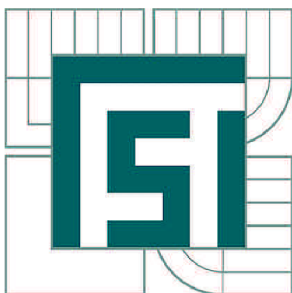


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY**

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

NÁVRH A SIMULACE VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ ZA VYUŽITÍ SIMULAČNÍHO SOFTWARE PRO POKROČILÉ PLÁNOVÁNÍ A ROZVRHOVÁNÍ

DESIGN AND SIMULATION OF MANUFACTURING SYSTEMS USING SIMULATION SOFTWARE
FOR ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JOSEF CHALUPA

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): Josef Chalupa

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:

Návrh a simulace výrobních systémů za využití simulačního softwaru pro pokročilé plánování a rozvrhování

v anglickém jazyce:

Design and simulation of manufacturing systems using simulation software for advanced planning and scheduling

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 problematiky diskrétní simulace výrobních systémů (VS)

Nastudování a zpracování informací o simulačních SW

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

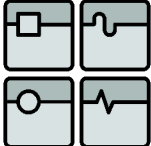
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

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

První část práce je zaměřena na základní pojmy týkající se výrobního procesu, typy plánování a rozvrhování výroby. Dále pak na metody a filozofické koncepte plánování a rozvrhování.

Druhá část práce se zabývá systémem APS a jeho implementací v simulačním softwaru Asprova. Pomocí softwaru Asprova je vytvořen simulační model, který je následně optimalizován.

Klíčová slova

Výrobní systém, plánování a rozvrhování výroby, koncepte systémů, APS, Asprova, dopředné a zpětné plánování

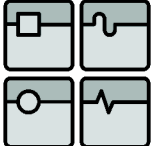
ABSTRACT

The first part of the work is focused on basic concepts relating to the manufacturing process and types of production planning and scheduling. Furthermore, the methods and the philosophical concept of planning and scheduling.

The second part of the thesis deals with the APS system and its implementation in the simulation software Asprova. Simulation model, which is subsequently optimized is created using the Asprova software.

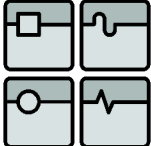
Key words

Production system, planning and scheduling, system conceptions, APS, Asprova, forward and backward planning

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

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CHALUPA, Josef. *Návrh a simulace výrobních systémů za využití simulačního softwaru pro pokročilé plánování a rozvrhování*. Brno 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. 51 s. příloh. Vedoucí práce Ing. Ivana Simeonovová.

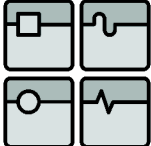
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh a simulace výrobních systémů za využití simulačního softwaru pro pokročilé plánování a rozvrhování** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

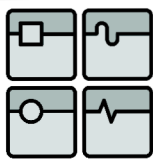
.....
Datum

.....
Josef Chalupa

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

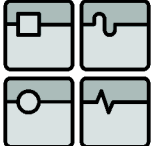
PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat paní Ing. Ivaně Simeonovové za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce.

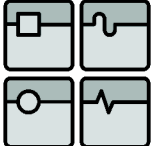
**OBSAH**

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ	6
PODĚKOVÁNÍ	7
OBSAH	8
ÚVOD	11
1 NÁVRH A SIMULACE VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ	12
1.1 Návrh výrobních systémů.....	12
1.2 Simulace	12
1.3 Výroba	12
1.4 Úzké místo a jeho podstata.....	12
2 PLÁNOVÁNÍ A ROZVRHOVÁNÍ VÝROBY	13
2.1 Plánování a plán	13
2.2 Rozvrhování a rozvrh	14
2.2.1 Rozvrh	14
2.3 Hlavní rozdíly mezi plánováním a rozvrhováním.....	15
2.4 Přerozvrhování	15
3 TYPY PLÁNOVÁNÍ A ROZVRHOVÁNÍ VÝROBY	16
3.1 Dopředné plánování a rozvrhování	16
3.2 Zpětné plánování a rozvrhování.....	16
4 KONCEPCE SYSTÉMŮ PLÁNOVÁNÍ A ROZVRHOVÁNÍ	17
4.1 MRP	17
4.2 MRP II.....	18
5 VÝROBNÍ FILOZOFIE	20
5.1 JIT.....	20
5.2 KANBAN.....	20
5.3 BOA	22
5.4 OPT	23
5.5 SEIBAN	23
6 SROVNÁNÍ VYBRANÝCH KONCEPCÍ	24
7 APS	26

7.1 Princip APS	26
7.2 ERP.....	28
7.3 Vztah mezi APS a ERP	28
7.4 Struktura systémů pro pokročilé plánování a rozvrhování výroby	28
7.5 Oblasti zlepšené s využitím APS	30
7.5.1 Operativní změny plánu	30
7.5.2 Kontrola omezujících podmínek	30
7.5.3 Online přehledy	30
7.5.4 Rozšiřování výroby	30
7.5.5 Nutnost plánovat rozpad kusovníků	30
7.6 Plánování s využitím APS a plánování bez využití APS	31
8 ASPROVA	33
8.1 Úvod do technologie výroby	33
8.2 Vyráběný produkt.....	34
8.3 Vstupní data.....	35
8.3.1 Integrated Master editor	35
8.3.2 Význam tabulky položek.....	37
8.3.3 Definice tabulky zdrojů	38
8.3.4 Plánování pracovní směny.....	39
8.3.5 Kalendář směn.....	39
8.3.6 Popis tabulky objednávek.....	39
8.4 Vyhodnocení výsledků	41
8.4.1 Zobrazení pomocí Ganttova diagramu	41
8.4.2 Grafické zatížení zdrojů	41
8.4.3 Zásoby v závislosti na čase	42
8.4.4 Vyobrazení objednávek.....	43
8.5 PŘEROZVRHOVÁNÍ	44
8.5.1 Návrh optimalizace výroby	44
8.5.2 Vyhodnocení alternativy s porovnání se stávajícím stavem výroby	45
ZÁVĚR.....	46
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	47
SEZNAM OBRÁZKŮ	50

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

SEZNAM TABULEK.....	50
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	51

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ÚVOD

V dnešní době představuje výroba složitý proces, který není jednoduché naplánovat. Jedním z řešení je využití simulačních nástrojů pro usnadnění rozhodování při plánování a rozvrhování výroby. Na počátku byly výstupy ze simulačních nástrojů pouze ve formě číselné. S vývojem techniky umožňují dnes simulační softwary i grafickou vizualizaci pro různá časová období a to jak zpětně, tak také i do budoucnosti.

Aby bylo možné efektivně využívat těchto simulačních nástrojů, je nutné znát základní metody plánování a rozvrhování výroby po teoretické stránce. Práce se zabývá základními a nepoužívanějšími koncepcemi v oblasti plánování a rozvrhování výroby. Dále pak vytvořením jednoduchého modelu výrobního procesu pomocí simulačního softwaru Asprova, vygenerováním výsledků a optimalizací výroby.

1 NÁVRH A SIMULACE VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ

1.1 Návrh výrobních systémů

Výrobní systémy lze chápat jako vytvoření optimální cesty přes všechny stroje, které jsou nutné k výrobě produktu. Snahou systému je kvalitněji, rychleji, jednodušeji a levněji ovládat a řídit výrobu.

1.2 Simulace

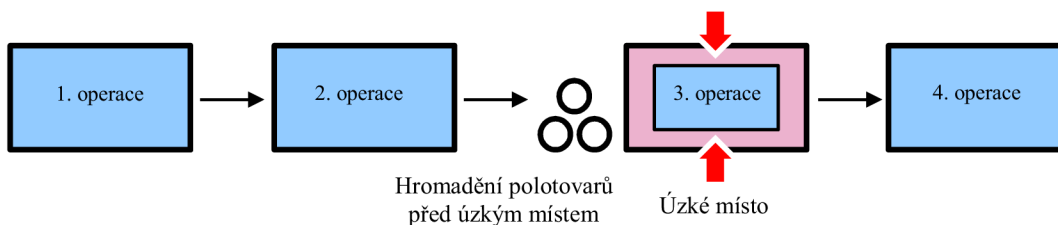
„Simulace je proces experimentování s vhodnou reprezentací simulačního modelu. Cílem simulace je analýza chování systému v závislosti na počátečním stavu, vstupních veličinách a hodnotách parametrů“ [17].

1.3 Výroba

Výrobu si lze představit jako přeměnu a přizpůsobování pracovních předmětů pomocí pracovních prostředků při aktivní účasti lidské pracovní síly [2].

1.4 Úzké místo a jeho podstata

Úzké místo je každý zdroj ve výrobě o určité kapacitě a tato kapacita se rovná nebo je menší než požadavky kladené na zdroj. Pokud by úzké místo neexistovalo, mohla by výroba vytvářet nekonečné množství výrobků neomezenou rychlostí. Velikost výroby v každém podniku se tedy rovná vytíženosti úzkého místa. Proto nemá význam zásobovat výrobu více materiálem, než může projít úzkým místem. Je-li našim cílem získat největší využití výrobního systému, musíme zajistit maximální využití úzkého místa [14].



Obr. 1 Schéma úzkého místa.

2 PLÁNOVÁNÍ A ROZVRHOVÁNÍ VÝROBY

Plánování a rozvrhování jsou velmi podobné pojmy, avšak je mezi nimi podstatný rozdíl. Na první pohled není rozdíl patrný, avšak dost důležitý. Plánování a rozvrhování můžeme rozdělit na externí (plán) a interní (rozvrh). Plánování výroby se zaměřuje na požadavky zákazníka a pracuje s údaji z celého podniku. Plánování určuje, kolik je třeba vyrobit nebo nakoupit. Jedná se o externí proces. Rozvrhování výroby se zabývá pouze výrobou. Jde tedy o interní proces, kde základem je rozdělení výroby na detailní strukturu a určení celkového počtu operací. Plánování a rozvrhování je pro výrobu velice důležité a měly by být vzájemně synchronizované.

2.1 Plánování a plán

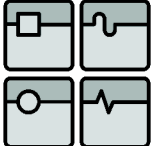
Plánování vytváří hrubé uspořádání výroby napříč celým kusovníkem v určitém časovém období. „Plán je posloupnost akcí, které musíme aplikovat, aby se systém podléhající plánování dostal z nějakého počátečního stavu do stavu koncového“ [15].

The image shows two screenshots of a software application used for production planning. The top window, titled "Aggregate Sales Plan table - Standard (Training)", displays a table with columns: Customer, Item, Type, Qty, Start time, Period, Assignment resource, and Calendar resource. It lists two items: AX100 and BX100, both with a quantity of 120 and a start time of 2006/10/0, with a period of 12 months. The bottom window, titled "Daily sales plan table - Midterm (Training)", shows a detailed daily plan for item AX100. It has columns for Item, Month, Type, Qty, and days of the month (1-13). The data shows a forecast of 4 units per day, with some days having 3 units. A callout box labeled "Load-levelling" points to the bottom window.

Customer	Item	Type	Qty	Start time	Period	Assignment resource	Calendar resource
1	Custom AX100	Company forecas	120	2006/10/0	12 mon		Daily value calculation
2	Custom BX100	Company forecas	120	2006/10/0	12 mon		Daily value calculation

Item	Month	Type	Qty	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	10	Company forecast			4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4
2	11	Company forecast		4	4	4	4		4	4	3	4	4	4		4
3	12	Company forecast		4	4		4	4	4	4	3	4		4	4	4
4	1	Company forecast		4	4	4	4	4	4		3	4	4	4	4	4
5	2	Company forecast		4	4	4		4	4	3	4	4	4		4	4
6	3	Company forecast		3	4	4		4	4	4	4	3	4		4	4

Obr. 2 Plán [29].

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

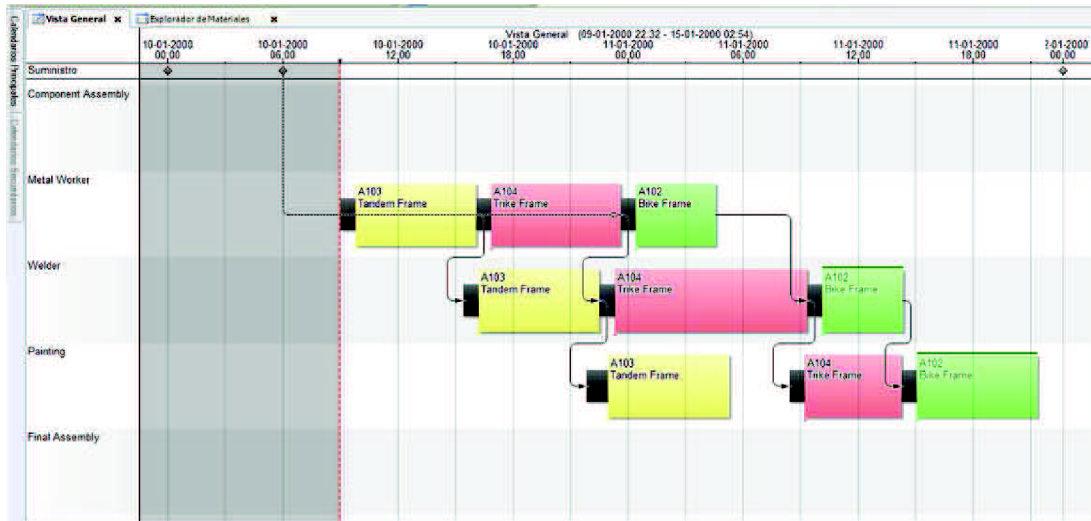
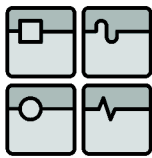
2.2 Rozvrhování a rozvrh

Rozvrhování je disciplína, ve které se snažíme přiřadit zdroje a čas k aktivitám takovým způsobem, abychom dosáhli požadovaných cílů a zároveň došlo ke splnění všech nutných podmínek kladených na výsledný rozvrh. Problematika rozvrhování výroby je velmi složitý proces patřící do množiny složitých úloh. Tento problém je dán množinou prací členěných do sledů jednotlivých operací, množinou strojů a stanovením vztahů mezi stroji a operacemi. Následné řešení spočívá v nalezení nejlepšího pořadí prací na zadaných strojích. Jednodušší případ je, když každá práce prochází přes všechny stroje a pořadí strojů je u každé práce stejné. Ve složitějším případě pořadí strojů může být různé pro jednotlivé práce a navíc výrobní příkazy nemusejí procházet přes všechny stroje. Při řešení mohou být sledovány různé cíle, jako např. minimalizace ztrát spojených s nesplněním prací v požadovaných termínech, minimalizace prostojů, minimalizace celkové doby zpracování, minimalizace rozpracované výroby, atd. [12],[26].

„Je dána množina úloh nebo též prací a množina m strojů či procesů. Je nutno vykonat všech n úloh, přičemž každá úloha se skládá z určitého, obecně nestejného počtu operací. Doby trvání těchto operací mohou být opět obecně různé, dokonce nulové. Pořadí operací pro každou úlohu je pevně dáno technologickým postupem a nelze je měnit. Na jednom stroji lze současně provádět pouze jednu operaci jedné úlohy a provádění operace nelze přerušit. Vykonání úlohy znamená tedy provedení všech jejích operací v daném pořadí na daných strojích“ [26].

2.2.1 Rozvrh

Rozvrhem rozumíme přiřazení libovolných proveditelných pořadí operacím na všech strojích. Rozvrh je množina všech aktiv, kde každá aktivita trvá předem danou dobu a je vykonávána na nějakém zdroji nebo jej využívá. Úkolem rozvrhování je optimalizovat rozvrh, tedy nalézt nejlepší pořadí úloh na dané množině strojů. Kritériem pro optimalizaci bývá nejčastěji celková doba trvání výroby, tedy čas dokončení všech úloh [26].



Obr. 3 Rozvrh [32].

2.3 Hlavní rozdíly mezi plánováním a rozvrhováním

Plánování - Jak vyrábět
- Co vyrábět

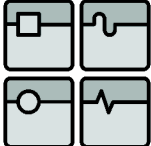
Sem můžeme zahrnout nástroje, strojní zařízení, materiál a další.

Rozvrhování - Kde vyrábět
- Kdy vyrábět

Například na jakém zařízení se bude právě vyrábět. Určování začátku a konce operace.

2.4 Přerozvrhování

Máme-li už rozvrh vytvořený a je potřeba v něm udělat změnu, pak se jedná o tzv. přerozvrhování. Nový rozvrh by měl obsahovat takové změny pro zkvalitnění s co nejmenšími změnami oproti původnímu rozvrhu.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 16
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

3 TYPY PLÁNOVÁNÍ A ROZVRHOVÁNÍ VÝROBY

Plánování a rozvrhování můžeme rozdělit podle toku času na dopředné, zpětné a kombinované.

3.1 Dopředné plánování a rozvrhování

Dopředné plánování a rozvrhování se týká výpočtu termínu, do kterého bude možno splnit danou objednávku [20]. Z pohledu času postupujeme od současnosti dopředu. Každou následnou operaci naplánujeme až tehdy, pokud je předchozí operace ukončena a je volné pracoviště pro další operaci. Jedná se o složitější metodu.

Výhody - možnost optimalizace

Nevýhody - drahá
- vyžaduje velmi přesná data

3.2 Zpětné plánování a rozvrhování

„Zpětné plánování a rozvrhování počítá podle pevně zadaného termínu plnění objednávky dobu, kdy bude možné zahájit její realizaci“ [20]. Od zamýšleného koncového termínu postupujeme zpět podle předpokládaných průběžných dob jednotlivých výrobních kroků a tak vypočteme požadovaný počáteční termín. Tímto způsobem postupujeme pro každou zakázku.

K výhodám zpětného plánování patří relativně jednoduchý princip, necitlivost metody na malé chyby v datech. Jedná se o levný způsob plánování bez optimalizace. Naopak k nedostatkům zpětného plánování patří skutečnost, že nebere v úvahu kapacitní omezení průřezově přes všechny zakázky ani dostupnost materiálu.

Výhody - jednoduchý princip
- necitlivost metody na malé chyby v datech
- levný způsob plánování

Nevýhody - bez optimalizace
- nebere v úvahu dostupnost materiálu
- kapacitní omezení

4 KONCEPCE SYSTÉMŮ PLÁNOVÁNÍ A ROZVRHOVÁNÍ

Každá koncepce je založena na určitých teoretických východiscích. Většinou se zaměřuje na některou specifickou problematiku spojenou např. jen s určitými typy výrobního systému. Žádná z teoretických koncepcí plně nepokrývá všechny funkce.

Příklady metod a koncepcí, které se dříve či v současnosti používají

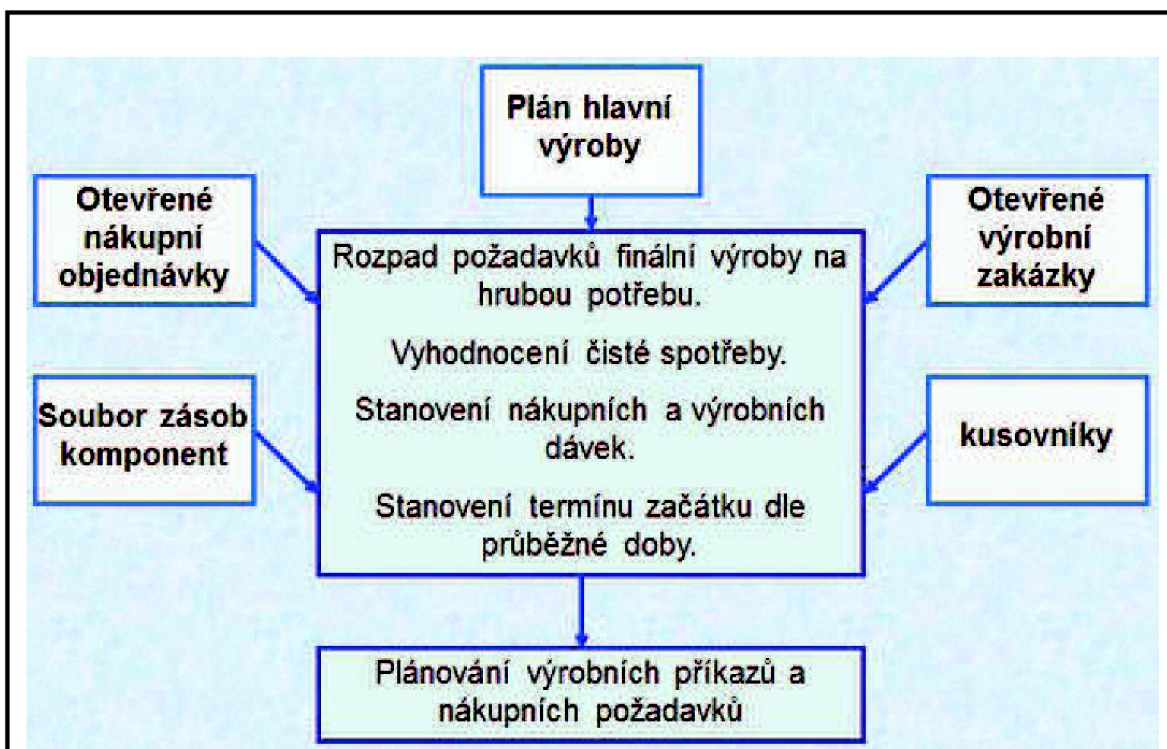
- MRP
- MRP II
- JIT
- KANBAN
- SEIBAN
- BOA
- OPT
- KAIZEN
- TOC
- TCM
- DBR
- TQM

4.1 MRP

Systém MRP (Material Requirement Planning - plánování požadavků na materiál) patří mezi první metody pro řízení výroby. Metoda MRP se zaměřuje pouze na plánování požadavků materiálu ve výrobě, tak aby měli nízké zásoby a rozpracovanost. Pomocí MRP můžeme plánovat nákup materiálu, dodávku, výrobu a expedování výrobků. Při použití této metody se vychází z kusovníků, které obsahují seznam všech materiálů potřebných pro vyrobení jednoho kusu. Předpokladem pro uplatnění tohoto systému je stanovení reálných plánů výroby, zjištění přesných dat pro výpočet spotřeby a potřeby, struktury kusovníku obsahující složení výrobku a jak má být naplánován a vyroben [13],[19],[21].

Výhody - snížení nákladu na pořizování a udržování zásob
- snížení objemu vázaných oběžných prostředků

Nevýhody - při odchylkách od plánu ve výrobě dochází ke zvyšování zásob
- bez přesných a aktuálních dat nemůže dobře fungovat



Obr. 4 Systém MRP [28].

4.2 MRP II

MRP II (Manufacturing Resource Planning – plánování výrobních zdrojů) je koncepce plánování výroby, která určuje úrovně plánování podniku. Tyto úrovně jsou poté propojeny zpětnou vazbou. MRP II je postavena na základní verzi MRP, ale standardně nemá určitý nástroj pro řízení výroby. Princip je založen na dokončení výrobní operace a následném přesunutí k další operaci, kde vyčká na zpracování. Úkolem je dostat výrobek co nejrychleji napříč celou výrobní linkou v co nejkratším čase. Metoda se často používá v kombinaci s jinými metodami plánování výroby. Systém plánování pomocí MRP II pracuje na principu tří základních podmínek [13],[20],[28].

- Kolik materiálu je potřeba, známe-li objednávky zákazníků?
- Doba výroby zakázky?
- Kolik je potřeba zdrojů?

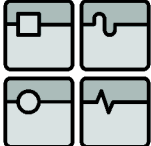
Aby systém pracoval správně, je nutné zajistit tyto informace, mezi které patří množství, termín dodání zákazníkům, vyráběné a nakupované části, kusovník a jednotlivé operace výroby.

- Výhody
- využití pro opakovanou výrobu
 - rychlé reakce na změny vstupních informací
 - zaměstnanci neprocházejí drahým školením

- Nevýhody
- přesnost informací
 - riziko hromadění výrobků před danou operací



Obr. 5 Schéma principu činnosti systému MRP II [28].

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 20
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

5 VÝROBNÍ FILOZOFIE

5.1 JIT

Metoda JIT (Just in Time – „právě v čas“) určuje vazby mezi dodavateli a odběrateli tak, aby u odběratele nevznikaly zásoby. Vyrábí se pouze tolik, kolik požaduje trh a zákazník. Základní zásadou řízení výroby je nevyrábět víc, než je nutné a nedodávat materiál dříve, než je nutné. Mezi hlavní předpoklady patří propojení dodavatele a odběratele, synchronizace toku materiálu a informací, výběr dodavatelů podle kvality a spolehlivosti dodávek [21].

Výhody

- snížení velikosti dávek
- zlepšení obratu zásob
- lepší zákaznický servis
- zmenšení skladovacích zásob

Nevýhody

- náchylnost na poruchy při zavádění systému
- zpožděné dodávky
- výroba zmetků

5.2 KANBAN

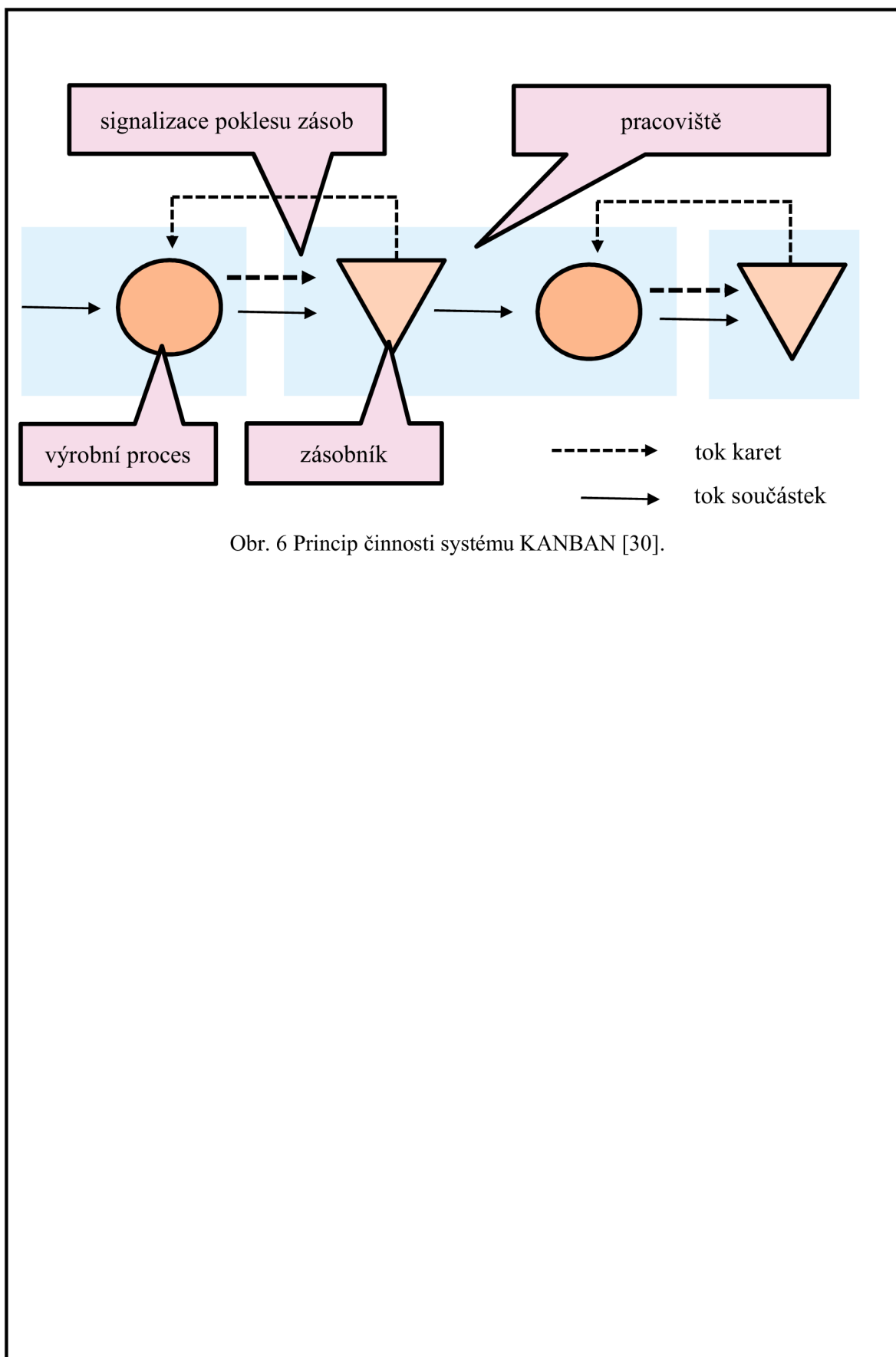
Kanban (Kanban - označení pro kartu) je japonská metoda řízení výroby. Princip řízení je založen na kanbancích (kartách), které představují pokyn k dodání určitého množství materiálu. Při překročení minimálního množství v zásobě na pracovišti je karta s prázdným kontejnerem odeslána na pracoviště zajišťující doplnění kontejneru. Kontejner je okamžitě doplněn určitým množstvím materiálu a odeslán s průvodním kanbanem. Základním předpokladem pro použití metody je vykonávání výroby s vysokou jakostí, pracoviště odebírají jen materiál potřebný k dokončení zakázky - jednosměrný tok výroby [21].

Výhody

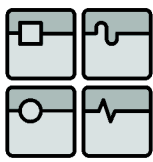
- samořídící systém mezi odebírajícím a vyrábějícím pracovištěm
- minimální zásoby

Nevýhody

- náchylné na poruchy ve výrobě

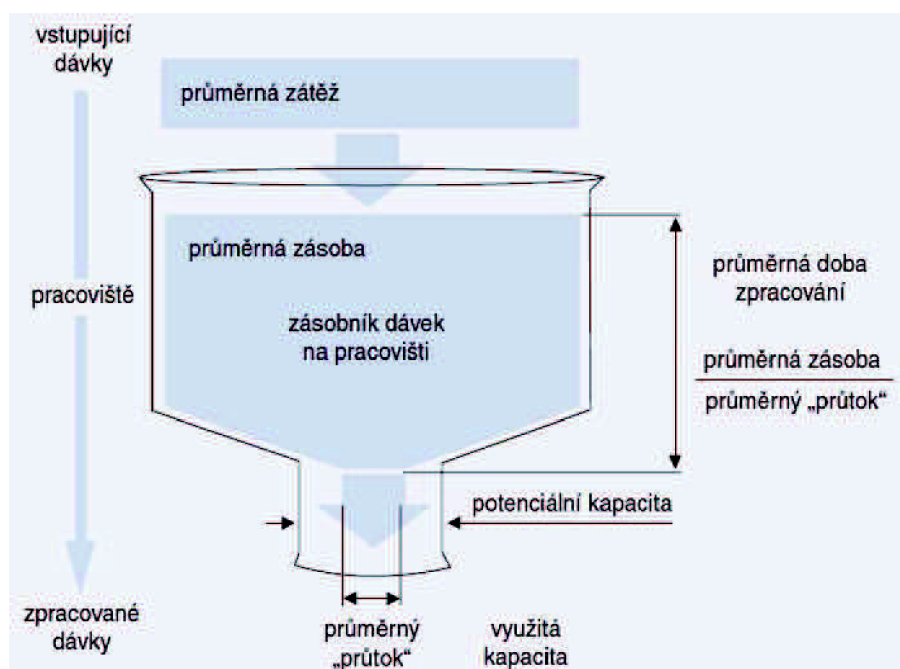


Obr. 6 Princip činnosti systému KANBAN [30].

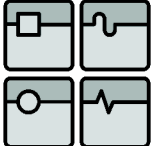


5.3 BOA

BOA (Belastungsorientierte Auftragsfreigabe – uvolňování zakázek podle vytížení) je metodou uvolňování zakázek dle vytížení. Koncepte vyvinutá na univerzitě v Hannoveru se zaměřuje na zásoby na pracovišti. Výrobní proces je modelován trychtýřem, kde vyústění trychtýře představuje disponibilní kapacitu pracoviště. Vstup pak představují čekající zakázky nebo dávky. Koncepte vychází z předpokladu, že přílišné snižování zásob na pracovištích může vést k velkému nárůstu průběžné doby výroby. Aby bylo dosaženo vymezených cílů, musí být průběžná doba na všech pracovištích stejná. Na základě trychtýřového modelu je pro daný časový úsek vytvořen diagram průběhu výroby. Princip je charakterizován dvěma kroky. V prvním kroku jsou výrobní úkoly zadávány do výroby, pokud jejich termín začátku leží v intervalu termínových hranic a jestliže jejich pracnost nezpůsobí překročení hranice na jednotlivých pracovištích. Ve druhém kroku je vytěžování pracovišť trvale přehodnocováno s ohledem na budoucí stav systému v dalších obdobích. Nutnými předpoklady pro použití metody je znalost termínů odvádění zakázek, znalost kapacit, znalost zatížení zakázkami uvolněnými a čekajícími na zpracování [16].



Obr. 7 Metoda BOA [16].

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 23
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

5.4 OPT

Metoda OPT (Optimized Production Technology – řízení úzkých míst) je založena na algoritmu, který byl patentován ve Spojených státech amerických. „Východiskem tohoto systému je úvaha, že vznikající úzká místa mají podstatný vliv na průběh výroby. Identifikací a optimálním obsazením, resp. využitím úzkých kapacit, může být zajištěno zlepšení průměrného využití všech výrobních zařízení, snížení průběžných dob, jakož i snížení stavu pracovníků.“¹ Smyslem je tedy pomocí systému identifikovat kritickou cestu, proto je v meziskladech u těchto úzkých míst potřeba udržovat větší zásoby rezerv, aby bylo zaručeno plné využití kapacit“ [16].

5.5 SEIBAN

Doslovný překlad japonského slova Seiban se skládá ze dvou slov: výroba (SEI) a číslo (BAN). Předmětem a zároveň hlavní předností Seiban je schopnost udržovat oddělenou identifikaci zákazníka nebo jeho položek mezi všeobecným souborem částí a objednávek. Specifické identifikační číslo metody Seiban se přiděluje všem objednávkám, materiálu a dílům vázaným na zakázku pro určitého zákazníka, projekt nebo pro cokoli jiného. Díky tomuto můžeme snadno sledovat vše, co se vztahuje k určitému produktu, projektu nebo zákazníkovi. Navíc to umožňuje dohledat všechny zmíněné detailní informace o historicky vytvořených zakázkách, které mohou být naprosto specifické anebo realizované pouze jednou. Idea Seiban spočívá v aplikaci identifikačního čísla na prvotní zákaznickou objednávku a používání tohoto společného čísla v rámci celého cyklu tvorby výrobku [22].

Zakázce je přiděleno číslo ve chvíli, kdy je přijata. Veškeré objednávky (výrobní objednávka, nákupní objednávka, rozpis materiálu, rezervace zásob) vytvářené od této hlavní, se vytváří již s tímto číslem. Přitom není potřeba se zabývat či složitě nastavovat jejich řád či pořadí čísla, jak je to běžné jinde. Tyto objednávky totiž dědí stejné číslo Seiban jako má "rodič" tedy předchozí objednávka. Tento způsob řízení výroby tak umožňuje pomocí vepsání tohoto čísla do informačního systému (ERP) vidět celou strukturu výrobku se všemi výše zmíněnými typy objednávek, činností či zásob [22].

Atraktivitu metody Seiban zvyšuje možnost daleko hlubšího sledování nákladů na realizované dílo, což je pro podniky velmi důležitá otázka. Metoda umožňuje i sledovat aktuální náklady každého jednotlivého nákupu nebo výrobní objednávky vyráběného produktu. Podstatné je ale to, že výrobní manažer je schopen podat informaci o výrobních nákladech, včetně režijních (světlo, teplo atp.), každé individuální vyráběné části, která prošla výrobou [22].

Tato metoda dává spolehlivé a okamžité informace o výrobním procesu, přehlednost pro účtování nákladů, informace pro tvorbu analýz a zvýšení konkurenční schopnosti.

6 SROVNÁNÍ VYBRANÝCH KONCEPCÍ

	MRP II	KANBAN
zásoby	aktivum	pasivum
velikost dávky	optimální	dle potřeby
fronty	nutné	eliminace
dodavatel	protivník	spolupracovník
jakost	tolerance zmetků	bezchybnost
údržba	dle potřeby	preventivní
dělníci	řízení příkazy	motivace
nástroje	počítače	karty
požadavky na materiál	materiálové plánování MRP	Kanban karty

Tab. 1 Srovnání MRP II – KANBAN [28].

Funkce / koncepce	MRP II	JIT	KANBAN	BO A	OPT
<ul style="list-style-type: none"> • Úplné pokrytí ○ Částečné pokrytí 					
hlavní plán výroby (MPS)	•				•
plánování množství	•	•			
kapacitní plánování	•	•	○		○
uvolňování zakázek	•	•	•		•
dílenské řízení výroby	○	○	•		•
sběr dat o výrobě	•	•	○	•	•
nákup	•	•	○		○
řízení kvality	○	•			
regulování	○		○		

Tab. 2 Srovnání vybraných systémů pro plánování a rozvrhování [16].

	MRP II	JIT
zásoby	žádoucí, ochrana před chybami předpovědí, výpadkem výroby, pozdními dodávkami, větší zásoba znamená bezpečí	nežádoucí, snahou je zásoby nemít
velikost dávky	optimalizace fixních nákladů a nákladů na přepravu	malá dávka, vyrábí se jen to, co bude okamžitě odebráno
fixní náklady	nejsou tak důležité, protože jsou rozpuštěny ve velkém objemu výstupu	neustály tlak na jejich minimalizaci, protože se vyrábí v malých dávkách
dodavatel	„druhá strana“, více vzájemně si konkurujících dodavatelů	partner, součást týmu
kvalita	zaměřeno na stanovenou toleranci	neustálé řízení jakosti, protože zhoršená jakost může ochromit celou výrobu
průběžná doba	nákupčí a obchodní agenti působí na prodlužování doby	krátká - rychlost odezvy na požadavek odběratele je klíčová
pracovníci	direktivní hierarchická struktura řízení	kolektivní řízení na základě konsensu
nástroje	hlavní plán výroby, kusovníky, stav zásob na výrobu	hlavní plán výroby
přístup ke změně	pasivní – konzervuje výchozí stav	aktivní – motivuje k neustálému zdokonalování, vyloučení plýtvání a zásob
zaměření	plánování a řízení	odstranění plýtvání, neustálé zdokonalování
požadovaná data	detailní a přesná	nižší požadavky, preferuje vizuální ověření
provozování	s využitím IT	jednoduché řízení i bez IT

Tab. 3 Srovnání MRP II – JIT [16].

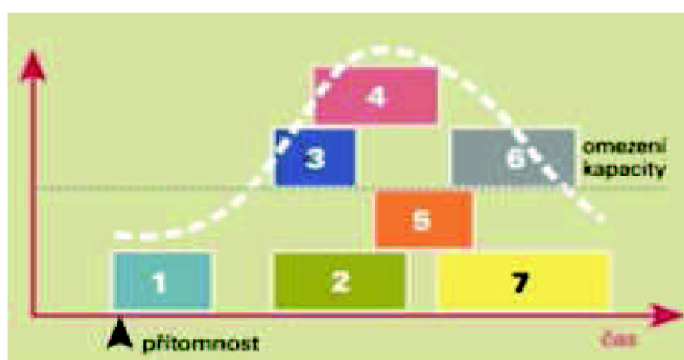
7 APS

APS (Advanced Planning and Scheduling – pokročilé plánování a rozvrhování) je systémem pro pokročilé plánování a rozvrhování výroby, který značně zjednodušuje plánování výroby. Na rozdíl od tradičního přístupu (MRP, MRP II) se tato metoda lépe přizpůsobuje změnám v požadavcích objednávky, v kapacitách a dovoluje častěji optimalizovat plán [12].

Pomocí APS získáváme informace o proběhu výroby v každém okamžiku. APS systém pracuje současně s materiálovými i kapacitními omezeními, přičemž omezení jsou brána realisticky. Při plánování bere v úvahu skutečnou dostupnost kapacit v čase. Kromě toho je na rozdíl od systému MRP II schopen pracovat s úzkými místy ve výrobě. Tím umožňuje zajistit co nejhladší průběh výroby s co největší propustností. Systém je schopen současně plánovat na základě materiálových i výrobních omezení, čímž výsledný plán a rozvrh výroby dosáhne vyšší kvality. Tím, že APS může pracovat s detailním omezením výroby, pracuje s mnohem reálnějším modelem skutečného výrobního prostředí.

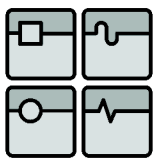
7.1 Princip APS

Nejdříve se shromažďují požadavky, které mají obvykle původ v prodejních objednávkách, ale mohou vycházet např. z předem nastavených úrovní skladových zásob. Většinou je rozložení požadavků uspořádané, protože vychází z požadovaných termínů dodání bez ohledu na dostupnou kapacitu pracovišť a plynulost výroby. Překročení kapacit jsou častá, stejně jako propady ve výrobě [18].

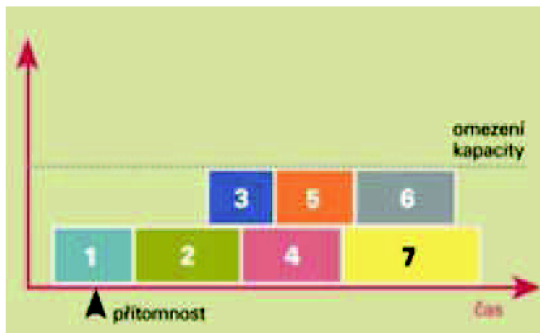


Obr. 8 Obvyklé rozložení požadavků [18].

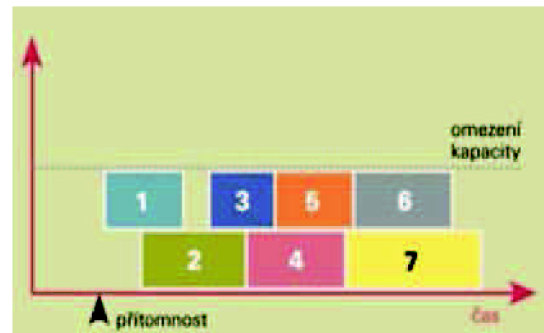
V druhém kroku se vyrovnávají požadavky tak, aby již byly zohledněny kapacity a současně se zajistil co nejvyrovnanější tok požadavků výrobou. V první fázi se přesouvají požadavky dozadu, tzn. plánovaný termín dokončení je před požadovaným termínem a může se stát, že termín zahájení některých požadavků



se dostane před aktuální datum. Tuto situaci řeší druhá fáze, která přesouvá požadavky vpřed s ohledem na to, aby dokončení bylo zpožděno co nejméně [18].

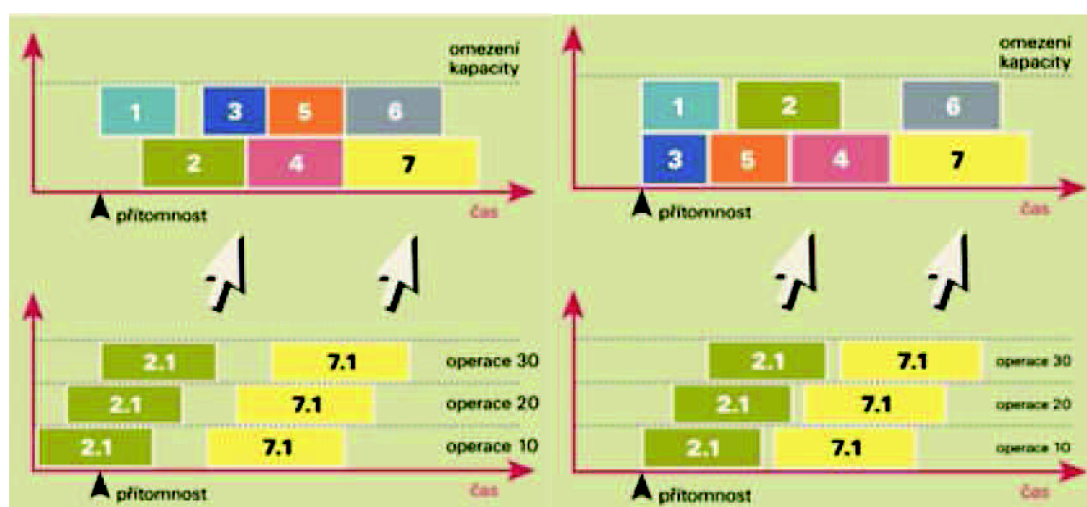


Obr. 9 Vyrovnání požadavků se zohledněním kapacit [18].

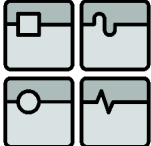


Obr. 10 Zajištění vyrovnaného toku výrobou [18].

Ve třetím kroku probíhá podrobnější optimalizace plánu, kdy se porovnávají veškeré vazby požadavků mezi sebou (výroba polotovarů, dodávky materiálu). Zohledňuje se také dostupnost dalších zdrojů, jako jsou alternativní pracoviště, zaměstnanci či nářadí. Do optimalizace se zahrnují pravidla omezující ztráty, které plynou z nastavení výrobního zařízení. Stanovuje se velikost výrobních dávek a veškeré změny na jedné úrovni se automaticky promítají do úrovní vyšších a nižších. Tím je zajištěno, že vypočítaný operativní plán navrhne nejlepší variantu pro zadané údaje. Pokud náhodou něco zahrnuto nebylo, je možné výsledek plánování ručně pozměnit a program uživatele upozorní na důsledky, které bude tento zásah mít na ostatní plánované požadavky [18].



Obr. 11 Optimalizace výrobního plánu [18].

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 28
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

7.2 ERP

ERP (Enterprise Resource Planning – podnikový informační systém) je podnikový informační systém, který integruje a automatizuje velké množství procesů souvisejících s produkčními činnostmi podniku. Typicky se jedná o výrobu, logistiku, distribuci, údržbu a další činnosti související s podnikem. ERP systémy jsou určeny také k tomu, aby v těchto klíčových procesech zvýšily efektivitu [23].

7.3 Vztah mezi APS a ERP

APS systémy nejsou samostatným systémem. Nelze zavést pokročilé plánování a rozvrhování bez funkčních dat. Pro přesnou funkčnost APS systému je třeba zabezpečit přesná data v reálném čase nebo aspoň v době přeplánování výroby či plánování nové zakázky. Proto APS není samostatný systém, ale nadstavbou ERP. Přestože jsou systémy do určité míry svázány, existují některé základní požadavky na potřebná data z ERP, které APS potřebuje pro správnou funkčnost. Patří sem informace o položkách, kusovnících, technologických postupech, informace o zdrojích, směny, kalendáře a svátky. ERP databáze předává APS informace o zakázkách, položkách, operacích, zdrojích, směn a další potřebné informace. APS provádí plánování a optimalizaci plánu. Do ERP se vrací potřeby vyráběných položek a datum realizace plánu. Pro zjištění data realizace zakázky je třeba převést do APS jen informace o změnách [25],[27].

7.4 Struktura systémů pro pokročilé plánování a rozvrhování výroby

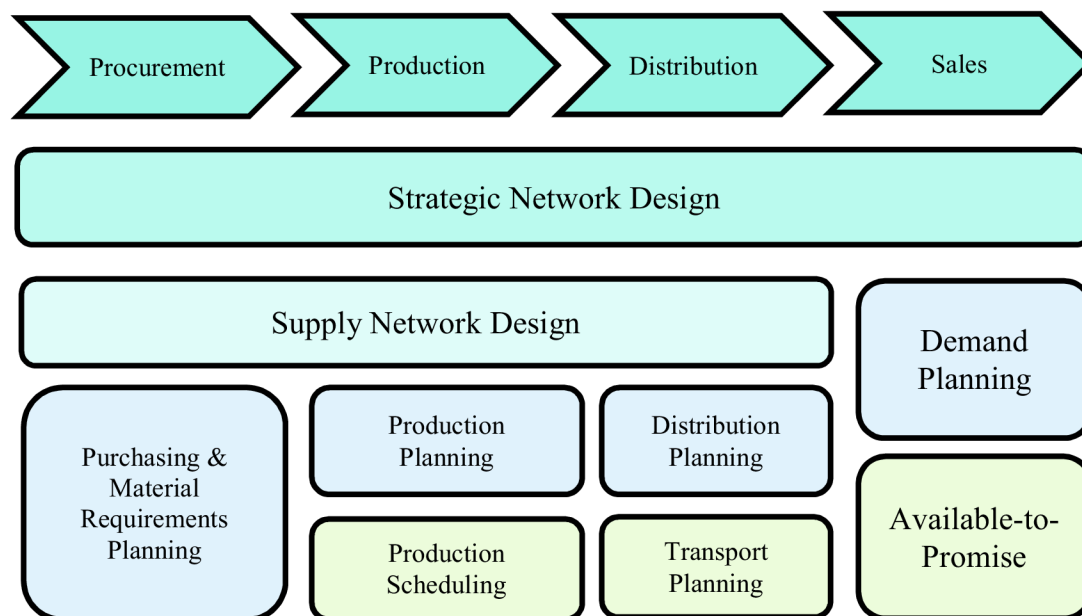
APS systém je zaměřen převážně na podporu rozhodování ve výrobě. Tento systém nenahrazuje ERP, ale je jeho nadstavbou, které tvoří podporu pro plánování a rozvrhování. Mezi tři hlavní charakteristiky APS systému můžeme definovat ucelené plánování celého dodavatelského řetězce, reálná optimalizace založená na matematickém modelování a algoritmech a řešit jednotlivé situace odděleně s návazností na ostatní výrobní operace. Dochází tedy ke kompromisu mezi proveditelností a zvažováním míry nezávislých plánovacích kroků. Samotný systém pro pokročilé plánování a rozvrhování výroby vychází z dat, které poskytuje ERP systém. APS systém je obvykle složen z několika modulů, z nichž každý pokrývá určitou oblast plánování [25],[27].

Modul Strategic Network Design určuje strukturu na období několika let. Zabezpečuje podporu pro strategická rozhodnutí v oblasti tvorby celého dodavatelského řetězce. Pro střednědobé plánování slouží modul Supply Network Planning, který má za úkol

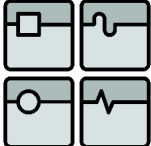
zajistit efektivní využívání dostupných kapacit. Obvykle je plán tvořen na období několika měsíců a je rozdělen do týdenních časových úseků. Vstupy pro plánování vycházejí z Demand Planning a Strategic Network Design. Hlavním výstupem tohoto modulu

je hlavní plán výroby. Demand Planning modul v sobě zahrnuje plán prodeje. Production Planning a Production Scheduling jsou někdy oddělené moduly, kde Production Planning se zabývá určením optimální velikosti dávka. Production Scheduling řeší rozvrhování výroby pro jednotlivé stroje a zařízení a řídí celou výrobu. Někdy zabezpečuje obě tyto funkce jeden modul. Dalšími moduly, které tvoří součást APS systému, jsou Distribution Planning (distribuční plánování) a Transportation Planning (plánování dopravy), které rozpracovávají podrobněji hlavní plán výroby v oblasti distribuce a dopravy [25],[27].

Poslední součástí APS systému tvoří modul, který slouží k výpočtům dodacích termínů tak, aby byly co nejpřesnější a spolehlivější. Pomocí tohoto modulu jsme schopni určit kdy, v jakém množství a čase bude možné termín splnit [25],[27].



Obr. 12 Moduly APS systému [27].

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 30
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

7.5 Oblasti zlepšené s využitím APS

V dnešní době existuje mnoho systémů, které se snaží o efektivnější výrobu. Systém pro pokročilé plánování a rozvrhování dokáže při správném zavedení zjednodušit a výrazně zvýšit výkon výroby. Mezi oblasti, které znamenají výrazné zlepšení, patří operativní změny plánu, kontrola omezujících podmínek, optimalizace změny výroby, online přehledy, rozšiřování výroby a nutnost plánovat rozpad kusovníků [24].

7.5.1 Operativní změny plánu

Ve většině případů je týdenní plán dodáván ze systému ERP a bývá zastaralý již po několika hodinách výroby. Nastávají také potíže s volbou optimálního rozvržení výroby na alternativních strojích [24].

7.5.2 Kontrola omezujících podmínek

U ERP systémů se kontrola omezuje na dostupnost materiálu a teoretický výkon stroje, systémy nemají zpětnou vazbu o aktuálním stavu výrobních prostředků. Často se také nebere v potaz lidský zdroj, který dokáže omezit výrobu stejně jako nedostatek materiálu. Omezující podmínky kontroluje plánovač ručně a to lze efektivně provádět jen do určitého množství [24].

7.5.3 Online přehledy

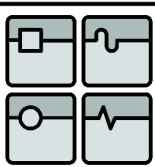
Často je nutné vědět aktuální stav výroby a reakci na náhlou změnu požadavku od zákazníka, zda je možné jej uskutečnit či nikoliv. Bez systému APS by to bylo velmi obtížné a zdlouhavé.

7.5.4 Rozšiřování výroby

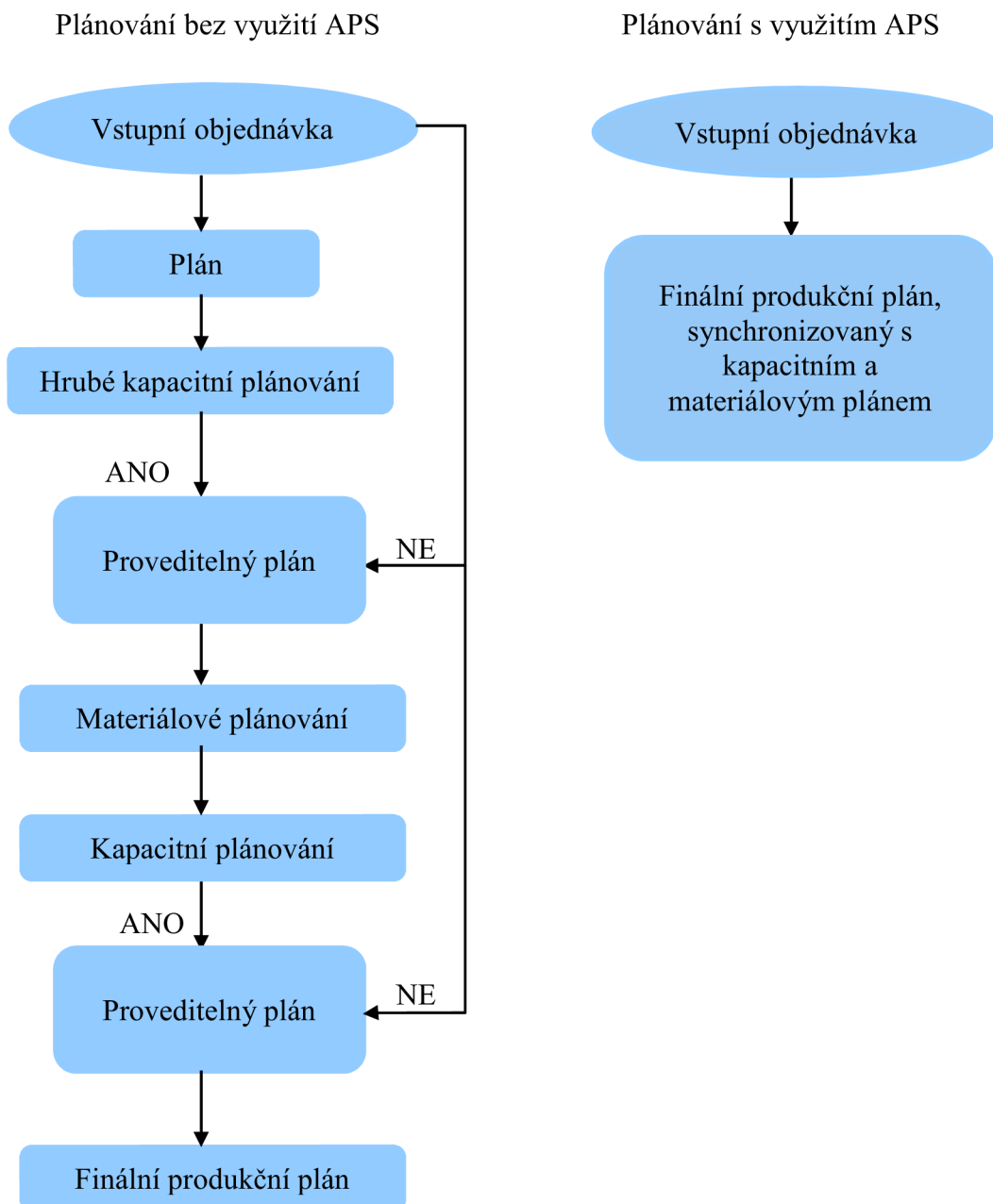
Jakékoliv rozšiřování nebo změna výroby výrazně zvýší množství alternativ a tím je stále obtížnější ručně plánovat. Navíc při takové změně musí plánovač ručně přepracovat své pomocné nástroje, což je mnohdy komplikované [24].

7.5.5 Nutnost plánovat rozpad kusovníků

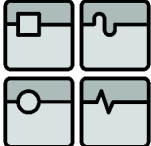
Pokud se hlavní položka skládá z mnoha podřízených položek, tak je potřeba provést zpětné plánování pro zjištění termínu hlavní položky.



7.6 Plánování s využitím APS a plánování bez využití APS



Obr. 13 Plánování s využitím APS a plánování bez využití APS [31].

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 32
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

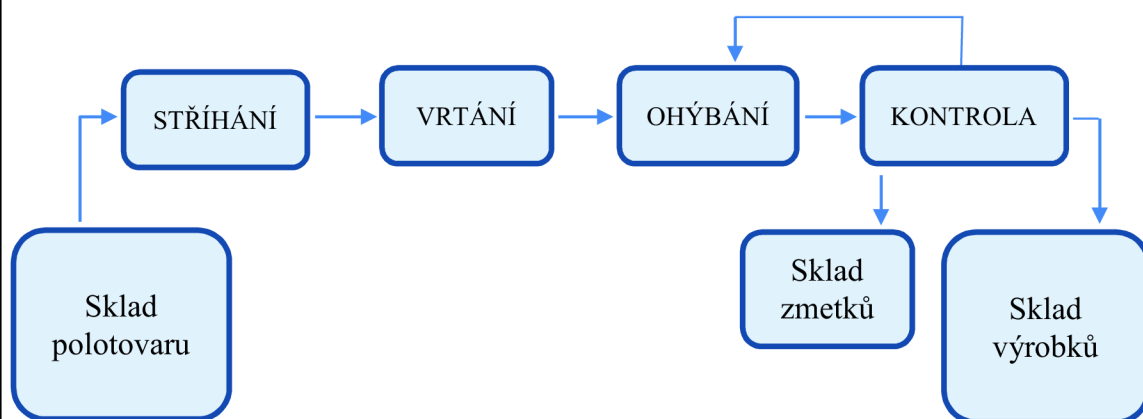
Je třeba uvést, že samotný systém APS nevyřeší všechny problémy, které se nachází ve výrobě, ale řadu z nich částečně, případně úplně odstraní. Pokročilé plánování a rozvrhování provádí pouze návrhy, ale samotné rozhodnutí stále zůstává na zaměstnanci.

8 ASPROVA

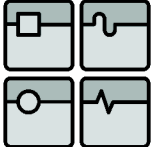
Asprova je systém pro pokročilé plánování a rozvrhování výroby, který vytváří plány výroby a nákupu. Zvažuje dodací lhůty vysokou rychlostí pro mnoho položek a procesů. Bere v úvahu zatížení stroje, pracovníka a vytvoří plán na další den, týden či měsíc dopředu. Vytvoří plán pro každý stroj a pracovníka s velmi vysokou přesností. Vytvořené plány pak vizuálně zobrazí a umožní je exportovat do reálných pracovních pokynů. Asprova umožňuje realizovat vizuální pohled do budoucnosti a tím snížit zásoby a zvýšit dodávky na čas [29].

8.1 Úvod do technologie výroby

Ve výrobě se nachází čtyři pracoviště, na kterých se provádí požadovaný pracovní proces. Ze skladu se dováží polotovary k prvnímu pracovišti. Na prvním pracovišti dojde k vystřížení požadovaného tvaru. Po vystřížení následuje operace vrtání. Do výstřížku se vyvrtají průchozí díry. Další operací je ohyb. Výstřížek je vložen do stroje a vytvarován. Po vytvoření ohybu následuje kontrola. Při kontrole se zjišťuje správnost rozměrů a tvaru. V případě chybného rozměru se výrobek uloží do skladu zmetků a poté dojde k jeho recyklaci. Pokud bude mít výrobek pouze chybný tvar, vrátí se zpět k operaci ohyb, kde se provede opětovné vytvarování a dále pokračuje ke kontrole. Po kontrole je hotový výrobek uložen do skladu hotových výrobků.

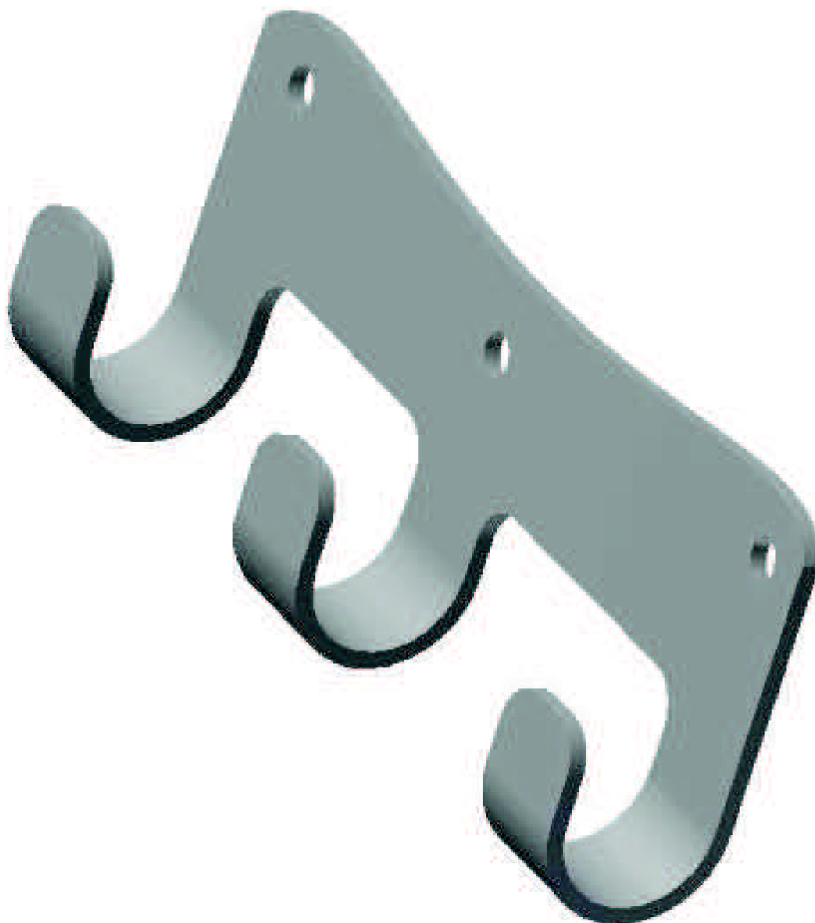


Obr. 14 Schéma výroby.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 34
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

8.2 Vyráběný produkt

Vyráběný produkt s názvem Věšák je pro běžné použití v domácnosti. Jeho snadná konstrukce nevyžaduje speciální výrobu ani zvláštní výrobní proces. Věšák je z jednoho kusu materiálu a výrobními procesy je upraven do podoby viz. Obr. 15. Materiálem je běžná konstrukční ocel třídy 11, obvyklé jakosti, vhodná pro součásti namáhané staticky a dynamicky. Označení podle ČSN EN 1.0050 (11 375).



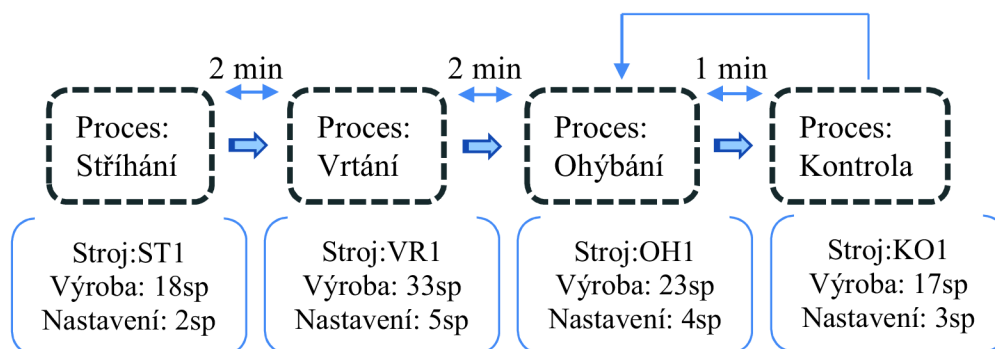
Obr. 15 Věšák.

8.3 Vstupní data

Vstupní data se vkládají do Integrated Master Editor (Integrovaný plánovací editor). Ten umožňuje zadávat data ručně nebo je importovat z jiných systémů, které se ve výrobě nachází.

8.3.1 Definování výrobního postupu

K definování výrobního postupu se využívá Integrated Master editor. Pod položku Item je nedefinován název výrobku (Věšák). Ze skladu materiálu se uvolní Polotovár, který vstupuje (Input Instruction) do zdroje (Resource) pro výrobní operaci stříhání ST (Process Code ST). První operace je označena výrobním číslem 10 (Process Number 10). Ke stříhání se používá (Use Instruction) stroj s označením ST1. Nyní vytvořený Věšák-10 vstupuje do procesu vrtání, kde se použije stroj VR1. Po vyvrtání děr je vytvořen Věšák-20, který vstupuje do procesu ohýbání. K ohýbání se použije stroj OH1 a vytvoří se Věšák-30. Věšák-30 je vstupním zdrojem pro kontrolu na stroji KO1. Pokud stroj KO1 zjistí nevyhovující parametr výrobku, tak určí, zda je možné výrobek opravit nebo jej poslat do skladu zmetků. Ve výrobě kontrola odhalí 5% chybných výrobků a z toho 4% se vrátí zpět na stroj OH1, kde dojde k opravení chybných parametrů. Pouze 1% nelze opravit a je určeno k recyklaci.



Obr. 16 Model výroby.

	Item	Process number	Process code	Instruction type	Instruction code	Resource/Item
1	Věšák	10	ST	Input instructio	In	Polotovar
2				Use instruction	M	ST1
3		20	VR	Input instructio	In0	Věšák-10
4				Use instruction	M	VR1
5		30	OH	Input instructio	In0	Věšák-20
6				Use instruction	M	OH1
7		40	KO	Input instructio	In0	Věšák-30
8				Use instruction	M	KO1
9				Output instructi	Out	Věšák

Obr. 17 Vstupní údaje v Integrated Master Editor.

Před samotným stříháním je potřeba vložit a nastavit polotovar do stroje ST1. To je určeno nastavením (Setup) času 3sp (seconds per piece - sekundy na kus). Po nastavení polotovaru je samotná výroba strojem. Stroj ST1 vyrábí 18 vteřin jeden kus (18sp – 18 second per piece). Nastavení stroje VR1 je 5 vteřin na jeden kus a vyrábí jeden kus za 33 vteřin. U stroje OH1 je výrobnost 23 vteřin na jeden kus a nastavení 4 vteřiny na kus. Na poslední operaci, stroj KO1, dokáže zkontrolovat jeden kus za 17 vteřin a ustavit rozpracovaný výrobek do stroje trvá 3 vteřiny na kus.

	Item	Setup	Production	Time constraint method	Time constraint MIN	Scrap quanti	Yield rate
1	Věšák			ES		0	1
2		2sp	18sp				
3				ES	2	0	1
4		5sp	33sp				
5				ES	2	0	1.04
6		4sp	23sp				
7				ES	1	0	1
8		3sp	17sp				
9						0	0.95

Obr. 18 Časy výroby v Integrated Master Editor.

	Item code	Auto-replenish flag	Obtain method	Purchase lead time	Purchase lot size MAX	Purchase lot size MIN
1	Věšák	Yes (one-to-one production)	Prefer to produce	6h		
2	Polotovar	Yes	Purchase	1d	5000	1000

Obr. 19 Tabulka položek.

8.3.3 Definice tabulky zdrojů

Resource Table (tabulka zdrojů) je automaticky vygenerována z Integrated Master Editor. Tabulka zdrojů slouží k nastavení vztahující se k prostředkům. Nastavením hodnoty 50 je určeno, v jakém maximálním množství se vyrobený díl bude uvolňovat k následujícímu procesu. Volba barvy zvyšuje přehlednost při vyobrazení výsledků v grafech.

Display colour (barva zobrazení) – zobrazení zdroje ve vybrané barvě

	Resource code	Display color	Display order	Resource split size MAX
1	ST1	1	1	50
2	VR1	2	2	50
3	OH1	3	3	50
4	KO1	4	4	50

Obr. 20 Tabulka zdrojů.

8.3.4 Plánování pracovní směny

Shift Table (Tabulka směn) je k plánování pracovních směn. Pracovní doba směny S1 je od 7:00 do 15:30 hodin s přestávkou 30 minut od 11:00 do 11:30 hodin.

	Shift code	Patterns
1	S1	7:00-11:00;11:30-15:30

Obr. 21 Tabulka směny.

8.3.5 Kalendář směn

Calendar Table (Tabulka kalendáře) určuje směny a dny pro jednotlivé zdroje. Hvězdička (*) určuje směnu S1 pro všechny dny a zdroje ve výrobě.

	Resource	Date or day of the week	Shift codes
1	*	*	S1

Obr. 22 Tabulka kalendáře.

8.3.6 Popis tabulky objednávek

Order Table (tabulka objednávek) slouží k nadefinování výrobních příkazů, které se objeví ve výrobním plánu.

Order Code (Kód objednávky) – slouží k identifikaci každé objednávky

Item (Položka) – typ výrobku, který má být vyráběn

Due Date (Datum dokončení) – poslední doby, kdy může být výroba dokončena

Order Quantity (Objednané množství) – množství, které se má vyrábět

Priority (Priorita)

- v případě více zakázek je možné některé upřednostnit před ostatními
- větší číslo udává přednost před menším

Nastavením priority v rozmezí 90 až 100 se předpokládá uspíšení objednávky, a proto se objednávka naplňuje v první řadě před ostatními, bez ohledu na datum. Priorita v rozmezí od 50 do 90 se plánuje tak, aby objednávka byla splněna právě v čas. Tedy v poslední možnou dobu. Oproti tomu priority v rozmezí 0 až 50 se do výrobního plánu zařazují podle volného místa.

	Order code	Customer	Order type	Order class	Item
1	☒001	ZákazníkA	Manufacturing order	Registered order	Věšák
2	☒002	ZákazníkB	Manufacturing order	Registered order	Věšák
3	☒003	ZákazníkC	Manufacturing order	Registered order	Věšák

Obr. 23 Požadavky zákazníka na výrobu v Order Table.

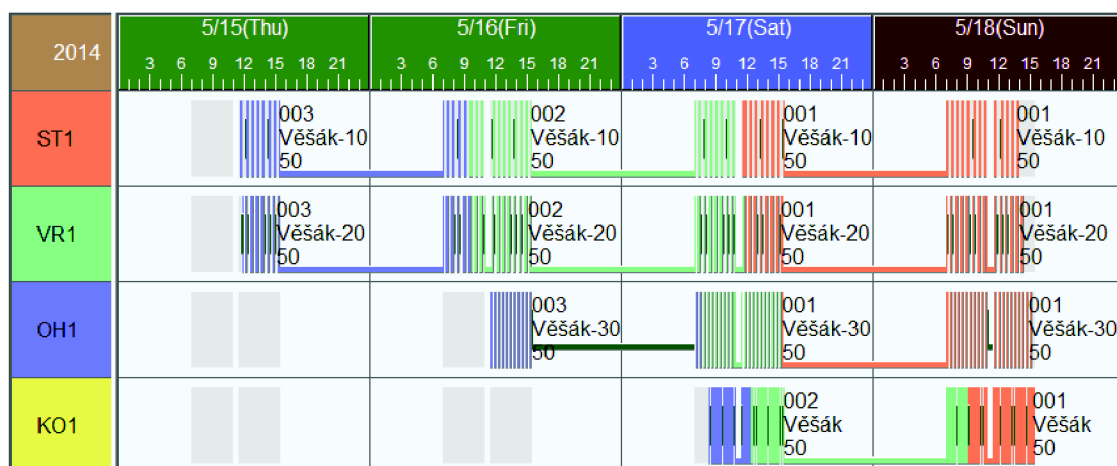
	Order code	Due date	Order quantity	Priority	Display order	Display color
1	☒001	2014/05/18 15:30:00	1000	80	1	1
2	☒002	2014/05/18 15:30:00	900	75	3	2
3	☒003	2014/05/18 15:30:00	600	72	4	3

Obr. 24 Požadavky zákazníka v Order Table.

8.4 Vyhodnocení výsledků

8.4.1 Zobrazení pomocí Ganttova diagramu

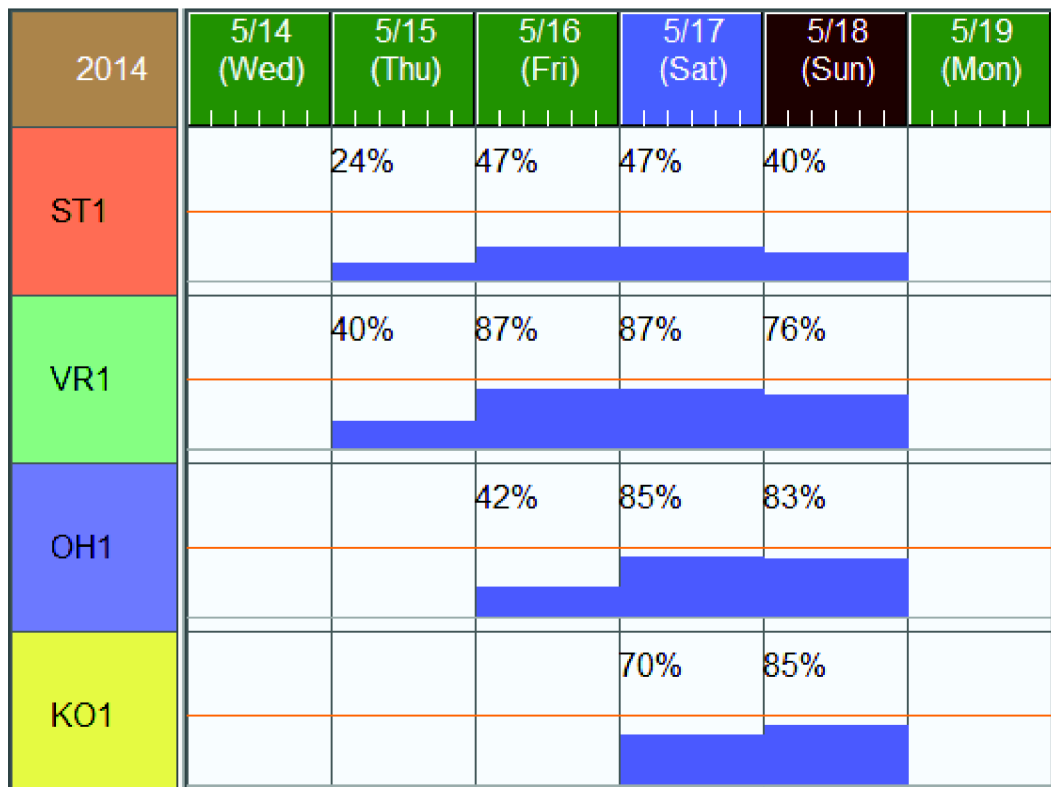
Gantt chart (Ganttův diagram) je standardní formát pro grafické zobrazování plánů. Na vodorovné ose je čas a na svislé ose jsou zdroje. Jednotlivé operace jsou zobrazovány jako vodorovné pruhy. Z Ganttova diagramu je vidět začátek a konec jednotlivých operací. Modrá barva znázorňuje zakázku od ZákazníkaA pod číselným označením 003. Ta se začne vyrábět před ostatními a bude dokončena mnohem dříve před datem požadovaným od zákazníka. Ihned po dokončení jednotlivých operací zakázky 003, dojde k začátku vyrábění pro ZákazníkaB s číselným označením 002 (zelená barva). I když výroba na všech strojích ještě není ukončena, stroj ST1 je již volný pro výrobu a může tedy vyrábět pro další odběratele. Jakmile dochází k postupnému ukončení výroby na jednotlivých strojích, začínají stroje vyrábět podle plánu další množství požadované zákazníkem. Poslední objednávka (oranžová barva) pod označením 001 končí výrobou na posledním stroji KO1 v datu dokončení objednávky.



Obr. 25 Ganttův diagram.

8.4.2 Grafické zatížení zdrojů

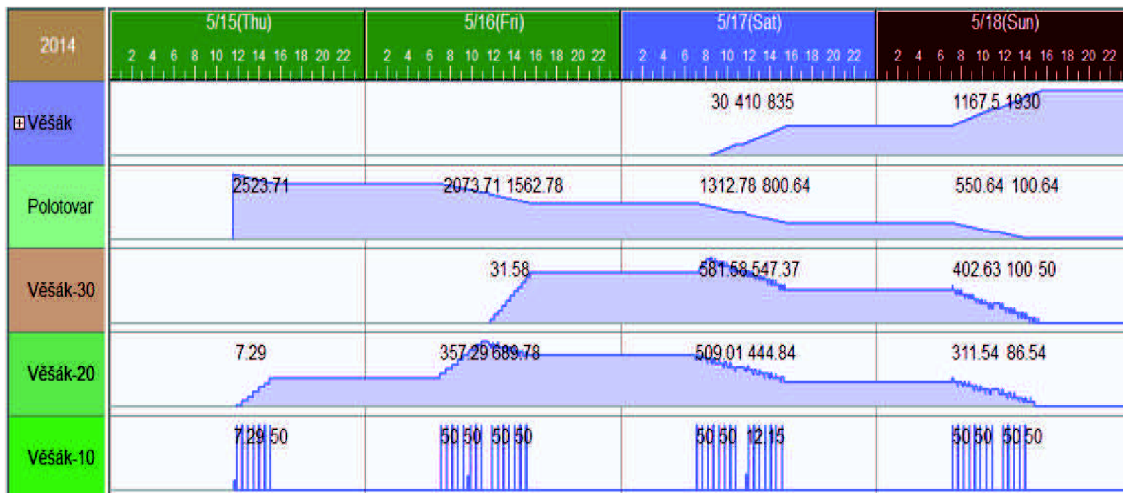
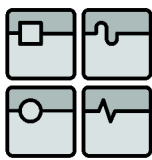
Load ratio graph (graf zatížení) ukazuje zatížení na jednotlivých zdrojích a to jak grafickým, tak procentuálním vyjádřením. Z grafu je vidět zatížení zdrojů v závislosti na čase. Informace z Load ratio graph se využívají ke zvýšení, případně snížení počtu pracovníků a zdrojů tak, aby množství odpovídalo očekávané zátěži k dosažení vyšší celkové propustnosti. Stroj ST1 má maximálně 47% vytížení během jednoho celého dne. Oproti tomu stroj VR1 má 87% vytížení. Rozdíl mezi těmito stroji je téměř jedna polovina, což může signalizovat úzké místo ve výrobě.



Obr. 26 Load graph ration.

8.4.3 Zásoby v závislosti na čase

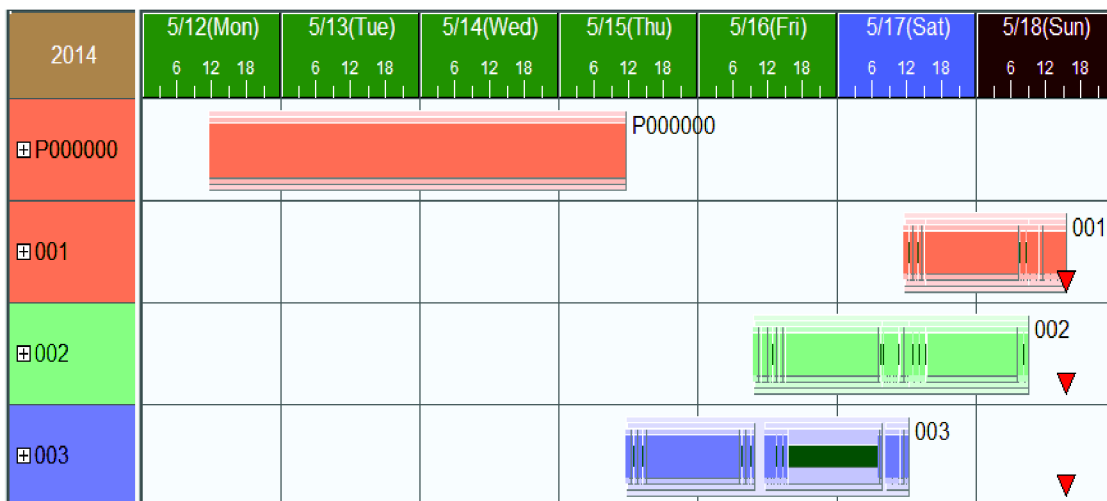
Inventory graph (graf zásob) zobrazuje úroveň zásob pro každou položku v závislosti na čase. Na počátku má polotovar maximální potřebné množství pro výrobu daných zakázek. Jakmile si výrobní stroj ST1 vyžádá polotovar pro výrobu, ve skladu poklesne nakoupené množství polotovaru a zvýší se množství u stroje ST1. U stroje VR1, kde probíhá proces Věšák-20, se zatím neobjevily žádné zásoby, protože stroj ST1 zatím vyrábí. Po výrobě průběžné dávky stroj ST1 dávku uvolní a v inventáři stroje VR1 se objeví dávka uvolněná ze stroje ST1. Po opětovném dokončení procesu Věšák-10 se výrobní dávka přesouvá k procesu Věšák-20. Protože stroj OH1 ještě nezačal pracovat, tak se vyrobené množství hromadí za strojem VR1. Z grafu tedy můžeme vyčíst maximální množství rozpracovaného výrobku u jednotlivých zdrojů a určit místo s největším meziskladem (581 kusů), což je po třetí operaci. Čtvrtou operací a zároveň poslední je kontrola. Po spuštění kontroly KO1 dochází k uvolňování meziskladu u stroje OH1 a plnění skladu hotových výrobků.



Obr. 27 Inventory graph.

8.4.4 Vyobrazení objednávek

Order Gantt chart (Ganttův diagram objednávek) vyobrazuje závislost objednávek na čase. Na svislé ose jsou objednávky, označeny číselným kódem a na vodorovné ose čas. Červený trojúhelník označuje datum dokončení požadované zákazníkem. Z grafu lze tedy vyčíst datum a čas dokončení výroby jednotlivých zakázek. Probíhá-li výroba ještě za značkou trojúhelníku, pak nastává pozdní dodání hotových výrobků zákazníkovi. U výroby končící na značce odchází výrobek ihned k zákazníkovi v domluveném termínu. Výroba, která skončila dříve, musí být uložena do skladu, případně může být doručena zákazníkovi dříve.



Obr. 28 Order Gantt chart.

Z Ganttova diagramu zdrojů je vidět, kdy je potřeba začít na strojích vyrábět, aby bylo splněno datum podle objednávky. Dále také čas spuštění jednotlivých strojů a jak dlouho musí stroj vyrábět. Inventory graph zobrazuje množství rozpracovaných výrobků jednotlivých pracovišť. Největší hromadění rozpracovaných výrobků (581 kusů) nastává za strojem OH1. Protože stroj KO1 kontroluje s vyšší rychlostí, než vyrábí stroj OH1, tudíž může začít kontrolovat později. Vytížení jednotlivých zdrojů není rovnoměrné, což má za následek nižší produkci a delší časovou rozpracovanost výrobků. Pro zvýšení vytíženosti a rovnoměrnosti je potřeba provést přerozvrhování.

8.5 PŘEROZVRHOVÁNÍ

Simulační software Asprova umožňuje provádět jednoduché, případně zásadní změny přerozvrhování výroby. Z Load graph ratio je vidět maximální 47% vytížení stroje ST1 během pracovního dne, oproti stroji VR1, který má 87% vytížení. Signalizuje to tedy úzké místo ve výrobě.

8.5.1 Návrh optimalizace výroby

Výrobní stroj VR1 má nejdelší výrobní čas ze všech strojů ve výrobě, proto je zaveden do simulace nový stroj VR2. Stroj VR2 má stejné výrobní časy, jako stávající VR1. Změnu je potřeba uvést v Integrated Master Editor.

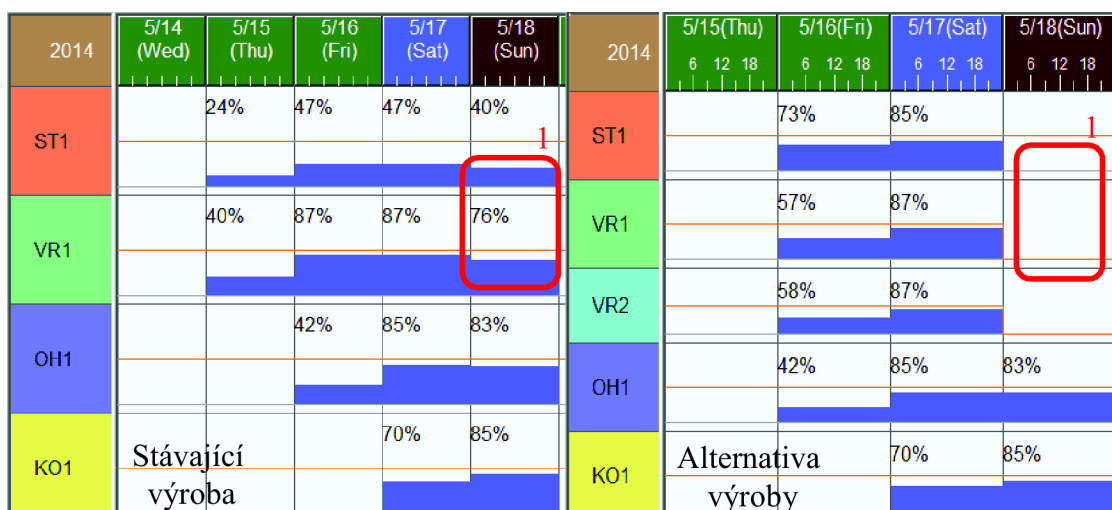
	Item	Process number	Process code	Instruction type	Instruction code	Resource/Item
1	Věšák	10	ST	Input instructio	In	Polotovar
2				Use instruction	M	ST1
3		20	VR	Input instructio	In0	Věšák-10
4				Use instruction	M	VR1
5				Use instruction	M	VR2

Obr. 29 Nový stroj VR2 v Integrated Master Editor.

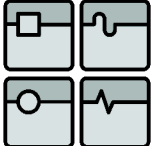
Další změnou pro optimální rozvržení výroby a získání vyšší využitelnosti zdrojů je převedení výroby z posledního výrobního dne na předchozí dny ze strojů ST1, VR1 a VR2.

8.5.2 Vyhodnocení alternativy s porovnání se stávajícím stavem výroby

Využitím stroje VR2 dojde ke zvýšení propustnosti výroby v procesu výroby Věšák-20, kde propustnost byla 1:2 (47% : 87%) a nyní to je téměř 1:1 (85% : 87%). Dále pak po přesunu části výroby (1) do předchozích dnů se uvolní místo na zdroji pro další výrobu. Na strojích ST1 a VR1 se ze 4 pracovních dnů snížila doba použití strojů na 2 pracovní dny. Navrženou alternativou dochází také ke snížení nákladů na zaměstnance a zvýšení produkce. Nevýhodou je pořízení nového stroje a pracovníka pro obsluhu. Vzhledem ke snížení pracovních dnů náklady na pracovníky klesnou. Pokles nákladů není výrazný, protože je potřeba zajistit nové pracovníky pro obsluhu nového stroje VR2. U alternativy je vytížení všech zdrojů rovnoměrnější a celková rozpracovanost výroby se sníží.

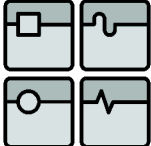


Obr. 30 Porovnání stávajícího stavu výroby s alternativou v Load graph ratio.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 46
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

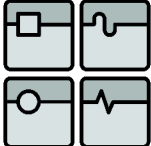
ZÁVĚR

První část práce seznamuje se základními pojmy týkajícími se výroby a vysvětluje hlavní rozdíly mezi plánováním a rozvrhováním výroby. Další část práce se zabývá metodami a filozofickými koncepcemi popisujícími základní principy fungování. Za použití základních funkcí simulačního softwaru Asprova, který slouží pro pokročilé plánování a rozvrhování, byl vytvořen jednoduchý model výroby věšáku. Po vygenerování výsledků byly zjištěny nedostatky ve stávajícím výrobním procesu a navržena optimalizace. Přidáním jednoho zdroje do výroby a lepší organizací došlo ke snížení celkové rozpracovanosti výroby i snížení celkového počtu dnů potřebných k výrobě daného počtu kusů. Implementace navrženého řešení ve skutečné výrobě by záležela na uvážení manažerů daného výrobního podniku.

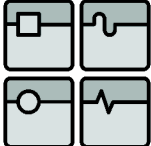
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 47
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

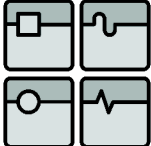
1. TOMEK, Gustav, Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-578-5.
2. LÍBAL, Vladimír, et al. *Organizace a řízení výroby*. 7. vyd. Praha: SNTL, 1989. ISBN 80-03-00050-5.
3. MAKOVEC, Jaromír, et al. *Organizace a plánování výroby*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1993. ISBN 80-7079-171-3.
4. KŘEKOVSÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2001. ISBN 80-7179-471-6.
5. FIALA, Petr. *Modelování a analýza produkčních systémů*. 1.vyd. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-19-3.
6. PINEDO, Michael L. *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*. 3rd ed. New York, NY: Springer, 2008. ISBN 978-0-387-78934-7.
7. PROUD, John F. *Master scheduling: a practical guide to competitive manufacturing*. 3rd ed. Hoboken: John Wiley, 2007, ISBN 978-0-471-75727-6.
8. 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.
9. MÜLLER, Tomáš. *Interaktivní tvorba rozvrhu*. Praha, 2001. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra teoretické informatiky.
10. FERENČÍKOVÁ, Denisa. *Projekt optimalizace systému plánování výroby v Rosta s.r.o. pro úspěšné zavedení APS aplikace*. Zlín, 2009. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta managementu a ekonomiky, Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů.
11. 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.
12. VOBORNÍK, Tomáš. *Optimalizace objednávek a kontrola stavu kapacit zdrojů ve firmě Formex*. Brno, 2008. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky.
13. VÁŇOVÁ, Lucie. *Optimalizace systému řízení výroby*. Přerov, 2011. Diplomová práce. Vysoká škola logistiky o.p.s., Obor logistika.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 48
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

14. MALEGA, Peter. *Porovnanie systémov riadenia úzkých miest vo výrobnom procese*. Technická univerzita v Košiciach, Fakulta strojnická [online]. Košice: 2013 [cit. 2013-11-24]. Dostupné z <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/26-2013/pdf/152-157.pdf>
15. KLOBÁSA, František. *Rozvrhování výroby*. Technická univerzita v Liberci, Katedra výrobních systémů [online]. Liberec: 2011 [cit. 2013-11-24]. Dostupné z <http://educom.tul.cz/getFile/case:get/id:14160>
16. ŠILER, Jiří. *Výrobní logistika v systémech aplikačního softwaru*. [online]. Liberec: 2011 [cit. 2013-11-24]. Dostupné z <http://www.odbornecasopisy.cz/download/au040141.pdf>
17. 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
18. Citace z Gemma. *Proč pokročilé plánování a rozvrhování (APS)?* [online]. 2013 [cit. 2013-11-24]. Dostupné z <http://www.gemma.cz/produkty-a-sluzby/proc-aps>
19. LENORT, Radim. *Průmyslová logistika*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2584-7.
20. SODOMAK, Petr. *Pokročilé plánování a řízení výroby*. Systém online [online]. 2011 [cit. 2013-11-30] Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/pokrocile-planovani-a-rizeni-vyroby.htm>
21. BATOS. *Plánování a řízení výroby*. *Athena.zcu.cz* [online]. ©2008-2011 [cit. 2013-11-24]. Dostupné z: <http://athena.zcu.cz/kurzy/pipr/000/HTML/25/>
22. KLČOVÁ, Hana. *Seiban-metoda řízení výroby a její uplatnění v ERP systému*. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta managementu a ekonomiky [online]. Zlín: 2006 [cit. 2013-11-24]. Dostupné z <http://si.vse.cz/archive/proceedings/2006/seiban-metoda-rizeni-vyroby-a-jeji-uplatneni-v-erp-systemu.pdf>
23. HRUBÝ, Přemysl. *ERP a implementace*. *SystemOnline: ERP systémy* [online]. © 2001-2014 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/erp/jak-spravne-realizovat-prechod-na-novy-erp-system.htm>
24. PLAČEK, Petr. *Pokročilé plánování výroby*. *SystemOnline* [online]. © 2001-2014 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/pokrocile-planovani-vyroby-pohled-uzivatele.htm>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 49
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

25. ŠULOVÁ, Dagmar. *Metody plánování a řízení výroby v podnikových informačních systémech a jejich uplatnění při řízení výrobního procesu*. Zlín, 2009. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Sodomka, Ph.D., MBA
26. POSPÍŠIL, Petr. *Programový systém pro plánování a rozvrhování výroby*. Brno, 2009. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky.
27. HARTMUT STADTLER, Christoph Kilger. *Supply chain management and advanced planning concepts, models, software, and case studies*. 4th ed. Berlin: Springer, 2008. ISBN 978-354-0745-129.
28. LEGÁT, Václav. *Plánování výroby*. Praha, 2010. Dostupné z: http://tf.czu.cz/~legat/Vyuka/Servisni_Logistika/Prednasky/07%20Planovani%20vyroby.ppt
29. ASPROVA. *Lib. Asprova: Sales plan* [online]. © 2014 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://lib.asprova.com/onlinehelp/en/AS2003HELP00706300.html>
30. Dynamic Future: Kanban. *Dynamic future* [online]. © 2010 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.dynamicfuture.cz/priklady-z-praxe/kanban/>
31. JUROVÁ, Marie. Pánovací systémy s využitím IT. *Projekt ESF* [online]. 2008 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: http://vzdelavani.esf-fp.cz/results/results_02/edumat_rep/RVY/RVY_plasy.pdf
32. Preactor FCS. *Simlog* [online]. © 2014 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.simlog.com.ar/productos/preactor/preactor-fcs.html>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 50
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 Schéma úzkého místa.
- Obr. 2 Plán.
- Obr. 3 Rozvrh.
- Obr. 4 Systém MRP.
- Obr. 5 Schéma principu činnosti systému MRP II.
- Obr. 6 Princip činnosti systému KANBAN.
- Obr. 7 Metoda BOA.
- Obr. 8 Obvyklé rozložení požadavků.
- Obr. 9 Vyrovnání požadavků se zohledněním kapacit.
- Obr. 10 Zajištění vyrovnaného toku výrobou.
- Obr. 11 Optimalizace výrobního plánu.
- Obr. 12 Moduly APS systému.
- Obr. 13 Plánování s využitím APS a plánování bez využití APS.
- Obr. 14 Schéma výroby.
- Obr. 15 Věšák.
- Obr. 16 Model výroby.
- Obr. 17 Vstupní údaje v Integrated Master Editor.
- Obr. 18 Časy výroby v Integrated Master Editor.
- Obr. 19 Tabulka položek.
- Obr. 20 Tabulka zdrojů.
- Obr. 21 Tabulka směny.
- Obr. 22 Tabulka kalendáře.
- Obr. 23 Požadavky zákazníka na výrobu v Order Table.
- Obr. 24 Požadavky zákazníka v Order Table.
- Obr. 25 Ganttův diagram.
- Obr. 26 Load graph ration.
- Obr. 27 Inventory graph.
- Obr. 28 Order Gantt chart.
- Obr. 30 Porovnání stávajícího stavu výroby s alternativou v Load graph ratio.
- Obr. 29 Nový stroj VR2 v Integrated Master Editor.

SEZNAM TABULEK

- Tab. 1 Srovnání MRP II – KANBAN.
- Tab. 2 Srovnání vybraných systémů pro plánování a rozvrhování.
- Tab. 3 Srovnání MRP II – JIT.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

APS	Advanced Planning and Scheduling
BOA	Belastungsorientierte Auftragsfreigabe
DBR	Drum-Buffer-Rope
ERP	Enterprise Resource Planning
JIT	Just in Time
MRP	Material Requirements Planning
MRP II	Manufacturing Resource Planning
OPT	Optimized Production Technology
TCM	Total Capacity Management
TOC	Theory of Constraints
TQM	Total Quality Management