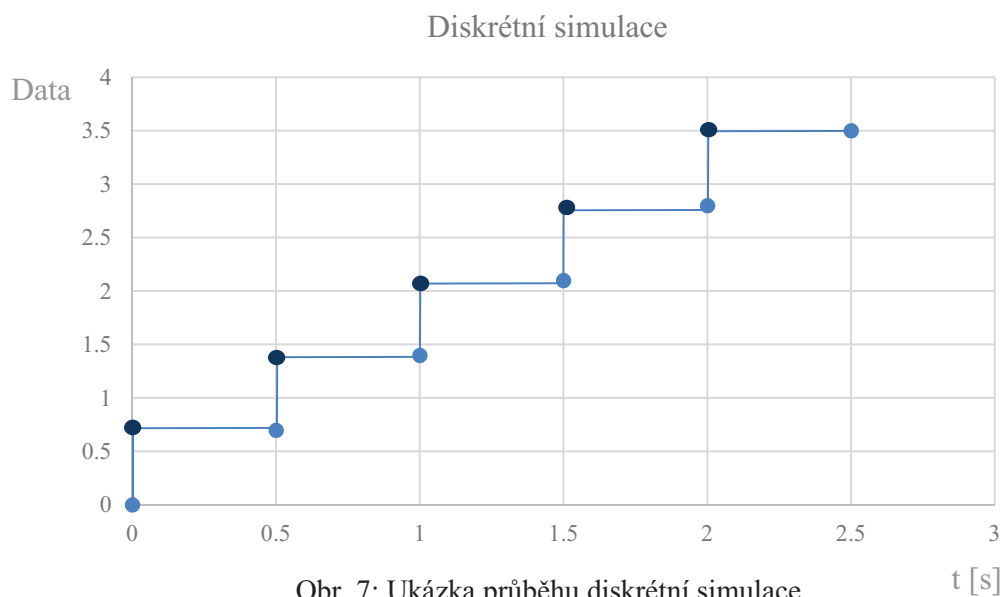
Ad. B) Diskrétní simulace

Změny systému se sledují postupným obměňováním jeho stavů. Tyto změny jsou vytvářeny v diskrétních intervalech. Čas v simulačním modelu je zvyšován nepravidelně, a to vždy na hodnotu, kdy dojde k nejbližší události. Model je založen na rovnicích, jež vyjadřují logické podmínky realizace událostí.

Diskrétní simulace využívá složky, které reprezentují všechny diskrétní systémy. Jsou to:

- Čas – mění se skokově v závislosti na nastavení jednotky (hodiny, dny...)
- Generátor náhodných čísel – ke generování pseudonáhodných čísel se využívají pseudonáhodné generátory
- Statistiky – výstupem jsou statistická data získaná simulací, která jsou následně zpracována, abychom získali konečné informace
- Události – změny v systému, který je simulován
- Konečné podmínky – zavádí se, aby nebyla simulace nekonečná

Diskrétní simulace je jedním z nepoužívanějších nástrojů, protože má široké spektrum použití. Její podstatou je využití generátoru náhodných čísel (jako při hazardních hrách).



Obr. 7: Ukázka průběhu diskrétní simulace

Simulaci je dále možné rozdělit:

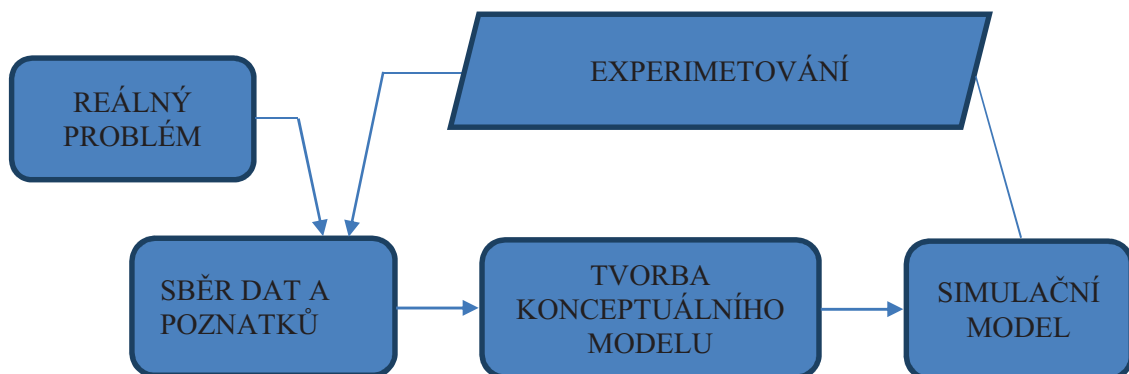
- II) Podle použitých prostředků
 - A) Simulace na analogovém počítači
 - B) Simulace na číslicovém počítači

- III) Podle přesnosti zpracovávaných údajů
 - A) Kvalitativní – pouze několik hodnot proměnných; použití pro systémy, které nemůžeme přesně popsat
 - B) Kvantitativní

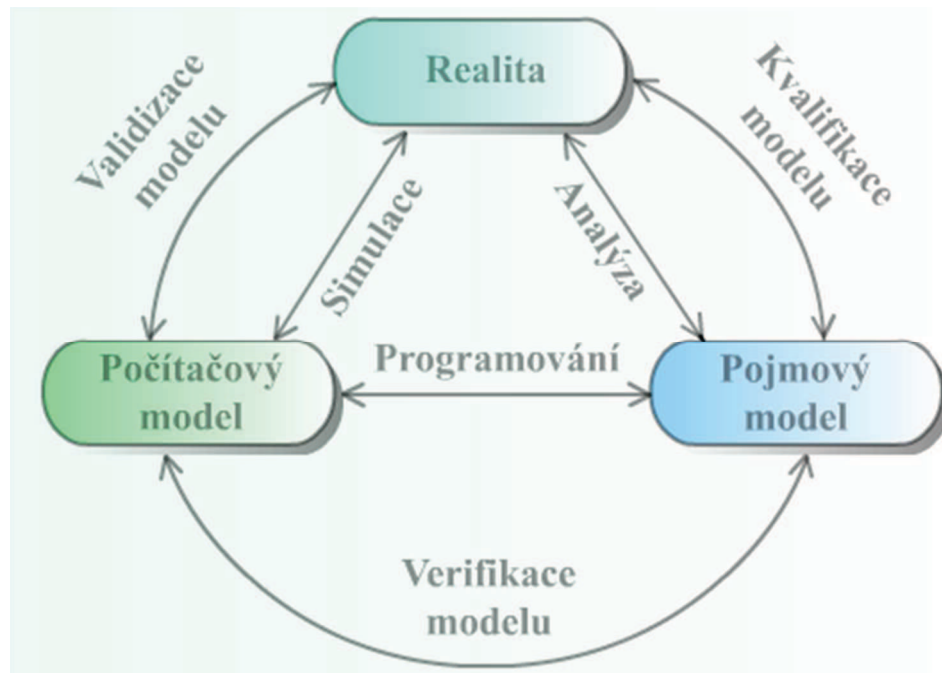
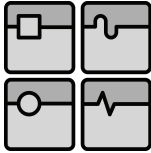
- IV) Interaktivní simulace – lze zastavit a měnit další postup či zkoumat dané místo simulace
- V) Vnořená simulace – součást modelu, která rozhoduje na základě výsledků experimentů s vnořeným modelem
- VI) Simulace v reálném čase – je vyžadována synchronizace chodu simulace a reálného času

2.10 Základní etapy modelování a simulace

- 1) Rozpoznání problému – zásadní fáze
- 2) Vytvoření konceptuálního modelu (abstraktního modelu) – model, který vzniká dříve než počítačový; důležitou informací je, jaký výrobní systém se simuluje, jaké má zákazníky a jaké požadavky do systému vstupují; existují dva odlišné přístupy pro popis reálného systému – spojitý a diskrétní
- 3) Sběr dat – sběr podstatných dat
- 4) Tvorba simulačního modelu – v této fázi je možno vycházet již z konceptuálního modelu, který byl vytvořen ve druhé fázi – jedná se o zápis konceptuálního modelu formou programu, model má dnes na číslicových počítačích vždy diskrétní formu, ale musí tak být napodobeno spojitě chování systému
- 5) Verifikace modelu - ověření, zda je simulační model v souladu s modelem abstraktním
- 6) Validace modelu - ověření, zda je simulační model ve shodě s modelovaným systémem (ale platí, že model je vždy jednodušší než realita, s tím je nutno počítat)
- 7) Provedení experimentů (simulací) a analýza výsledků – většinou je několik různých variant
- 8) Tvorba dokumentace k modelu a zavedení modelu do praxe



Obr. 8: Zjednodušený náčrt etap modelování a simulace

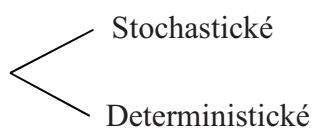


Obr. 9: Fáze simulace a modelování se zaměřením na polohu verifikace a validace modelu

2.11 Rozdělení modelů

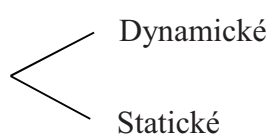
Modelování slouží ke zjednodušení reality na faktory, které jsou důležité, protože daný systém nějakým způsobem ovlivňují. Modelování je sestavování modelu. Modely je možno dělit podle několika hledisek:

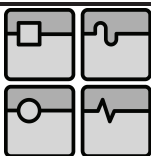
- 1) Podle povahy předpokládaných vztahů mezi veličinami



Stochastickými modely se simulují náhodné jevy, zatímco modely deterministickými se počítají deterministické úlohy, jako jsou například úlohy výpočtu hodnot určitých integrálů. U deterministických modelů předpokládáme, že určité hodnotě dané veličiny je přiřazena daná závislá veličina. U stochastických modelů pak, že jisté hodnotě jedné veličiny odpovídají různé hodnoty závislé veličiny, ovšem za předpokladu splnění daných pravděpodobností. Stochastickými modely jsou simulovány náhodné jevy, zatímco modely deterministické jsou používány k výpočtům deterministických úloh.

- 2) Podle vývoje v čase





U dynamických modelů je jasně dána závislost na čase, zatímco u statických modelů vše probíhá v jedné časové úrovni (nebo se jedná o jediný jev probíhající v konečném časovém intervalu).

Modely lze dělit podle mnoha dalších hledisek, například na matematické (velmi důležité jsou modely lineární, které jsou jednoduché, a předpokládá se u nich, že závislosti mezi veličinami lze vyjádřit pomocí lineárních rovnic a nerovnic) a nematematické, numerické a nenumerické, atd.



Obr. 10: Jednoduché schéma tvorby simulačního modelu

2.12 Simulační nástroje

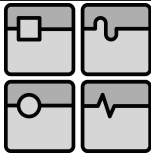
Simulační nástroje jsou programové prostředky, které slouží k popisu simulačních modelů a experimentů. Simulační nástroje jsou použitelné pro různorodé činnosti při modelování a simulaci. Používají se k programování simulačních modelů a experimentování s nimi, vizualizace nebo vyhodnocování výsledků a další činnosti.

Níže jsou zmíněny simulační nástroje AROP, Plant Simulation a některé nástroje firmy Infor. Dále je uváděn krátký výčet dalších simulačních nástrojů, včetně SW Factor/AIM, který bude použit pro praktickou část bakalářské práce.

2.12.1 AROP

Výrobce tohoto systému pro řízení a plánování výroby je ARSIQUA system s.r.o. Název AROP znamená „Automatizované Řízení Obchodního Dopadu ve výrobě“ a jedná se o softwarový nástroj, sloužící pro přímou podporu výrobního procesu. Systém umožňuje na základě vložených údajů modelovat, předvídat a optimalizovat (tzv. koncept MSO – modelování - simulace – optimalizování) budoucí výrobní procesy. V praxi přináší trvalou simulaci průtoku výrobním systémem, jejímž východiskem je aktuální stav výrobních aktivit [44].

První část konceptu MSO představuje modelování, které obsahuje rozpis hmotných zdrojů a umožňuje zpřesnění plánu v reálném čase. Díky tomuto vzniká tzv. úsečkový rozvrh, který určuje priority jednotlivých zakázek podle času dokončení. Tedy zakázka, kterou je třeba dokončit dříve má větší prioritu než zakázka, kterou stačí dokončit později. Po modelování následuje simulace výroby. Nástroj umožňuje simulaci logistiky celého výrobního procesu na základě informací o nedokončené výrobě. Poslední fázi

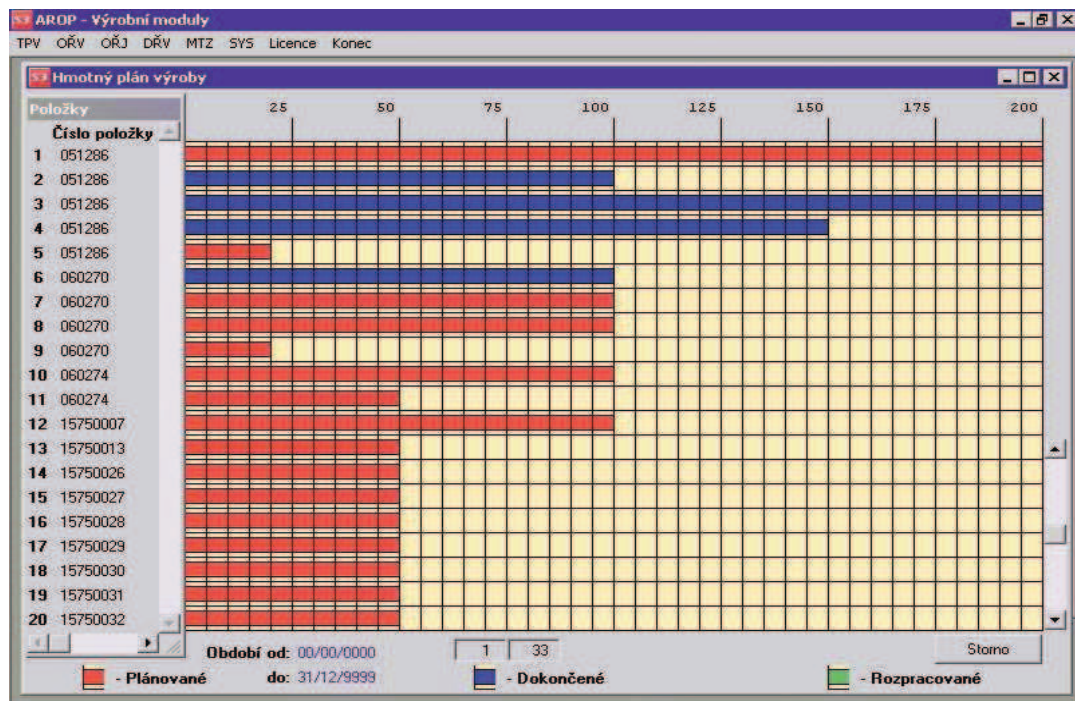


je optimalizace, kterou provádí samotný pracovník výroby, který upravuje jednotlivé parametry (např. změnu vytíženosti jednotlivého pracoviště) [43].

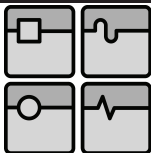
Systém AROP podává informace o stavu a úzkých místech ve výrobě, předvídá skluzy a jejich následné dopady na plnění výrobního plánu, zabezpečuje výrobu potřebnými hmotnými vstupy a kapacitami v jakémkoliv časovém okamžiku a sleduje činnost vstupní, výstupní i mezioperační kontroly. Systém AROP umožňuje vytvoření dynamického menu funkcí systému v grafickém interaktivním tvaru ve svém základním uživatelském rozhraní. Mezi výhody systému AROP patří:

- Obsahuje ucelené a kompaktní řešení pokrývající všechny procesy výroby
- Všechny aplikace mají jednotný způsob ovládání, což napomáhá jejich snadnému osvojení
- Díky externím definicím některých vlastností systémových objektů umožňuje systém přizpůsobení se požadavkům uživatelů například v nastavení prohlížečů či velikosti a formátu tabulek
- Automatická tvorba objednávek materiálu – systém má integrovány známé nákupní modely jako je JIT, Kanban nebo MRP

Existují 2 základní modely systému AROP. Model pro strojírenskou výrobu a model pro procesní výrobu. Oba modely zahrnují vše od technického přípravy výroby, plánování výroby, nákupu materiálu po řízení jakosti a správu systému. Díky dynamickému plánování výroby nabízí systém AROP široké spektrum použití. Je vhodný pro kusovou, zakázkovou, sériovou výrobu i výrobu na sklad [44].

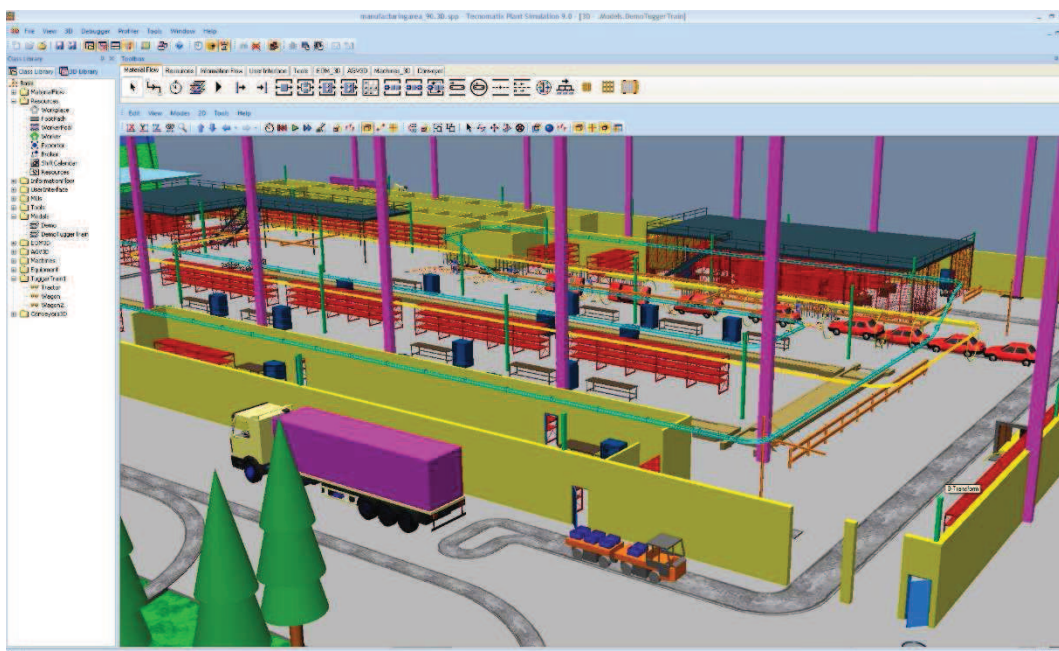


Obr. 11: Ukázka uživatelského prostředí SW AROP



2.12.2 Plant Simulation

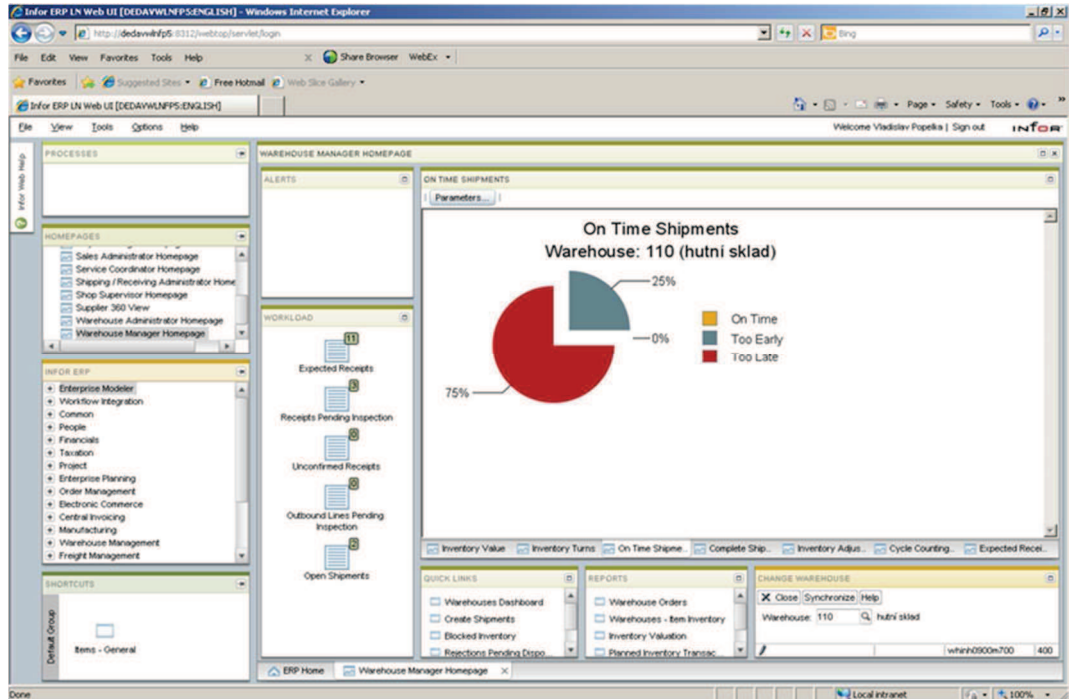
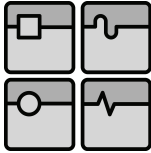
Výrobce softwaru je firma Siemens. Jedná se o jeden z řady diskretních simulačních programů, který patří mezi softwary fungující pod MS Windows. Vyžívá programovací jazyk SimTalk, který se dále dělí na část s podmínkami, logickými smyčkami, aj. a část se standardními metodami a příkazy. Plant Simulation je nástrojem pro modelování, simulaci i optimalizaci logistických systémů, který je využíván prakticky ve všech hospodářských a průmyslových odvětvích. Software obsahuje množství standardních objektů pro modelování procesů a materiálového toku, lze však přidat a do vlastní knihovny uložit i další prvky (objekty) [44],[46].



Obr. 12: Ukázka uživatelského prostředí SW Plant Simulation

2.12.3 Infor

Společnost Infor Global Solutions vyrábí mnoho typů softwaru. Jedním z nich je Infor ERP (ERP – Enterprise Resource Planning), který je určen pro oblast diskretní a hybridní výroby v malých, středních a větších podnicích pro zákazníky hledající plně integrované funkční řešení. Nabízí podporu pro výrobu (řízení a plánování), procesní výrobu (optimalizace procesní výroby), štihlou výrobu, řízení služeb a jakosti. Infor ERP je ve dvou variantách ERP LN nebo ERP Visual, který je určen pro malé a střední firmy. Dalším typem systému je Infor SC Scheduler, který je určen pro pokročilé plánování a rozvrhování s využitím velké škály parametrů. Infor SC Scheduler postupuje při výpočtech podle plánů teorie omezení TOC. [47] Teorie omezení TOC (Theory of Constraints) pojednává o úzkých místech ve výrobě. Detailnější popis TOC je v kapitole 3.5.



Obr. 13: Ukázka uživatelského prostředí Infor ERP LN

2.12.4 Další simulační nástroje

Dymola (Modelica) - Dymola – systém výhodný pro fyzikální simulace jako jsou elektrické obvody, vedení tepla; Modelica – jazyk, který je vhodný pro popis spojitých systémů rovnicemi

MedModel – slouží k simulacím ve zdravotnictví

ProModel – slouží k plánování výrobních systémů, simulační software pro simulaci diskrétních událostí, napomáhá modelovat i celý podnik a zefektivňovat jeho výrobu

SimProcess – slouží k simulacím podnikových procesů

Tailor II – software pro simulaci výroby, skladování a manipulaci s materiálem

Simul8 – slouží k simulaci podnikových procesů

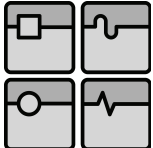
Witness – software pro simulaci a optimalizaci výrobních, obslužných a logistických systémů

Factor/AIM – analyzátor pro zdokonalování systémů, který využívá diskrétní simulaci, modely Factor/AIM jsou automaticky animovány, tento software bude použit pro implementaci bakalářské práce

2.12.5 Porovnání softwarů Witness, Factor/AIM , Simul8 a ProModel

Název	Vlastnosti, využití	Výhody
Witness	Využívá se hlavně v oblasti produktů pro interaktivní simulaci systémů diskrétních událostí	Umožňuje sestavení a testování modelu po malých úsecích, možnost změny modelu v průběhu simulace Široké spektrum použití – výrobní podniky, letiště, banky
Factor/AIM	Analyzátor pro zdokonalování systémů	Velmi rychlá a dynamická tvorba modelu Lze přímo modelovat stroje, obrobky, transportéry, posunovací pásy... Uchovává jednotlivé alternativy a porovnává je
Simul8	Modelování na bázi simulace diskrétních událostí	Vytvoření vizuálního modelu systému a animace běhu
ProModel	Zaměřený na oblast zdravotnictví	Umožňuje změny např. modelů výrobních linek, skladů - modely lze následně testovat a zkoumat vztahy mezi jejich uspořádáním Umožňuje nemocnicím, zdravotním pojišťovnám, atd. plánovat kapacity, počty personálu, design ordinací...

Tab. 1: Porovnání softwarů

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 29
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

3 VYSVĚTLENÍ POJMŮ TÝKAJÍCÍCH SE VÝROBY

3.1 Analýza

Analýza je postupem poznávání daného problému od celku k jeho jednotlivým částem. Tedy pokud daný problém vykazuje určité chování, tak toto chování můžeme vysvětlit chováním jeho částí v určité struktuře. Analýzu lze rozdělit na:

- Hodnotová analýza – zaměření na celkovou funkci systému i jeho částí, od počátku výroby až k používání systému
- Faktorová analýza – zaměření na studii vlivu jednotlivých faktorů při jejich ovlivňování
- Regresní analýza – zaměření na hledání závislostí mezi proměnnými systému

3.1.1 Systémová analýza

- Metodická disciplína, která se zaměřuje na pozorování chování systémů ovlivněných vnějšími podněty
- Systém poznáváme pomocí postupného rozkládání systému na podsystémy a prvky, jejichž chování známe

3.1.2 Operační analýza

- Využívá metod operační analýzy (matematické modelování, speciální matematické metody, atd.)
- Slouží k hledání optimálních variant podle daných kritérií a k navrhování optimálních systémů z hlediska matematického modelu

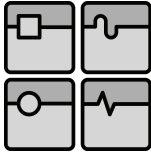
3.2 Syntéza

Naproti analýze stojí syntéza. Při syntéze se provádí výběr jednotlivých částí a vytváří se z nich struktura, která musí mít žádané vlastnosti. Syntéza se skládá z fáze výběru prvků a z fáze volby struktury.

3.3 Optimalizace

V mnoha případech může být pro výrobce důležité optimalizovat výrobu. Může to znamenat i značné snížení nákladů. Například při strojovém barvení určitých výrobků různými barvami. Z hlediska čistění stroje je výhodné začít barvit světlejšími barvami (bílá) a postupně přecházet k barvám tmavším (černá). Rozlišuje se mezi dvěma variantami – maximalizační, kdy je snaha dosáhnout nejvyšší hodnoty například zvýšení využití zdrojů či zvýšení výrobní kapacity, a minimalizační – snaha o dosažení hodnoty nejnižší, například snížení zmetkovitosti, zkrácení délek front u zdrojů či snížení průběžné doby výrobku. Optimalizační problémy mají většinou více řešení. Ve výrobním procesu se může jednat například o zvyšování kvality, snižování nákladů či optimální využívání kapacit.

K optimalizaci se využívají modely, které jsou deskriptivní. Pokud řešené problémy budou respektovat výstupy optimalizačních modelů a budou se chovat „optimálně“, pak dostaneme výsledky. Optimalizace má však i několik omezení. Někdy může být



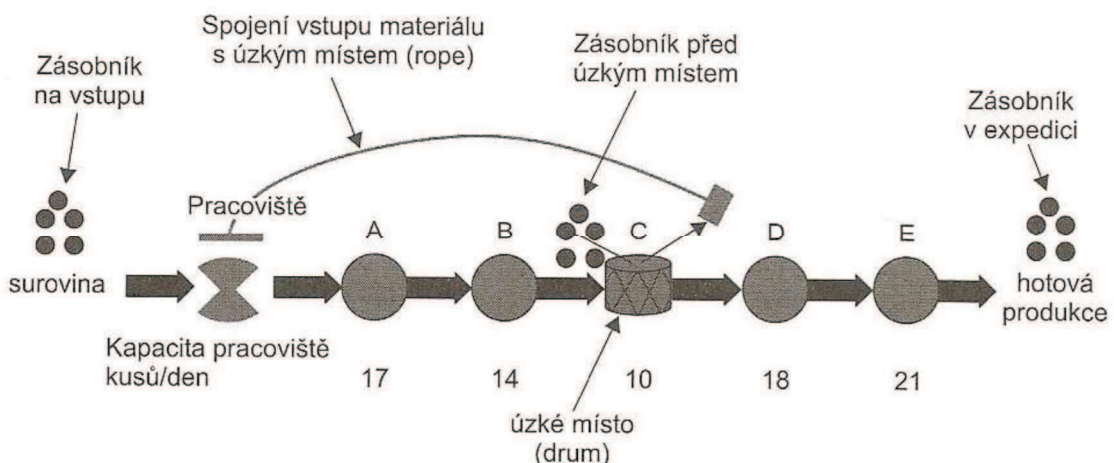
Ganttovy diagramy pro výrobní dávky nám říkají, jaká je posloupnost výrobních a transportních úkolů pro jednotlivé dávky. Ganttovy diagramy pro zdroje udávají časovou posloupnost událostí probíhajících na daném zařízení.

3.5 Úzké místo

Úzké místo ve výrobním procesu znamená skoro vždy nechtěné zpomalení výroby, zvyšování nákladů či snižování účinnosti výrobního procesu. Pokud se někde v průběhu výrobního procesu objeví úzké místo (omezení), má to za následek tvorbu front.

O úzkých místech pojednává tzv. teorie omezení TOC (z. Angličtiny – Theory of Constraints). Teorie TOC je spojována se jménem Eliyahu Moshe Goldratt (1947 – 2011), jež byl Izraelským fyzikem. Tato teorie vychází z předpokladu, že žádný výrobní systém při měnících se podmínkách nemůže být tak vyvážený, aby v něm nevznikala úzká místa. Úzké místo je nejslabším článkem systému a udává tak jeho celkový výkon. Úzkým místem může být jak výrobní zařízení, nevhodné využívání kapacit, pracovníci, tak i chybějící materiál či energie.

K odstranění úzkého místa ve výrobě se využívá třífázový postup zvaný Drum-Buffer-Rope (Buben-Zásobník-Lano). „Buben označuje úzké místo, udává rytmus výroby. Jakmile je ohrožena plynulost výroby, buben dá signál ke vstupu výrobků do výrobního procesu. Zásobník má za cíl uchránit buben před nečekanými událostmi ve výrobě a zajišťuje neustálou možnost výroby v úzkém místě. Zásobník musí být umístěn strategicky vzhledem k úzkému místu, nejlépe těsně před ním. Lano pak představuje zpětnou vazbu mezi bubnem a vstupem do systému. Lanem se vlastně tahají díly mezi jednotlivými pracovišti“ [18]. Viz Obr. 16.

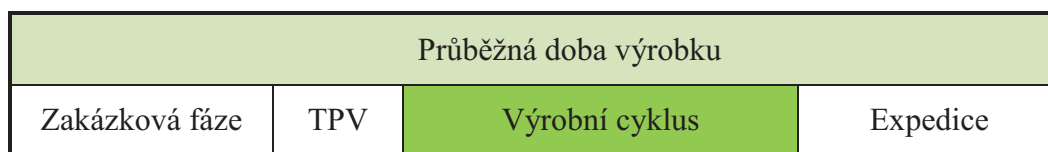


Obr. 15: Schéma Drum-Buffer-Rope

3.6 Průběžná doba výroby a výrobku

Průběžná doba výrobku představuje celý cyklus – od prvního impulsu k výrobě výrobku, jeho uvedení do výrobního procesu včetně technické přípravy výroby (označované TPV), výrobního cyklu až po expedici, popřípadě i další odbytové činnosti.

Průběžná doba výroby reprezentuje pouze vlastní výrobní cyklus, proto je nutné rozlišovat mezi pojmy průběžná doba výroby a výrobku. Vztah mezi průběžnou dobou výroby a výrobku je znázorněn na obrázku 17. Výrobní cyklus je časový úsek od provedení první operace až do doby uvedení hotového výrobku na sklad či k expedici. Průběžná doba výroby je kombinací řady dílčích časů. Jedná se o technologické, netechnologické časy i časy přerušení (popsány níže) podle toho, jak to vyžaduje postupné plnění sledu jednotlivých operací, rozmístění pracovišť, organizace výrobního procesu. Organizace výrobního procesu představuje dodávky na jiná pracoviště, mezisklady, atd. [1]



Obr. 16: Vztah průběžné doby výrobku a výroby

Výrobní cyklus podle časů je možno rozdělit:

1) Technologické časy

Čas kusový t_k nebo čas operační t_{op}

- Ruční operace
- Strojní operace
- Automatické operace
- Strojně – ruční operace

2) Netechnologické časy

Čas přípravy a zakončení t_{pz} nebo čas dopravy a kontroly t_{dk}

- Příprava pracoviště
- Seřízení strojů
- Převážní operace
- Kontrola jakosti
- Technologická manipulace

3) Časy přerušení

- Vyvolané technickými a organizačními nedostatky – nedostatky manipulace, nedostatek energie a materiálu
- Vyvolané stavem technického zařízení - poruchy strojů, údržba
- Vyvolané subjektivními příčinami ze strany dělníka – nedostatečná příprava
- Vyvolané organizací práce – režim dne, dávky materiálu, synchronizace obsluhy

[1]

Velikost průběžné doby výroby odpovídá době nezbytně nutné pro určitý výrobní úkon při daných technických, ekonomických a organizačních podmínkách bez ohledu na poruchy. V kontinuální výrobě je doba dána dobou technologických operací, zatímco v přerušované výrobě je tato doba ovlivněna činiteli, které způsobují vznik přestávek. [1]

Níže jsou uváděny některé možnosti výpočtu průběžné doby výroby. Dělí se podle složitosti výrobního procesu.

A) Výrobní cyklus jedné operace pro jeden kus výrobku

$$T_c = \frac{t_k}{S} \quad (4.1)$$

, kde T_c ...celková doba výrobního cyklu

S ...počet součástí současně opracovávaných na pracovišti

t_k ...kusový čas nebo také koeficient plnění norem a časového využití směny
[1]

B) Výrobní cyklus dávky pro jednu operaci

$$T_c = \frac{d_v \times t_k}{P \times S} + t_{pz} \quad (4.2)$$

, kde T_c ...celková doba výrobního cyklu

S ...počet součástí současně opracovávaných na pracovišti

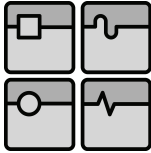
d_v ...počet kusů ve výrobní dávce

P ...počet pracovišť, na nichž se současně provádí daná operace

t_k ...kusový čas

t_{pz} ...čas přípravy a zakončení

[1]



C) Celkový výrobní cyklus jedné součásti

Průběžná doba výroby je dána součtem výrobních cyklů ve všech provozech, meziprovozních přestávkách, dob čekání na kompletaci před a doby montáže. Všechny doby jsou měřeny a udávány v časových jednotkách.

$$T_c = \sum_1^p T_o + \sum_1^p T_p + \sum_1^p T_{pm} + \sum_1^p T_m \quad (4.3)$$

, kde T_c ...celková doba výrobního cyklu

T_o ...doba opracování součásti určitého druhu v daném provozu (dílňě)

T_p ...doba trvání meziprovozních (mezidíleňských) přestávek při předávání

P ...počet provozů (dílén)

T_{pm} ...doba čekání součásti na kompletaci před montáží

T_m ...doba setrvání součásti v procesu montáže

[1]

D) Výrobní cyklus dávky součástí při několika operacích

Způsob předávání dávky může být organizován třemi způsoby:

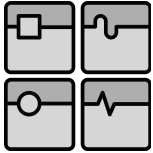
- Souběžným způsobem
- Postupným způsobem
- Smíšeným způsobem

[1]

Ad. a) Souběžný způsob

- Další operace začíná ihned po ukončení přechozí operace na prvním kusu dávky
- Použití: když časy jednotlivých operací jsou stejné nebo čas následující operace je delší [1]
- Grafické znázornění předávání dávek je na obrázku 19

$$T_{CS} = t_{pz_1} + \sum_{i=1}^m t_{dk_i} + \sum_{i=1}^m t_{k_i} + (d_v - 1) \times t_{k_{max}} \quad (4.4)$$



, kde T_{CS} ...celková doba výrobního cyklu

$t_{k_{max}}$...kusový čas nejdelší operace

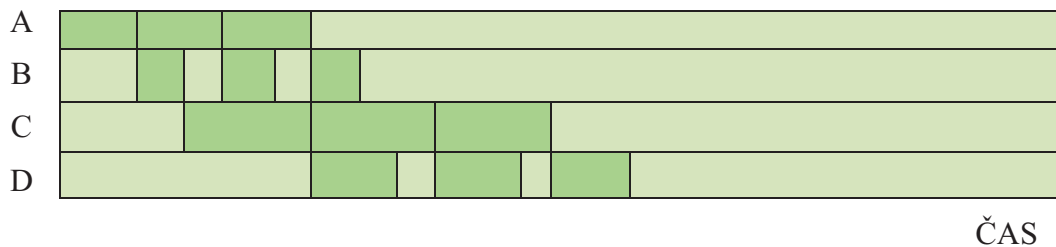
d_v ...počet kusů ve výrobní dávce

t_{dk_i} ...čas dopravy a kontroly i-tého kusu

t_{k_i} ...kusový čas i-tého kusu

t_{pz_1} ...čas přípravy a zakončení prvního kusu v dávce [1]

STROJ



Obr. 17: Souběžný způsob předávání dávek

Ad. b) Postupný způsob

- Celá dávka je předávána k další operaci (na další pracoviště) a tato operace začne až po skončení předchozí na všech kusech dávky [1]
- Grafické znázornění je na obrázku 20

$$T_{CP} = \sum_{i=1}^m t_{dk_i} + d_v \cdot \sum_{i=1}^m t_{k_i} + \sum_{i=1}^m t_{pz_i} \quad (4.5)$$

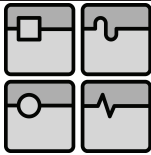
, kde T_{CP} ...celková doba výrobního cyklu

t_{dk_i} ...čas dopravy a kontroly i-tého kusu

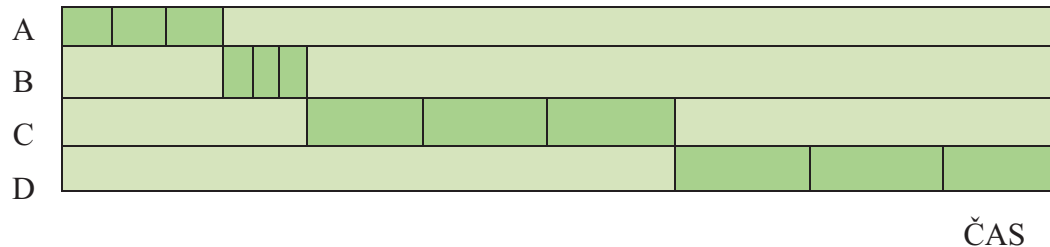
d_v ...počet kusů ve výrobní dávce

t_{k_i} ...kusový čas i-tého kusu

t_{pz_1} ...čas přípravy a zakončení prvního kusu v dávce [1]



STROJ



Obr. 18: Postupný způsob předávání dávek

Ad. c) Smíšený způsob

- Při použití souběžného způsobu u nesynchronizované výroby může docházet k prostojům → smíšený způsob odstraňuje tuto nevýhodu, neboť kombinuje postupné předávání se souběžným tak, aby vzhledem k rozličným dobám trvání navazujících operací byly ztrátové časy co nejkratší [1]
- Grafické znázornění je na obrázku 21

$$T_{CSM} = t_{pz_1} + \sum_{i=1}^m t_{dk_i} + \sum_{i=1}^m t_{k_i} + (d_v - 1) \sum (t_{k_{dl}} - t_{k_{kr}}) + (d_v - 1) \times t_{k_{posl}} \quad (4.6)$$

, kde T_{CSM} ...celková doba výrobního cyklu

t_{dk_i} ...čas dopravy a kontroly i-tého kusu

d_v ...počet kusů ve výrobní dávce

t_{k_i} ...kusový čas i-tého kusu

t_{pz_1} ...čas přípravy a zakončení prvního kusu v dávce

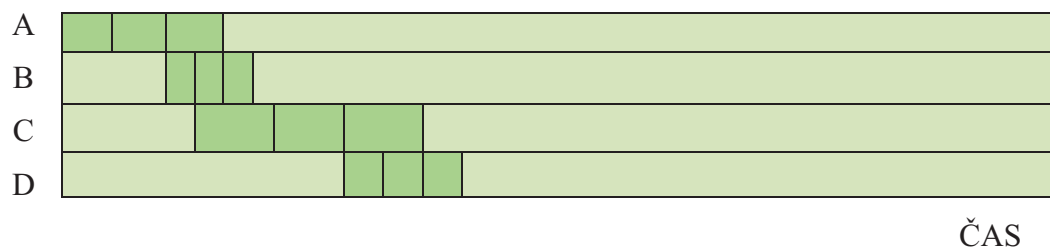
$t_{k_{dl}}$...kusový čas delší operace – následuje-li kratší

$t_{k_{kr}}$...kusový čas kratší operace – předchází-li delší

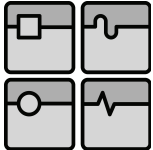
$t_{k_{posl}}$...kusový čas poslední operace

[1]

STROJ



Obr. 19: Smíšený způsob předávání dávek

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 37
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

4 SYSTÉMY ŘÍZENÍ ZÁSOB

4.1. Řízení zásob

„Řízení zásob představuje efektivní zacházení a efektivní hospodaření se zásobami, využívání všech rezerv, které v této oblasti existují, a respektování všech činitelů, které mají vliv na účinnost řízení zásob“ [42]. Neboli řízení zásob je komplexem činností, které spočívají v prognózování, analyzování, plánování, operativních činnostech a kontrolních operacích, v rámci jednotlivých skupin zásob i v rámci zásob jako celku. Řízení zásob vytváří podmínky pro plnění stanovených podnikových cílů s optimálním vynaložením nákladů a s optimální úrovní vázanosti kapitálových prostředků v zásobách. Správná rozhodnutí v oblasti řízení zásob patří k nejriskantnějším oblastem logistiky, protože stanovení potřebné úrovně a struktury zásob vzhledem k dalšímu článku logistického řetězce je kritickým místem logistického řetězce [41].

Za zásoby považujeme všechny suroviny, součástky, hotové výrobky, polotovary a náhradní, které procházejí daným provozem podniku.

Existují 3 strategie řízení zásob:

- 1) Pull systém - řízení poptávkou
- 2) Push systém - řízení plánem
- 3) Push&Pull - pružná metoda řízení

Systémy Pull a Push jsou popsány níže. Metoda Push&Pull je pouze kombinací metod Pull a Push.

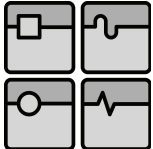
4.2 Pull systém

Pull (táhnout) systém reprezentuje výrobu, která je založena na principu „přines“. Patří do ní procesy, které jsou založeny na požadavcích zákazníka. Platí pro ni, že následný výrobní stupeň je signálem pro předcházející výrobní stupeň a jednotlivá pracoviště (či pracovníci) jsou odpovědní za zajištění požadavků navazujících výrobních stupňů. Jinými slovy, jde o systém, kde si dílenská pracoviště nebo zákazníci „tahají“ to, co právě potřebují přímo z výroby.

Využití pull systému plánování a řízení výroby a přináší tyto výhody:

- Snížení výrobních nákladů
- Zkrácení průběžných časů výroby
- Snížení rozpracované výroby
- Menší plýtvání (neskladují se neopracované, rozpracované ani dokončené výrobní materiály, které, kdyby se skladovaly, by nemusely být využity, atd.)
- Plynulý materiálový tok
- Neskladují se neopracované, rozpracované ani dokončené výrobní materiály

Způsob řízení pull je součástí dílenského řízení Kanban a řízení Just-in-time .[39]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 38
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

4.2.1 Just-in-time koncepce

Just-in-time (právě včas) je přístup k výrobě, který umožňuje vyrábět výrobky v určeném množství a čase dle daných požadavků zákazníka. Jedná se o princip založený na myšlence vyrábět pouze potřebné, v potřebné kvalitě a množství a v nejpozději přípustných časech. JIT koncept je zaměřen na eliminaci pěti druhů ztrát. Jedná se o ztráty plynoucí z čekání, dopravy, udržování zásob, nadprodukce a nekvalitní výroby. Metoda klade důraz na 100% kvalitu výrobků a plynulost toku materiálu. Snižují se průběžné časy čekání a časy seřizování strojů, využívá se proměnlivé velikosti výrobních dávek, čímž se zvyšuje efektivita práce. Hlavním faktorem je čas [39],[40].

4.2.2 Koncepce Kanban

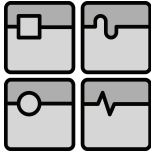
Název Kanban vychází z japonského slova karta nebo lístek. Hlavní myšlenkou je, na každém stupni výroby podporovat výrobu dle aktuálních požadavků zákazníků. To umožňuje bez dalších větších investic redukovat zásoby a zlepšovat přesnost plnění termínů. Princip spočívá v tom, že materiál a díly jsou dodávány pouze v okamžiku, kdy je výrobní proces potřebuje. Ve své podstatě má princip Kanban myšlenky podobné jako JIT a je používán zejména v Japonsku. Kanban je vhodným nástrojem pro dílenské řízení výrobního procesu a plánování výroby. Nejčastěji se využívá u opakované výroby stejných dílů se značnou rovnoměrností v odbytu [39],[15].

4.3 Push systém

Push (tlačit) systém je spojován s řízením výroby podle předem daného plánu a snahou o maximální využití kapacit [39]. Výrobní a distribuční rozhodnutí vychází z dlouhodobých prognóz, vytvořených na základě minulých objednávek přijatých ze skladů obchodníků. V důsledku tohoto principu vznikají nadměrné zásoby, velké a měnící se zakázky. Používá se tehdy, je-li malá šance, že se poptávka náhle změní. Příkladem tohoto systému je MRP nebo MRPII.

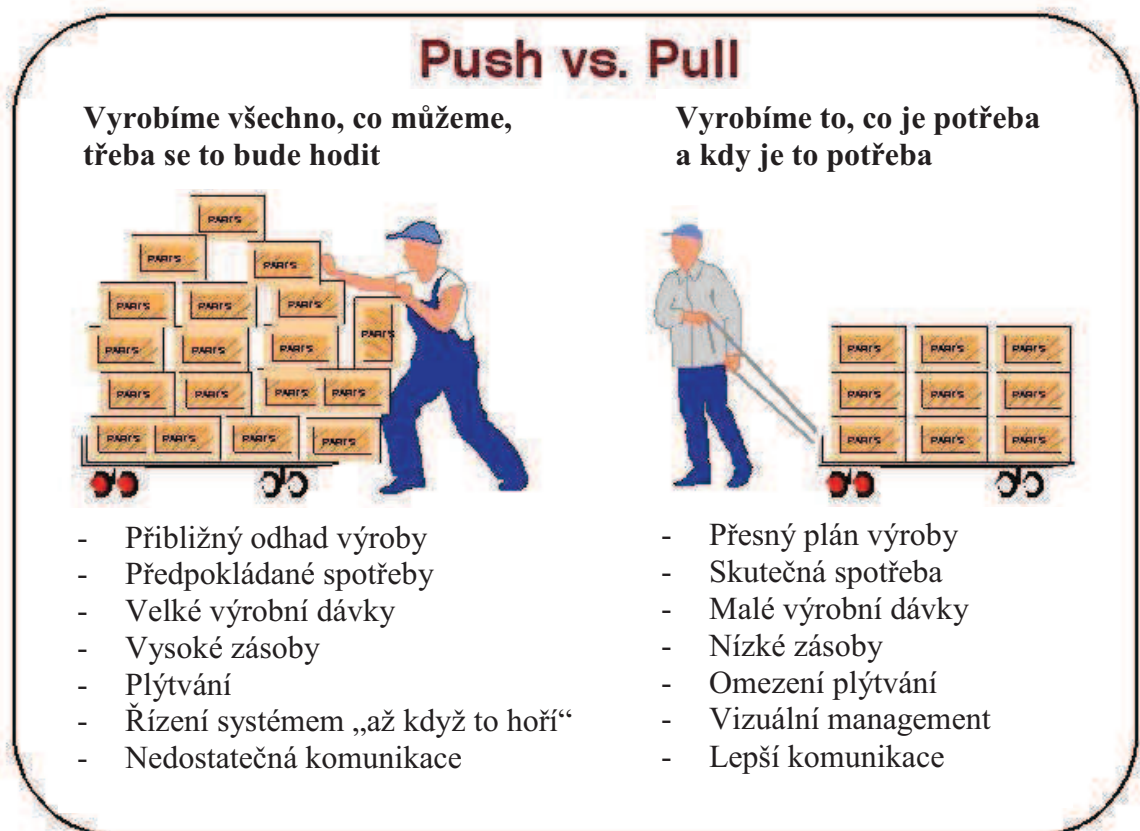
4.3.1 MRP

MRP (Material Requirement Planning) je koncept plánování požadavků materiálů. Je zaměřený převážně na řízení zásob materiálů než na plánování a řízení průběhu výroby. Řízení zásob probíhá na principu konkrétního objednávání pro výrobu potřebného materiálu za pomoci výpočetní techniky. Nevýhodou MRP je, že se plánuje pouze z předběžného rozvrhu výroby a nebere se tak do úvahy skutečný průběh výroby. Tím dochází ke zvyšování stavu zásob. Na druhé straně výhodou je snížení nákladů na nákup a udržování zásob ve srovnání se systémy bez plánování požadavků materiálů [39].

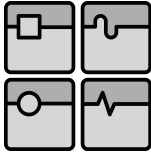


4.3.2 MRPII

MRPII (Manufacturing Resource Planning) je systém plánování výrobních zdrojů. MRP II vznikl rozšířením systému MRP o další funkce: například plánování denního množství, kontrolní systémy připravenosti materiálu či sledování kritických částí. MRPII má na rozdíl od MRP zpětnou vazbu, jinak také funguje na principu plánování materiálových požadavků. Nevýhodou je, že nepřesnost vstupních dat může způsobit případné poruchy výrobního procesu. Naopak výhodou použití MRP II spočívá v možném snížení nákladů na pořizování a udržování zásob.



Obr. 20: Grafické porovnání Pull a Push systému

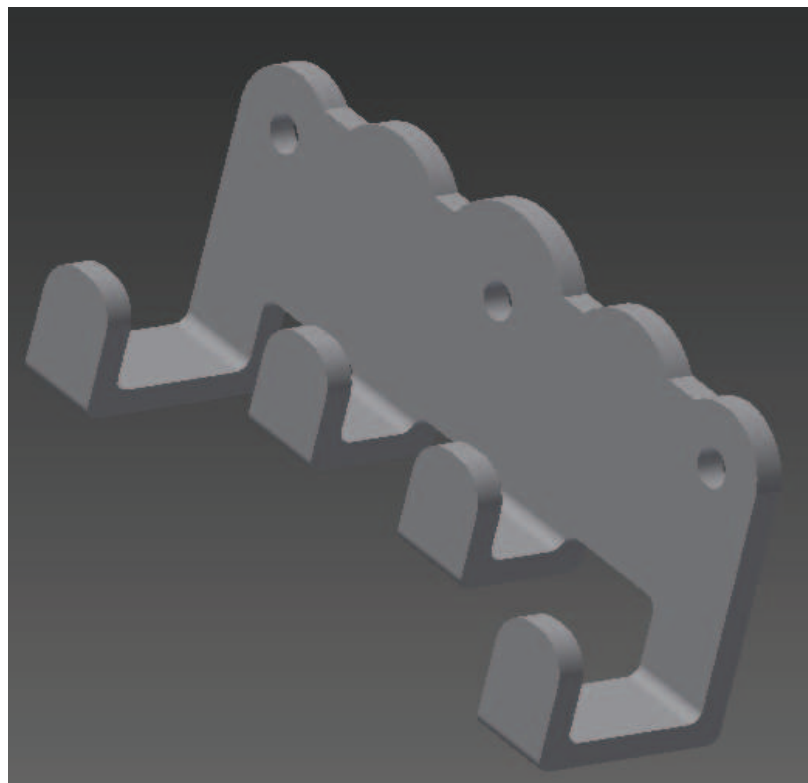


5 TVORBA SIMULAČNÍHO MODELU POMOCÍ SIMULAČNÍHO SOFTWARE FACTOR/AIM

V této kapitole je popsána tvorba jednoduchého simulačního modelu. K jeho tvorbě je užito simulačního softwaru Factor/AIM, který je zmíněn již výše.

5.1 Modelovaná výroba

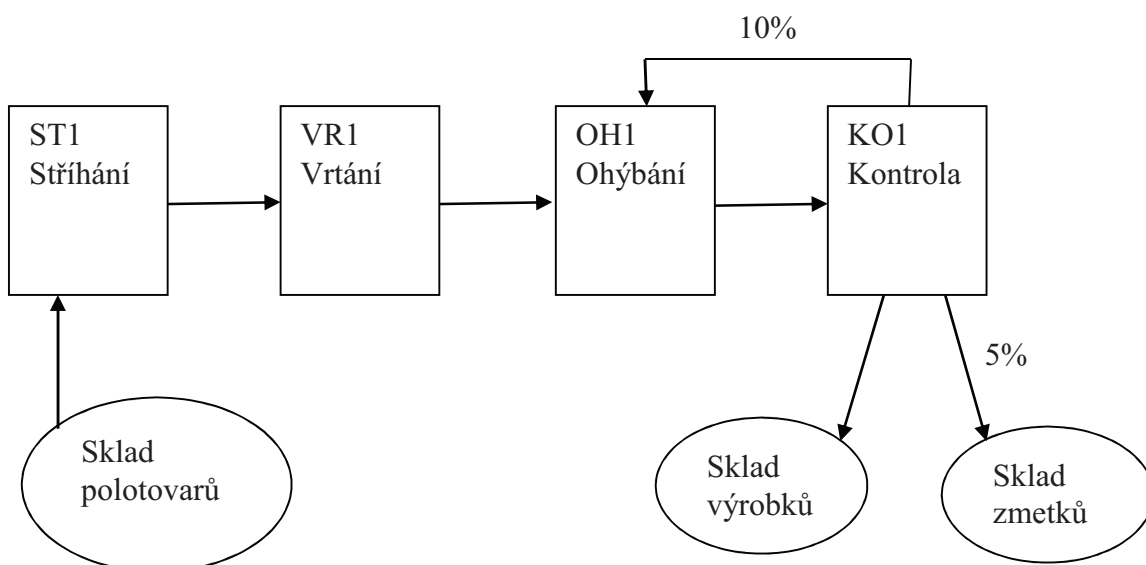
Pro účely této práce byl navržen výrobní systém na výrobu ohýbaných háčků. Materiál háčků je ocel třídy 11 označení ČSN EN 1.0050 (11 500). Polotovar je ve formě pásu plechu o tloušťce 3mm. Háčky jsou vyráběny ve čtyřech po sobě jdoucích operacích, přičemž materiál pro první operaci je dopravován pásovým dopravníkem ze skladu polotovarů. K přesunu rozpracovaných výrobků jsou také použity pásové dopravníky. Hotový výrobek je znázorněn na obrázku 21.



Obr. 21: Háček

Ve výrobě jsou zařazeny 4 stroje. Stroj s názvem ST1 stříhá z pásového plechu polotovar daného tvaru. Poté druhý stroj s názvem VR1 vyvrtá otvory pro šrouby a další stroj s názvem OH1 ohne háček do požadovaného tvaru. Posledním strojem je stroj pro kontrolu rozměrů (i úhlů ohybu) s názvem KO1. Na tomto stroji dochází k roztřídění háčků na zcela správně vyrobené, zmetky a háčky, které jsou špatně ohnuté. Tato selekce je realizována na základě pravděpodobnosti. Pravděpodobnost toho, že háčky budou špatně ohnuty, je stanovena na 10%. Tyto háčky jsou poté pomocí pásového dopravníku

dopraveny zpět na stoj OH1. Zde jsou znovu ohnuty a pokračují zpět na stroj KO1. Pravděpodobnost, že výrobek je zmetkem, je stanovena na 5%. Výrobky, které jsou detekovány jako zmetky, jsou dopravovány do Skladu zmetků. Co se s takto vyhodnocenými výrobky děje dále, není pro simulaci podstatné. Proces výroby s rozložením strojů je zjednodušeně znázorněn na obrázku 22.



Obr. 22: Zjednodušené schéma výroby

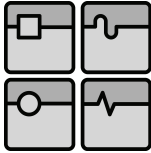
Výrobní časy jednotlivých operací jsou dle strojů uvedeny v následující tabulce (Tab. 2). Dále jsou uvedeny časy na seřízení strojů a umístění obrobků do nich.

Stroj/ Operace	Výrobní čas v [hod]/[s]	Čas na seřízení v [hod]/[s]
ST1/ Stříhání	0,00500/18	0,000833/3,0
VR1/ Vrtání	0,00750/27	0,001250/4,5
OH1/ Ohýbání	0,00611/22	0,001111/4,0
KO1/ Kontrola	0,00805/29	0,000555/2,0

Tab. 2: Výrobní časy jednotlivých operací

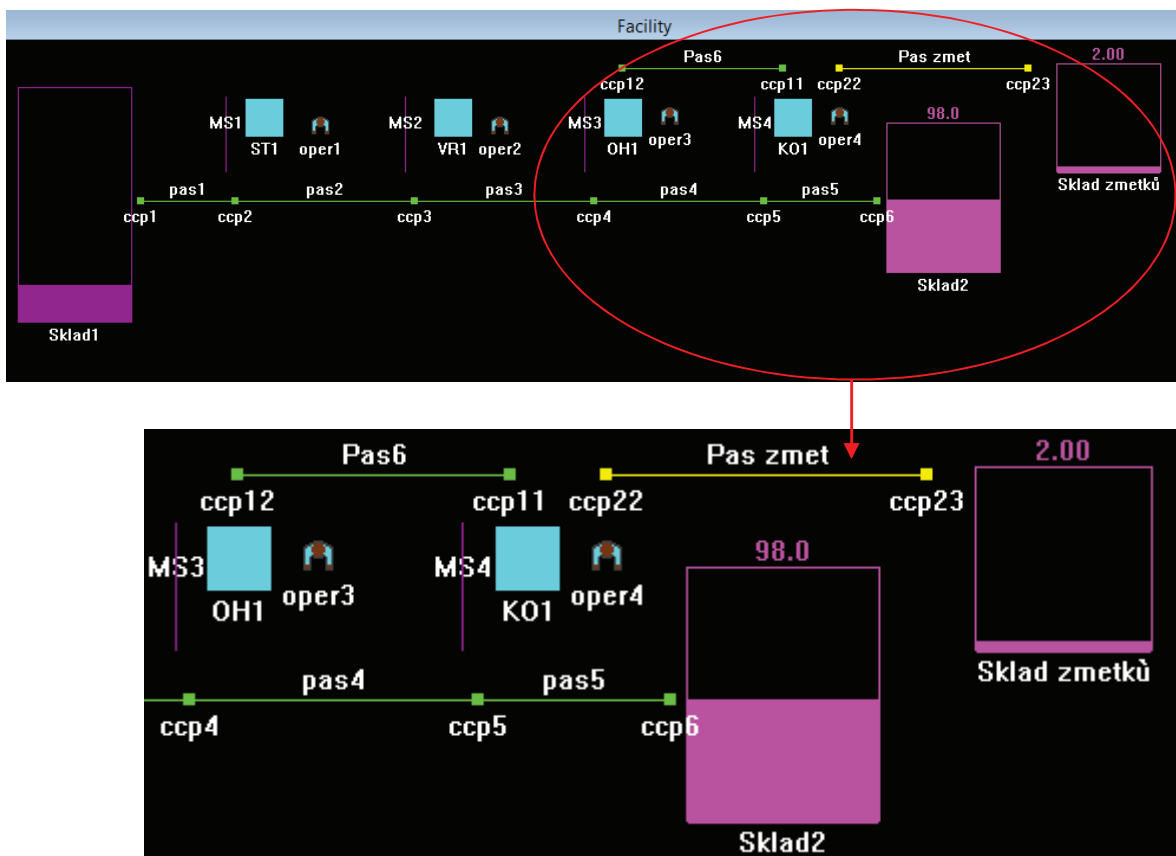
Bez uvážení časů pro přemísťování háčků, trvá výroba jednoho háčku 1 minutu a 50 vteřin. S uvážením časů k přemísťování háčku pak trvá výroba 2 minuty a 37 vteřin. V daném podniku se od pondělí do pátku pracuje ve dvousměnném provozu. První směna (ranní) je od 6.00 hod do 14:00 hod. Druhá směna (odpolední) plynule navazuje na první, začíná ve 14:00 hodin a končí ve 22:00 hodin. V sobotu probíhá pouze ranní směna a v neděli je podnik mimo provoz.

Pomocí obrázku 23 (kopie okna Facility ze simulačního softwaru Factor/AIM), znázorňujícího rozložení výroby, je nyní blíže popsána simulovaná výroba. Jak již bylo



zmíněno, k výrobě háčků je užito 4 strojů (ST1, VR1, OH1, KO1). Každý stroj je obsluhován operátorem. Operátoři mají označení oper1 - oper4. Úkolem operátora je kontrola správnosti funkce stroje, jeho obsluha a přesun polotovaru z meziskladu rozpracované výroby do stroje. Mezisklady rozpracované výroby s označením MS1 - MS4 jsou zařazeny před každý stroj. Jsou užity z důvodu rozdílných výrobních časů strojů a zároveň stejných rychlostí segmentů pásů. Například stroj ST1 má nižší výrobní čas než stroj VR1. Obrobek tedy dojde ke stroji VR1 dříve než VR1 dokončí výrobu předchozího obrobku. Je tedy nutné zajistit místo, kde obrobek „počká“. K tomu slouží mezisklady, tedy místa, kde se výrobky mohou kumulovat.

Obrobky se mezi jednotlivými stroji a sklady pohybují pomocí pásových dopravníků. Ze skladu polotovarů - Sklad1 - jsou polotovary dopravovány pásovým dopravníkem pas1 do meziskladu MS1. Mezi stroji jsou obrobky dopravovány pásovými dopravníky s označením pas2 - pas4. Na stroji KO1, jak bylo výše zmíněno, dochází k třízení háčků. Pokud jsou zcela bez chyby – pas5 je dopravuje do skladu hotových výrobků - Sklad2. Pokud jsou špatně ohnuty, jsou pomocí pas6 dopraveny zpět na stroj KO1. Pokud jsou vyhodnoceny jako zmetky, jsou pásovým dopravníkem - Pas zmet - dopravovány do skladu zmetků – Sklad zmetků.



Obr. 23: Rozmístění výroby

5.2 Simulační model a cíl simulace

Simulační model je sestaven podle výše uvedeného popisu (Obr. 23). Simulace je prováděna na zakázce sestávající ze 100ks. Po zjištění využití strojů, operátorů a mezikladů pro rozpracovanou výrobu je cílem navrhnout řešení optimalizace využití zdrojů ve výrobě háčků.

5.3 Tvorba simulačního modelu

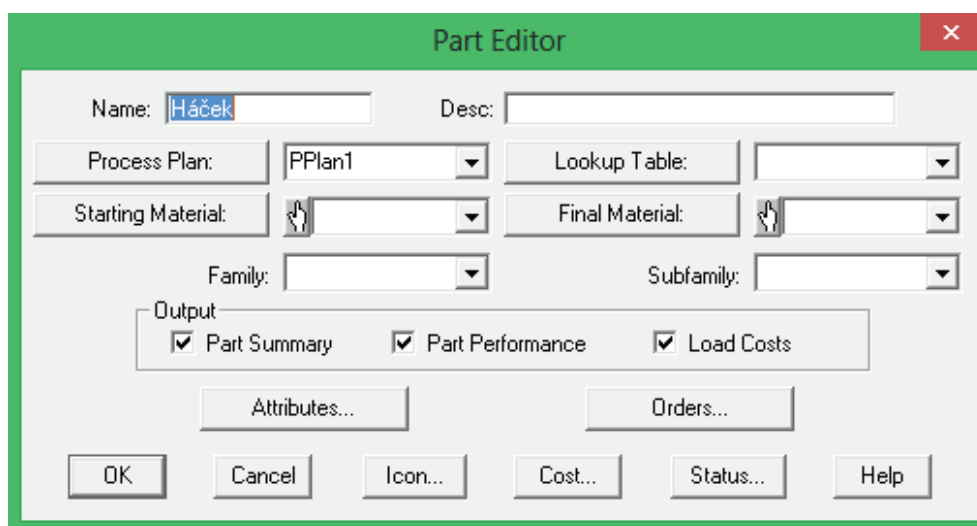
Pro výstavbu simulačního modelu bylo užito několika komponent simulačního softwaru Factor/AIM. Pro zřetelnost tvorby simulačního modelu jsou níže uvedeny a rozebrány jednotlivé komponenty.

A) Add Components (Doplnit komponenty)

- Z dialogového okénka Add Components byly vybrány stroje, pásové dopravníky, operátoři, sklady a meziklady rozpracované výroby
- Vše bylo rozmístěno do dialogového okna Facility v uspořádání, které má daná výroba mít- viz Obr. 23
- Jedná se o grafické komponenty

B) Part (Výrobek)

- Komponenta v textové podobě
- Definován výrobek – Háček – dialogové okénko Part Editor je zobrazeno na obrázku Obr. 24



Obr. 24: Definování výrobku

C) Demand (Objednávka)

- Demand zastupuje požadavek výroby určitého množství dílců v pravidelných intervalech
- V řádku Number of Parts to Release (Počet kusů, které mají být vyrobeny) bylo zadáno 100ks – viz Obr. 25

Obr. 25: Definování objednávky

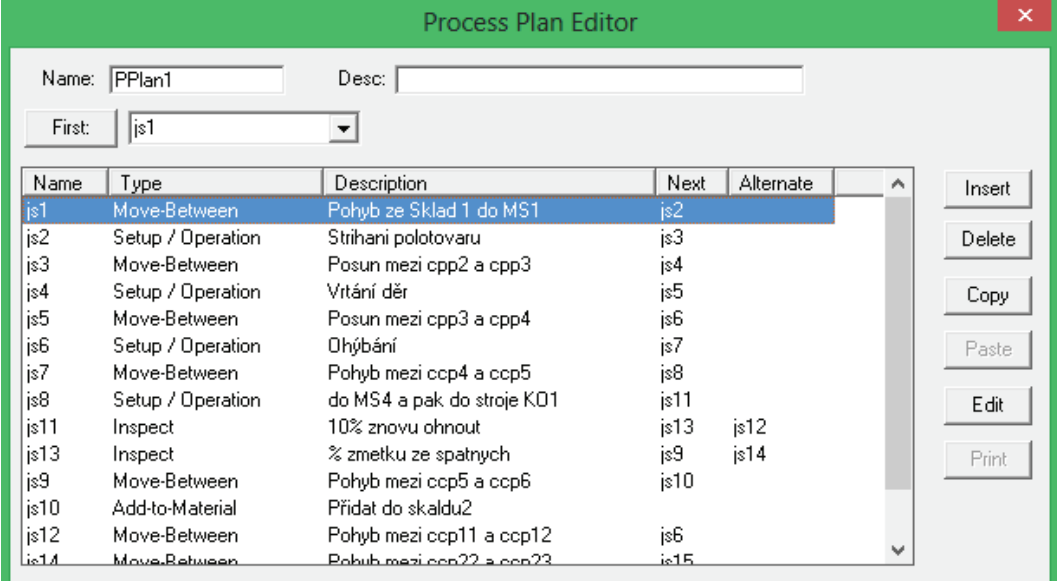
D) Resource (Zdroj)

- Pomocí této komponenty jsou modelovány všechny zdroje ve výrobě. Jsou to:
 - Stroje – například vrtačka VR1 (viz Obr. 26)
 - Operátoři – například oper1

Obr. 26: Dialogové okénko pro definování zdrojů

E) Process Plan (Procesní plán)

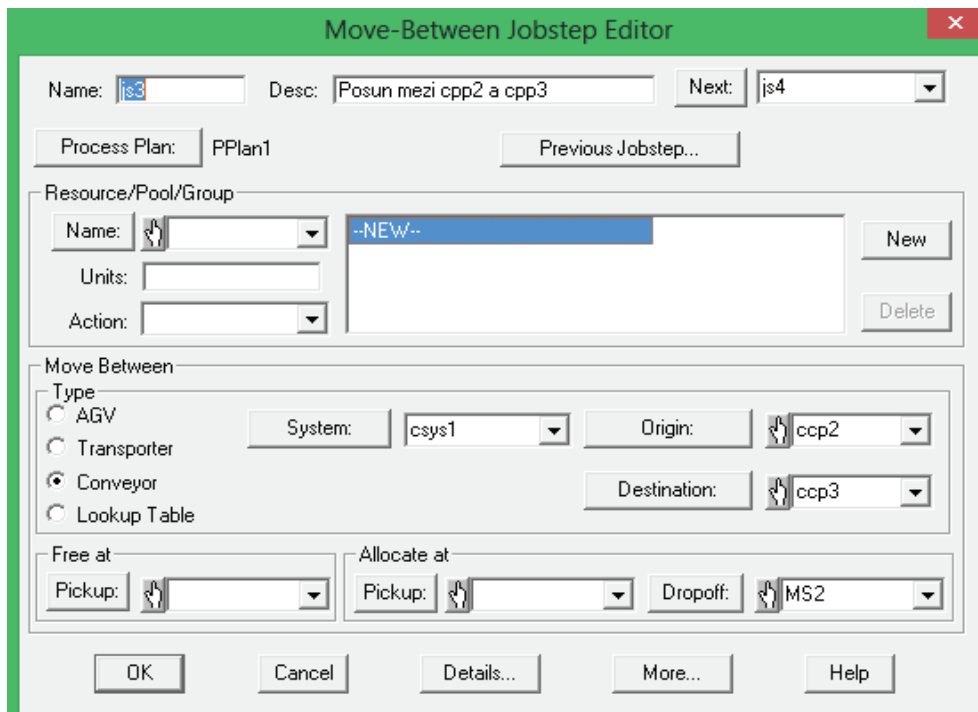
- Jedná se o komplexní komponentu, která popisuje tok dílců výrobním procesem
- Sestává se z pracovních kroků, které popisují jednotlivé operace
- Procesní plán pro výrobu háčků je sestaven z 15 pracovních kroků (Obr. 27)



Name	Type	Description	Next	Alternate
js1	Move-Between	Pohyb ze Sklad 1 do MS1	js2	
js2	Setup / Operation	Strihani polotovaru	js3	
js3	Move-Between	Posun mezi cpp2 a cpp3	js4	
js4	Setup / Operation	Vrtání děr	js5	
js5	Move-Between	Posun mezi cpp3 a cpp4	js6	
js6	Setup / Operation	Ohýbání	js7	
js7	Move-Between	Pohyb mezi ccp4 a ccp5	js8	
js8	Setup / Operation	do MS4 a pak do stroje KO1	js11	
js11	Inspect	10% znovu ohnout	js13	js12
js13	Inspect	% zmetku ze spatnych	js9	js14
js9	Move-Between	Pohyb mezi ccp5 a ccp6	js10	
js10	Add-to-Material	Přidat do skladu2		
js12	Move-Between	Pohyb mezi ccp11 a ccp12	js6	
js14	Move-Between	Pohyb mezi ccp22 a ccp23	js15	

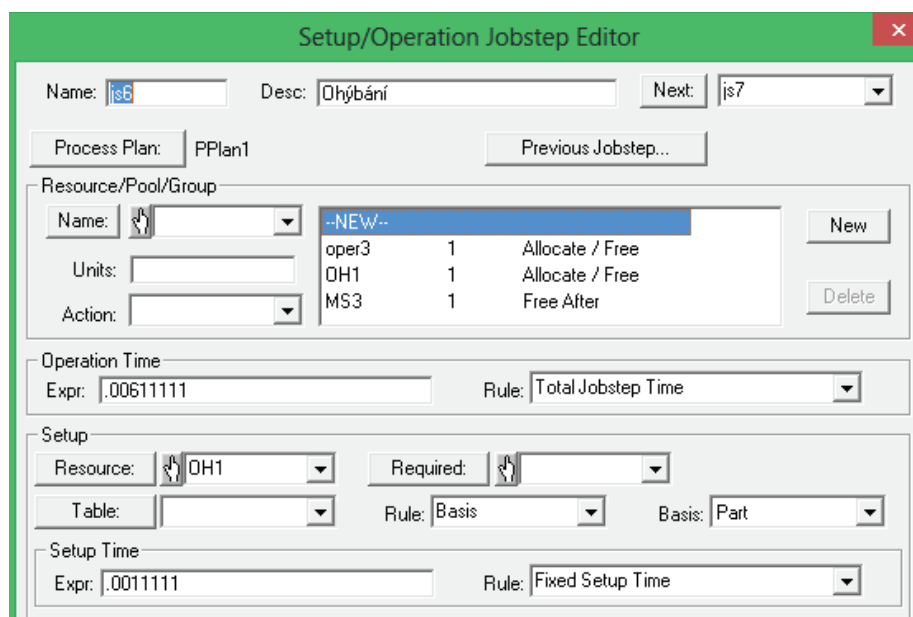
Obr. 27: Procesní plán

- V procení plánu byl definován pracovní krok Inspect (Zkontrolovat), do kterého byla nastavena pravděpodobnost neshody s požadovanými rozměry a tvary výrobku. Tento krok byl v procesním plánu použit dvakrát. Poprvé pro detekci špatně ohnutých výrobků, které jdou zpět ke stroji OH1, který je znovu ohne. Podruhé pro detekci výrobků, které není možno opravit a jsou následně odesílány do skladu zmetků
- Dále byly definovány kroky pro přesun polotovarů či výrobků mezi jednotlivými pracovišti a sklady pomocí pracovního kroku Move-Between (Pohyb mezi), jak lze vidět na obrázku 28, který reprezentuje pohyb rozpracovaného výrobku mezi kontrolními body ccp2 a ccp3

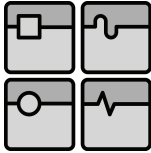


Obr. 28: Move-Between krok

- Posledním typem pracovních kroků, které byly v daném případě použity, jsou kroky pro výrobu a nastavení (Setup/Operation), ve kterých jsou definovány výrobní časy (Operation Time) a časy seřizovací (Setup Time) – viz Obr. 29



Obr. 29: Pracovní krok Operace/Seřízení



5.4 Analýza výstupů simulačního modelu

Výstupy ze simulačního modelu v softwaru Factor/AIM lze rozdělit do 3 skupin na:

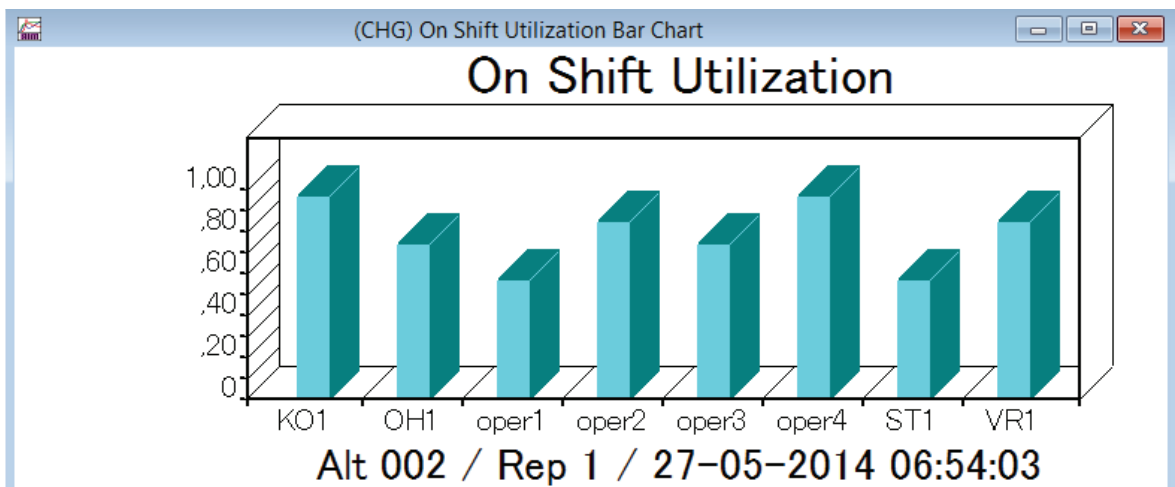
- Grafické výstupy
- Ganttovy diagramy
- Textové výstupy

5.4.1 Grafické výstupy

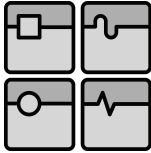
Grafické výstupy jsou vyvolány navolením Evaluate → Graph. Vzhledem k velkému množství výstupních grafů jsou zde uvedeny pouze některé, zaměřující se na využití strojů, operátorů a mezikladů. Je to z důvodu následné optimalizace využití zdrojů. Další grafické výstupy jsou uvedeny v Příloze.

- Využití zdrojů během směn

Z grafu na obrázku 30 lze vyčíst, že nejvíce využívaný stroj (95,7%) je stroj s názvem KO1, na kterém se provádí operace kontroly. Společně s tímto strojem je z 95,7% využíván i operátor 4, tedy pracovník obsluhující právě KO1. 83,2% je využívanost stroje s názvem VR1, tedy vrtačky. Je to z důvodu delšího výrobního času.

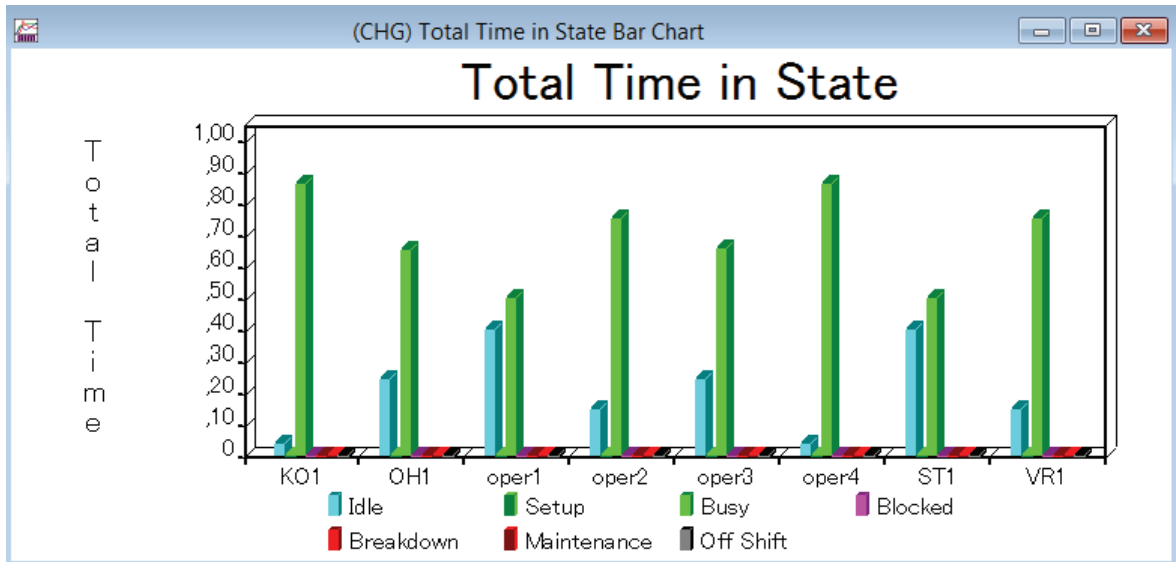


Obr. 30: Využití zdrojů během směn



- Celkový čas setrvání zdroje ve stavu

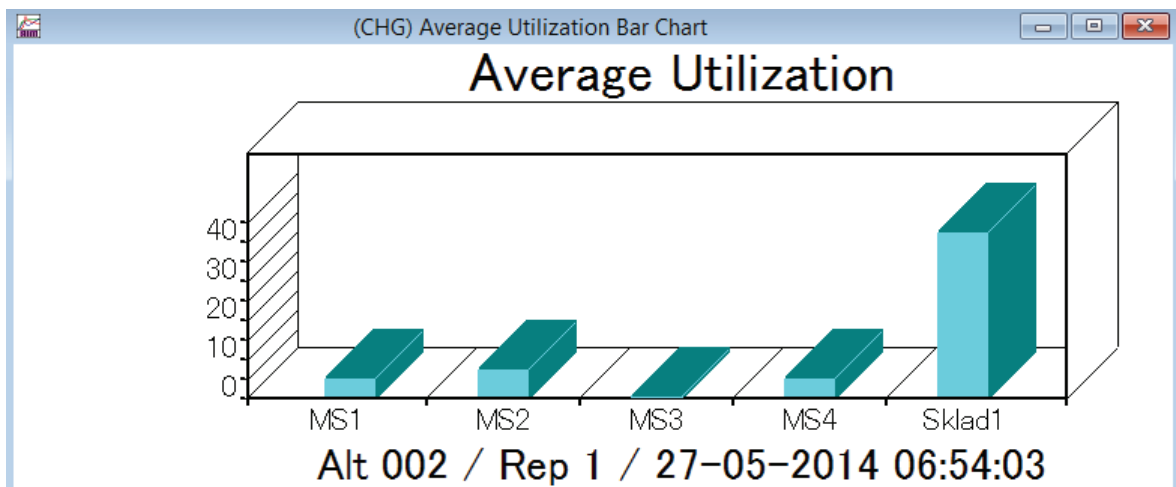
Na obrázku 31 jsou znázorněny stroje v různých stavech během procesu výroby.



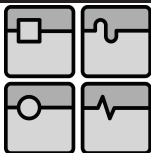
Obr. 31: Celkový čas setrvání zdroje ve stavu

- Průměrné využití skladu polotovarů (Sklad 1) a meziskladů u strojů (MS1 – MS4)

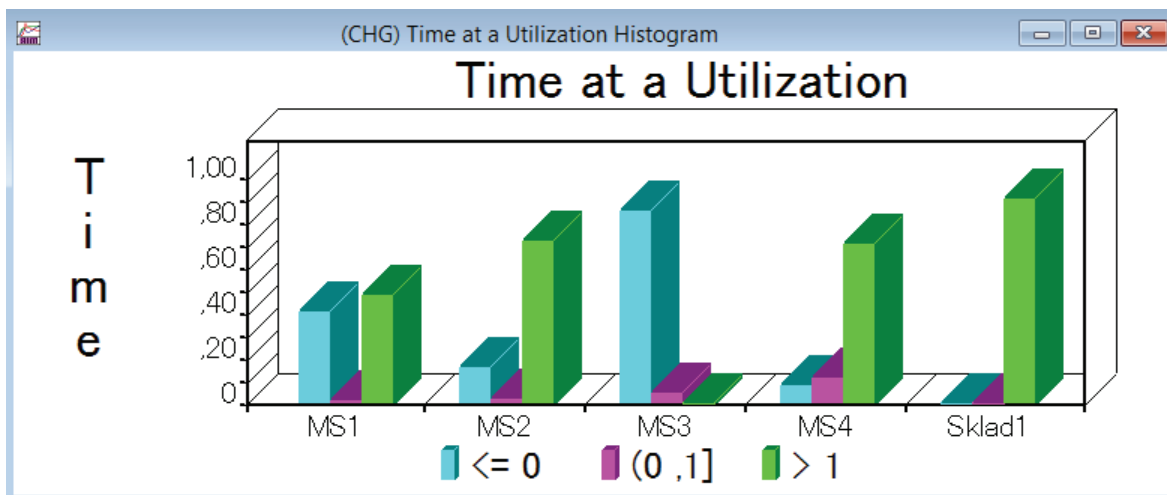
Z grafického výstupu na obrázku 32 je patrné, že v meziskladech jsou průměrně asi 4 výrobky. V průměru 0,055 výrobku bylo v meziskladě MS3. V meziskladě MS2 bylo v průměru 7,054 výrobků. Poznatky z tohoto grafu budou zohledněny při následné optimalizaci systému.



Obr. 32: Průměrné využití skladu a meziskladů



- Čas v závislosti na využitelnosti mezikladů a skladu polotovarů (sklad1)
Viz obrázek 33.



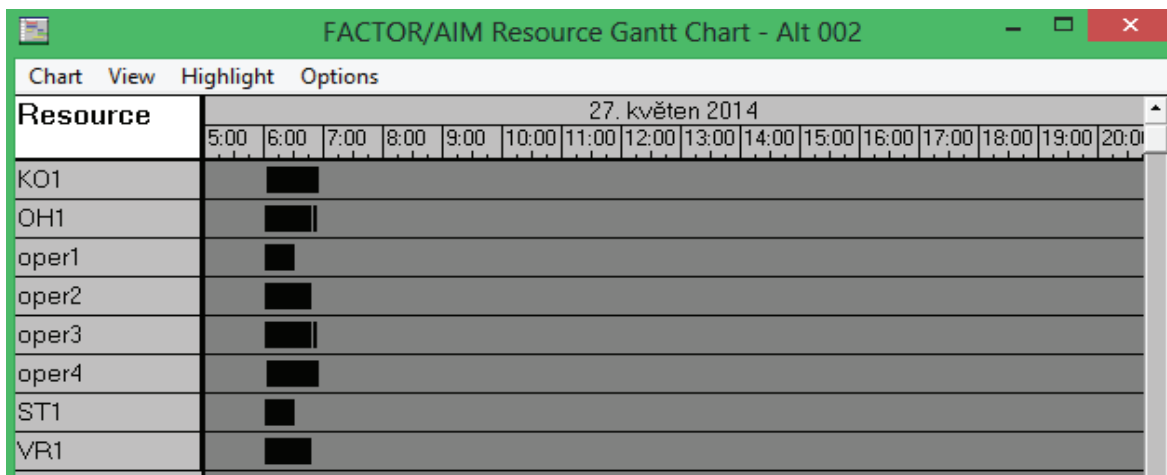
Obr. 33: Závislost času na využitelnosti mezikladů a skladu1

5.4.2 Ganttovy diagramy

Z Factor/AIMu lze vykreslit dva typy Ganttových digramů. Jedná so o Ganttův diagram pro zdroje a Ganttův diagram pro výrobní dávky.

- Ganttův diagram pro zdroje

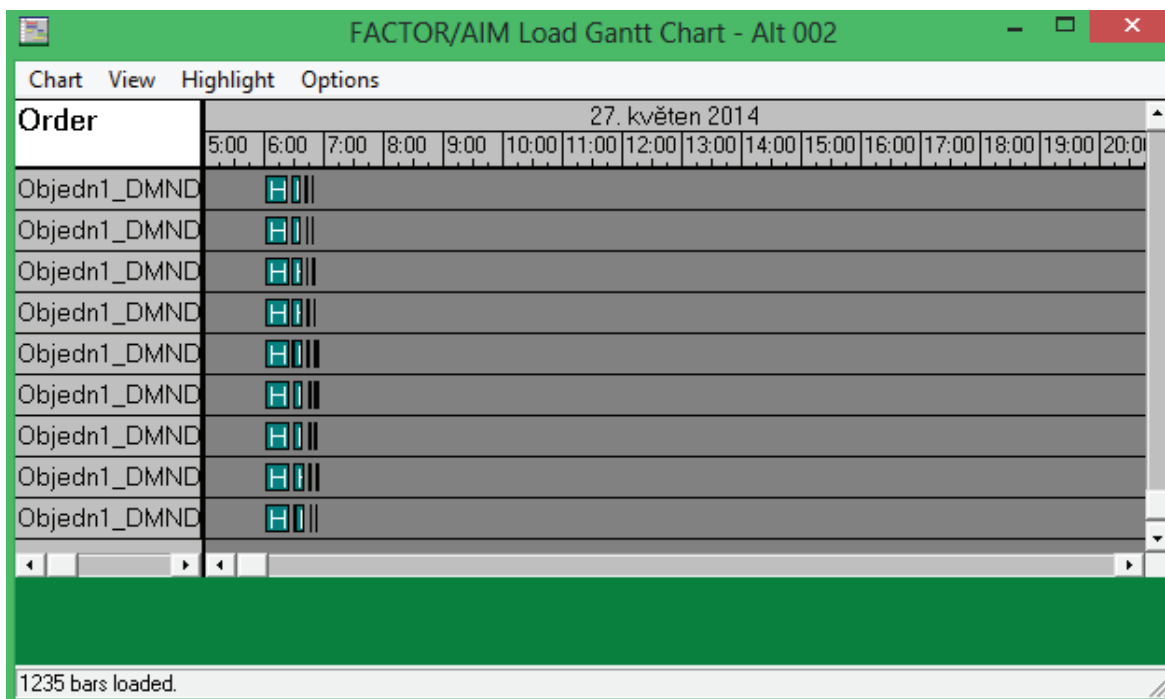
Ganttův diagram pro zdroje udává časovou posloupnost událostí, které musí být na daném zdroji zpracovány. Vzhledem k malému rozsahu výrobní dávky není Ganttův digram použit pro analýzu dané výroby. Tento typ Ganttova diagramu slouží pro dílenské řízení výroby či pro rozvrhování výroby. Ganttův diagram pro zdroje ve výrobě háčků je znázorněn na obrázku 34. Lze z něj vyčíst využití jednotlivých zdrojů v průběhu výroby zakázky sta kusů. Zakázka byla naplněna během prvních 2 hodin ranní směny.



Obr. 34: Ganttův diagram pro zdroje

- Ganttův diagram pro výrobní dávky

Udává posloupnost transportních a výrobních úkonů pro samotné výrobní dávky. Díky tomuto diagramu je možno sledovat tok výroby či zjistit termíny dokončení výrobních příkazů. Diagram je znázorněn na obrázku 35.



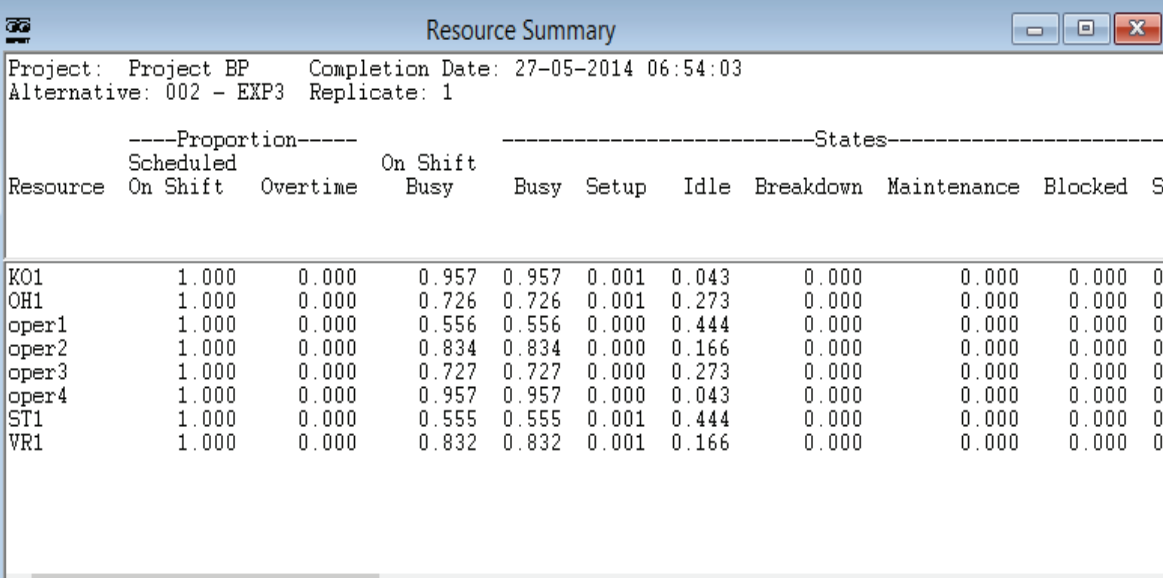
Obr. 35: Ganttův diagram pro výrobní dávky

5.4.3 Textové výstupy

Sumarizační výstupy mohou být buď vstupní, nebo výstupní. Uvedeny jsou pouze některé možné textové výstupy.

- Sumarizační výstup pro zdroje a skupiny zdrojů

Jedná se o přehled setrvání jednotlivých zdrojů v různých stavech, nebo délkách front v procentuálním vyjádření. Tato data jsou poskytována výrobnímu manažerovi, který může následně provést analýzu systému. Jak lze vyčíst z obrázku 36, například stroj KO1 pracoval 95,7% času. Vzhledem k rozsahu textového výstupu nejsou vyobrazeny na obrázku 35 všechny sledované vlastnosti zdrojů.

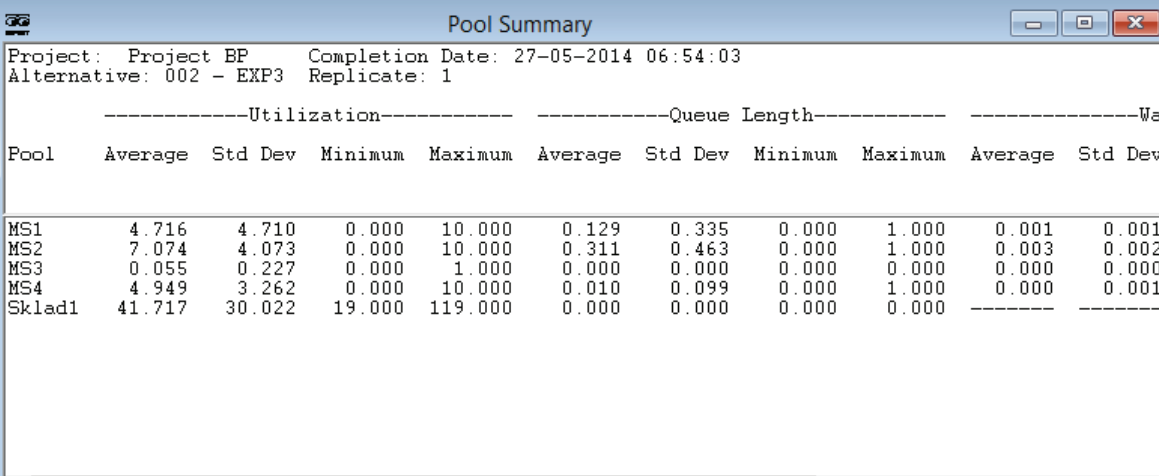


Resource	---Proportion---		-----States-----							
	Scheduled On Shift	Overtime	On Shift Busy	Busy Setup	Idle Breakdown	Maintenance	Blocked	S		
KO1	1.000	0.000	0.957	0.957	0.001	0.043	0.000	0.000	0.000	0
OH1	1.000	0.000	0.726	0.726	0.001	0.273	0.000	0.000	0.000	0
oper1	1.000	0.000	0.556	0.556	0.000	0.444	0.000	0.000	0.000	0
oper2	1.000	0.000	0.834	0.834	0.000	0.166	0.000	0.000	0.000	0
oper3	1.000	0.000	0.727	0.727	0.000	0.273	0.000	0.000	0.000	0
oper4	1.000	0.000	0.957	0.957	0.000	0.043	0.000	0.000	0.000	0
ST1	1.000	0.000	0.555	0.555	0.001	0.444	0.000	0.000	0.000	0
VR1	1.000	0.000	0.832	0.832	0.001	0.166	0.000	0.000	0.000	0

Obr. 36: Sumarizační výstup pro zdroje a skupiny zdrojů

- Sumarizační výstup pro mezisklady a sklad polotovarů

Sumarizační výstup pro mezisklady a Sklad1 ukazuje využití skladů, délky front či čekací čas. Jak lze vyčíst z obrázku 37, například v meziskladu MS3 je průměrně 0,055 kusu výrobku. Naopak mezisklady MS1, MS2 a MS4 jsou v určitý časový okamžik plně vytíženy. Jejich kapacita je 10ks a ze sloupce Maximum (maximální naplnění skladu) lze vyčíst, že tato kapacita byla plně využita. To není vhodné, protože v případě problému na stroji VR1, ST1 či KO1 není kde odložit kus navíc.

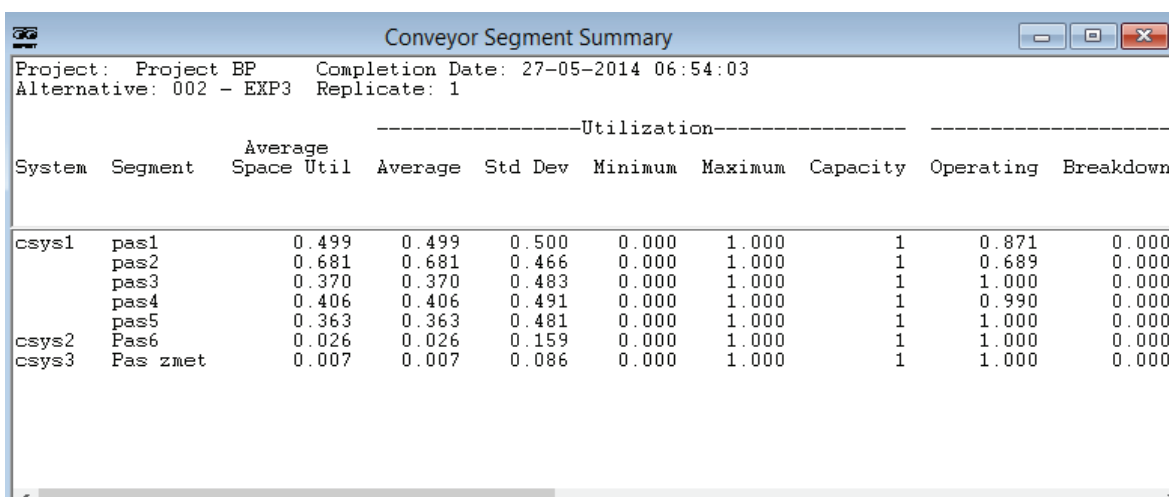


Pool	-----Utilization-----				-----Queue Length-----				-----Wa-----	
	Average	Std Dev	Minimum	Maximum	Average	Std Dev	Minimum	Maximum	Average	Std Dev
MS1	4.716	4.710	0.000	10.000	0.129	0.335	0.000	1.000	0.001	0.001
MS2	7.074	4.073	0.000	10.000	0.311	0.463	0.000	1.000	0.003	0.002
MS3	0.055	0.227	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MS4	4.949	3.262	0.000	10.000	0.010	0.099	0.000	1.000	0.000	0.001
Sklad1	41.717	30.022	19.000	119.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-----	-----

Obr. 37: Sumarizační výstup pro sklad1 a mezisklad

- Sumarizační výstup pro pásové dopravníky

Sumarizační výstup pro pásové dopravníky, který je možno vidět na obrázku 38, uvádí průměrné využití, čekací časy, délky front a stavy jednotlivých pásových dopravníků a jejich segmentů. Je možno vidět, že i pásový dopravník, který dopravuje zmetky do skladu zmetků je využíván. Tedy 5% háčků je po tomto páse přesouváno.



Conveyor Segment Summary									
Project: Project BP		Completion Date: 27-05-2014 06:54:03							
Alternative: 002 - EXP3		Replicate: 1							
-----Utilization-----									
System	Segment	Average Space Util	Average	Std Dev	Minimum	Maximum	Capacity	Operating	Breakdown
csys1	pas1	0.499	0.499	0.500	0.000	1.000	1	0.871	0.000
	pas2	0.681	0.681	0.466	0.000	1.000	1	0.689	0.000
	pas3	0.370	0.370	0.483	0.000	1.000	1	1.000	0.000
	pas4	0.406	0.406	0.491	0.000	1.000	1	0.990	0.000
	pas5	0.363	0.363	0.481	0.000	1.000	1	1.000	0.000
csys2	Pas6	0.026	0.026	0.159	0.000	1.000	1	1.000	0.000
csys3	Fas zmet	0.007	0.007	0.086	0.000	1.000	1	1.000	0.000

Obr. 38: Sumarizační výstup pro pásové dopravníky

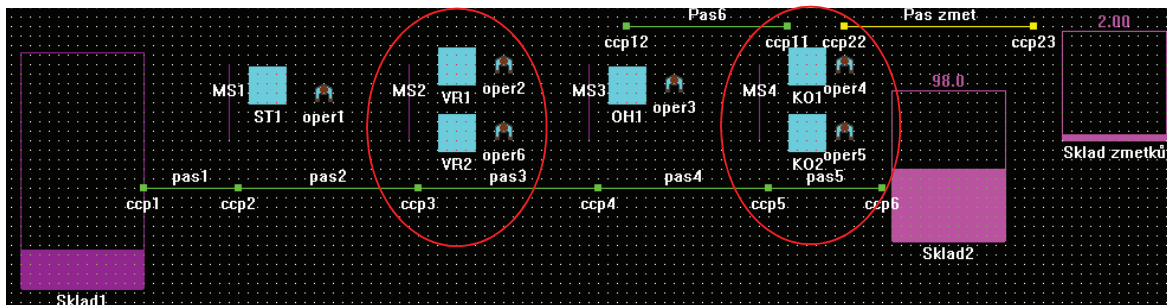
5.5 Návrh optimalizace výroby

Z výstupů simulačního modelu je vidět, že stroj KO1 má vytížení 95,7%. Naopak mezisklady rozpracované výroby jsou využívány v průměru z 40%. Proto je níže navržena alternativa pro danou výrobu.

5.5.1 Přidání strojů

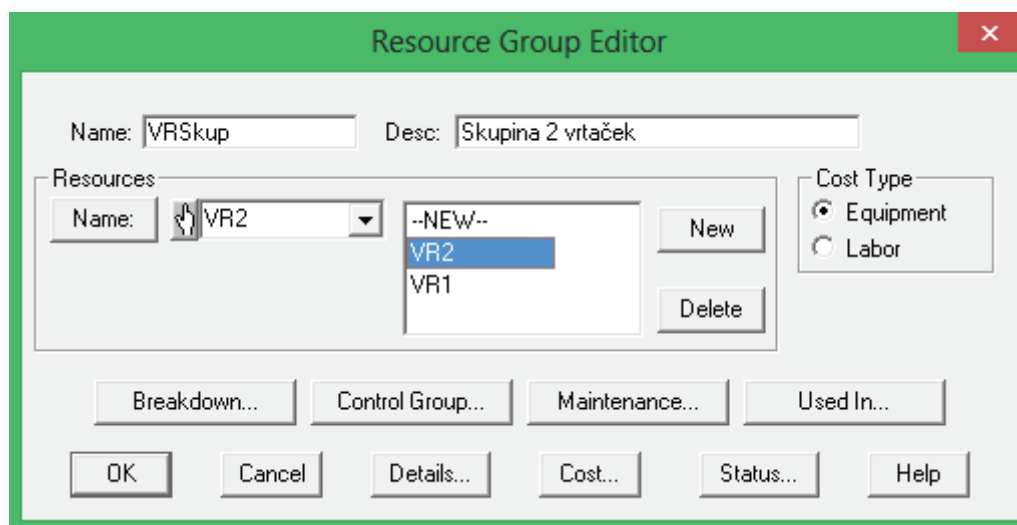
Z důvodu 95,7% využití stroje kontroly byl ke stroji KO1 přidán nový stroj KO2. Tento stroj je navržen o 75,8% méně výkonnější než KO1. Takto výkonný stroj je volen z ekonomických důvodů.

Po přidání stroje KO2 se snížilo využití stroje KO1 z 95,7% na 55,3%. Zvýšila se tím celková propustnost výroby. Nyní se výrobky rozdělují mezi tyto 2 stroje. Přidání stroje na stanoviště kontroly mělo za následek zvýšení využití vrtačky VR1 z 83,2% na 93,7%. Proto byl přidán nový stroj. Jedná se o vrtačku VR2 přidanou k VR1. Nová vrtačka je navržena o 96% méně výkonná než VR1. K nově navrženým strojům byli přidáni i další operátoři. Nové rozvržení výroby je ukázáno na obrázku 39.



Obr. 39: Nové rozvržení výroby (zvýrazněna jsou místa, kam byly zdroje přidány)

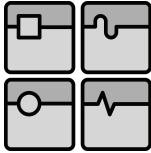
Stroje KO2 a VR2 byly do softwaru Factor/AIM přidány jako samostatné. Poté byly vytvořeny skupiny zdrojů – Resource group (Skupina zdrojů). Jedna skupina ze strojů KO1, KO2 a příslušných operátorů obsluhujících tyto 2 stroje. Druhá skupina byla vytvořena z vrtaček VR1 a VR2 a příslušných operátorů. Ukázka definování skupiny zdrojů v AIM viz obrázek 40.



Obr. 40: Definování skupiny zdrojů

5.5.2 Optimalizace meziskladů rozpracované výroby

Původní kapacita všech meziskladů rozpracované výroby byla stanovena na 10ks. Ne všechny sklady však byly plně využívány. Po přidání strojů (KO2, VR2) se využití skladů ještě změnilo, proto byla navržena optimalizace kapacity těchto skladů. Obrázek 41, textový výstup z Factor/AIM, ukazuje průměrné využití meziskladů po přidání strojů. Lze vidět, že mezisklad MS4 je nevyužívaný (0 kusů). Proto byla snížena kapacita skladu na 2ks. Mezisklad byl ponechán pro případ problému na některém ze strojů kontroly (KO1 či KO2). U meziskladu MS2 je naopak vidět velmi vysoké využití. Ve sloupci průměrného využití (Average) je hodnota 3,712. To znamená, že průměrně v meziskladu byly necelé 4 kusy. Avšak ve sloupci maximálního počtu kusů v daném meziskladě (Maximum) je 10ks. Což značí, že v průběhu výroby



je v určitém časovém okamžiku plně využívána kapacita tohoto skladu. Problém by mohl nastat v případě zpomalení vrtaček (VR1, VR2), kdy by mohlo vzniknout úzké místo ve výrobě. Z tohoto důvodu bylo navrženo navýšení kapacity tohoto skladu na 15ks.

```
Project: Project BP      Completion Date: :
Alternative: 005 - EXP6  Replicate: 1

-----Utilization-----
Pool      Average  Std Dev  Minimum  Maximum
-----
MS1       2.363   2.292   0.000    7.000
MS2       3.712   3.294   0.000    10.000
MS3       0.295   0.518   0.000    2.000
MS4       0.000   0.000   0.000    0.000
```

Obr. 41: Využití mezikladů rozpracované výroby

Kapacita mezikladu MS3 byla snížena na 5ks, jelikož původní kapacita (10 ks) nebyla plně využívána. Meziklad rozpracované výroby pro stroj ST1 byl ponechán s původní kapacitou.

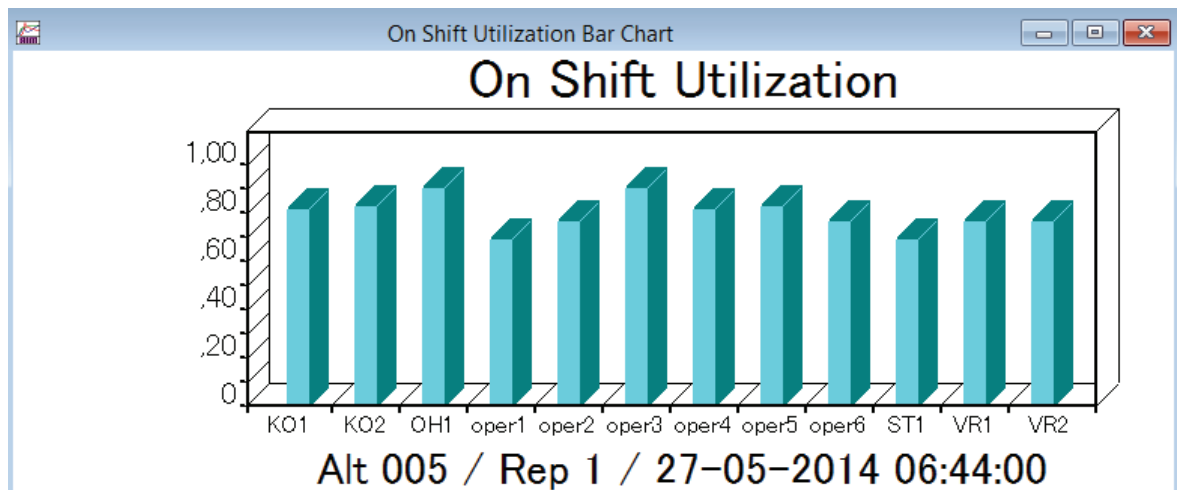
Optimalizací mezikladů se ušetřilo 8 skladových míst (původně byly 4 sklady á 10ks, nyní mají sklady rozlišné kapacity, ale v celku jsou pro 32ks).

5.5.3 Vyhodnocení výstupů

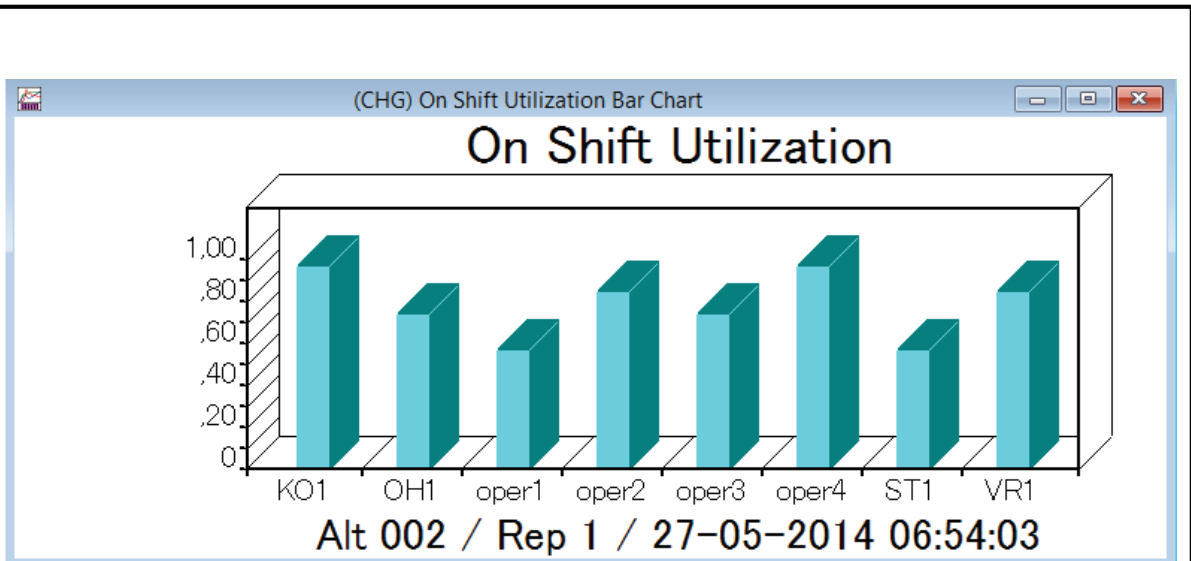
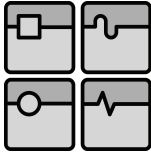
Zde jsou uváděny pouze některé výstupy, které vhodně ukazují vliv optimalizace výroby. Další výstupy jsou uvedeny v příloze.

- Využití zdrojů během směn

Obrázek 42 ukazuje využití zdrojů po přidání strojů i operátorů. Je vidět, že nyní jsou stroje využívány průměrně ze 78,5%. Původní stav je zobrazen na obrázku 43.



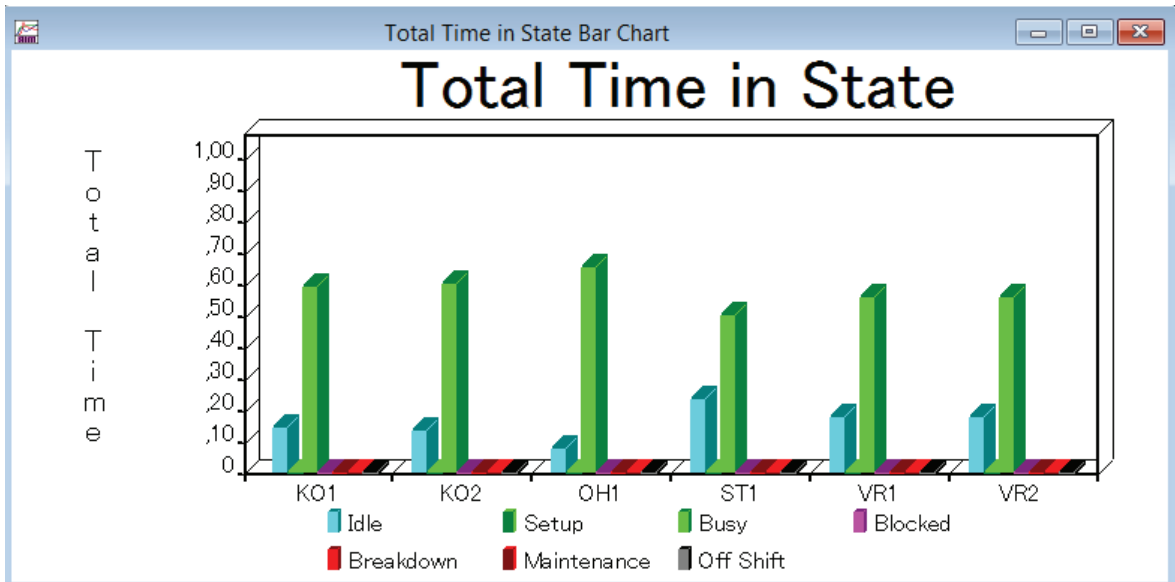
Obr. 42: Využití zdrojů po přidání strojů a operátorů



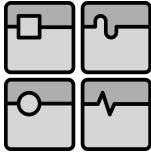
Obr. 43: Využití zdrojů

- Celkový čas setrvání strojů ve stavu

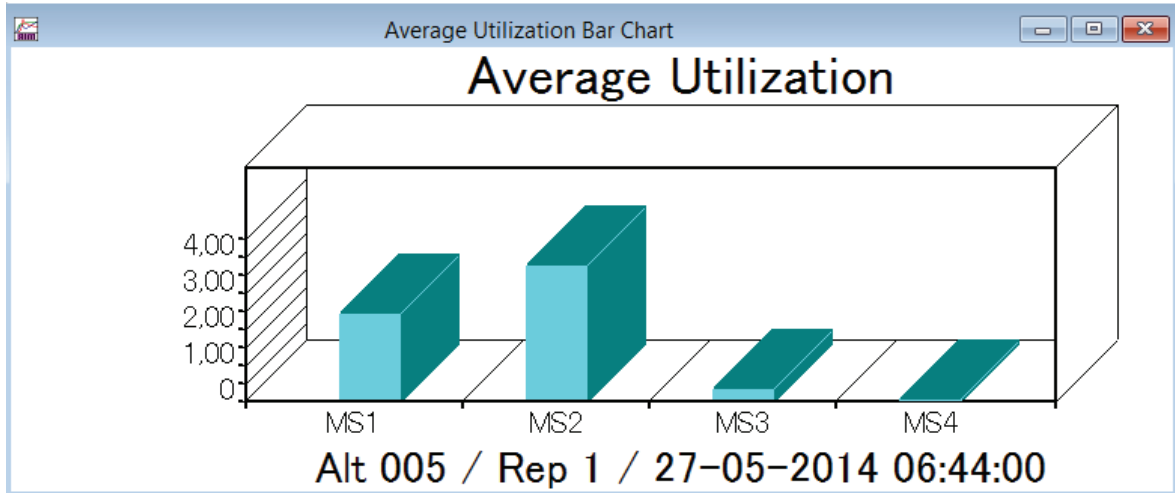
Jelikož se v tomto modelu nepočítá s poruchami (Breakdown) a opravami (Maintenance) strojů (viz obr. 44), tak jsou tyto hodnoty nulové. Nulové hodnoty jsou i u položky odstavení stroje ze směny (Off shift).



Obr. 44: Celkový čas setrvání strojů ve stavu



- Průměrné využití meziskladů

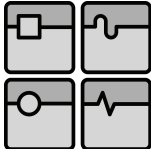


Obr. 45: Průměrné využití meziskladů – grafický výstup

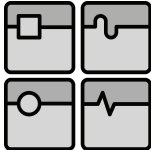
Stav po přidání strojů		Pool Summary				
Project: Project BP Completion Date: 27-05-2014						
Alternative: 005 - EXP6 Replicate: 1						
-----Utilization-----						
Pool	Average	Std Dev	Minimum	Maximum	Average	
MS1	2.363	2.292	0.000	7.000	0.000	
MS2	3.712	3.294	0.000	10.000	0.000	
MS3	0.295	0.518	0.000	2.000	0.000	
MS4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Původní stav		Pool Summary				
Project: Project BP Completion Date: 27-05-2014						
Alternative: 002 - EXP3 Replicate: 1						
-----Utilization-----						
Pool	Average	Std Dev	Minimum	Maximum	Average	
MS1	4.716	4.710	0.000	10.000	0.129	
MS2	7.074	4.073	0.000	10.000	0.311	
MS3	0.055	0.227	0.000	1.000	0.000	
MS4	4.949	3.262	0.000	10.000	0.010	

Obr. 46: Porovnání využití meziskladů před a po optimalizaci

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 57
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		

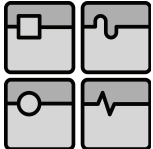
Přidání strojů a změna kapacit meziskladů rozpracované výroby záleží na manažerech podniku. Přidáním strojů se snížila pravděpodobnost vzniku úzkého místa ve výrobě. Změna kapacit meziskladů znamená získání více manipulačního prostoru. Z celkového počtu 40-ti skladových míst nyní stačí pouze 32 míst. Optimalizováním kapacit se docílilo i jistoty, že výrobek je možné uložit v případě problému na některém ze strojů. Každý mezisklad je nyní dimenzován tak, aby v něm bylo alespoň 1 místo navíc, právě pro případ nutnosti. Tím se také předchází tvorbě úzkých míst.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 58
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ZÁVĚR

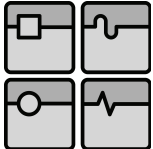
Jak bylo již uvedeno v úvodu, počítačová simulace může výrobním podnikům přinést mnoho výhod. Je možno modelovat již stávající výrobu a hledat v ní problémy, nebo modelovat doposud neexistující výrobu. Velkou výhodou je, že simulace probíhá pouze za pomoci počítače, bez přímého zásahu do provozu podniku. To je výhodné jak z ekonomického, bezpečnostního tak i časového hlediska. Někdy však může být i počítačová simulace časově náročná. Simulační model je třeba pozměnit při každé, i nepatrné změně, vstupních či výstupních údajů. Simulací získáváme konkrétní čísla, která jsou použitelná pouze pro účely, pro které byl model vytvořen. Spektrum využití simulace je velmi široké. Nepoužívá se pouze k simulaci již zmíněných výrobních procesů, ale například i k simulacím chemických reakcí či dopadům živelných katastrof. Systém Factor/AIM byl užit pro realizaci simulačního modelu výroby ohýbaných háčků. Jedná se o simulační software, využívající diskrétní simulaci, který v krátkém časovém horizontu podá uživateli informace o zkoumaném modelu v mnoha možných podobách výstupů.

Model výroby, který byl navržen pro účely této práce, pracuje i s daty, která nejsou v reálném světě pravděpodobná, ale byla užita pro lepší názornost průběhu výroby. Jedná se především o počty zmetků a chybně ohnutých kusů výrobků. Ze vstupních dat byl vytvořen počítačový model a byla provedena simulace. Zjistilo se, že jeden ze strojů je příliš přetěžovaný (využití je 95,7%). Z tohoto důvodu byla navržena alternativa, která zahrnuje pořízení 2 nových strojů. Nejprve byl navržen pouze jeden nový stroj, který pracuje souběžně s přetěžovaným strojem, ale bylo zjištěno, že touto změnou je přetěžovaný (využití 93,7%) další stroj. Proto byly navrženy celkem 2 nové stroje, které spolupracují s nejvíce zatíženými stroji. Při vypracování alternativy se změnilo i využití meziskladů rozpracované výroby, které jsou umístěny u každého stroje nebo skupiny strojů. Po optimalizaci jejich využití se snížila celková kapacita ze 40, při průměrné hodnotě vytížení 10,5%, na kapacitu 32 při průměrné hodnotě 5%. Bylo by tedy na zvážení manažerů daného podniku, zda se vyplatí pořídit další stroje a provést reorganizaci meziskladů. Z výsledků optimalizace výroby vyplývá, že se zlepšil tok výroby, jelikož se odstranila potenciální úzká místa.

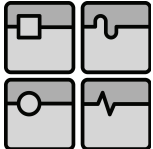
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 59
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

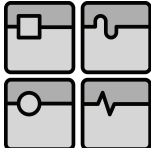
1. TOMEK, Gustav, Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-578-5.
2. MAKOVEC, Jaromír, et al. *Organizace a plánování výroby*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1993. ISBN 80-7079-171-3.
3. KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2001. ISBN 80-7179-471-6.
4. HARRISON, David K. *Systems for planning and control in manufacturing: systems and management for competitive manufacture*. 1st ed. Oxford: Newnes, 2002. ISBN 07-506-4977-1.
5. PINEDO, Michael L. *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*. 3rd ed. New York, NY: Springer, 2008. ISBN 978-0-387-78934-7.
6. VIDECKÁ, Zdeňka. *Řízení výroby*. 3. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2007. ISBN 978-80-7355-071-4.
7. FÁBRY, Jan, Tomáš HLADÍK, Martin DLOUHÝ, Martina KUNCOVÁ. *Simulace podnikových procesů*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 80-251-1649-2.
8. PROUD, John F. *Master scheduling: a practical guide to competitive manufacturing*. 3rd ed. Hoboken: John Wiley, 2007. ISBN 978-0-471-75727-6.
9. FIALA, Petr. *Modelování a analýza produkčních systémů*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-19-3.
10. RAIS, Karel. *Základy optimalizace a plánování*. 9. vyd. Brno: Ing. Zdeněk Novotný CSc., 2004. ISBN 80-7355-020-2.
11. RAIS, Karel. *Operační a systémová analýza*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská vydala v nakladatelství Ing. Zdeněk Novotný CSc., 2001. ISBN 80-214-1924-5.
12. RAIS, Karel, Radek DOSKOČIL. *Operační a systémová analýza I, 2. díl*. 1. vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2006. ISBN 80-214-3280-2.
13. LENORT, Radim. *Průmyslová logistika*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2584-7.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 60
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

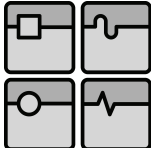
14. POSPÍŠIL, Petr. *Programový systém pro plánování a rozvrhování výroby*. Brno, 2007. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky.
15. PROKOP, Aleš. *Aplikace diskrétní simulace a oblasti podpory projektování dopravníkové techniky*. Brno, 2009. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky.
16. VÁŇOVÁ, Lucie. *Optimalizace systému řízení výroby*. Přerov, 2011. Diplomová práce. Vysoká škola logistiky o.p.s., Obor logistika.
17. ZICHA, Ondřej. *Lean management v konkrétním podniku*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, Obor podnikové hospodářství.
18. NĚMEC, Lukáš. *Zlepšení výrobního procesu ve strojírenské firmě*. Jihlava, 2013. Bakalářská práce. Vysoká škola polytechnická Jihlava, Katedra ekonomických studií, Obor finance a řízení.
19. JANÁČEK, Miroslav. *Ganttovy diagramy v SVG*. Praha, 2007. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra řídicí techniky, Obor kybernetika a měření.
20. VLČAN, Miroslav. *Zavedení štihlé výroby*. Brno, 2008. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, Katedra podnikového hospodářství.
21. SAŇKOVÁ, Klára. *Využití diskrétní číslicové simulace pro konstrukci stochastických modelů zaměřených na obsluhu zákazníka*. Praha, 2010. Bakalářská práce. Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta informatiky a statistiky.
22. *Výrobní systémy (pracovní verze)*. Liberec 2004. Učební texty. Technická univerzita v Liberci, Katedra výrobních systémů.
23. MALEGA, Peter. *Porovnanie systémov riadenia úzkých miest vo výrobnom procese*. Technická univerzita v Košiciach, Fakulta strojnícka [online]. Košice, 2013 [cit. 2013-11-24].
Dostupné z: <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/26-2013/pdf/152-157.pdf>
24. Citace z Wikipedie: otevřená encyklopedie. *Diskrétní simulace* [online]. 15. 9. 2013 [cit. 2013-11-24].
Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Diskr%C3%A9tn%C3%AD_simulace

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 61
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

25. Citace z Goldratt CZ. *Drum-Buffer-Rope* [online]. 2013 [cit. 2013-11-30]. Dostupné z: <http://www.goldratt.cz/teorie-omezeni-toc/nastroje-toc/drum-buffer-rope.html>
26. HANTA, Vladimír. *Model várkové linky na výrobu chloridu železnatého pro farmaceutické účely*. Humsoft – technické výpočty, řídicí technika, simulace [online]. Praha, 2013 [cit. 2013-11-24]. Dostupné z: <http://www2.humusoft.cz/www/papers/witkonf09/hanta.pdf>
27. MALAKOVI. *Logistické systémy 15/15* [online]. 31. 12. 2010 [cit. 2013-11-24]. Dostupné z: www.malakovi.cz/~jirka/log/LogistikeSystemy_P15.ppt
28. PERINGER, Petr. *Modelování a simulace - IMS, studijní opora*. Brno, 19. 11. 2008 [cit. 2013-11-24]. Dostupné z: http://subversion.assembla.com/svn/simulator_snt/trunk/studium/opora-ims.pdf
29. LOFFELMANN, Jiří. *Plánování podle typů výroby. Systém online* [online]. 2010 [cit. 2013-11-30] Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/řízení-vyroby/planovani-podle-typu-vyroby.htm>
30. MAAYTOVÁ, Alena. *Projektový management* [online]. 2013 [cit. 2013-24-11]. Dostupné z: http://www.verejna-politika.cz/index.php?option=com_rubberdoc&view=doc&id=113&format=raw
31. LENORT, Radim. *Průmyslová logistika*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2584-7.
32. Citace z SystemOnLine. *Trendy v plánování a řízení výroby II. díl* [online]. 2013 [2013-11-30]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/trendy-v-planovani-a-řízení-vyroby-ii-díl.htm>
33. JIRSA, Jiří. *Nástroje pro modelování a simulace výrobních procesů* [online]. 2013 [cit. 2014-01-08]. Dostupné z: http://cev.cemotel.cz/programovani_a_tvorba_sw_1975-2004/2004/065.pdf
34. Citace z Proverbs. *Promodel* [online]. 2011 [cit. 2014-01-08]. Dostupné z: <http://www.proverbs.cz/promodel/>
35. O'REILLY, Jean J., William R. LILEGDON. *Introduction to factor/AIM* [online]. [cit. 2014-01-08]. Dostupné z: <http://www.informs-sim.org/wsc99papers/026.PDF>
36. PIVOŇKA, Pavel. *Řízení projektů a řízení rizik – II. část Význam simulace a optimalizace při řízení* [online]. 2002 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/řízení-projektu-a-řízení-rizik.htm>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 62
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

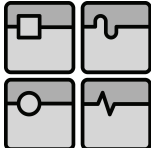
37. Citace z Wikipedia.org. *Computer simulation* [online]. 2014 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_simulation
38. DORDA, Michal. *Algoritmizace diskrétních simulačních modelů* [online]. [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace_3.pdf
39. MLČOCHOVÁ, Petra. *Případová studie zavádění just in time*. Brno, 2006. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, obor: Management.
40. Citace z wikipedie.org. *Just-in-time* [online]. 2014 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Just_in_time
41. KUBÍČKOVÁ, Lea. *Obchodní logistika*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. ISBN 80-7157-952-6.
42. HORÁKOVÁ, Helena. *Řízení zásob*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1998. ISBN 80-85235-55-2.
43. KLČOVÁ, Hana. *AROP – Online řízení výroby*. [online]. 2004 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.cvis.cz/hlavni.php?stranka=novinky/clanek.php&id=162>
44. Citace z: Arsiqua.cz. *Výhody systému AROP, Funkční specifikace, Provoz systému AROP* [online]. 2009 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.arsiqua.cz/>
45. Citace z: iSILOG.de. *Plant Simulation – Simulace výrobních logistických systémů* [online]. 2014 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.isilog.de/cs/produkte/produkte/plant-simulation.html>
46. HLOSKA, Jiří. *Transformace simulačního modelu ze SW SimPro so SW PlantSimulation*. Brno, 2010. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství.
47. Citace z: Gemma.cz. *Produkty Infor* [online]. 2013 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.gemma.cz/produkty-a-sluzby/infor-erp>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 63
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

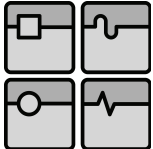
SEZNAM A ZDROJE OBRÁZKŮ A TABULEK

OBRÁZKY

1. Obrázek 1: Koloběh výrobních faktorů, zboží, služeb a kapitálu ve firmě - strana 11. Zdroj: KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 1.vyd. Praha: C. H. Beck, 2001. ISBN 80-7179-471-6.
2. Obrázek 2: : Transformované a transformující výrobní zdroje - strana 12. Zdroj: KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 1.vyd. Praha: C. H. Beck, 2001. ISBN 80-7179-471-6..
3. Obrázek 3: Přizpůsobení výrobku individuálním požadavkům zákazníka – strana 13. Zdroj: KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 1.vyd. Praha: C. H. Beck, 2001. ISBN 80-7179-471-6.
4. Obrázek 4: Základní fáze projektování výrobních systémů – strana 15. Zdroj: *Výrobní systémy (pracovní verze)*. Liberec 2004. Učební texty. Technická univerzita v Liberci, Katedra výrobních systémů.
5. Obrázek 5: Příklad simulace – model výrobní linky – strana 18. Zdroj: [online], [cit. 2014-23-03]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/řízení-vyroby/casopis/2006/virt1a.png>
6. Obrázek 6: Zjednodušený náčrt etap modelování a simulace – strana 20.
7. Obrázek 7: Náčrt průběhu spojité simulace – strana 21.
8. Obrázek 8: Ukázka průběhu diskrétní simulace – strana 22.
9. Obrázek 9: Fáze simulace a modelování se zaměřením na polohu verifikace a validace modelu – strana 23. Zdroj: GLOMBÍKOVÁ, V. *Počítačová simulace podnikových procesů* [online], [cit. 2014-09-01]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/predmety/PSI/Prednasky/prednasky_2011/prednaska_2011_2_A.pdf
10. Obrázek 10: Obr. 8: Jednoduché schéma tvorby simulačního modelu- strana 24. Zdroj: [online], [cit. 2014-09-01]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/predmety/CAD/prednasky/prednasky_dialkari_2012/nove_prevedenie/prednaska_2012_4.pdf
11. Obrázek 11: Ukázka uživatelského prostředí AROP – strana 25. Zdroj: [online], [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: http://www.mikros.cz/obrazky/arop_plan_velky.jpg

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 64
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

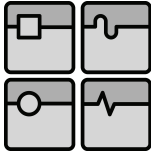
12. Obrázek 12: Uživatelské prostředí SW Plant Simulation - strana 26. [online], [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: http://4dsysco.com/images/Plant_Simulation_3D.jpg
13. Obrázek 13. Uživatelské prostředí SW Infor ERP LN – strana 27. [online], [cit. 2014-09-01]. Dostupné z: http://www.ccb.cz/data/images_aqua_prehledy/ln01_1_n.png
14. Obrázek 14: Příklad Ganttova diagramu – strana 30. Zdroj: JANÁČEK, Miroslav. *Ganttovy diagramy v SVG*. Praha, 2007. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra řídicí techniky, Obor kybernetika a měření.
15. Obrázek 15: Schéma Drum-Buffer-Rope – strana 31. Zdroj: NĚMEC, Lukáš. *Zlepšení výrobního procesu ve strojírenské firmě*. Jihlava, 2013. Bakalářská práce. Vysoká škola polytechnická Jihlava, Katedra ekonomických studií, Obor finance a řízení
16. Obrázek 16: Vztah průběžné doby výrobku a výroby – strana 32. Zdroj: TOMEK, Gustav, Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-578-5.
17. Obrázek 17: Souběžný způsob předávání dávek – strana 35. Zdroj: TOMEK, Gustav, Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-578-5.
18. Obrázek 18: Postupný způsob předávání dávek – strana 36. Zdroj: TOMEK, Gustav, Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-578-5.
19. Obrázek 19: Souběžný způsob předávání dávek – strana 36. Zdroj: TOMEK, Gustav, Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-578-5.
20. Obrázek 20: Grafické porovnání Pull a Push systémů – strana 39. [online], [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: http://elsmar.com/Pull_Systems/img010.jpg
21. Obrázek 21: Háček – strana 40.
22. Obrázek 22: Zjednodušené schéma výroby – strana 41.
23. Obrázek 23: Rozmístění výroby – strana 42.
24. Obrázek 24: Definování výrobku – strana 43.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 65
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

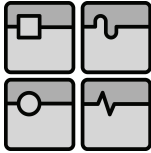
25. Obrázek 25: Definování objednávky – strana 44.
26. Obrázek 26: Dialogové okénko pro definování zdrojů – strana 44.
27. Obrázek 27: Procesní plán – strana 45.
28. Obrázek 28: Move-Between krok – strana 46.
29. Obrázek 29: Pracovní krok Operace/Seřízení – strana 46.
30. Obrázek 30: Využití zdrojů během směn – strana 47.
31. Obrázek 31: Celkový čas setrvání zdroje ve stavu – strana 48.
32. Obrázek 32: Průměrné využití skladu a meziskladů – strana 48.
33. Obrázek 33: Závislost času na využitelnosti meziskladů a skladu1 – strana 49.
34. Obrázek 34: Ganttův diagram pro zdroje – strana 49.
35. Obrázek 35: Ganttův diagram pro výrobní dávky – strana 50.
36. Obrázek 36: sumarizační výstup pro zdroje a skupiny zdrojů – strana 51.
37. Obrázek 37: Sumarizační výstup pro sklad1 a mezisklady – strana 51.
38. Obrázek 38: Sumarizační výstup pro pásové dopravníky – strana 52.
39. Obrázek 39: Nové rozvržení výroby – strana 53.
40. Obrázek 40: Definování skupiny strojů – strana 53.
41. Obrázek 41: Využití meziskladů rozpracované výroby – strana 54.
42. Obrázek 42: Využití zdrojů po přidání strojů a operátorů – strana 55.
43. Obrázek 43: Využití zdrojů – strana 55.
44. Obrázek 44: Celkový čas setrvání strojů ve stavu – strana 56.
45. Obrázek 45: Průměrné využití meziskladů – grafický výstup – strana 56.
46. Obrázek 46: Porovnání využití meziskladů před a po optimalizaci – strana 57.

TABULKY

1. Tabulka 1: Porovnání softwarů – strana 28.
2. Tabulka 2: Výrobní časy jednotlivých operací – strana 41.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

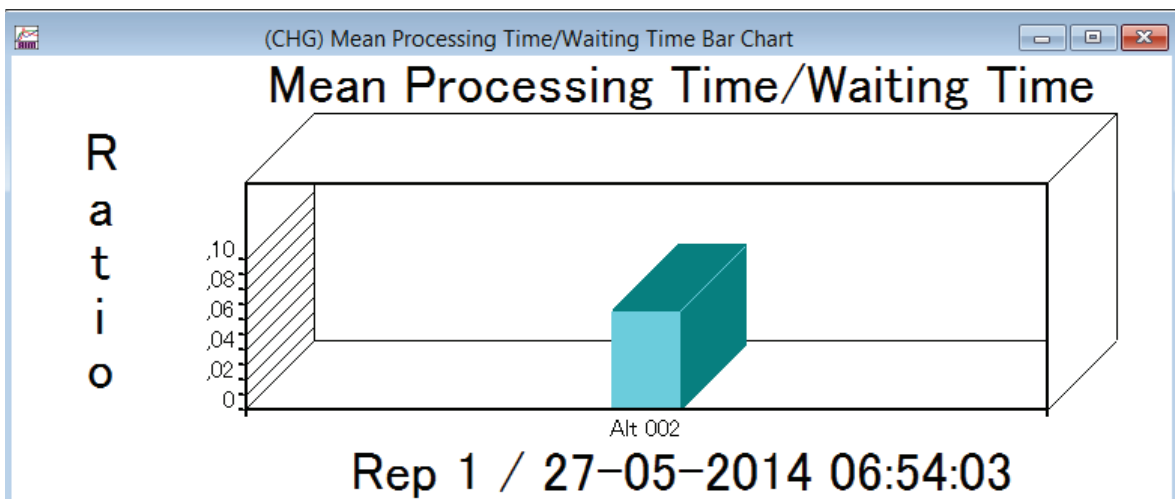
Zkratka	Jednotka	Popis
TOC	[-]	Theory of constraints (Teorie omezení)
JIT	[-]	Just In Time (právě včas)
MRP	[-]	Material Requirement Planning (plánování požadavků materiálů)
MRPII	[-]	Manufacturing Resource Planning (plánování výrobních zdrojů)



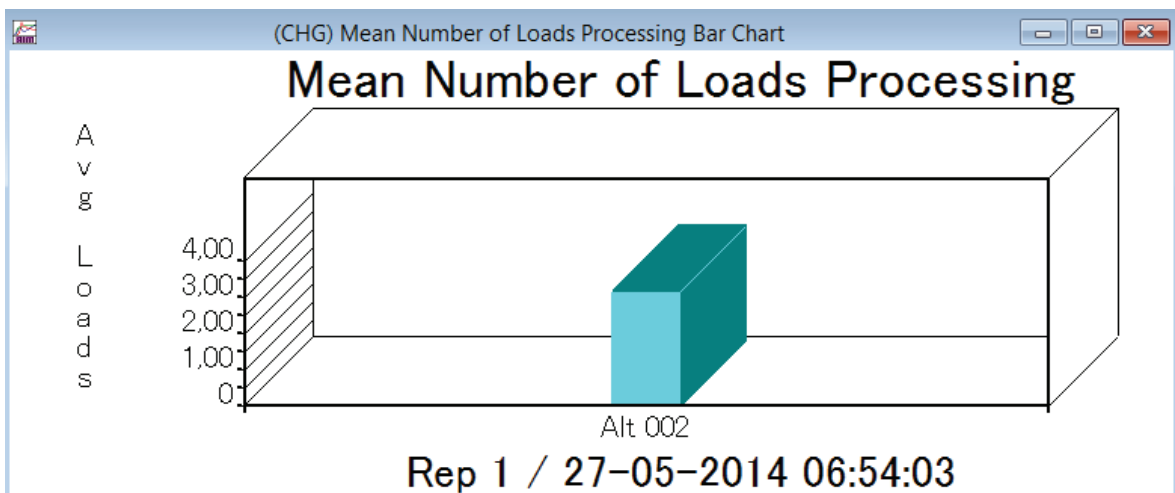
PŘÍLOHA

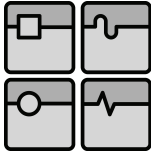
V příloze jsou uvedeny další grafické výstupy ze simulačního modelu. Dále jsou uvedeny některé výstupy pro optimalizovanou výrobu (po přidání strojů).

- Průměrný operační čas/čekací čas

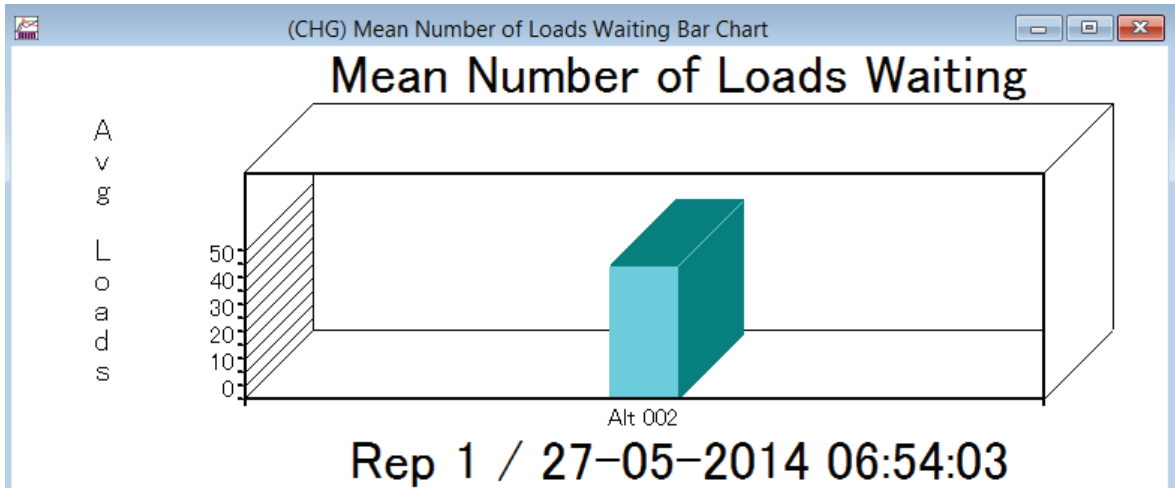


- Průměrný počet dávek v procesu

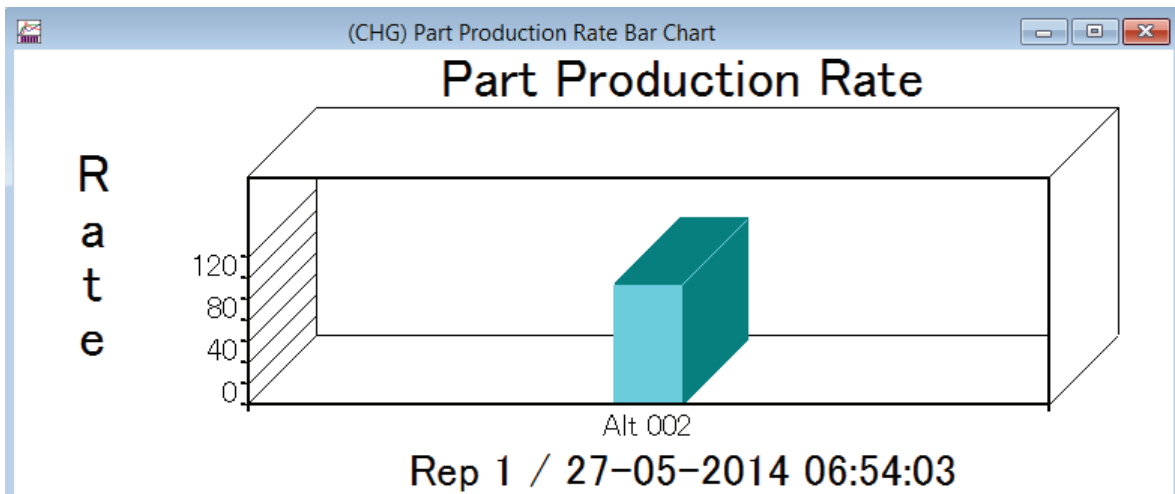


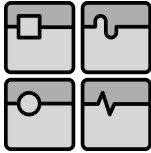


- Průměrný počet čekajících dávek

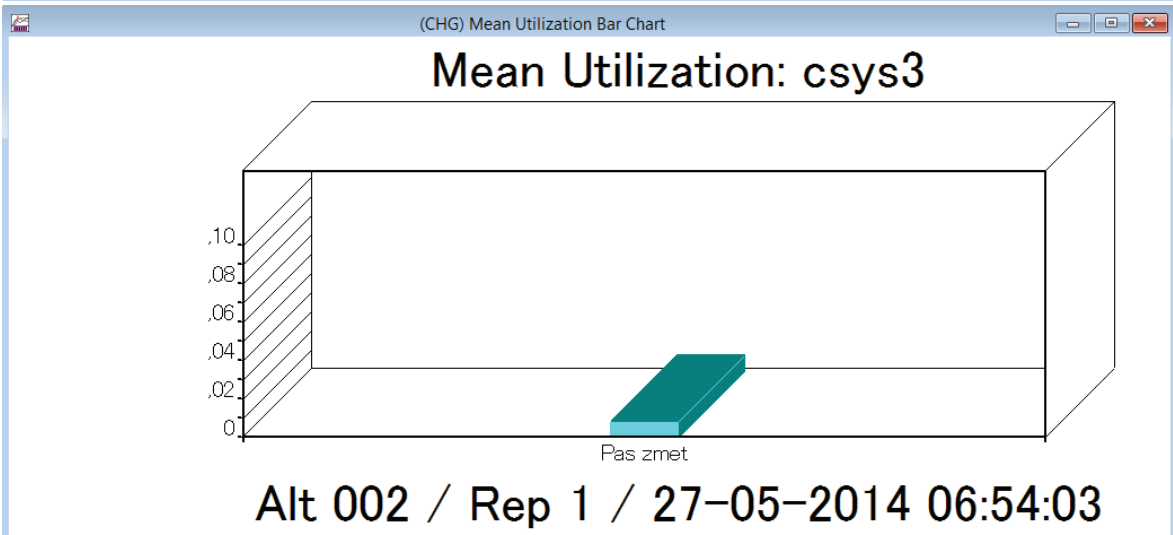
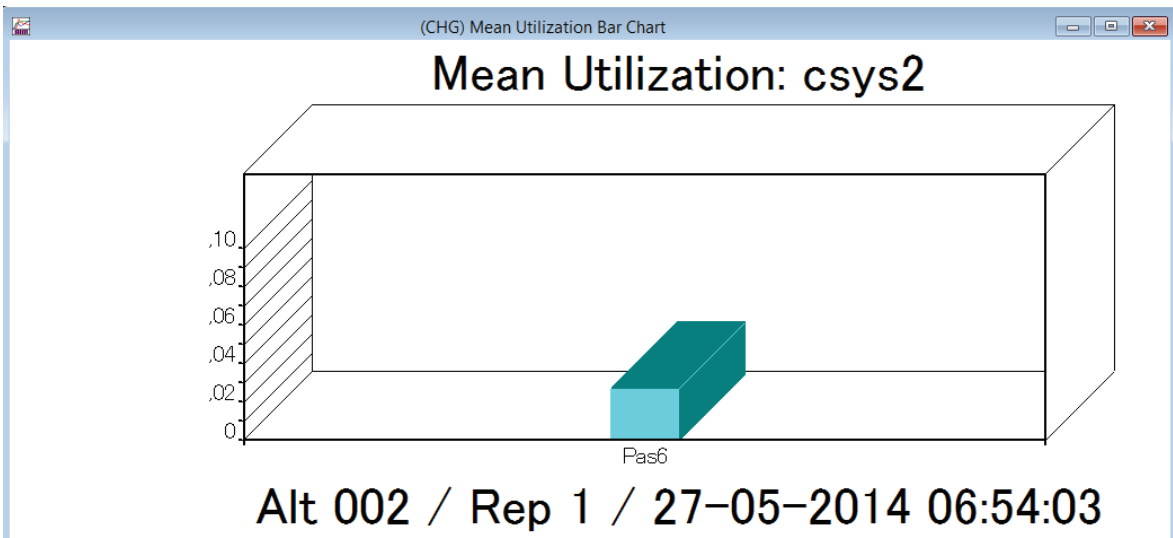
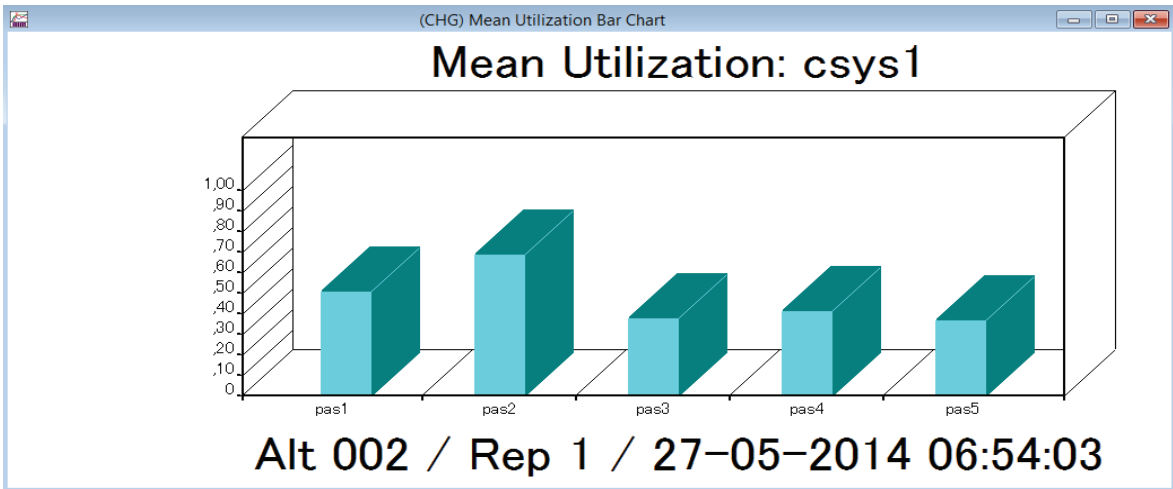


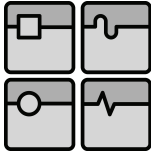
- Propustnost systému



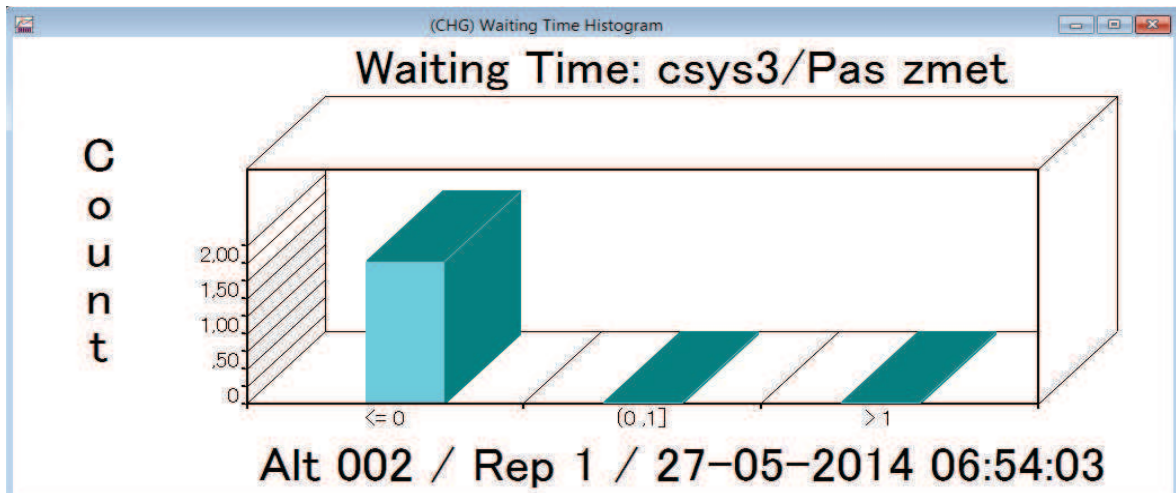
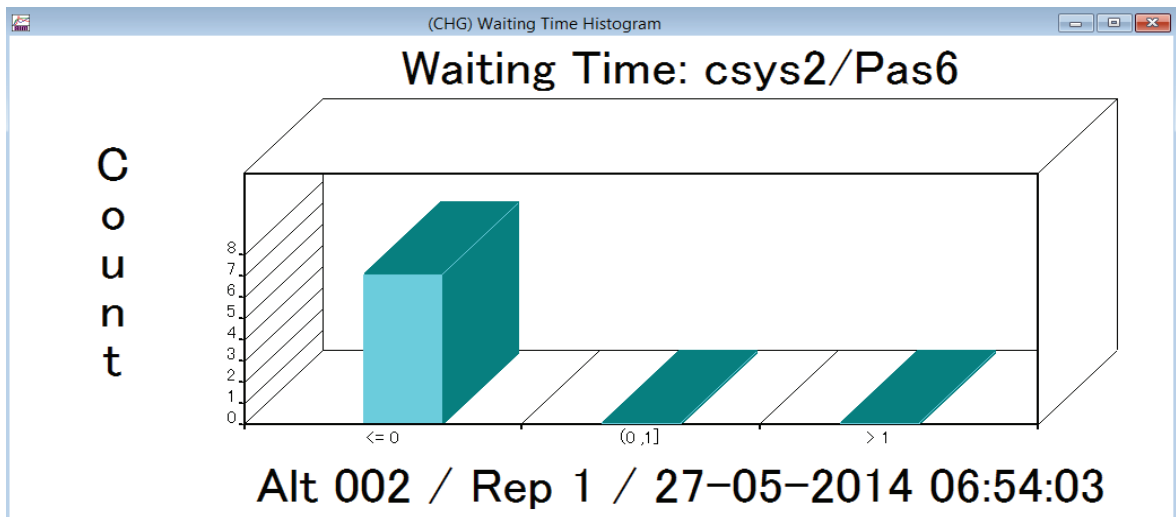
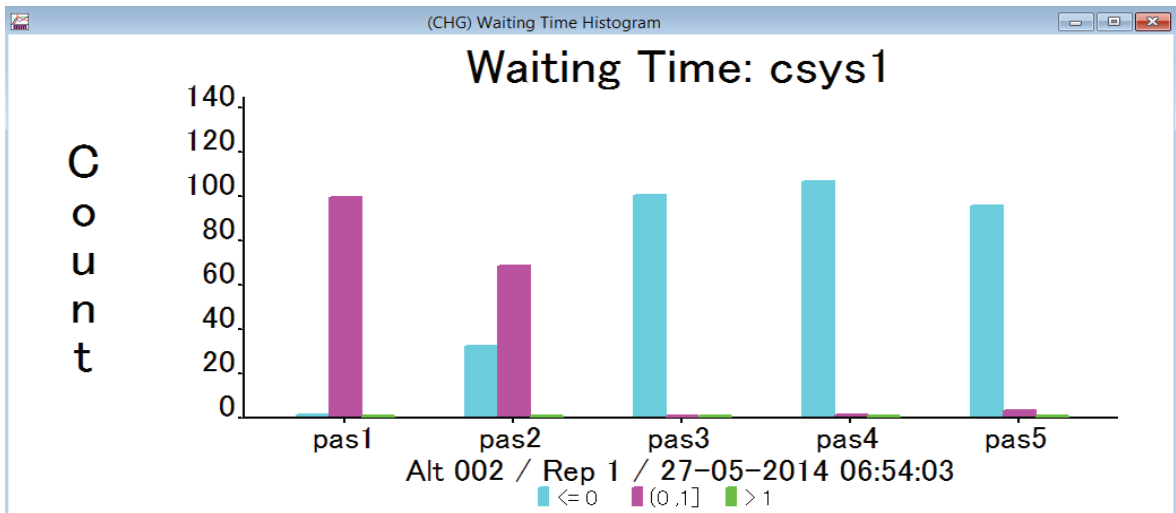


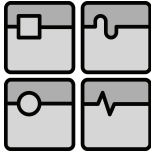
- Průměrné využití – systém pásových dopravníků csys1, csys2 a csys3



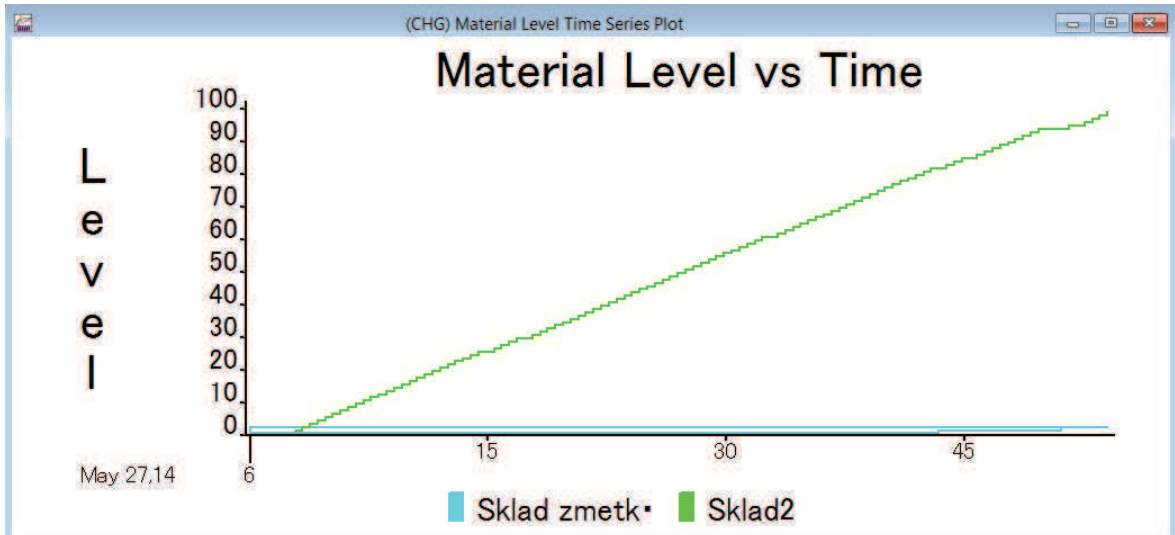


- Čekací čas – systém pásových dopravníků csys1, csys2 a csys3

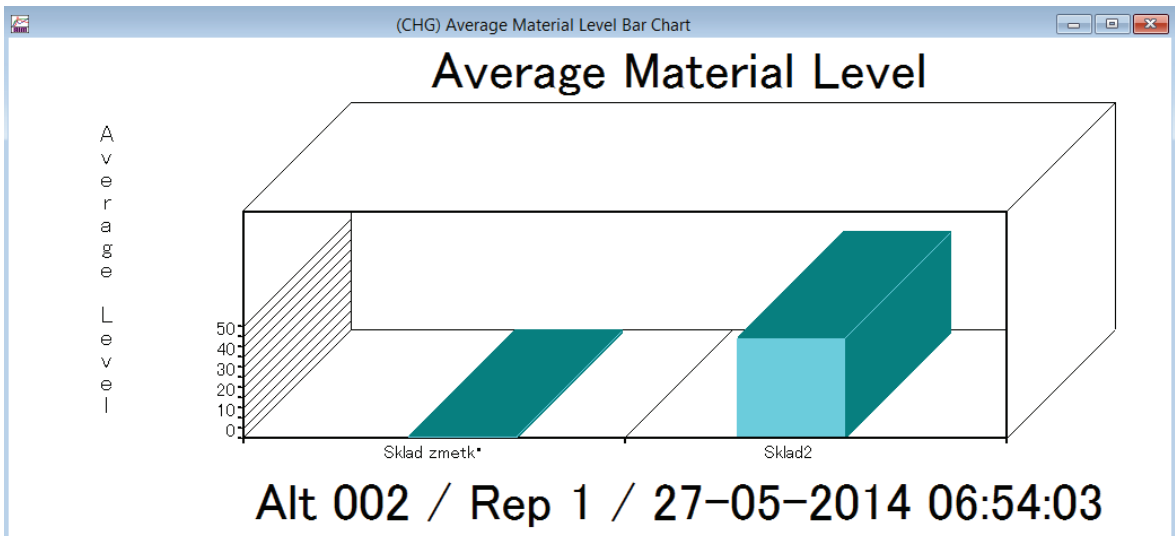


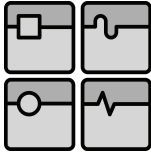


- Uvolnění materiálů v závislosti na čase

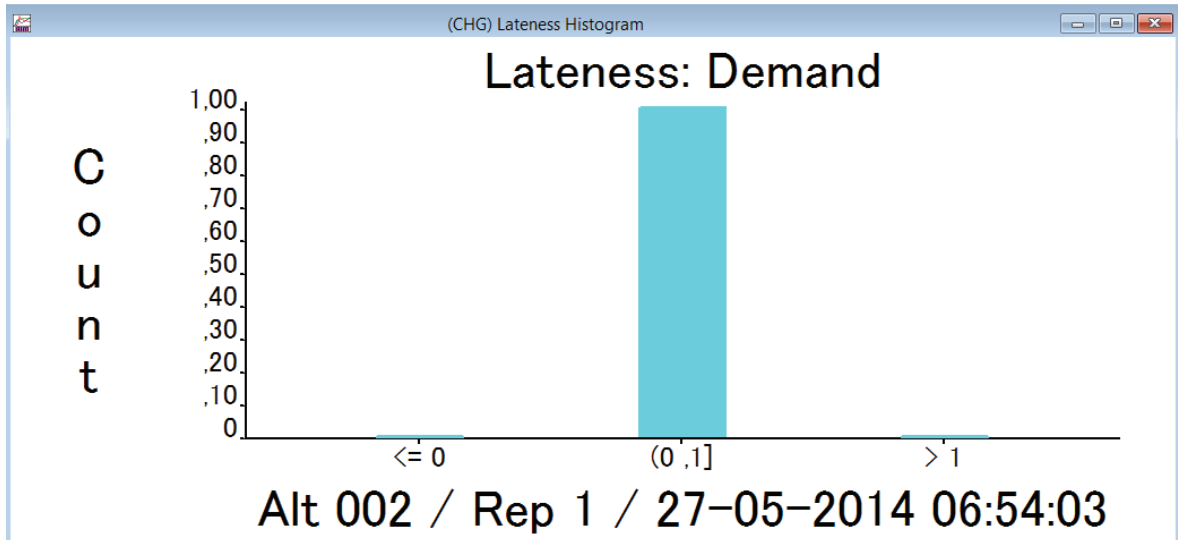


- Průměrná hladina materiálů

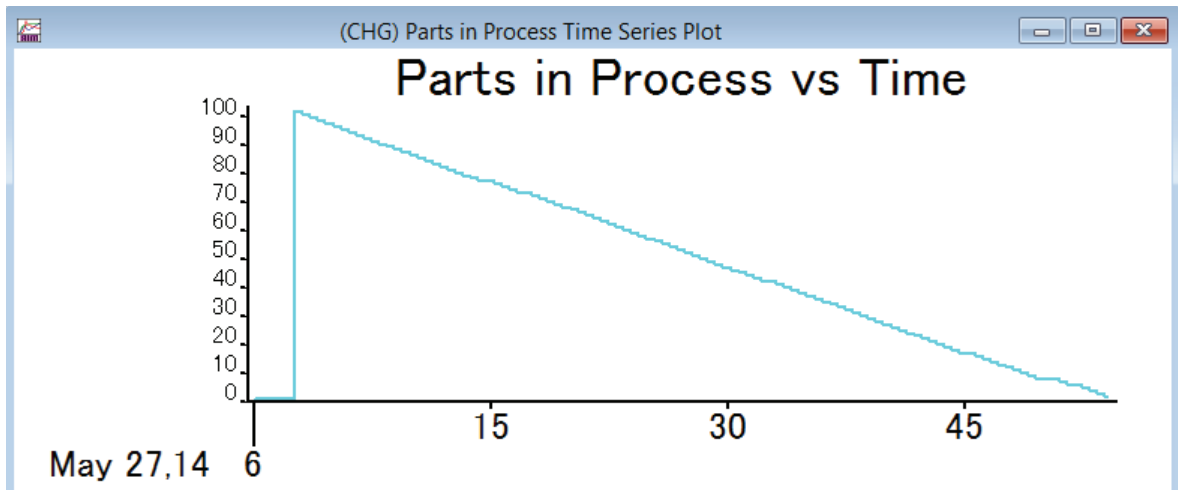


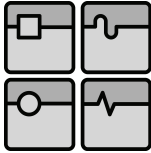


- Opoždění požadavku Demand

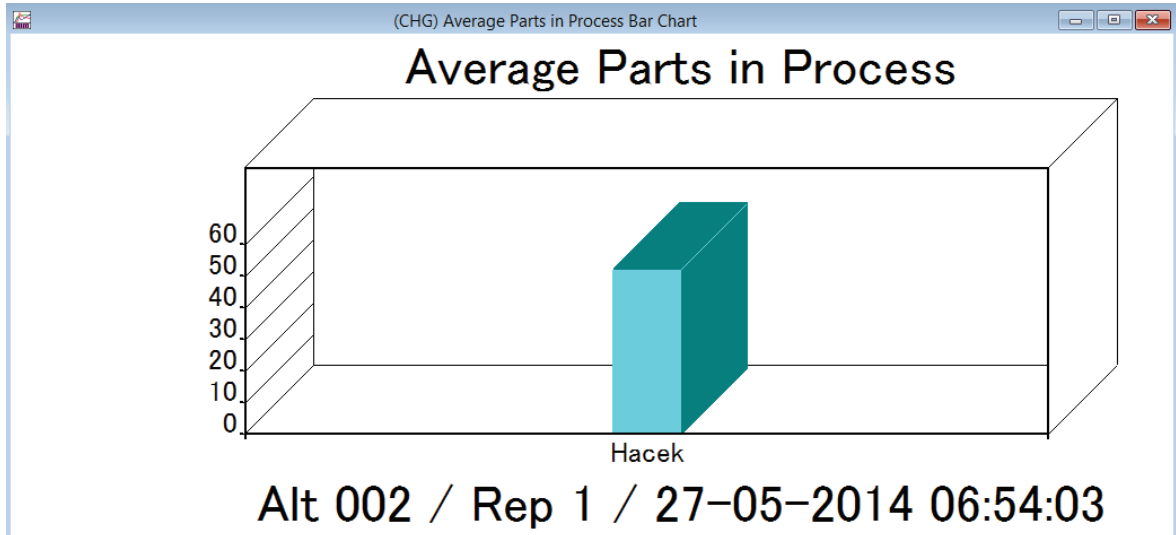


- Počet kusů v procesu výroby v závislosti na čase

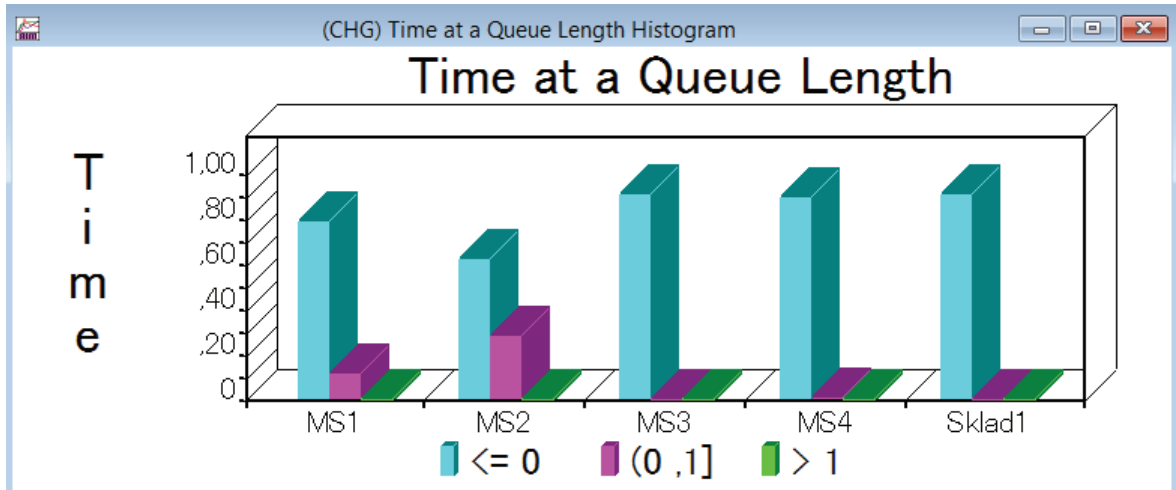


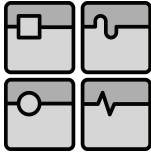


- Průměrný počet kusů v procesu výroby

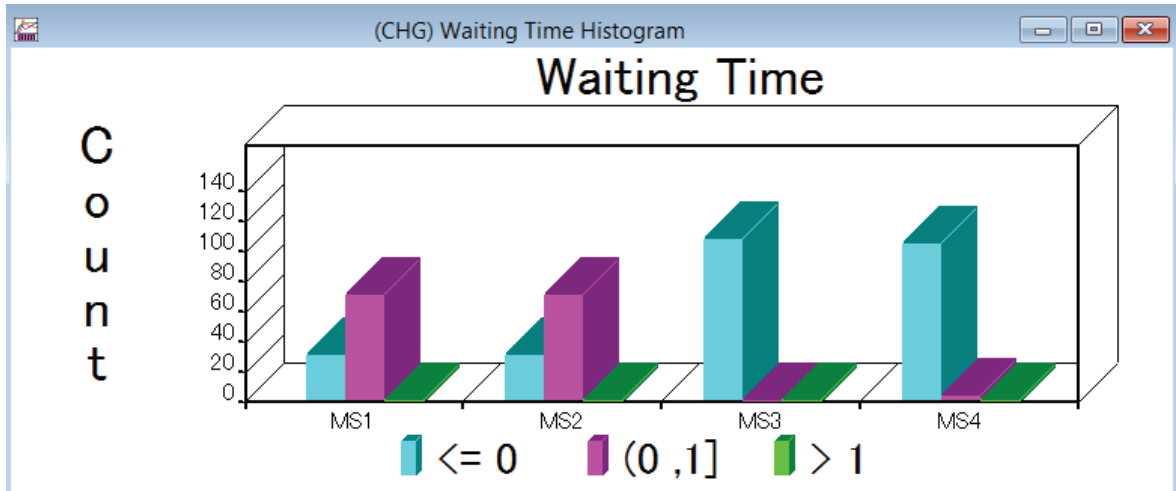


- Čas v závislosti na délce fronty u jednotlivých skladů a skladu polotovaru

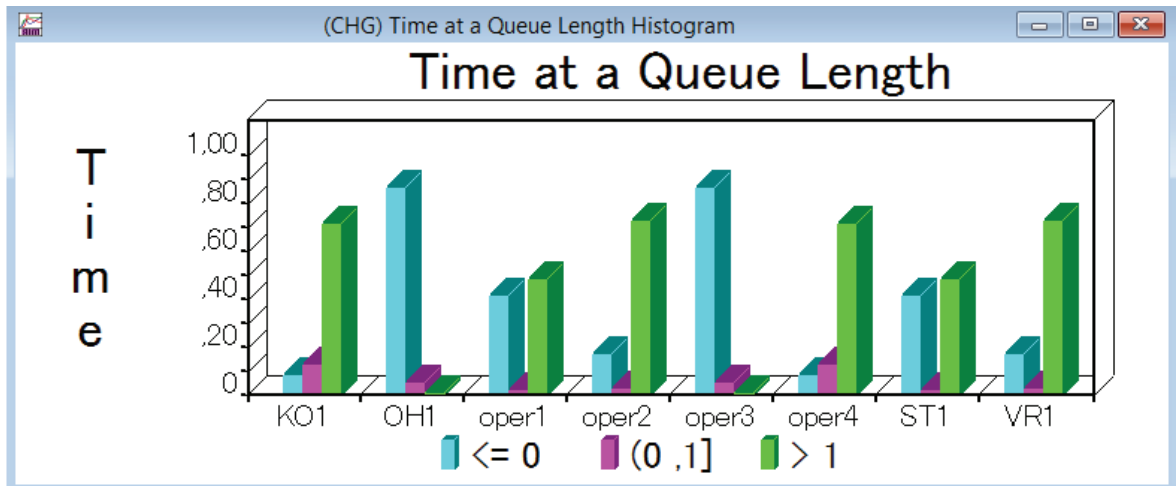


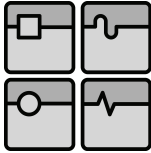


- Čekací čas meziskladů a skladu polotovarů Sklad1

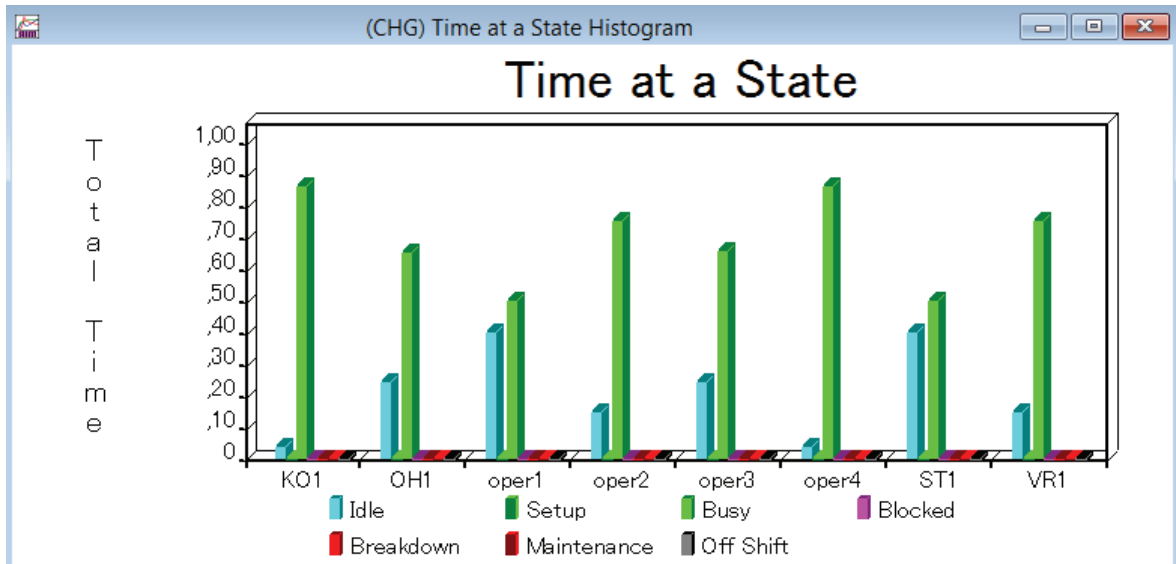


- Čas v závislosti na délce front u strojů a operátorů

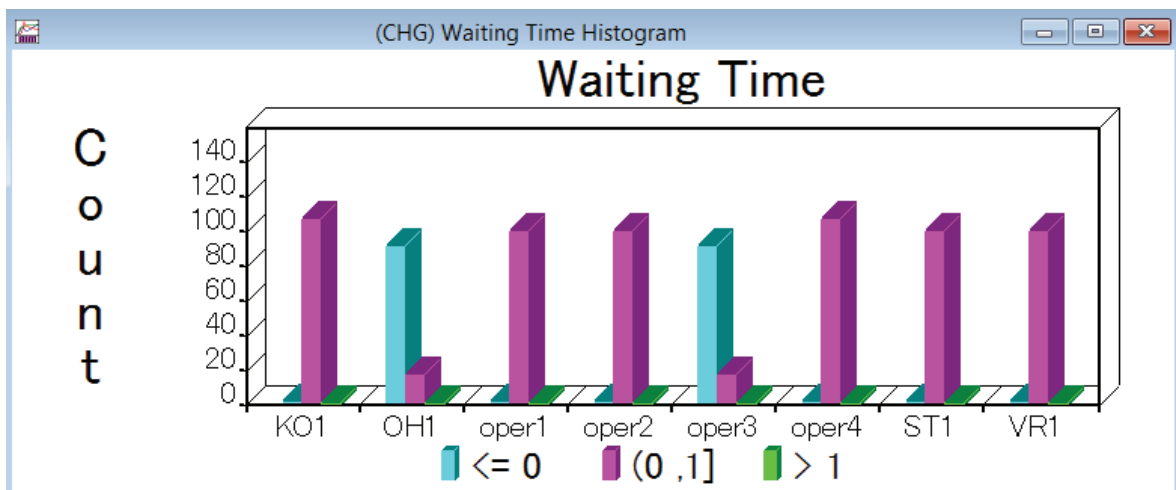


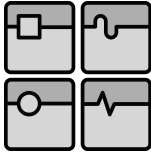


- Čas setrvání zdroje ve stavu



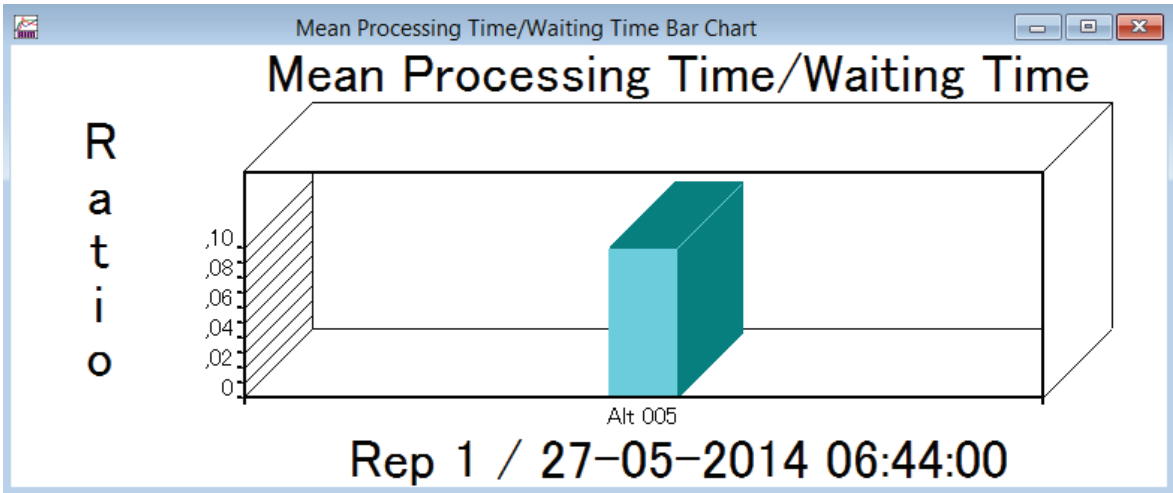
- Čekací doba zdrojů



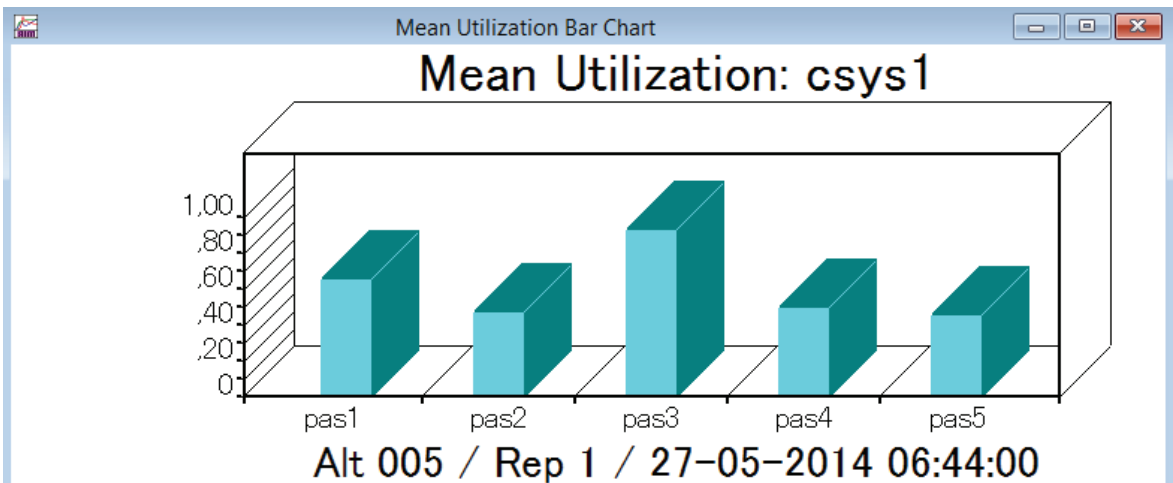


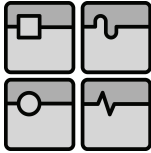
Výstupy optimalizovaného modelu – vykreslena je většina výstupů, které se liší od původního modelu.

- Průměrný operační/čekací čas

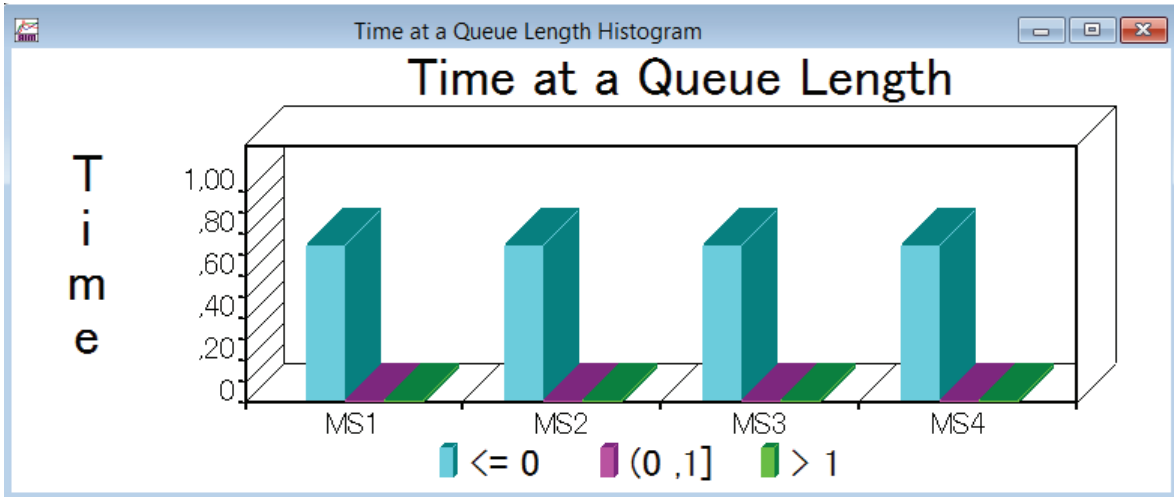


- Průměrné využití – systém pásových dopravníků csys1, csys2 a csys3

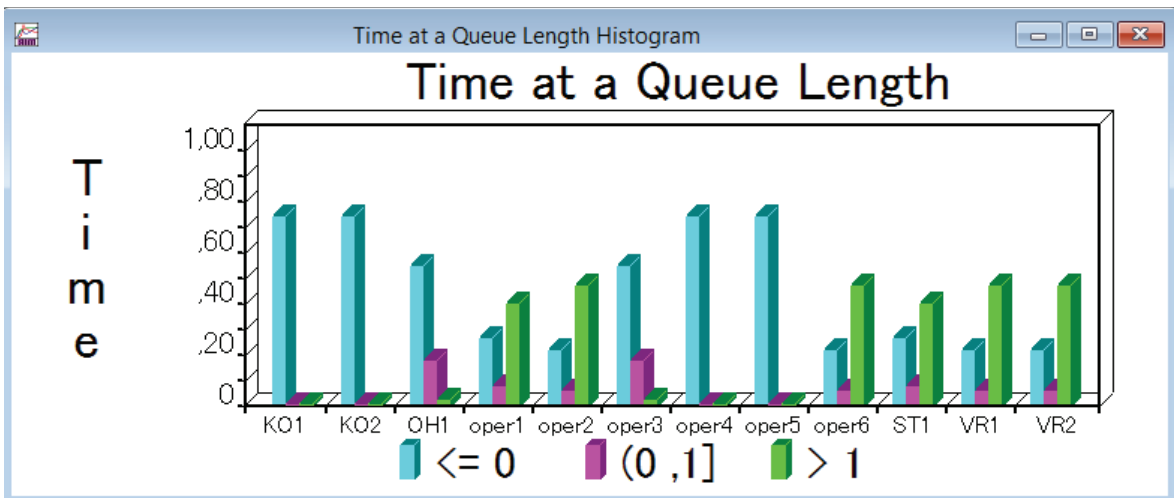


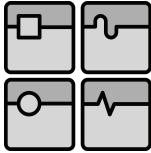


- Čas v závislosti na délce fronty u jednotlivých meziskladů

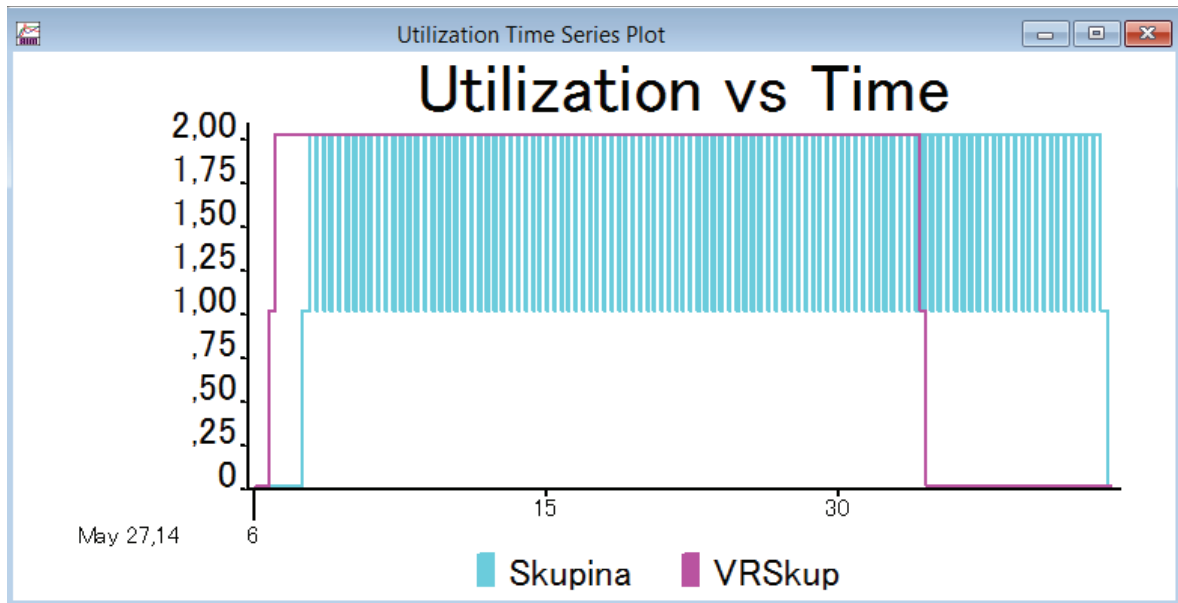


- Čas v závislosti na délce front u strojů a operátorů

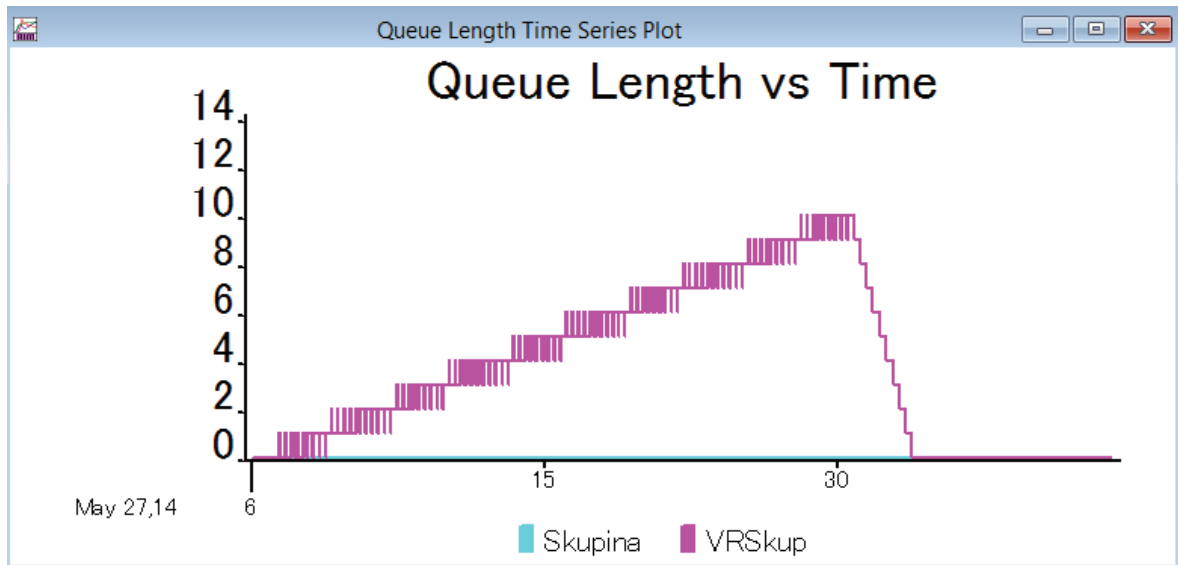


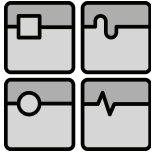


- Využití skupiny strojů KO1 + KO2 (Skupina) a skupiny strojů VR1 + VR2 (VRSkup) v závislosti na čase

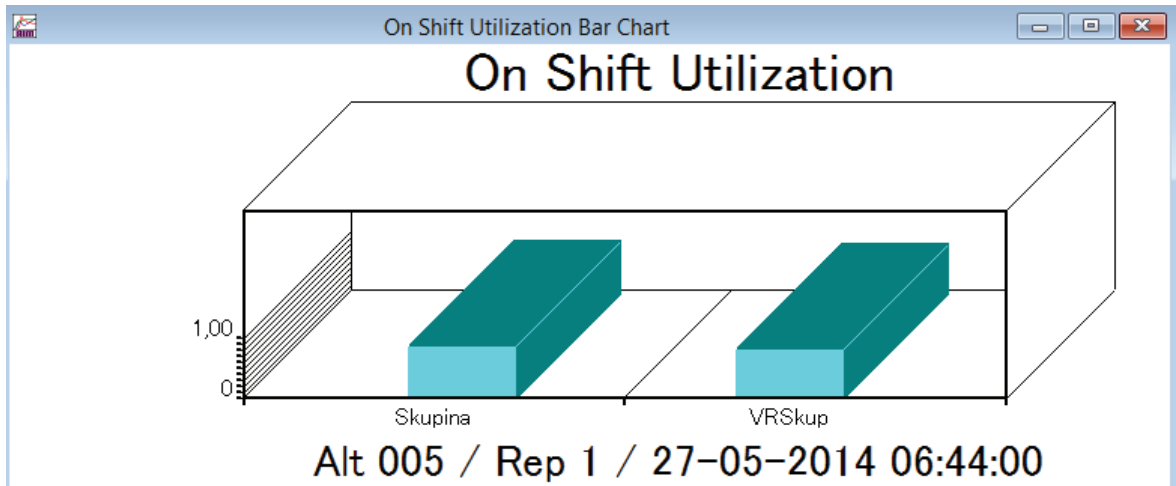


- Délka front vs čas (Skupina = KO1+KO2, VRSkup = VR1 + VR2)

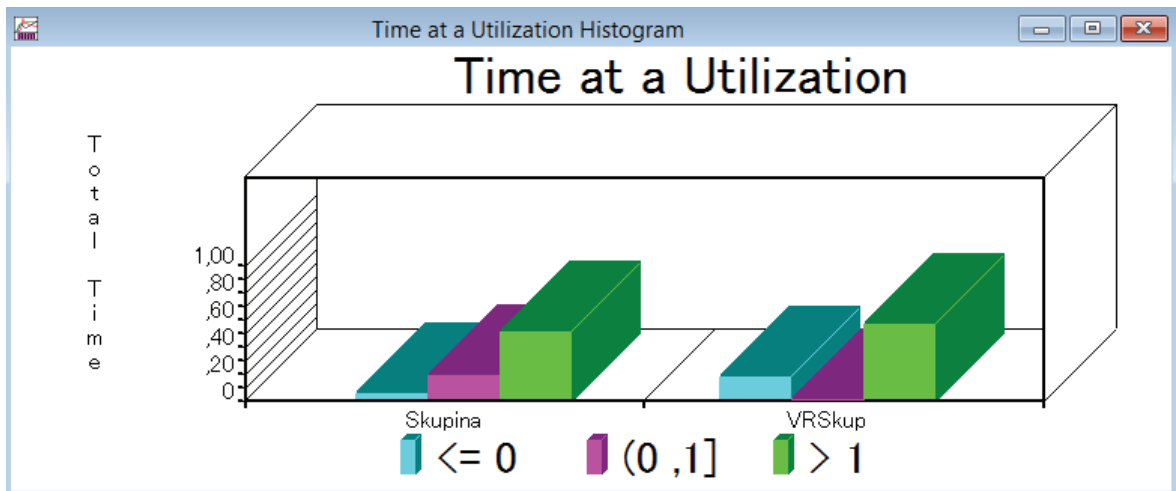


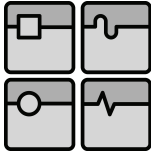


- Využití skupin zdrojů v průběhu směn



- Čas v závislosti na využití skupin zdrojů





- Celkový čas setrvání skupin zdrojů ve stavu

