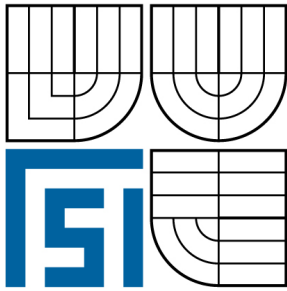


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

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

OPTIMALIZACE OBJEDNÁVEK A KONTROLA STAVU KAPACIT ZDROJŮ VE FIRMĚ FORMEX

ORDER OPTIMIZATION AND VALIDATION OF RESOURCE CAPACITIES IN COMPANY FORMEX

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

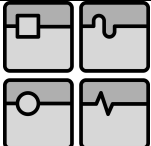
TOMÁŠ VOBORNÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. SIMEON SIMEONOV, CSc.

BRNO 2008





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

ANOTACE

Diplomová práce Optimalizace objednávek a kontrola kapacit zdrojů ve firmě Formex s.r.o. je složena ze tří částí. První část je seznámení s různými typy výroby a jejich specifikacemi, dále se věnuje plánování a řízení výroby. Druhá část je určena pro rozbor informačního systému WorkPlan a pro rozbor firmy Formex s.r.o. (firemní struktury, výroba a plánovací proces). Ve třetí části diplomové práce byly navrženy možnosti plánování výroby a optimalizace zakázek s ohledem na využití IS WorkPlan. Z navržených možností byla vybrána ta nejvhodnější. Následně byly sestaveny šablony s normalizovanými technologickými postupy. Diplomová práce rovněž obsahuje zprávu o zkušebním provozu navrženého plánování výroby a je uzavřena doporučeními pro další postup v plánování výroby ve firmě Formex s.r.o.

ANNOTATION





The diploma thesis Order optimization and validation of resource capacities in company Formex s.r.o. is composed from three parts. The first one is an introduction to the types and specifications of production systems. It also follows production planning and control. The second part is dedicated to analysis of the information system WorkPlan and to the analysis of the company Formex s.r.o. (the company structure, the production and the planning process). The possible ways of production planning and order optimization with respect to the use of IS WorkPlan were designed in the third part of the diploma thesis. Consequently the most suitable planning way was selected and the templates with the normalized technological processes were designed. The diploma thesis also contains validation of the proposals and it is enclosed with the recommendation for the future steps in the production planning in the company Formex s.r.o.

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
		DIPLOMOVÁ PRÁCE	

KLÍČOVÁ SLOVA





Typy výroby, kusová výroba, výrobní systémy, plánování a řízení výroby, plánovací metody, ERP systémy, optimalizace zakázek, normalizace technologických postupů.

Production types, part production, production systems, production planning and control, planning methods, ERP systems, order optimization, production process normalization.

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 9
 	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

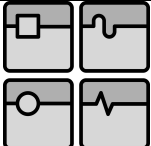
Bibliografická citace

VOBORNÍK, T. Optimalizace objednávek a kontrola stavu kapacit zdrojů ve firmě Formex. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 69s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Simeon Simeonov, CSc.

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

Prohlášení o původnosti práce

Prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování diplomové práce a že jsem celou diplomovou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně s použitím uvedených zdrojů.

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





Poděkování

Děkuji firmě Formex s.r.o. za umožnění zpracovat diplomovou práci v jejich podmínkách. Panu Ing. Františku Jeglíkovi děkuji za významnou pomoc při řešení dílčích problémů a poskytnutý čas. Za cenné připomínky a rovněž pomoc při řešení děkuji vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Simeonu Simeonovi, CSc. Značný dík patří také mým rodičům za poskytnutí materiální i morální podpory při mém studiu.

OBSAH

1. ÚVOD	14
2. TYPY VÝROB	15
3. KUSOVÁ VÝROBA	16
4. PLÁNOVÁNÍ A ŘÍZENÍ VÝROBY	21
4.1. PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	21
4.1.1. MRP	21
4.1.2. APS	21
4.1.3. TOC / OPT.....	22
4.1.4. Další metody plánování materiálového toku	23
4.2. ŘÍZENÍ VÝROBY	23
4.3. ŘÍZENÍ VÝROBNÍHO PROCESU	25
5. ERP	26
6. VÝROBA FIRMY FORMEX	27
6.1. PRŮBĚH ZAKÁZKY	27
7. IS WORKPLAN	28
7.1. ÚVOD	28
7.2. VÝHODY IS WORKPLAN.....	28
7.3. MODULY WORKPLANU	29
7.4. NASTAVENÍ NUTNÉ PRO POUŽITÍ MODULU PLÁNOVÁNÍ	30
8. ŠIRŠÍ POHLED NA PROBLEMATIKU A STANOVENÍ CÍLŮ	31
9. METODY, POSTUPY, HYPOTÉZY	34
10. SBĚR ZÁKLADNÍCH INFORMACÍ	35
11. ROZBOR MOŽNOSTÍ IS WP	35
11.1. KALKULACE VYTÍŽENÍ.....	35
11.1.1. Podrobný rozbor funkcí Kalkulace vytížení	35
11.1.2. Hodnocení Kalkulace vytížení	39
11.2. KAPACITNÍ PLÁNOVÁNÍ	39
11.2.1. Podrobný rozbor Kapacitního plánování.....	39
11.2.2. Hodnocení Kapacitního plánování.....	42
11.3. DETAILNÍ PLÁNOVÁNÍ	42

12. MOŽNOSTI PLÁNOVÁNÍ VÝROBY VE FORMEXU	44
12.1. VARIANTY PLÁNOVÁNÍ I – OPTIMÁLNÍ DETAILNOST OBJEDNÁVEK	44
12.2. VARIANTY PLÁNOVÁNÍ II - OBSAH PLÁNOVÁNÍ	46
12.3. VARIANTY PLÁNOVÁNÍ III - ORGANIZAČNÍ STRUKTURA	48
12.4. VÝBĚR VHODNÝCH VARIANT PLÁNOVÁNÍ	50
13. ANALÝZA ZPRACOVÁNÍ ZAKÁZEK	52
13.1. HLEDÁNÍ ÚZKÉHO MÍSTA VÝROBY – APLIKACE TOC	52
13.2. OPTIMALIZACE OBJEDNÁVEK - HLEDÁNÍ „KLÍČOVÝCH“ KOMPONENT	54
13.3. TVORBA NORMOVANÝCH TECHNICKÝCH ROZPOČTŮ	55
14. ZKUŠEBNÍ PROVOZ PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	56
14.1. ZVOLENÉ PODMÍNKY	56
14.2. POZNATKY O IS WORKPLAN	56
14.3. OVĚŘENÍ ŠABLON	56
15. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ ZAVEDENÍ PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	57
15.1. ÚSPORA PENĚŽ PŘI DOBRÉ PRÁCI MISTRA	57
15.2. ÚSPORA PENĚŽ LEPŠÍM ROZLOŽENÍM PRÁCE A OMEZENÍ KOOPERACE	59
15.2.1. Brusky	59
15.2.2. Nástrojaři	60
15.2.3. Frézovací centra	60
15.3. ÚSPORY CELKEM	62
15.4. ÚSPORA PENĚŽ UŽITÍM LEPŠÍHO IS	63
16. JINÝ MOŽNÝ IS - JOBDISPO	64
17. ZÁVĚR	66
18. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	67
19. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A POJMŮ	68
20. SEZNAM PŘÍLOH	69

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

1. Úvod

Tato diplomová práce má za cíl vytvoření návrhu pro zavedení plánování výroby ve formě Formex s.r.o. s využitím informačního systému pro plánování výroby.

Podklady pro sestavení doporučení jsou založeny na podrobných analýzách firemních podmínek, které mají vliv na plánování výroby. Analýza funkčnosti informačního systému WorkPlan dává přehled o způsobech jeho nejlepšího využití. Rozbor zpracování zakázek poskytuje informace o chodu firmy, které jsou brány v úvahu při tvorbě návrhu pro plánování výroby. Analýza výroby a výrobních kapacit určuje, jakým konkrétním způsobem je v podmínkách firmy Formex s.r.o. nejvhodnější výrobu plánovat.

V rámci diplomové práce je rovněž proveden zkušební provoz ověřující navržené metody plánování a jsou sestavena doporučení pro další rozvoj plánování výroby ve firmě Formex s.r.o (dále jen Formex).

2. Typy výrob

Výroby lze dělit podle několika hledisek.

Spojitosť výroby: - spojitá (kontinuální) – např. chemický průmysl
- nespojitá (diskrétní) – např. strojní výroba

Četnost opakování výrobku:

- výroba kusová
- malosériová
- velkosériová
- hromadná

V poslední době se začíná prosazovat rozlišení podle vztahu vstupní materiál versus výrobek, kde označení písmena mnemotechnicky naznačuje tuto vazbu:

Výroba typu V

- počet finálních výrobků je mnohem větší než počet nakupovaných materiálů
- podobný technologický postup
- např. slévárství, textilní průmysl

Výroba typu A

- počet materiálů výrazně převyšuje počet výrobků
- různé technologické postupy pro různé díly finálního výrobku
- typickým oborem je těžké strojírenství, letecký průmysl

Výroba typu T

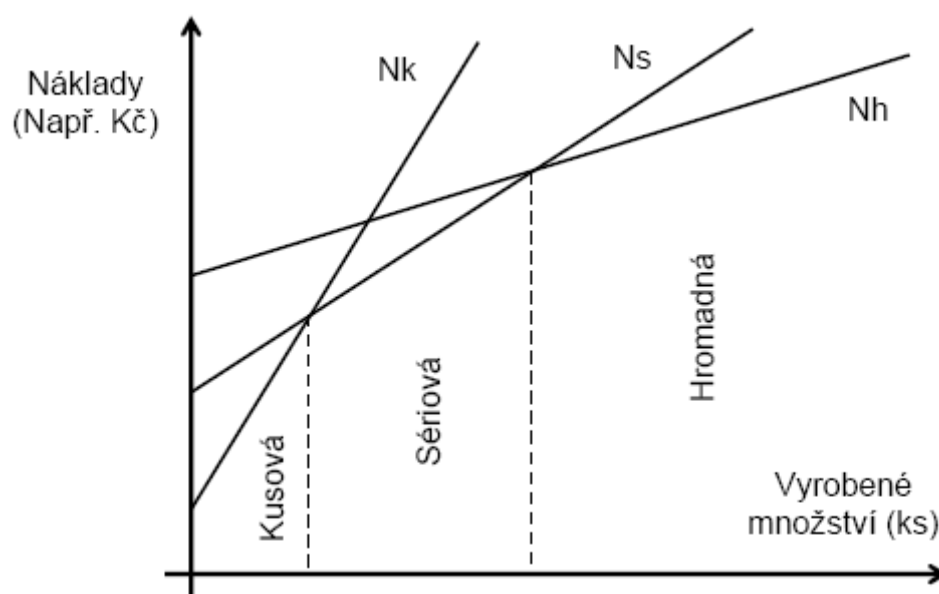
- výrobek se skládá z omezené množiny součástí
- zcela odlišné technologické postupy
- typickým oborem je elektrotechnika a výroba spotřebního zboží

Podle těchto měřítek je výroba firmy Formex nespojitá kusová a typu V. [6]

3. Kusová výroba

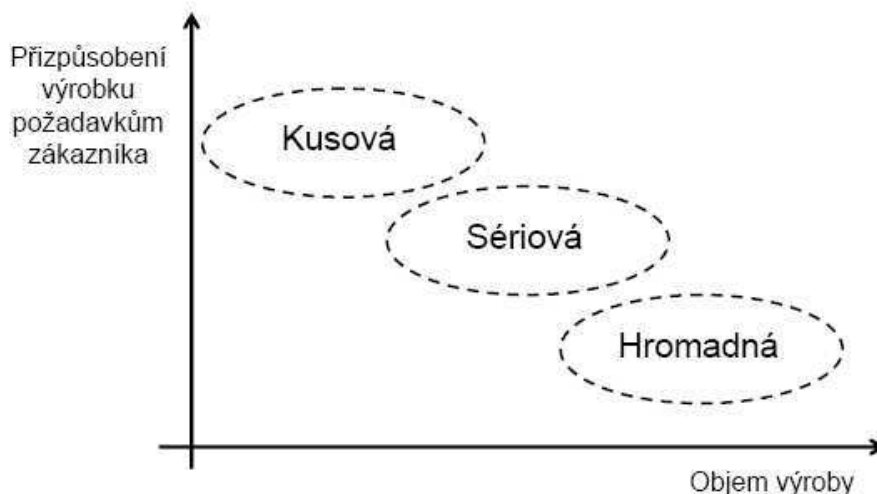
Z hlediska profilu výroby firmy Formex se jedná o kusovou výrobu. Tento typ výroby lze popsat několika faktory (variabilita, objem výroby, strojní vybavení). Má svá specifika, má své kladné stránky i nevýhody.

Graf 3-1. jednoduše znázorňuje vhodnost nasazení různých typů výroby v závislosti na objemu výroby. Protože u kusové výroby jsou v porovnání s výrobou sériovou i hromadnou nejnižší počáteční náklady (náklady na nákup, pronájem zařízení, investice), je vhodná pro nízkou produkci. Náklady na vyrobení jednoho kusu jsou však vysoké. Proto se při větších produkcích musí zvažovat přechod právě k výrobě sériové resp. hromadné.

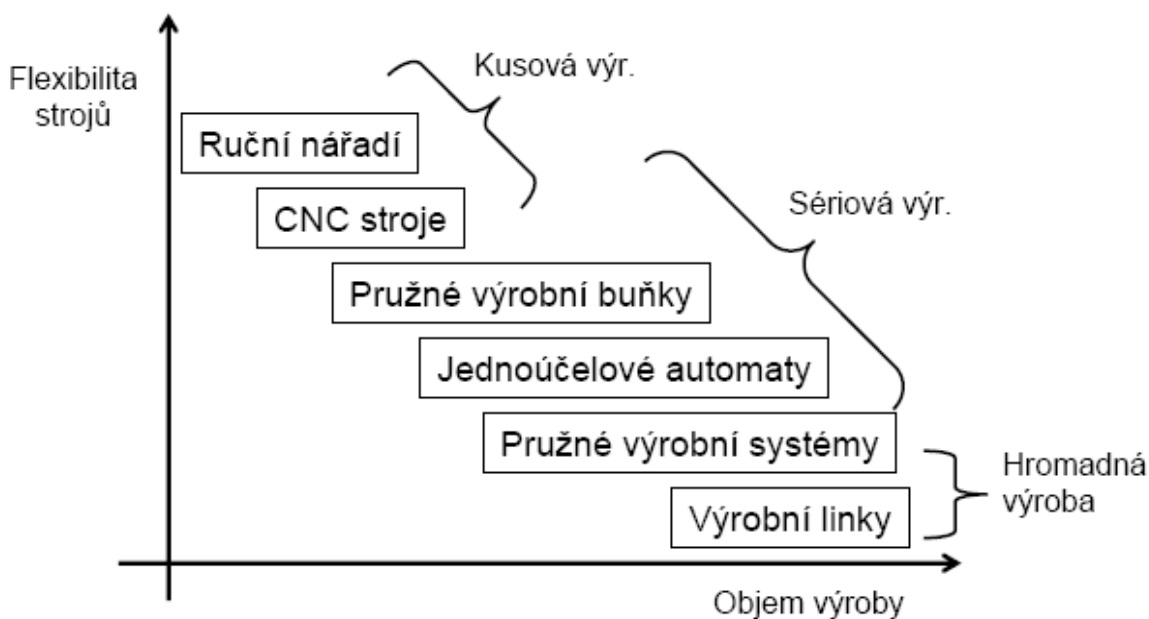


Graf 3-1. (N_k – náklady na kusovou výrobu, N_s – sériovou, N_h – hromadnou)

Kusová výroba se soustřeďuje na produkci specifických výrobků. Odběratelská základna není široká, nezahrnuje větší část společnosti jako je tomu u velkých sérii (např. montáž automobilů). Kusovou výrobu můžeme najít u firem jako je např. Formex – u výrobců originálních nástrojů, běžných stavebních firem apod. Díky malé produkci je pro takové firmy snadnější se přizpůsobit požadavkům na výrobek vzneseným od zákazníka (Graf 3-2.). Je to dáno i strojním vybavením. Graf 3-3. znázorňuje vhodný stupeň flexibility strojů v závislosti na objemu výroby, pro kterou je nasazení těchto strojů vhodné. [2]



Graf 3-2. – Závislost přizpůsobení výrobku a objemu výroby.



Graf 3-3. – Závislost stupně flexibility strojů a objemu výroby. [5]

Neopakovanou, nebo-li zakázkovou, kusovou výrobou je například model výroby anglicky nazývaný *Engineer-to-order* (konstrukce na zakázku). Tento typ je typický pro firmu Formex – před výrobou je proveden návrh nebo úprava konstrukce výrobku dle požadavků odběratele. Další typy jsou řazeny do opakované kusové výroby: *Make-to-order* (výroba na zakázku) – firma vyrábí po přijetí objednávky od zákazníka. *Configure-to-order* (konfigurace na zakázku) – firma složí a nastaví výrobek z předvyrobených součástí podle přání odběratele. *Make-to-stock* (výroba na sklad) – společnost vyrábí produkty bez přítomnosti požadavku od zákazníka. Tento typ je běžný pro většinu produkce. [2]

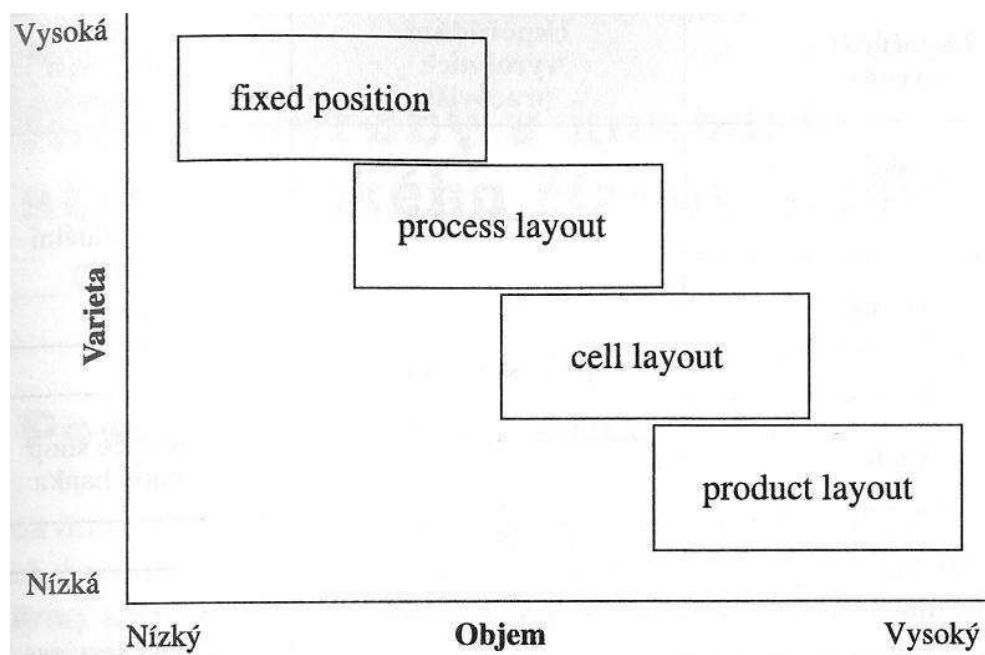
V dnešní době, kdy je snaha stlačování výrobních i nevýrobních nákladů na minimum, se prosazuje strategie minimalizace zásob a skladů. *Bod rozpojení* je faktor, který vypovídá o vázání kapitálu do rozpracované výroby resp. zásob viz. Tabulka 3-1. Bod rozpojení prezentuje okamžik ve výrobě, od kdy už má materiál (polotovary, výrobek, zásoby) přiřazeného svého odběratele. Snahou managementu by tedy mělo být mít Bod rozpojení posunutý co nejbližší počáteční fázi zpracování zakázky. To, že za Bodem rozpojení mají zásoby svého odběratele je pozitivní prvek, protože dává firmě jistotu odbytu. U zásob umístěných před Bodem rozpojení není vždy jisté jejich budoucí zhodnocení a je tu tedy určitá možnost ztrát. U hromadných výrob, kdy je budoucí odbyt vysoce pravděpodobný (výroba spotřebního zboží např. DVD) si výrobce může dovolit mít Bod rozpojení na samém konci postupu zakázky. Firmy s neopakovanou zakázkovou výrobou, jako je Formex, se musí naopak snažit mít Bod rozpojení na úplném začátku. O částí výroby, která je před Bodem rozpojení se hovoří jako o části *upstream* nebo *pull systém* (výrobní zakázky jsou vytaženy z výrobního systému). *Downstream* je část výroby za Bodem rozpojení. Jiný název je *push systém* (zakázka tlačí na výrobní systém). Firma Formex pracuje na principu push systému.

Činnosti při zpracování zakázky		Konstrukce	Technologie	Výroba	Montáž	Expedice	
Typ výroby							
Extrémní	Výroba na	distribuci					
Smíšený		sklad				X	
		montáž				X	X
		zakázku			X	X	X
Extrémní	Nákup a výroba na zakázku	X	X	X	X	X	

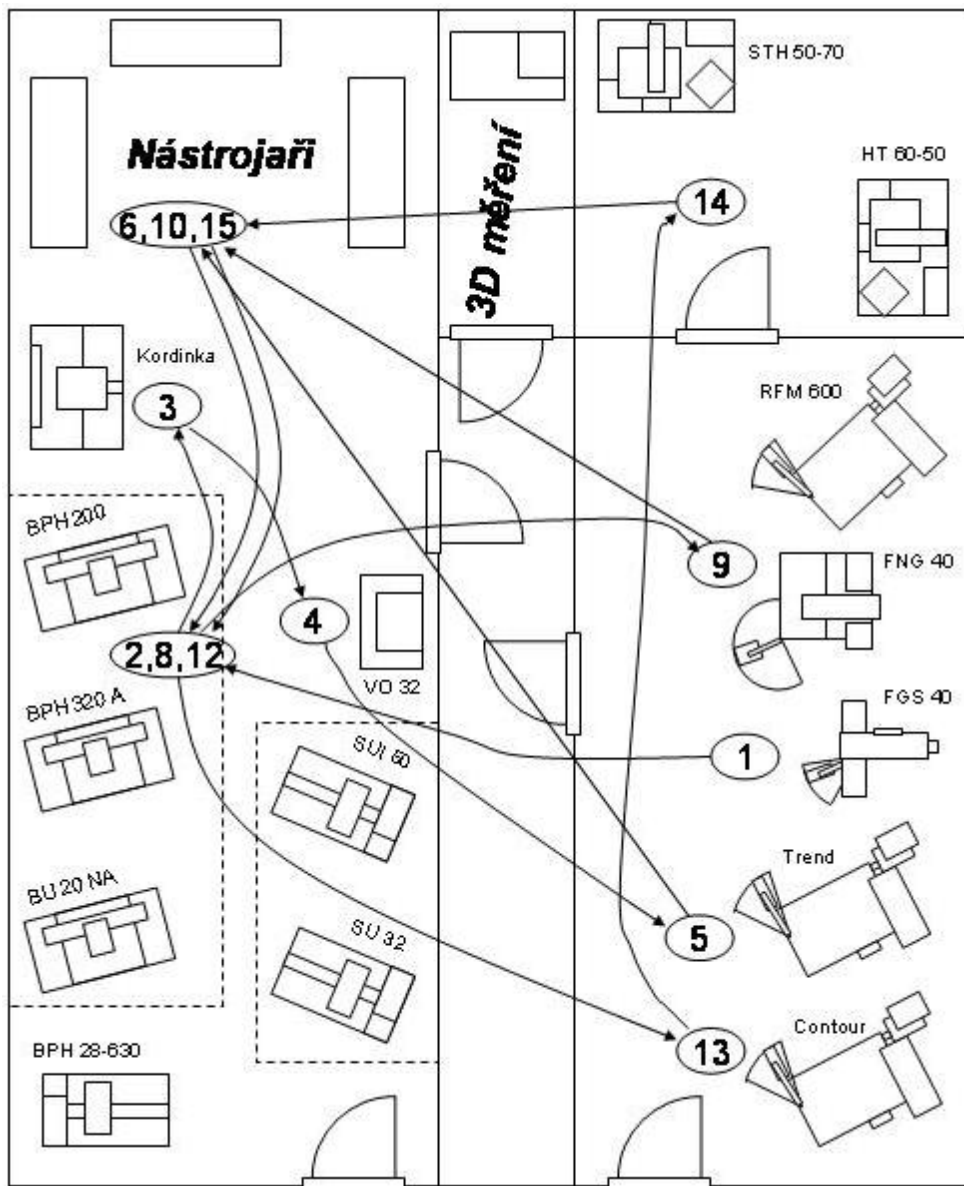
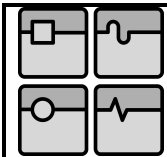
Tabulka 3-1. – Přehled typů výrob a pozice jejich Bodu rozpojení. Křížkem označené činnosti se nachází za Bodem rozpojení.

Protože ve firmě Formex putuje materiál mezi pracovními stanicemi, které jsou trvale na jednom místě a na kterých jsou prováděny určité operace vedoucí k zhotovení finálního výrobku, jde tu o kusovou výrobu anglicky zvanou *Job Shop* (jobbing). Typickými stroji pro tento případ jsou soustruhy, frézky a pod. *Project* je výroba kdy jsou pracoviště a operace shromažďovány kolem místa výroby vysoce komplexního produktu velkého rozměru (např. lodě, letadla). *Batch* (batch = dávka) se týká kusové výroby v dávkách (např. panelový dům se stejnými byty). [1]

Ve strojírenství se pro rozmístění pracovišť používají různé přístupy. Jejich vhodnost použití se odvozuje od variabilnosti a objemu výroby, nebo také výrobního toku viz Graf 3-4. Topologie typu *Fixed position* odpovídá výrobě Job Shop, obecně kusové výrobě. Většinou jde o profesní rozmístění strojů a jejich seskupení dle typů (frézky, soustruhy, hloubičky, brusky) jak je tomu i ve Formexu. Každá zakázka tak musí mít svůj technologický postup mezi jednotlivými pracovišti. Mezi pracovišti bývají vytvářeny příruční sklady za účelem co nejvyššího vytížení strojů. (Obr. 3-1.) Topologie *Process layout* (procesní rozmístění) respektuje operační posloupnost prováděnou na výrobku. Tento a další typy jsou vhodné pro ustálenou sériovou výrobu, kde se nemění výrobní program. Výhodou je úspora času během mezioperační manipulace polotovarů.



Graf 3-4. – Topologie výrobního systému v závislosti na variabilnosti a objemu výroby.
[1]



Obr. 3-1. - Pohyb materiálu dílnou při výrobě tvarové části formy.
Kroky 7,9,11 jsou prováděny v kooperaci.

4. Plánování a řízení výroby

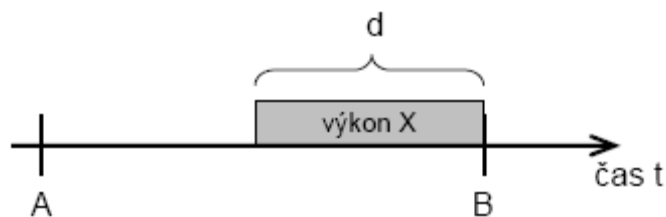
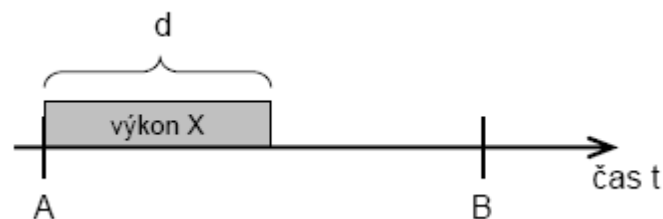
4.1. Plánování výroby

4.1.1. MRP

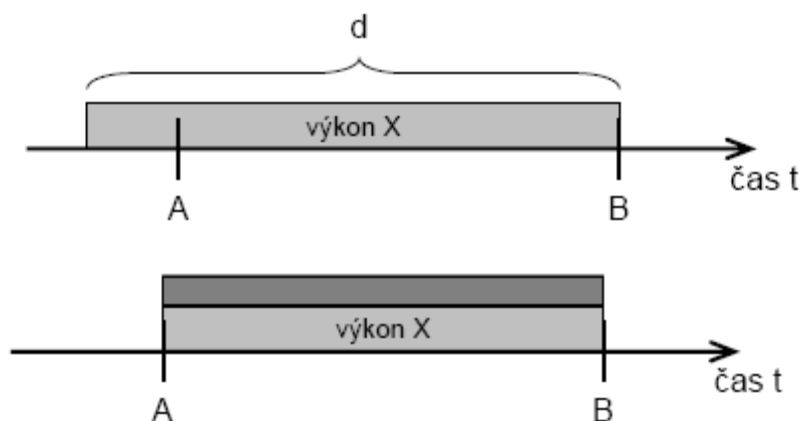
Metoda MRP (Material resource planning) a rozšířená metoda MRP II (Manufacturing resource planning) vychází z přesně definovaných zákaznických požadavků na jedné straně a přesného popisu výrobku strukturním kusovníkem na straně druhé. Na těchto základech je MRP II schopna naplánovat materiálové požadavky na vlastní výrobu a postupnou modifikací vstupního zadání i kapacitní požadavky. Pracuje v několika následných, zpřesňujících se krocích. Předpoklady pro zavedení metod MRP jsou dále: fronty ve výrobním systému a pevné průběžné doby. Přednostmi jsou soustředěná data o zakázkách, potřeba menších zásob a omezení výkyvů jejich stavu. MRP je nevhodné pro výroby s rozkolísanými kapacitními požadavky, nutností časté změny plánu jako je tomu v případě výroby firmy Formex. Již ze samotných podmínek pro zavedení MRP – standardních výrobků s přesným strukturním kusovníkem – vyplývá obtížná aplikovatelnost v podnicích s kontinuálním typem výroby, kde přesné složení finálních produktů není konstantní, je proměnné v závislosti na různých faktorech (slévárenství, chemický průmysl atd.) a neodpovídá stoprocentně normovanému kusovníku. [8]

4.1.2. APS

Z komplexního pohledu na plánování výroby odpovídá profilu firmy Formex metoda APS (*Advanced planning and scheduling*) která plánuje a rozvrhuje výrobu synchronizovaně s ohledem na materiál a kapacity tak, aby byly dodrženy termíny zakázky. Na rozdíl od tradičních přístupů (MRP, MRP II) umožňuje tato metoda lepší přizpůsobení se změnám v požadavcích objednávky a v kapacitách a dovoluje častěji optimalizovat plán. Využívá se informačního systému pro ERP (Enterprise resource planning) k připojení na reálný výrobní systém s ERDB (entity related database) databází uloženou v operační paměti serveru. Ve Formexu je ERP IS WorkPlan. Pro dosažení optimálního plánu a dodržení termínů se provádí zpětné a dopředné plánování. Obr. 4-1. objasňuje tyto pojmy. Zpětné plánování slouží k ověření, zda je možné zakázku zaplánovat za daných podmínek dostupnosti kapacit tak, aby byl dodržen termín. Jestliže toto není možné, provede se dopředné plánování, které vypočítá nejbližší možný termín zpracování zakázky (Obr. 4-2.). Je také možné kalkulovat plánování s neomezenou kapacitou pracovišť – může poskytnout informace, kdy a pro které operace je vhodné navýšit směny nebo dohodnout kooperace tak, aby termín zakázky byl dodržen. APS je vhodné pro kusovou a malosériovou výrobu a dobře se vypořádává se změnami plánu. S touto metodou lze docílit vyššího využití zdrojů a snížení rozpracovanosti výroby. [10]



Obr. 4-1. – Dopředné a zpětné plánování. (A = nejbližší možný termín začátku provedení výkonu, B = konečný termín pro provedení výkonu, d = plánovaná délka výkonu X .)



Obr. 4-2. – Postup plánování – tmavě je vyznačeno plánované přetížení nutné pro splnění úkolu v termínu. (A = nejbližší možný termín začátku provedení výkonu, B = konečný termín pro provedení výkonu, d = plánovaná délka výkonu X .)

4.1.3. TOC / OPT (Theory of constraints / Optimized production technology)

Principem TOC / OPT (dále jen TOC) je nalézt nejslabší článek v celém výrobním procesu a soustředit se na jeho zlepšení. Problémy nesouvisející s úzkým místem se zanedbávají, protože pokud se nezlepší úzké místo, nedojde ani ke zlepšení celého procesu. Energie vložená do řízení a zlepšení neúzkého místa energie není energie efektivně vynaložená. Úzké místo výroby je místo s nejvyšším vytížením, jeho vytížení a produkce udává produkci celé výroby. Pokud je úzké místo nalezeno, je efektivní vytvořit před ním systém zásobníku (materiálových i kapacitních), a to tak aby jeho využití bylo vždy maximální. Pro řešení konkrétního úzkého místa je pak možné použít například vhodný APS systém. TOC se dobře aplikuje v případech za sebou jdoucích operací a jeví se jako vhodná alternativa pro plánování výroby, kde nelze využít MRP (slévárenství, chemický průmysl, kusová zakázková výroba – Formex). [9]

4.1.4. Další metody plánování materiálového toku

BOA (Belastung orientierte aufstragsfreigabe) je metoda vytěžování uvolnění zakázek do výroby v době, kdy je pro ně volná kapacita. Snižuje průběžné doby a vázané finanční prostředky ve výrobě.

JIT (Just in time) definuje vazby mezi dodavateli a odběrateli tak, aby u odběratele nevznikaly zásoby. Je vhodná pro nasazení ve velkých podnicích, snižuje náklady a zvyšuje produktivitu.

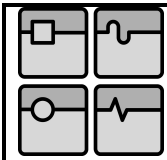
Kanban je metoda založená na kartách jako nosičích informací „přines“ nebo „dodej“. Pracoviště vydává tuto kartu předchozímu pracovišti s požadavkem na dodání materiálu. Stejně jako u JIT je nutná vysoká standardizace sériové výroby. Stejně jako lze kombinovat TOC s APS, JIT je možné aplikovat společně s metodou Kanban. [10]

4.2. Řízení výroby

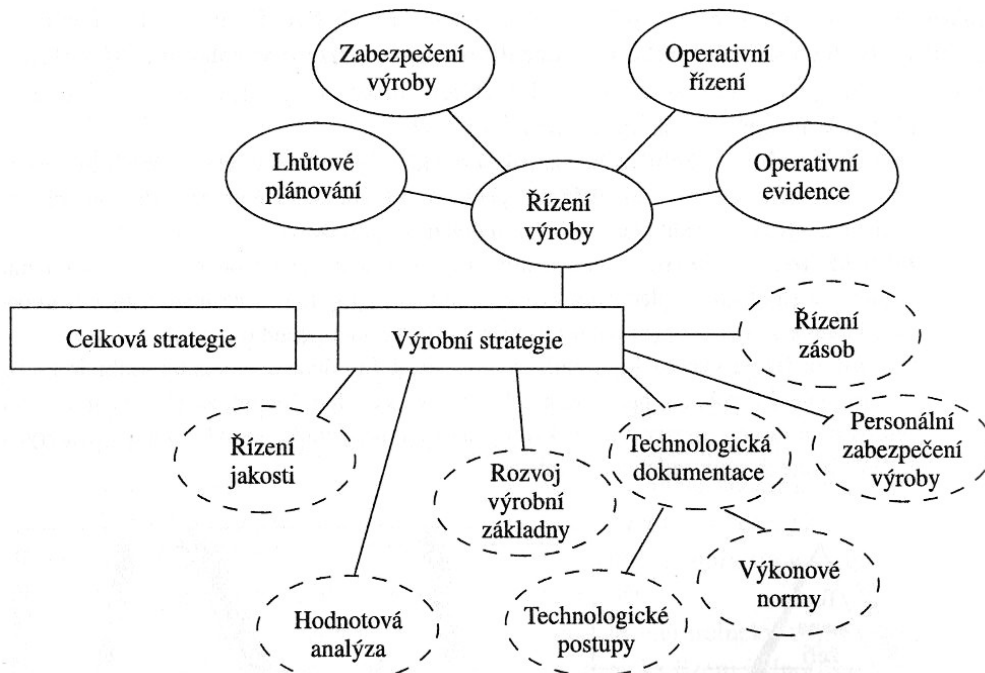
Řízení výroby je zaměřeno na dosažení optimálního fungování výrobních systémů s ohledem na vytyčené cíle. Snahou vedení podniku vztaženo k zákazníkovi by mělo být splnění požadavků na vlastnosti výrobku (technické, bezpečnostní, provozní, funkční, ekologické, ekonomické atd.), dodržení termínů dodání skloubeno s co nejlepším využitím výrobních zdrojů. Podnik musí zároveň co nejefektivněji využívat vlastní zdroje. Vliv na tyto dva úkoly má mnoho členů: provozní prostory, technická zařízení, suroviny, informace, pracovníci atd. Obsahem řízení výroby je především věcné, prostorové a časové sladění všech činitelů. [4]

Strategické řízení výroby udává hlavní koncepci výroby firmy. *Taktické řízení výroby* vytváří dlouhodobější plány výroby. *Operativní řízení výroby* je zajišťováno vedoucími výrobních provozů, a dále pracovníky odpovědnými za plánování a řízení výroby na dílnách – mistry, dílenskými plánovači a pracovníky ve skladech. Jejich úkolem je maximálně hospodárné využití vstupů v krátkém časovém horizontu (den až měsíc), uspořádání výrobního procesu a zabezpečení vlastního průběhu výroby. Operativní řízení výroby je uskutečňováno na nejnižší organizační úrovni (dílny, pracovníci).

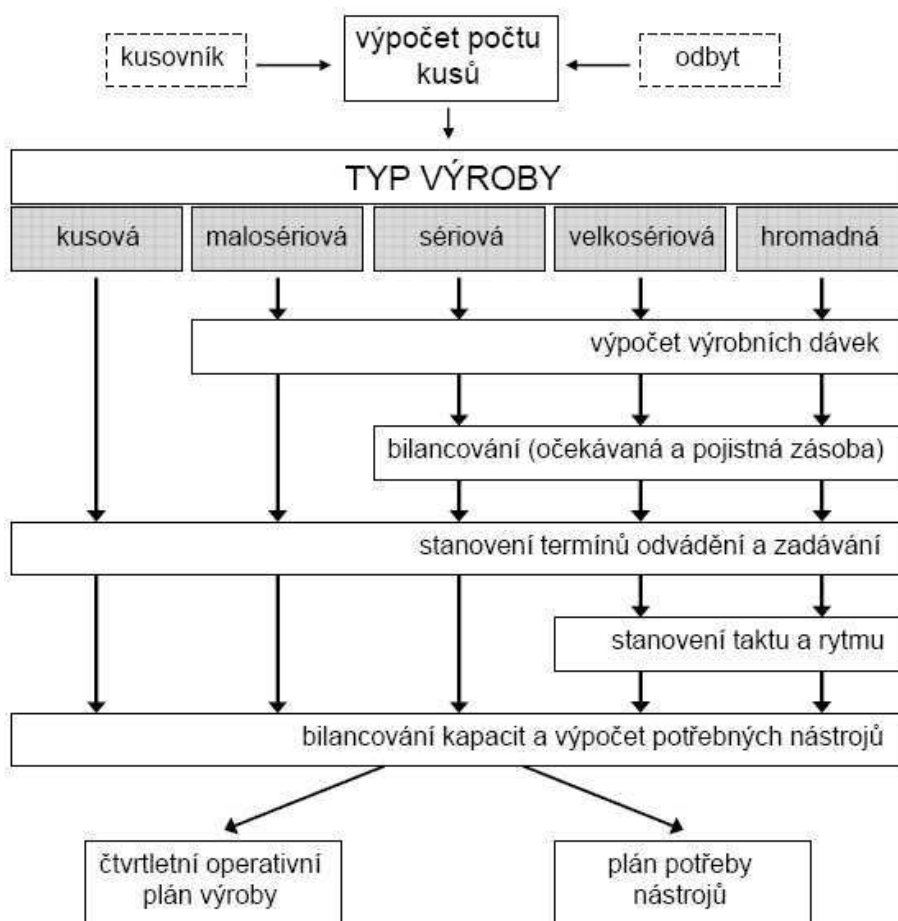
Hierarchická struktura řízení výroby je načrtnuta na Obr. 4-3. Výrobní strategie reprezentuje Strategické řízení výroby, Řízení výroby zase Taktické řízení výroby. Model operativního plánu výroby pro všechny typy produkcí je znázorněn na Obr. 4-4. [3]



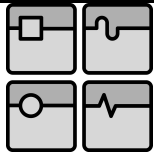
DIPLOMOVÁ PRÁCE



Obr. 4-3. – Hierarchie řízení výroby. [1]



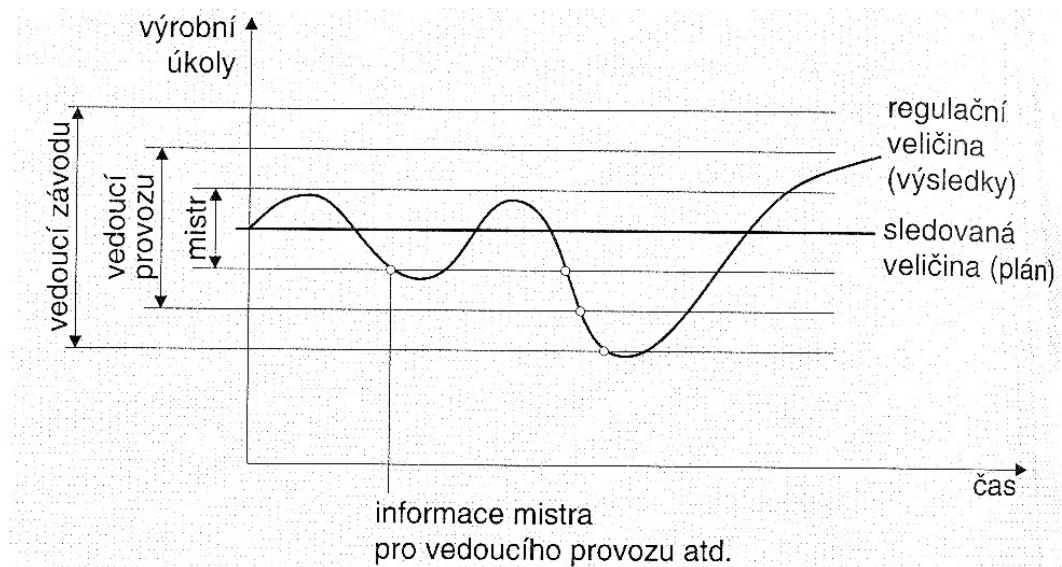
Obr. 4-4. – Model operativního plánu výroby. [1]







4.3. Řízení výrobního procesu

Řízení samotného výrobního procesu ve firmě Formex nejvíce odpovídá tzv. *přímému řízení výroby*. To se prosazuje v typech výroby, kde se často provádějí změny specifikace zakázky. V těchto případech je potřeba dopracovávat podrobný výrobní plán až u nižších výrobních jednotek. Přímé řízení představuje prvek komplexního řízení výrobního procesu na daném výrobním úseku tak, aby se zvýšilo využití kapacit a snížily se zásoby nedokončené výroby. Vychází se z krátkodobých operativních plánů, které však nemohou být dostatečně podrobné, aby mohly sloužit k řízení výroby. Tyto plány, které nepředepisují přesný průběh výrobního procesu, jsou předávány nižším výrobním jednotkám, kde se soustavně rozpracovává sled zadávané výroby, udržuje fronta práce a zajišťují obslužné činnosti. Vlastní řízení v tomto případě je prováděno řídicí složkou (technický ředitel ve Formexu rozepíše harmonogram zakázky s termíny např. dokončení konstrukce, výroby) a pracovištěm provádějícím volbu práce (mistr sestavuje harmonogram práce pro jednotlivá výrobní pracoviště). Pomocnou složkou je informační systém, který propojuje pracoviště, předává informace řídicím složkám a vytváří obraz o rozpracovanosti a dohotovení výroby. [1]

V zájmu bezproblémového provozu je vhodné přesně definovat pravomoci rozhodování jednotlivých složek řízení. Graf 4-1. toto zjednodušeně ukazuje společně s okamžiky, kdy podřízená složka je povinná informovat složku nadřízenou.



Graf 4-1. - Toleranční pole pro rozhodování. [1]

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 26
		DIPLOMOVÁ PRÁCE	

5. ERP

Enterprise Resource Planning (ERP) v českém překladu znamená: Plánování firemních zdrojů. Jedná se tedy o manažerský informační systém, který integruje a automatizuje velké množství procesů souvisejících s produkčními činnostmi podniku. Typicky se jedná o výrobu, logistiku, distribuci, správu majetku, prodej, fakturaci, a účetnictví.

Jinými slovy ERP nahrazuje dvě a více nezávislých aplikací (účetnictví, skladové hospodářství, plánování výroby, personalistika atd.) a zbavuje uživatele nutnosti instalovat externí rozhraní propojující jednotlivé systémy mezi sebou. Výhodou je jeho zjednodušená správa, údržba a schopnost poskytovat komplexnější informace o podniku. To umožňuje jedna společná databáze obsahující všechna potřebná data využívaná všemi složkami IS ERP. Systém ERP je modulární, každý modul odpovídá určité složce informačního systému. Společnost tak v některých případech má možnost zvolit si, které z modulů si koupí a bude je využívat. [7]

Bez zavedeného ERP systému může být obtížné propojit aktivity jako: konstrukce, sledování zakázky od přijetí objednávky po vyřízení zakázky, splatnost faktur, využití kusovníku jako podkladu pro nákup materiálu apod.

Aby systém fungoval efektivně, je potřeba všechny zainteresované zaměstnance dostatečně proškolit, případně zaměstnat specialistu na jeho spravování. Náklady na pořízení systému jsou vysoké, k tomu je třeba přičíst i dlouhodobé náklady na pronájem nebo nákup uživatelských licencí a na zákaznický servis. Je-li však systém využíván efektivně, investice se v určitém časovém horizontu vrátí v úsporách a zvýšení efektivnosti práce. ERP systémy jsou složité produkty a svojí funkčností nemusí vždy vyhovovat dané společnosti. Díky své rozsáhlosti je také komplikované provést změnu systému. Správná aplikace ERP vede k dlouhodobým úsporám v investicích do informačního systému i hardwaru, zvyšuje flexibilitu a tím i konkurenceschopnost podniku.

Ve světě se vyskytují dva základní modely ERP systémů:

On-premise model – Nejrozšířenější model, kdy je aplikace nainstalována na serverech podniku vlastního ERP systém. Ten se sám stará o provoz a společně s dodavatelskou firmou o aktualizace systému. WorkPlan ve firmě Formex využívá tento model.

On-demand model – častěji známý jako ASP (Application service provider). V tomto případě je ERP provozován přes internetové rozhraní, často běžného prohlížeče. Za správu je zodpovědný dodavatel, který systém provozuje na svých serverech. U tohoto modelu je vyšší riziko spolehlivosti a bezpečnosti, protože společnost nemá přímou kontrolu vlastních informací. [5]

Kromě mezinárodní společnosti SESCOI, jejíž produktem je WorkPlan se na trhu vyskytuje mnoho poskytovatelů ERP systémů, mezi nimiž jsou nejznámější: OPT Solution Suite od firmy STG přímo využívající metodologii TOC; S-Plan (společnost Greycon); SyteAPS (Symix); JobDispo (Seiki Systems). Z českých zástupců to jsou například Heliso (ASV Náchod); Globus (Z&Z Soft ze Dvora Králové); Safir Plus (pražská Arcon Technology) a další.

6. Výroba firmy Formex

Společnost Formex je zaměřena na kusovou výrobu forem. Přestože využívá celou řadu normovaných komponentů od subdodavatelů, každá zakázka na formu je brána jako samostatný výrobek složený ze součástí, které nejsou zaměnitelné se součástmi z jakékoliv jiné formy. Velikost a konstrukce formy se odvíjí např. od velikosti a tvaru vylisku daného zákazníkem a od násobnosti formy. Další vliv na výslednou podobu konkrétní formy může mít typ zvolené trysky – studená nebo horká – a další podmínky stanovené zákazníkem – materiál vylisku, komponenty, životnost formy atd.

6.1. Průběh zakázky

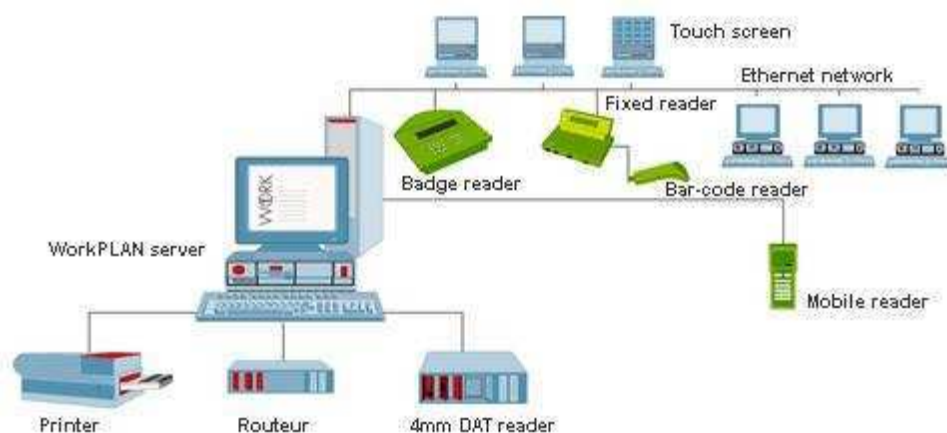
Po obdržení poptávky na výrobu formy od zákazníka se vytvoří cenová a termínová nabídka. Termín dodání formy je odvozen z odhadu doby konstrukce, zpracování technologie, provedení výroby, zkoušek a optimalizací. Po souhlasu zákazníka s nabídkou a uzavření objednávky postupuje projekt do konstrukce, následuje zpracování zakázky v oddělení technologie a probíhá nákup materiálu. Výkony konstrukce, technologie, nákupu a počáteční části výroby se časově plynule překrývají. Kompletní smontovaná forma putuje do zkušebny. Po ověření vzorků se provede optimalizace formy a její další zkouška. Toto se opakuje dokud není vzorek vylisovaný danou formou přesně podle požadavků zákazníka, obvykle jednou až třikrát. Teprve poté je forma zákazníkovi dodána a nainstalována.

7. IS WorkPlan

7.1. Úvod

WorkPLAN je software sloužící k řízení zakázkové výroby založený na takových základních principech jako je vstup reálného času a jeho zpětné sledování.

Kromě toho je WorkPLAN program využíváný celým podnikem založený na architektuře Klient/Server nabízející výkon, přizpůsobivost, ochranu a komunikaci v rámci počítačové sítě.



7.2. Výhody IS WorkPLAN

funkční výhody:

- příprava reálných nabídek
- schopnost rychle zhotovit zakázku
- známost zdroje investic předem pro uspokojování potřeb zákazníka

(interní práce, objednávky, kooperace)

- možnost sledovat zakázky v reálném čase
- možnost kdykoli nalézt přetížení
- možnosti vyčíslit více-náklady na nekvalitu

praktické výhody

- bezpečné připojení
- rychlý a jednoduchý přístup na archivovaná data
- tisk do uživatelsky přizpůsobitelných dokumentů (Excel)

7.3. Moduly WorkPlanu

- Zakázky

- V tomto modulu je možné:

- vytvořit zakázky
- vytisknout potvrzení objednávky, dodací listy a faktury
- sledovat zakázky v reálném čase
- mít přístup k předcházejícím informacím (nabídka, rozpočet)

- disponovat automatickou aktualizací dat, jež odpovídají následujícím informacím (pracovní plány, výroba, dodávka, fakturace)

- Modul "Vedení zakázek" je základním prvkem a tvoří základy pro jiné moduly - výrobu, plánování, objednávky, pro které musí být bezpodmínečně zakázka k dispozici.

- Plánování

- Před zpracováním diplomového projektu nebyl tento modul využíván. Nyní je hlavním nástrojem projektu společně s modulem Zakázky, kterým bude zpracováno plánování výroby.

- Vstup času

- Firma tento modul využívá pro správu docházky zaměstnanců.

- Výroba

- Přesný přehled o rozpracované výrobě a výrobě na jednotlivých strojích.

- Nákup, sklad

- Tento modul je firmou využíván pro nákup materiálů. Požadavek na nákup je zadán konstruktérem v modulu Zakázky přiřazením kusovníku k zakázce.

- Kvalita; Komunikace; Vedení

- Tyto tři moduly nejsou firmou využívány a ani se o jejich využití neuvažuje.

- Konfigurace

- Slouží k nastavení IS a podkladových informací pro další moduly (plánování).

7.4. Nastavení nutné pro použití modulu Plánování

[1] Skupina výkonů

- Základní rozdělení úkonů. Např.: konstrukce, technologie, nákup, výroba

[2] Výkony

- Hlavní druhy výkonů. Především ve výrobě. Např.: frézování, broušení,...

[3] Operace

- Detailní rozpis možných operací. Např.: frézování – úhlování, hrubování, šlichtování, dokončování

[4] Celky

- Celky určené k zaplánování. V našem případě se jedná o zakázky na formy.

[5] Zdroje

a) Sekce

- Základní rozdělení firemních oddělení zapojených do plánování.
- Sekce odpovídají hlavnímu rozdělení prací. V tomto případě: Konstrukce, Technologie, Nákup, Výroba

b) Denní plány stanic

- Nastavení denních rozvrhů – směn. Doby začátků a konců směn. Toto nastavení definuje denní kapacitu stanic – strojů, pracovišť.

c) Týdenní plány stanic

- Definice týdenního plánu směn – kapacit. Můžeme nastavit např. jednosměnný provoz pondělí až pátek s volným víkendem nebo např. třisměnný provoz pondělí až pátek a dvojsměnný o víkendu.

d) Pracovní stanice, stroje

- Úplný seznam pracovišť, strojů. Jako pracoviště může být brán soustruh, frézovací centrum, ale pro zjednodušení také např. konstruktér.

e) Kalendář dnů volna

- V kalendáři můžeme vyčlenit dny, kdy nebude firma v provozu. Mohou to být státní svátky, celozávodní dovolená nebo plánovaná odstávka z důvodu opravy, revize atd.

8. Širší pohled na problematiku a stanovení cílů

Plánování a řízení výroby je v zemích s vysoce rozvinutou ekonomikou již běžnou praxí jak dosáhnout úspěchu na trhu. Původně ze začalo sofistikované plánování objevovat spíše ve větších firmách s vyšším stupněm logistických úkolů. Postupně se však dostává i do menších podniků. V podnicích s velkým objemem výroby a blízkou návazností na zákazníka je plánování výroby důležitou součástí firemní strategie. Pro dosažení nejlepšího obchodního výsledku je nutné snižovat náklady na minimum a výnosy na maximum. Plánování a řízení výroby pomáhá především v první oblasti – snižuje nevýrobní časy a zlepšuje využití zdrojů. Ve firmách typu Formex, kde se jedná o kusovou zakázkovou výrobu se plánování začalo zavádět až v poslední době, kdy je toto podporováno účinnými softwarovými nástroji. Firma Sescoi nabízející IS WorkPlan má zkušenosti s jeho zavedením v německých nástrojárnách.

Plánování zakázkové výroby je ve srovnání se sériovou výrobou komplikovanější z toho důvodu, že dopředu není zcela znám seznam a typ komponentů tvořících výsledných produktů zakázky. Proto i ve firmě Formex bude plánování založeno na odhadech jak komponentů, tak nároků na vytížení. V sériové výrobě, kde jsou přesně známy výrobky i operativní a přeseřizovací časy na strojích, je plánování založeno čistě na daných faktech a odhadnutí výsledku je daleko přesnější, odchylky reality od navrženého plánu jsou minimálních.

I přes výše uvedené nepříznivé podmínky se firma Formex rozhodla pro zavedení plánování výroby s využitím IS WorkPlan. Jako první krok by měla posloužit moje diplomová práce.

Nejprve jsem analyzoval firemní podmínky – strukturu, personální pravomoci a povinnosti, způsob současného postupu zakázky napříč celým podnikem, vytížení pracovišť. Z toho se pak odvodily důsledky pro plánování. Např. kdo může co plánovat. Vytížení kterých pracovišť je nutné plánovat přednostně.

Dále jsem optimalizoval samotný způsob plánování s ohledem na práci s IS. Nebo-li do jaké úrovně bude plánování podrobné, detailní a jaké funkce IS budou využívány. Plánování musí být navrženo tak, aby bylo dostatečně funkční pro potřeby firmy, dostatečně vypovídající o průběhu zakázky. Zároveň nesmí práce s IS zabírat příliš mnoho času, měla by být co nejjednodušší. Pro usnadnění práce jsem také vytvořil šablony technologických postupů. Uživatel zodpovědný za plánování výroby tak později nebude muset vyplňovat technologické postupy pokaždé znovu, ale pouze vloží v IS již předdefinovaný postup a přiřadí k němu odhadované výrobní časy.

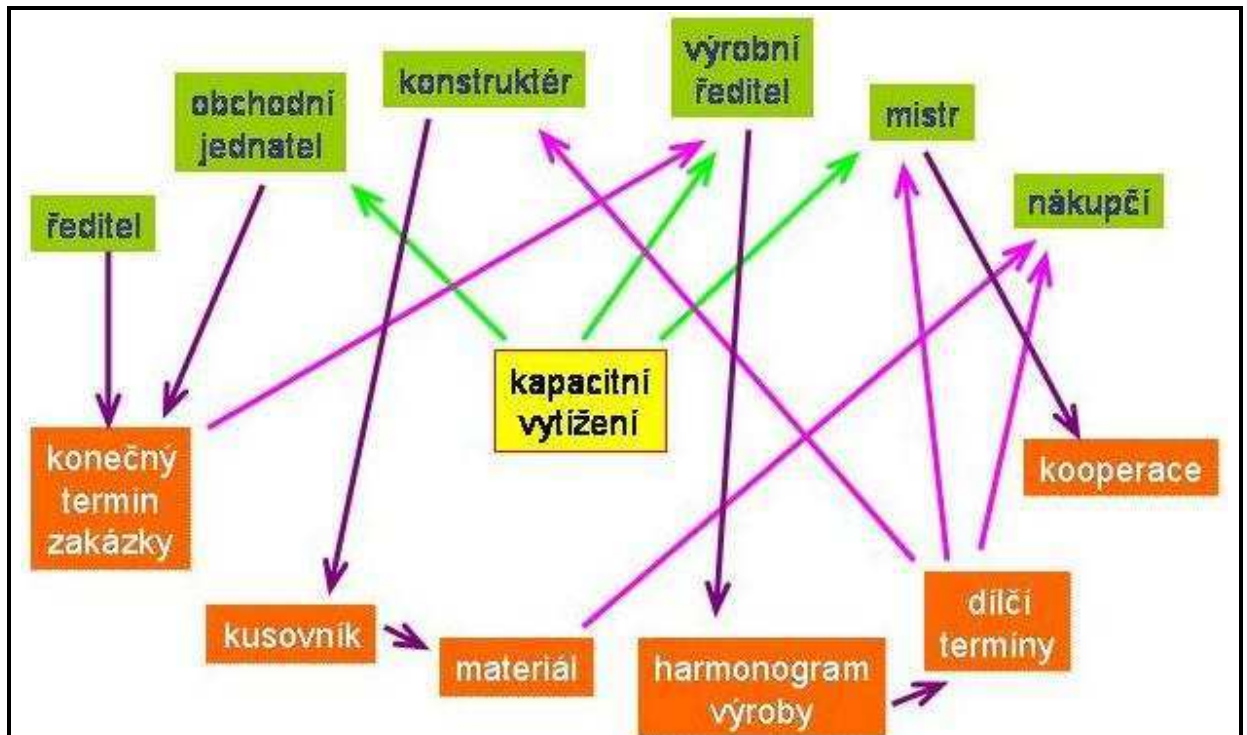
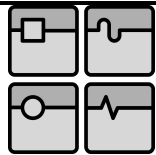
Toto vše vztaženo na samotný IS pak bylo nalezení a definování optimálních vazeb plánování a řízení výroby napříč personální strukturou podniku. To znamená sestavení schématu práv a povinností jednotlivých zaměstnanců zahrnutých do procesu plánování a převedení tohoto schématu do IS určením vhodných uživatelských přístupových práv CRUD (C = create, R = read, U = update, D = delete). Jinými slovy určit, kdo bude mít přístup k jakým informacím v IS a kdo na ně bude moci pouze nahlížet a kdo je bude moci vytvářet a upravovat, resp. mazat viz. Obr. 8-1. (fialová šipka = povolení zapisovat, přenos informací; růžová = povolení číst.

Ve všech obrázcích znázorňujících využívání IS WorkPlan zelené obdélníky představují zaměstnanecké pozice ve firmě Formex. Oranžové obdélníky jsou informace o zakázkách, které jsou určovány uživateli IS. Výklad obrázku 8-1. tak je: Obchodní jednatel do IS zadává *konečný termín zakázky*. Konstruktor do IS importuje *kusovník*, ve kterém jsou definovány potřebné *materiály*. Seznam těchto materiálů čte nákupčí a potřebné materiály objednává. *Harmonogram výroby* a z něj vyplývající *dílčí termíny* zakázky dle tohoto obrázku nikdo neobstarává s využitím IS. Stejně tak IS neslouží jako pomůcka při objednávání *kooperací*. Žlutý obdélník *kapacitní vytížení* představuje informace o dostupných kapacitách, které lze získat z IS, pokud je IS využíván pro kapacitní plánování výroby.

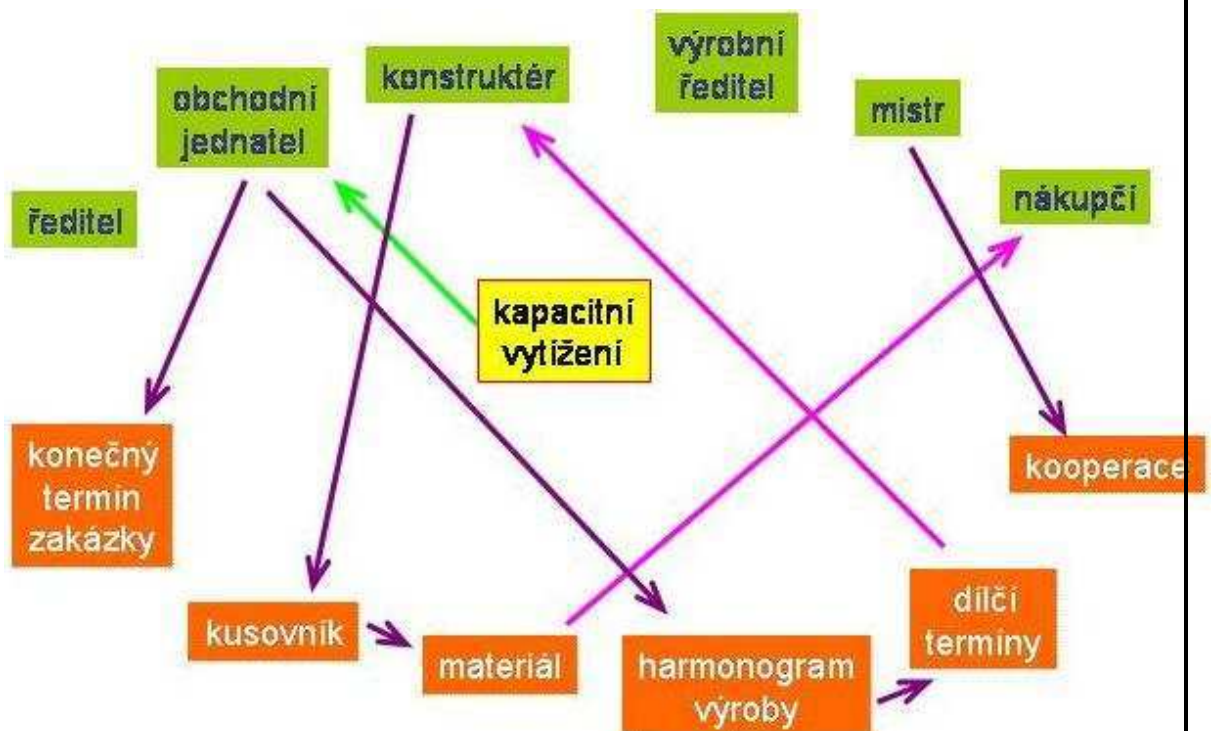
V Obr. 8-2., který znázorňuje možný konečný stav nastavení CRUD práv v IS, ředitel nebo obchodní jednatel zadává konečný termín zakázky s ohledem na kapacitní možnosti podniku. Výrobní ředitel si ho přečte a podle plánovaného kapacitního vytížení zvolí harmonogram výroby. Z toho jsou odvozeny dílčí termíny. Konstruktor do stanoveného termínu provede konstrukci a importuje kusovník do IS. Nákupčí podle zápisu v kusovníku objedná materiál. Mistr podle kapacitních požadavků bude plánovat výrobu a dohadovat nutné kooperace.



Obr. 8-1. – Současný stav nastavení přístupových práv a využití IS WorkPlan. (fialová šipka – CRUD, růžová – R, zelená – vliv na rozhodování)



Obr. 8-2. – Možný konečný stav při plném využití IS WorkPlan pro plánování (fialová šipka – CRUD, růžová – R, zelená – vliv na rozhodování)



Obr. 8-3. – Možný zkušební nebo přechodový stav – Využití IS WorkPlan pro zjištění kapacitního vytižení pouze v momentě tvorby objednávky a zadávání zakázky (fialová šipka – CRUD, růžová – R, zelená – vliv na rozhodování)



Obr. 8-4. - Schéma postupu diplomové práce

9. Metody, postupy, hypotézy

Prvním krokem, který je třeba vždy vykonat před zaváděním jakýchkoli změn je shromáždění informací a jejich následná analýza. Proto i můj první krok byl shromáždění všech dostupných informací relevantních pro plánování výroby. Do těchto informací o firmě Formex patří vše o její výrobě – postupy prací, tzn. technologické postupy, harmonogramy práce, typy strojů a jejich použití, kapacity zdrojů, kompetenční vztahy ve firmě a současný stav plánování zakázek. Informace jsem získal konzultacemi s jednotlivými pracovníky a z databáze IS WorkPlan.

Následně jsem provedl analýzu vytížení zdrojů. Výsledkem je přehled o nejvytíženějších strojích a pracovnících. Od toho jsem odvozoval, kterého pracovníka je přijatelné zahrnout do plánování více a kterého méně. Podle rozložení vytížení strojů jsem volil strategii plánování – na jaké stroje, případně části forem se v plánování zaměřit (TOC).

Protože modul plánování v IS WorkPlan nebyl do podzimu 2007 nainstalován, neměl tak s jeho funkcemi, možnostmi, výhodami i nevýhodami nikdo z Formexu zkušenosti. Mým úkolem bylo zjistit co nejvíce o možnostech tohoto modulu a podílet na jeho uvedení do správného funkčního stavu.

Se znalostí výsledků analýzy podniku a funkčnosti WorkPlanu jsem navrhl několik variant plánování včetně optimalizace zakázek. S nimi jsem pak na společném jednání seznámil zainteresované pracovníky a vedení podniku. Při této příležitosti proběhla diskuze a společná volba ideální varianty.

Následně jsem pro vybranou variantu provedl zaplánování několika zkušebních zakázek. Po skončení zkoušky jsem provedu zhodnocení. Na závěr jsem navrhl doporučení pro další postup v plánování výroby ve firmě Formex.

10. Sběr základních informací

Rozhovory se zaměstnanci jsem získal přehled o struktuře a chodu firmy Formex. Stroje s jejich popisy, počty směn obsluhy a plán rozmístění strojů jsou zaznamenán v Příloze I.

Konzultace s mistry a vedoucím výroby, návštěvy dílen a rozhovory s pracovníky mi poskytly detailní představu o průběhu zakázek a současném způsobu plánování a řízení výroby. Objevil jsem také možné příčiny problémů spojených s plánováním, jako je například změna zakázky v jejím průběhu, vícepráce, optimalizace tvaru výrobku a tím i formy atd.

11. Rozbor možností IS WP

Aby mohlo být provedeno co nejoptimálnější doporučení vedoucí k plánování výroby, je třeba se nejprve seznámit s podmínkami. Možnosti a omezení ze strany IS WorkPlan jsem analyzoval a výsledky jsem popsal v následující části textu.

11.1. Kalkulace vytížení

11.1.1. Podrobný rozbor funkcí Kalkulace vytížení

Kalkulace vytížení je nejjednodušší funkce zaměřená na plán výroby a kapacitní možnosti firmy. Její zprovoznění na jakémkoliv počítači je nenáročné a při testování s ním nebyly žádné potíže. Základem Kalkulace vytížení je *technický rozpočet zakázky* (Obr. 11-1.). Jeho vyplnění včetně počátečních a koncových časů operací je nutností pro další postup.

Zadávají se výkony, k nim se přiřazují zdroje a určuje se čas potřebný na zpracování. Je možné zvolit dopředné nebo zpětné plánování. Máme-li zadané termíny a časy výkonů s určitou tolerancí, provede se jejich přepočítání podle zvoleného pravidla. To se ale vztahuje pouze na daný vyplněný technický rozpočet bez ohledu na již naplánované zakázky a tím určená omezení v dostupných volných kapacitách. Chceme-li zobrazit grafické znázornění rozpočtu, můžeme stisknout tlačítko *Náhled na graf*. Obrázky 11-2. a 11-3. zobrazují ukázkou těchto grafů pro variantu dopředného i zpětného plánování. Je možné nastavit překrývání operací, bohužel pouze v jednom směru – kolika svými procenty bude operace (označená dle pořadí v technickém rozpočtu) n překrývat operaci $n+1$. Dále lze výkonu určit zpracování v kooperaci.

ZADÁNÍ ODHAD. ROZPOČTŮ

Okno Úpravy Data Záznamy Položky
_ □ ×

Zakázka: Z001_06 A POKUS2
BLL Reflektor Ford Fiesta / přešlešení formy / Linie

Celek: VYR2

Podskupina celku: ~

Rozpočty:
Rozděl. množ: 60.00 Kredit: - 60.00

Postupy:
Přiděl. množ: 17.00 Kredit: - 17.00

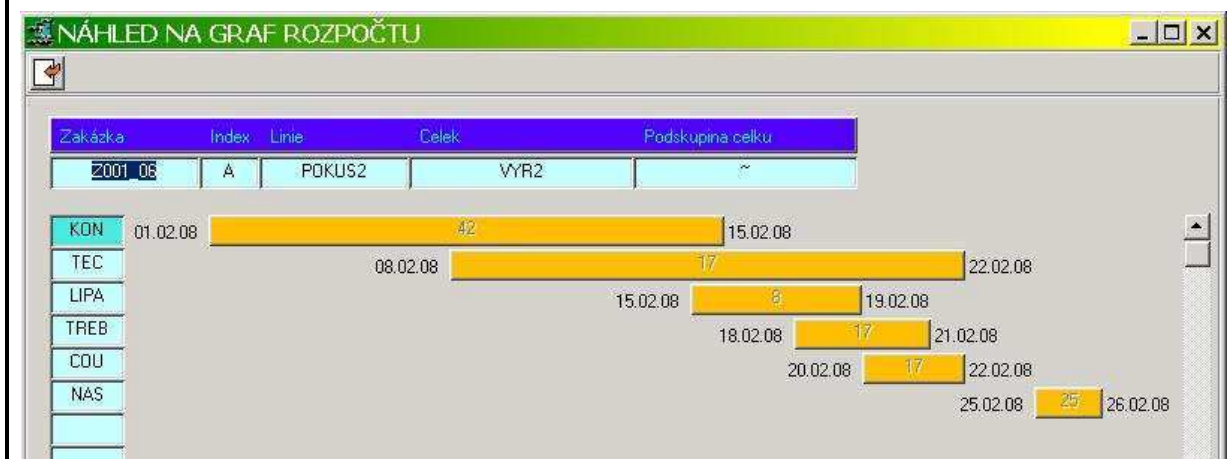
dne: 19.02.08 od: Tomáš Voborník Markr: Nic Avízo /d/: ***** Všeob. index: A

Č.	Výkon	Popis	Datum		Zdroj	H. sazba	Mn.	Čas	Cena	Ind.
			Start	Konec						
10	COU	COUNTUR_FREZ	21.02.08	23.02.08	FRE02	St	0.00	30.00	0.00	A
20	KON	KONSTRUKCE	21.02.08	25.02.08	POC01	St	0.00	20.00	0.00	A
30	TEC	TECHNOLOGIE	25.02.08	03.03.08	POC11	St	0.00	50.00	0.00	A
40	COU	COUNTUR_FREZ	04.03.08	05.03.08	FRE02	St	0.00	30.00	0.00	A
50	NAS	NÁSTROJÁRNA-MONTÁŽ	06.03.08	07.03.08	VYRO	S	0.00	20.00	0.00	A

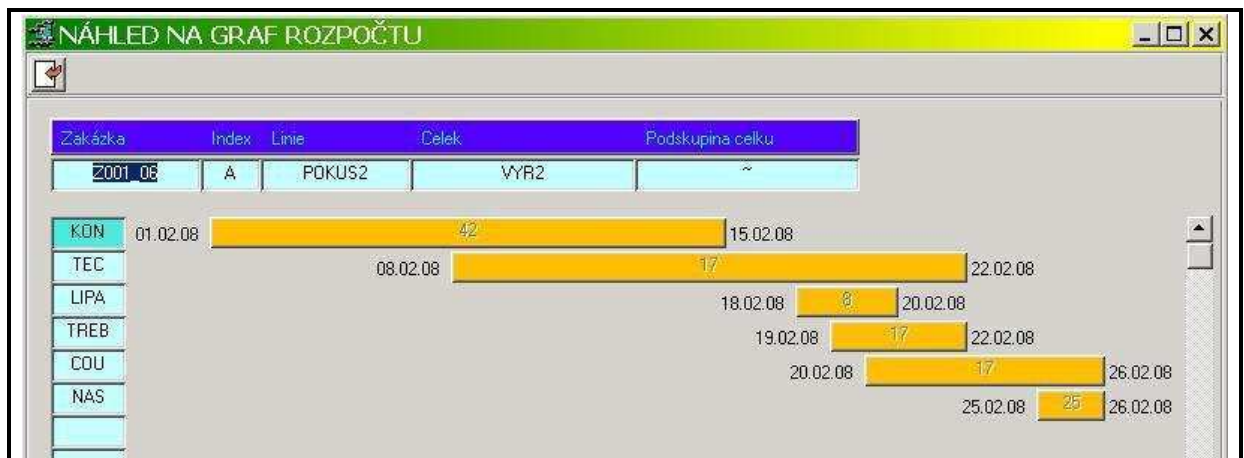
SC: 0 Dod: ***** Překrývání: 0 % Zdroj: ***** Celkem: 0.00

Přidat k plánování
Inic. všeob. nabídky
Inic. postupu
Std. rozpočet
Náhled na graf

Obr. 11-1. – Ukázka okna pro vyplnění technického rozpočtu.



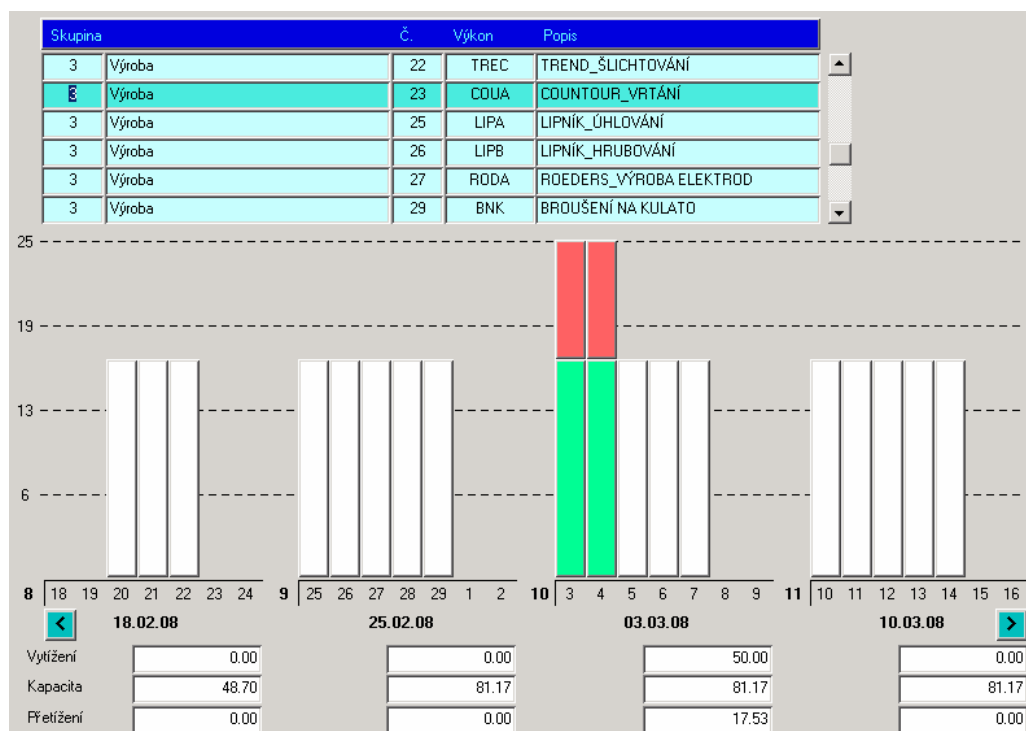
Obrázek 11-2. – Plán technického rozpočtu s dopředným plánováním.



Obr. 11-3. – Plán technického rozpočtu se zpětným plánováním.

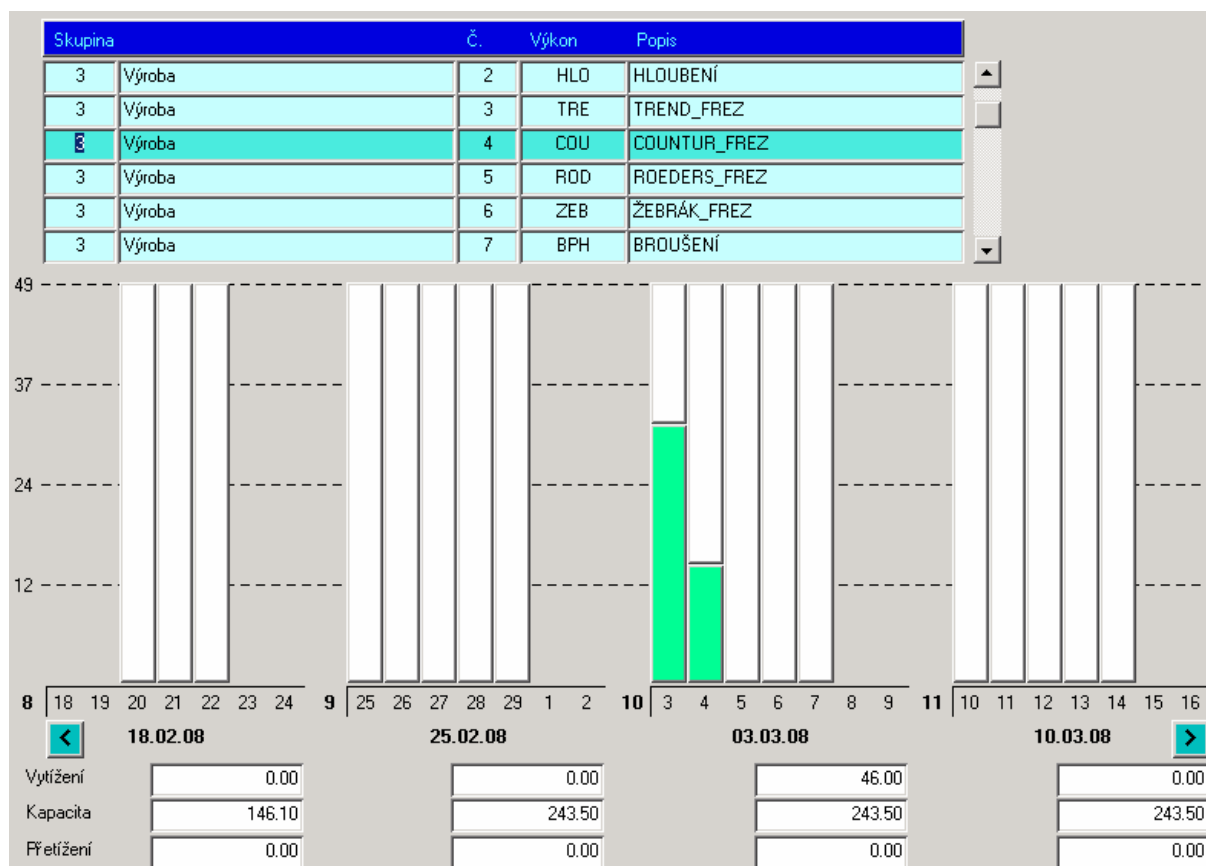
Tímto práce s technickým rozpočtem končí. Dále se pokračuje v okně *Kalkulace součtu vytížení*. Po provedení kalkulace se zobrazí sloupcově zobrazená vytížení kapacit zdrojů v návaznosti na výkony, které jim jsou přiřazeny v technickém rozpočtu. Za poměrně nestandardní řešení považuji výsledné grafické zobrazení. Místo znázornění strojů, jejich kapacit a procento vytížení kapacit jsou výstupem kalkulace grafy výkonů. K těmto výkonům je přiřazen součet kapacit všech strojů, které dané výkony mohou provádět. Je tak pro uživatele obtížné získat přesný přehled o kapacitním vytížení jednotlivých pracovišť.

Na obrázku (Obr. 11-4.) vidíme, že výkonu *Countour_vrtání* byla přiřazena delší pracovní doba, než jsou kapacitní možnosti stroje Contour na dané období. Přetížení je zobrazeno červeně.



Obr. 11-4. – Ukázka výstupu Kalkulace součtu vytížení.

Na Obr. 11-5. je patrný důsledek nevhodného nastavení výkonů a zdrojů. V nastavení výkonů a zdrojů ve WorkPlanu byly pro výkon *Countour_frez* povoleny dva možné zdroje (pro zjednodušení stroj A a stroj B). V tomto případě byl výkonu *Countour_frez* přiřazen pouze zdroj A, jehož kapacita je nižší než je požadované zatížení. Výkon tak nemůže být dokončen. Přesto v grafickém znázornění *Kalkulace vytížení* se nezobrazí červené přetížení, protože celková kapacita pro tento výkon je součet kapacit zdrojů A a B. Tento negativní jev je možné odstranit úpravou nastavení výkonů a zdrojů tak, aby každý stroj měl své specifické výkony. Této podmínce ale nelze vyhovět, protože existují výkony, které lze provádět na více než jednom pracovišti a nerespektuje se tak strojní vybavení a reálné možnosti výroby firmy Formex. Např. broušení může probíhat na více než jednom stroji, stejně tak některé případy frézování, hloubení či soustružení.



Obr. 11-5. – Ukázka nevhodného nastavení zdrojů a výkonů pro Kalkulaci součtu vytížení.

11.1.2. Hodnocení Kalkulace vytížení

Z rozboru vyplývá, že *Kalkulace vytížení* je nástroj jen těžko využitelný. Poskytuje informace pouze o vytížení jednotlivých pracovišť a to jen nepřímo, neinformuje o plánu a průběhu zakázky. *Kalkulace vytížení* není napojena na časy vykazované zaměstnanci. Nedochází tak k porovnání, zda daný úkol byl skutečně zpracován. Další nevýhodou je nemožnost upravovat plán výroby, nebo technický rozpočet přímo. Operace nelze posunovat v čase do méně vytížených období. Jedinou možností je vrátit se zpět do editace technického rozpočtu, tam provést změny a *Kalkulaci vytížení* nechat znovu přepočítat. Název *Kalkulace vytížení* odpovídá funkci tohoto nástroje. Uživatel se totiž jednoduše nedozví, která zakázka může být zaplánována včas a u které hrozí nedodržení termínu. Lze sice tuto informaci odvodit, ale není to primární výsledná informace.

11.2. Kapacitní plánování

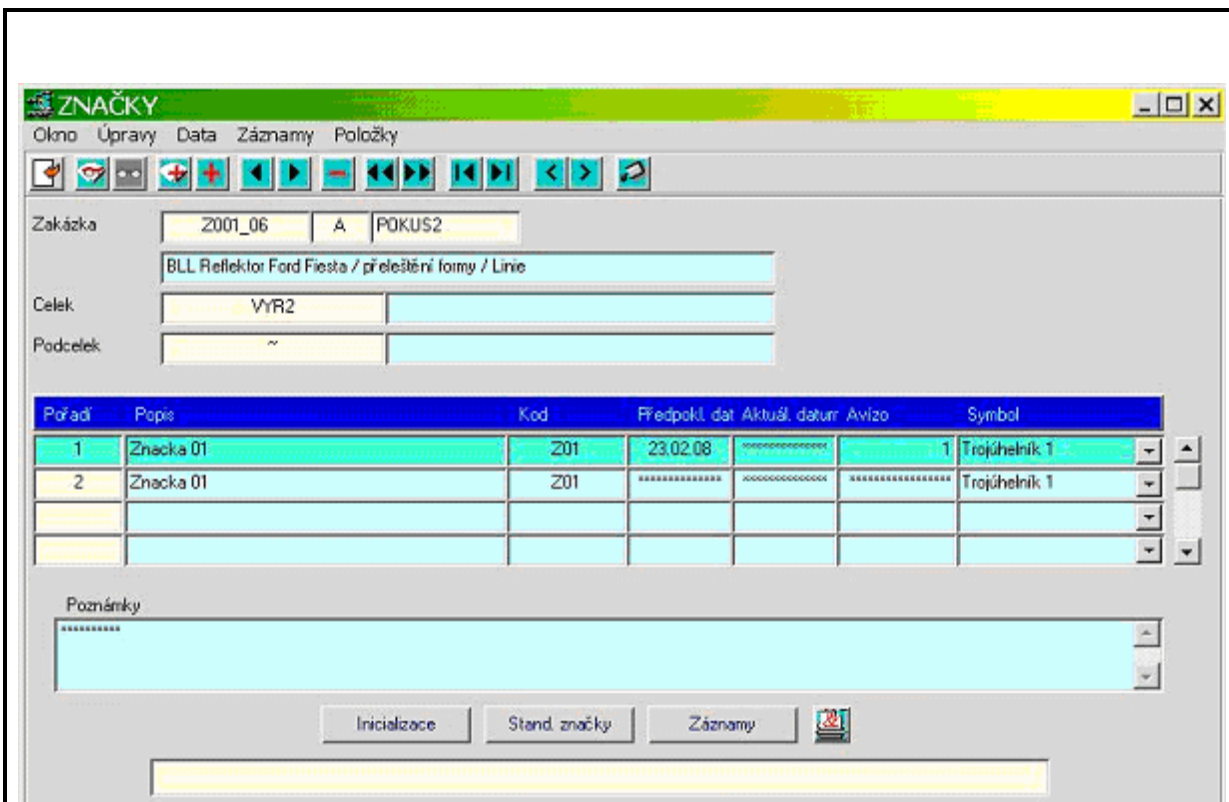
11.2.1. Podrobný rozbor Kapacitního plánování

Stejně jako pro *Kalkulaci vytížení* je základem Kapacitního plánování technický rozpočet. Protože *Kapacitní plánování* je komplexnější nástroj a jeho součástí je i grafické zobrazení plánu (Ganttův diagram), umožňuje WorkPlan další nastavení týkající se zakázky – například barvu pro zobrazení v Ganttově diagramu.

V rozpadu zakázky můžeme dále zadávat *Značky* (Obr 11-6.) . Fungují jako upomínky. Není nutné je využívat, ale mohou se hodit pro připomínání objednávání kooperací nebo blížících se termínů. Silnou nevýhodou *Značek* je jejich pevná vazba na nastavené datum nikoli na výkon, ke kterému by mohly být přiřazeny. Chceme-li si dát jako upomínku do *Značky* předjednání kooperace, nastavíme určité datum a později upravíme plán a posuneme výkony v čase, datum *Značky* zůstane nezměněno a bude tak informovat uživatele v nesprávný čas.

Je-li vyplněný technický rozpočet a chceme ho zaplánovat, stiskem tlačítka *Přidat k plánování* se zařadí do *Kapacitního plánování*. Jinými slovy – technický rozpočet může být vyplněn, ale nemusí být zahrnut do plánování.

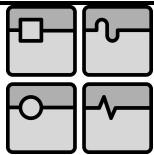
Okno *Kapacitní plánování* (Obr. 11-7.) nabízí několik možností správy informací týkajících se plánovaných zakázek. Okno *Zbývá zaplánovat* poskytuje seznam zakázek s vytvořeným technickým rozpočtem, které ještě nebyly přidány k plánování. Okno *Anomalie* zase informuje o chybách v plánování – například nedostatečných termínech. Okno *Úkoly v kooperaci* ukazuje přehled o externě zpracovávaných výkonech. V okně *Značky* je seznam všech značek přiřazených k zakázkám. Jejich popis, termín a barevné znázornění jejich aktuálnosti. Nejdůležitější je však okno *Plánování* s Ganttovým diagramem (Obr. 11-8.).



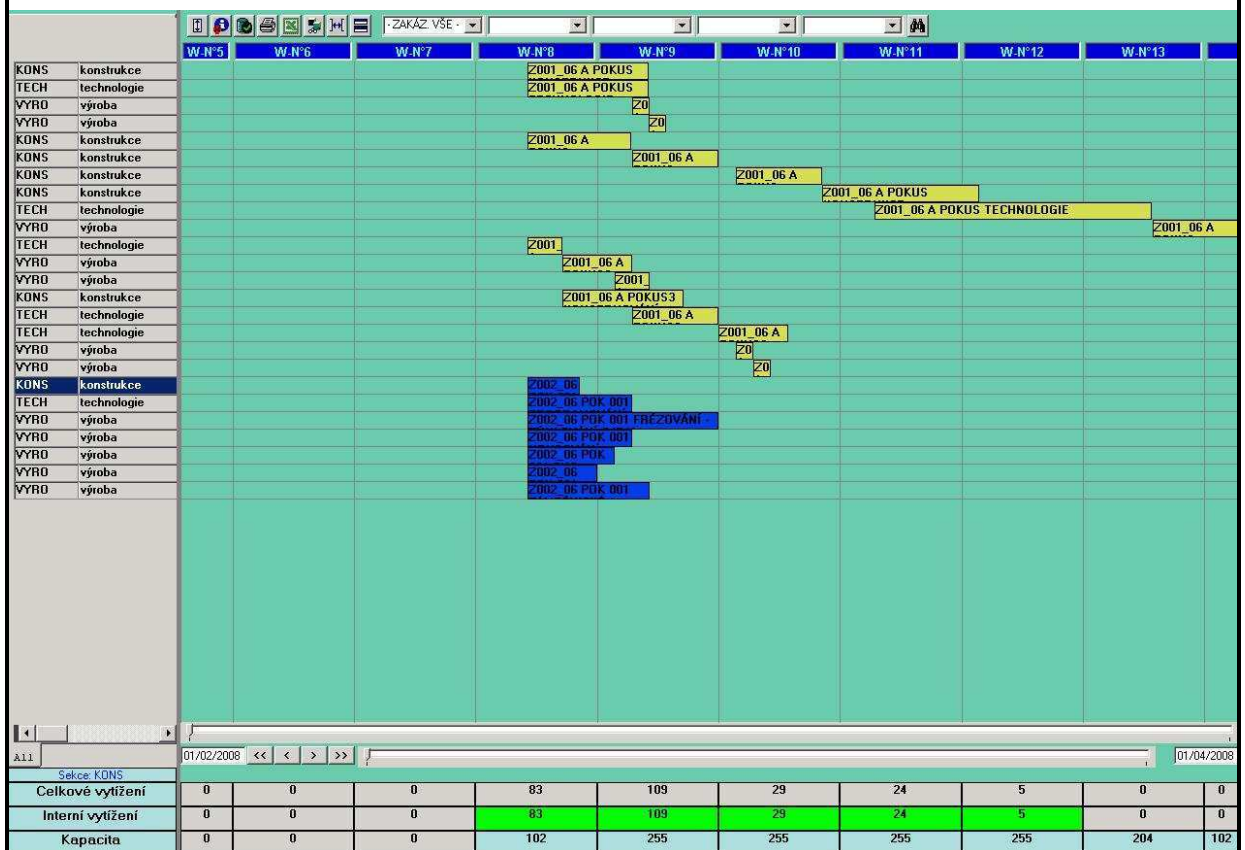
Obr. 11-6. – Zadávání Značek.



Obr. 11-7. – Okno Kapacitní plánování.



V okně *Plánování* má uživatel přehled o naplánovaném harmonogramu zakázky a kapacitním vytížení sekcí strojů. Jestliže se bude *Kapacitní plánování* používat, je vhodné předefinovat zdroje a jejich zařazení do více detailních sekcí. Původně byly jako sekce definovány: Konstrukce, Technologie, Výroba, Kooperace. Pro lepší využití byly později místo sekce Výroba, která zahrnovala všechny stroje, zavedeny podrobnější sekce (Brusky, CNC frézky, Hloubičky ...), protože na svislé ose grafu jsou Sekce pracovišť, nikoli jednotlivá pracoviště. Grafické zobrazení plánu je tak přehlednější. Stejně jako *Kalkulace vytížení* i *Kapacitní plánování* vypovídá primárně o vytížení zdrojů, nikoli o dodržení termínu zakázky. V grafickém prostředí je ale možné na rozdíl od *Kalkulace vytížení* posunovat výkony v čase tak, aby zdroje nebyly přetížené. Výkony lze také dělit nebo roztahovat do delšího časového úseku. Nevýhodou je, že plánování neprovádí program sám automaticky, je nutné plán tvořit manuálně, což je časově velmi náročné. Chce-li uživatel zjistit stupeň zatížení sekce pracovišť, musí označit některý z výkonů, jenž je touto sekci prováděn. Na vodorovné ose pod grafem se pak zobrazí barevný přehled vytížení žádané sekce (Obr. 11-8.).



Obr. 11-8. – Ganttův diagram v Kapacitním plánování

11.2.2. Hodnocení Kapacitního plánování

Kapacitní plánování je napojené na vykazované časy zaměstnanců a pracovišť. Pro jeho zprovoznění není nutná složitá konfigurace IS a komunikace mezi PC a serverem. Nevýhodou je zobrazování pouze celých sekcí na svislé ose grafického zobrazení. Možnost zvolit si zobrazení jednotlivých strojů by byla určitě výhodou. Pro další usnadnění by bylo vhodné, kdyby každý zdroj byl zastoupen jedním řádkem, ve kterém budou figurovat všechny výkony tomuto zdroji přiřazené, jak je tomu běžně v jiných IS využívajících Ganttův diagram. Ve WorkPlanu má každý jednotlivý výkon svůj vlastní řádek. Provede-li se například rozdělení jednoho výkonu na dvě části, druhá část se vloží na nový řádek.

Kapacitní plánování považuji za účinný nástroj, který je možné plně využít při vhodném nadefinování rozdělení strojů do sekcí a přiřazení výkonů ke zdrojům v nastavení IS.

11.3. Detailní plánování

Detailní plánování je založeno na vyplnění výrobního postupu a jeho zaplánování. Před zařazením výrobního postupu lze provést simulaci plánování, která slouží k ověření plánování a není závazná pro výrobu.

Výrobní postup se blíže podobá technickému rozpočtu. V obou tabulkách nalezneme jen nepatrné rozdíly. Ve výrobním postupu ve srovnání s technickým rozpočtem chybí sloupec hodinové sazby výkonu. Naopak je zde zadán čas pro operaci podrobnější - *Čas pro přípravu, Čas obrábění a Tolerance*. Nejvýznamnější novou funkcí pro uživatele je *Milník*. *Milník* je limitní datum, kdy výkon nejdříve může začít nebo naopak nejpozději skončit. *Milník* může být konkrétní datum, například je-li již předem dohodnuta kooperace, výkon jí předcházející musí skončit včas. *Milník* může být i datum pohyblivé a může fungovat jako vazba mezi dvěma a více výkony. V Obr. 11-9. například *Frézování – zúhlování* nemůže začít dříve než bude dokončeno *Programování*. Funkce *Milník* je účinný nástroj, který jednoduše a přehledně umožňuje nastavení posloupností a vazeb operací. Ve výrobním postupu na rozdíl od technického rozpočtu je možné, nikoli nutné, zadávat termínové údaje.

Zadávání časového překrývání dvou po sobě následujících operací je ve výrobním postupu dotaženo do většího detailu, uživatel tak může definovat překrývání v obou směrech. (Kolik procent doby určité operace bude překryto operací následující a naopak – kolik procent operace bude překryto operací předchozí.)

Chceme-li si nejprve ověřit reálnost termínů a jejich splnění, provedeme simulaci. V simulaci si lze vybrat, jaké zakázky do simulace zahrneme. U každé zvolíme, zda ji chceme zaplánovat dopředně nebo zpětně. Na rozdíl od *Kalkulace vytížení* je přitom brán ohled na všechny zakázky zahrnuté do simulace. Provedeme kalkulaci a v *Seznamu simulací* (Obr. 11-10.) se barevně zobrazí možnosti dodržení termínů (Tab. 11-1.). Jestliže uživatel není spokojen s výsledkem, může provádět další simulace s jiným nastavením. V *Seznamu simulací* pak bude mít přehled o všech výsledcích, které může porovnat, nejlepší simulaci pak potvrdit a přidat do *Aktuálního plánování*.

TVORBA POSTUPU

Okno Úpravy Data Záznamy Položky

Zakázka: 2002_06 POK 001 Držák konektoru - díl 206322 / TECHNOLOGIE / Linie
 Celek: ZKOUSKA Z002_06/POK/001/ZKOUSKA

Dat. změny: 17.01.08 Autor zm.: 193 Tomáš Voborník

Č.	Výkon	Operace	Popis	Zdroje	Čár. kód	Čas pro přípravu	Čas obráb.	Tolerance Jedn.	SC	Termit	Míník Zač.	Míník Kon.
20	KON	KON	KONSTRUOVÁNÍ	POC01	St	6695	0.00	50.00	0.00	0	***	0
20	TEC	PRG	PROGRAMOVÁNÍ	POC11	St	6690	0.00	40.00	0.00	0	***	001
30	LIPA	LIP	FŘEZOVÁNÍ - ZÚHLOVÁNÍ	LIPA	St	6691	0.00	30.00	0.00	0	***	001
40	TREB	TRE	HRUBOVÁNÍ PŘED ŽIHÁNÍM	FRE01B	St	6680	0.00	20.00	0.00	0	***	0
50	COU	CND	CNC - DOKONČENÍ	FRE02	St	6681	0.00	30.00	0.00	0	***	0
60	NAS	NAS	ZÁMEČNICKÉ PRÁCE	VYRO	S	6682	0.00	15.00	0.00	0	***	0

N.C.S. Rozpočet: 50.00 Rozd. mn.: 50.00 Kredit: 50.00 Aktual. zač.: Aktual. kon.: Celk. mn.: 1

Commentaire: Vytisknout OP Oprav. operace

Import/Export Poznámky Jedn. / Sérije
 Export Překryvání Vazba na nákup
 Duplik. Vstup postupu Subdodávky
 Přečíst. Plan vytížení OP info
 Seznam stanic Pokrok Tisk CK

Obr. 8-9. – Okno tvorby výrobního postupu.

SEZNAM SIMULACÍ

Okno Úpravy Data Záznamy Položky

Př.	Zakázka	Ind	Linie	Celek	Dod. Inšto	Koef	Umístění	Start	Konec	Přep.	
5	Zaká	2001_06	A	POKUS	VYR3	27.02.08	1.00	nejdříve	17.01.08	28.02.08	Ne
5	Zaká	2001_06	A	POKUS2	VYR2	05.03.08	1.00	nepozději	20.02.08	05.03.08	Ne
5	Zaká	2002_06	POK	001	ZKOUSKA	28.01.08	1.00	nejdříve	17.01.08	07.03.08	Ne

Kopie Min. dat: 28.02.08 Max. dat. s: 18.01.08 Reset

Nová simulace Resimulace
 Potvrdit Vymazat
 Měník / Náhled na plánov. zakázky
 Rozpad Seznam operací Neplánované operace
 Konec Vynulovat

Gantt diagram Náhled dle stanic Aktivit dle stanic Vytížení dle stanic Chyba/poznámka Náhled dle celků
 Pořadové číslo zakázky. Seznam změn

Obr. 11-10. – Tabulka s výsledky simulace Detailního plánování.

Vysvětlivky k poli Přepł.:

Pole	Význam
Ano	Operace byly umístěny s přetížením.
Ne	Nevzniklo žádné přetížení.
Zelené	Zakázku lze dokončit v termínu.
Červené	Zakázku nelze dokončit v termínu.

Tab. 11-1. – Vysvětlivky k výsledné tabulce simulace *Detailního plánování*.

Pokud si zobrazíme seznam chyb, dozvíme se, proč některou zakázku nelze úspěšně zaplánovat.

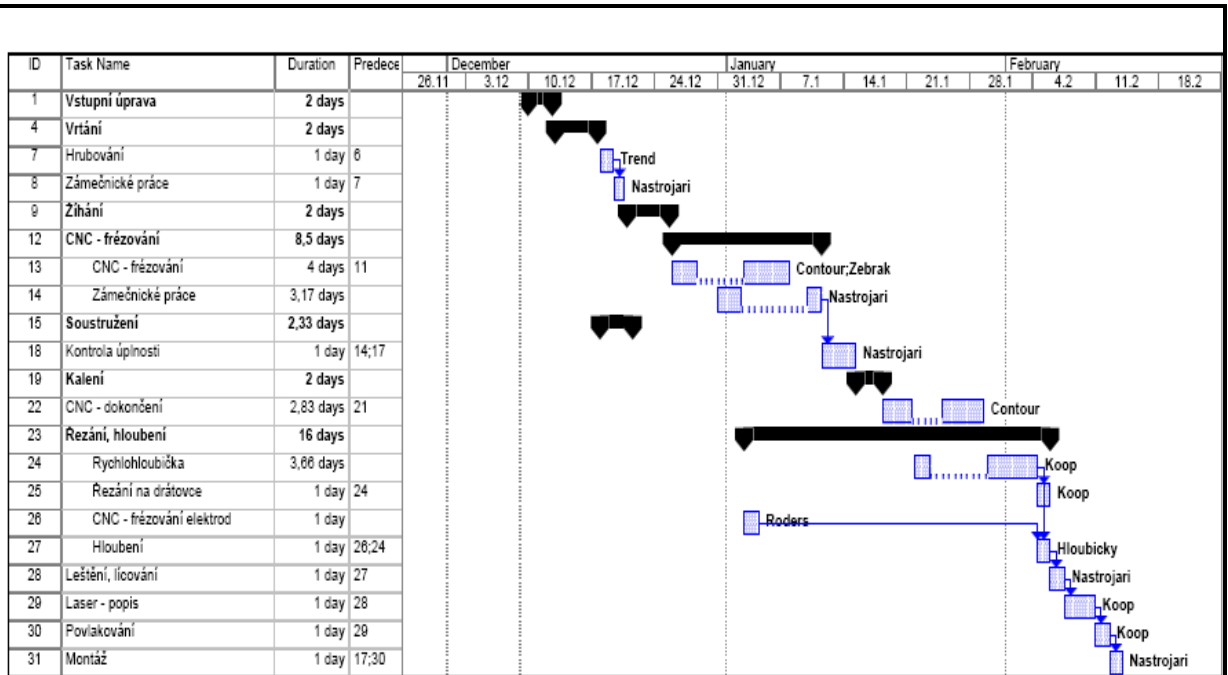
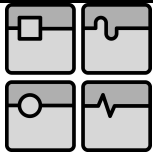
Protože se z technických důvodů nepodařilo uvést *Detailní plánování* včetně *Simulace* do funkčního stavu (především zobrazení Ganttova diagramu), končí zde můj rozbor funkcí WorkPlanu s ohledem na *Detailní plánování* a nadále se budu zabývat pouze *Kapacitním plánováním*. Hodnocení nelze provést objektivně. Je pouze možné předpokládat, že práce s *Detailním plánováním* s možností simulace by byla nejúčinnější a nejpřínosnější pro plánování výroby.

12. Možnosti plánování výroby ve Formexu

12.1. Varianty plánování I – Optimální detailnost objednávek

PLÁNOVÁNÍ CELÉ ZAKÁZKY

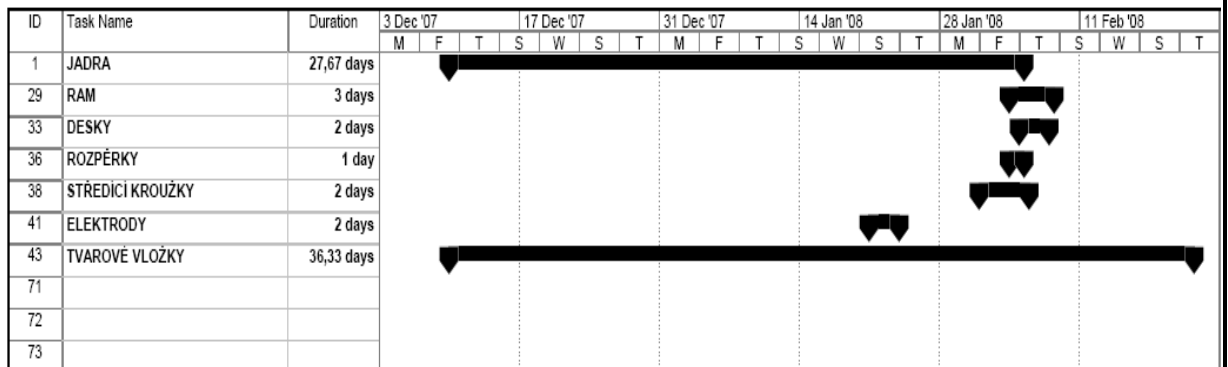
Plánovat zakázku jako celek znamená vytvořit jeden komplexní technologický postup a harmonogram výroby a s ním v plánování pracovat (Obr. 12-1.). Tím jsou dané klady této metody – tvorba pouze jednoho technologického postupu. Změna již vytvořeného technologického postupu je nutná pouze při významné změně návrhu formy. Oba tyto faktory významně převažují zápory dané konstrukcí forem, počtem různorodých dílů s odlišnými postupy výroby. Zachytit jedním technologickým postupem zaneseným do plánování všechny operace na všech dílech je prakticky nemožné provést tak, aby vypovídající hodnota byla alespoň na minimální úrovni užitečná pro obsluhu plánování. Navíc stejný výkon na různých dílech není prováděn v jednom okamžiku. Bylo by tedy třeba tento výkon v čase rozdělit. Pro sestavení technologického postupu je dále nutné znát jednotlivé technologické postupy dílů, včetně dob obrábění. Tyto detailní informace musíme bezpodmínečně znát. Jejich shrnutím do jednoho technologického postupu je nevyužijeme úplně, což lze považovat za zbytečnou ztrátu užitečných informací. Přestože za současných firemních podmínek je proveditelnost této varianty relativně vysoká, její praktická stránka je velice nízká, proto jsem ji vedení firmy nedoporučil.







Obr. 12-1. – Plán celé zakázky.

PLÁNOVÁNÍ SKUPIN DÍLŮ – oddělené technologické postupy

Roztřídíme-li díly forem do skupin s podobným technologickým postupem a tvarem, podaří se nám získat stále relativně jednoduchou, avšak přehlednější, strukturu zakázky pro plánování (Obr. 12-2.). Přestože stále nebude úplně detailní přehled o výrobě jednotlivého dílu, vhodné rozdělení umožní mít dostatečný přehled o výrobě formy. Pozitivní oproti předchozí variantě také je, že technologické postupy přesně odpovídají daným skupinám. Nebudou se tak pro dané skupiny dílů brát v úvahu výkony, které se na nich nevykonávají. Typický příklad může být operace soustružení, které nikdy není prováděno na deskách a tvarových vložkách. Relativní nevýhodou může být právě toto detailnější rozdělení technologických postupů, kvůli své o něco větší pracnosti. Tato nepříjemnost se dá ale omezit používáním přednastavených šablon – tzv. Standardních rozpočtů, resp. technologických postupů ve WorkPlanu. Pro všechny své nesporné výhody a jen relativně malé nevýhody jsem toto řešení doporučil vedení firmy.



Obr. 12-2. – Plánování skupin dílů.

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

PLÁNOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ

Detailní plánování všech dílů jednotlivě je nejvyšším stupněm plánování. Jeho nespornou pozitivní hodnotou je dokonalý a úplný přehled o výrobě. Je vhodné pro ten typ výroby, kde je produkce alespoň minimálně sériová. Kde se opakuje výroba stejných komponentů, pro které již technologické postupy včetně normočasů známe v okamžiku přijetí objednávky. V podmínkách firmy Formex toto není možné, s každou zakázkou by se musely sestavovat nové výrobní postupy a vypočítávat normočasy. Navíc jednu formu tvoří desítky dílů, sestavit detailní plán by tak zabíralo velké množství času. Tato varianta plánování by firmě poskytovala příliš mnoho detailních informací. S ohledem na grafické řešení Ganttova diagramu v IS WorkPlan by ovládání Kapacitního plánování bylo téměř nemožné a absolutně nepřehledné. Z výše uvedeného vyplývá, že komplexnost v tomto případě znamená i přílišnou komplikovanost, proto jsem toto řešení představil vedení firmy jako nejméně vhodné.

12.2. Varianty plánování II - Obsah plánování

Pro zavedení plánování jsem navrhl tři varianty, které by měly vyhovovat firemním podmínkám a měly by brát ohled na využití v přechodném období – malá časová náročnost, jednoduchá a přehledná správa v IS, co nejvyšší užitečnost s přijatelnou tolerancí odchylek plánů od výsledné skutečnosti.

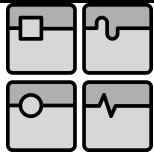
POUZE VÝROBA

První variantu jsem pracovně pojmenoval „Pouze výroba“. Již z názvu vyplývá, že by do plánování nebyla zahrnuta technická příprava výroby – konstrukce a technologie. Do plánování by byly započítány díly, které již uvedenými dvěma kroky prošly.

Výhodou této varianty je její jednoduchost, jinými slovy minimální nárůst práce pro minimální počet zaměstnanců (zahrnovala by pouze mistry). Převažují však nevýhody. Není plánována technická příprava výroby, což by pro strategii podniku mohlo být nežádoucí. Dalším faktorem je, že výrobu na základě kompletních dat z konstrukce a technologie lze plánovat jen na relativně krátké období – dva až tři (max. pět) týdnů. Tato doba je nedostatečně dlouhá pro strategické rozhodování vedení firmy – pro sjednávání zakázek, kooperací.

TPV+VÝROBA

Druhá varianta nazvaná „TPV+výroba“ je shodná s první variantou doplněnou o plán konstrukce a technologie. Po přijetí objednávky by vedení určilo plán konstrukce a technologie. Po skončení těchto dvou kroků by následoval plán výroby.

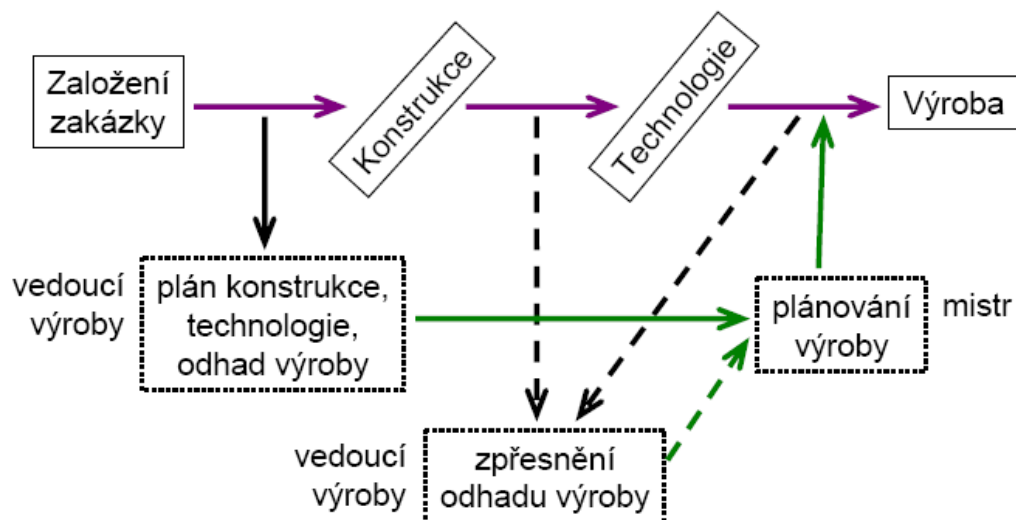


V porovnání s první variantou je nárůst práce jen nepatrně vyšší a odstraňuje jeden z nedostatků – plánování technické přípravy výroby. Bohužel stále nabízí malý časový horizont pro provádění strategických rozhodnutí (cca tři týdny). Proveditelnost obou prvních variant je i za současných podmínek vysoká a dá se k nim přistoupit v podstatě okamžitě.

ODHAD

Třetí varianta „Odhad“ je nejkompexnější. Po akceptování objednávky by se provedl plán pro konstrukci a technologii a vedoucí výroby by za pomoci přednastavených standardních rozpočtů v IS WorkPlan a na základě svých zkušeností z předchozích zakázek provedl odhad plánu výroby. Po dokončení konstrukce a technologie by byl odhad zpřesněn aktuálními daty.

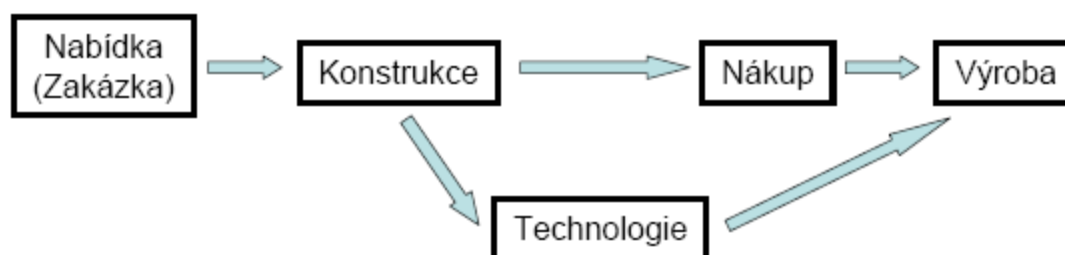
Díky provádění kvalifikovaných odhadů výroby se prodlužuje časový rozsah plánování, což umožňuje vedení včas reagovat (plánované odchylky od ideálního kapacitního vytížení – včasné sjednání nových zakázek, kooperací; změna plánu zpracování zakázky za cílem dodržení termínů). Tato doba se oproti předchozím variantám přibližně zdvojnásobuje. Přičemž zůstává, že přibližně první polovina je rozplánovaná na základě úplných dat, je tedy přesnější – přibližně první tři týdny. Pozdější období je plánováno na základě kvalifikovaných odhadů, které se mohou od výsledku v určitých mezích lišit – jedná se přibližně o třetí až osmý týden od aktuálního data. Toto výrazné pozitivum je vykoupeno rapidním nárůstem práce spojené s prováděním odhadu a jeho následnou korekcí. Také počítá s vyšším počtem zapojených zaměstnanců – mistři + vedoucí výroby. U této varianty hrozí obtíže s proveditelností kvůli již současnému pracovnímu vytížení zainteresovaných pracovníků.



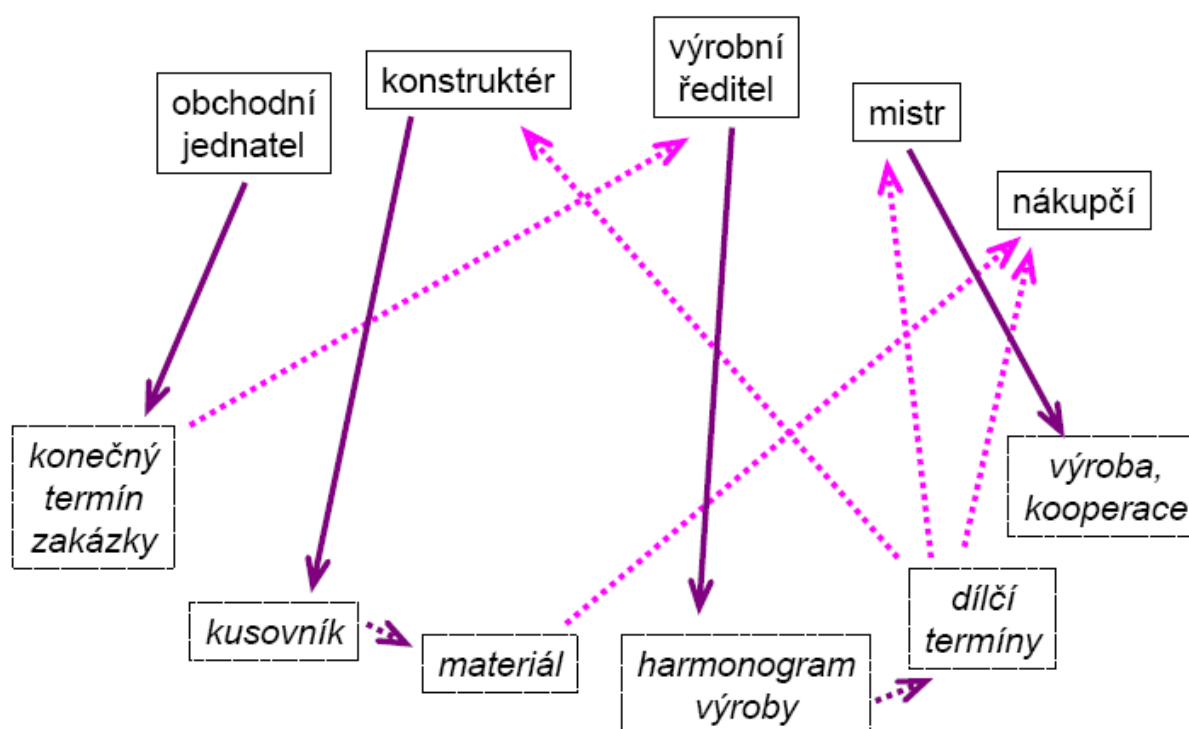
Obr. 12-3. – Schéma plánování metodou Odhad.

12.3. Varianty plánování III - Organizační struktura

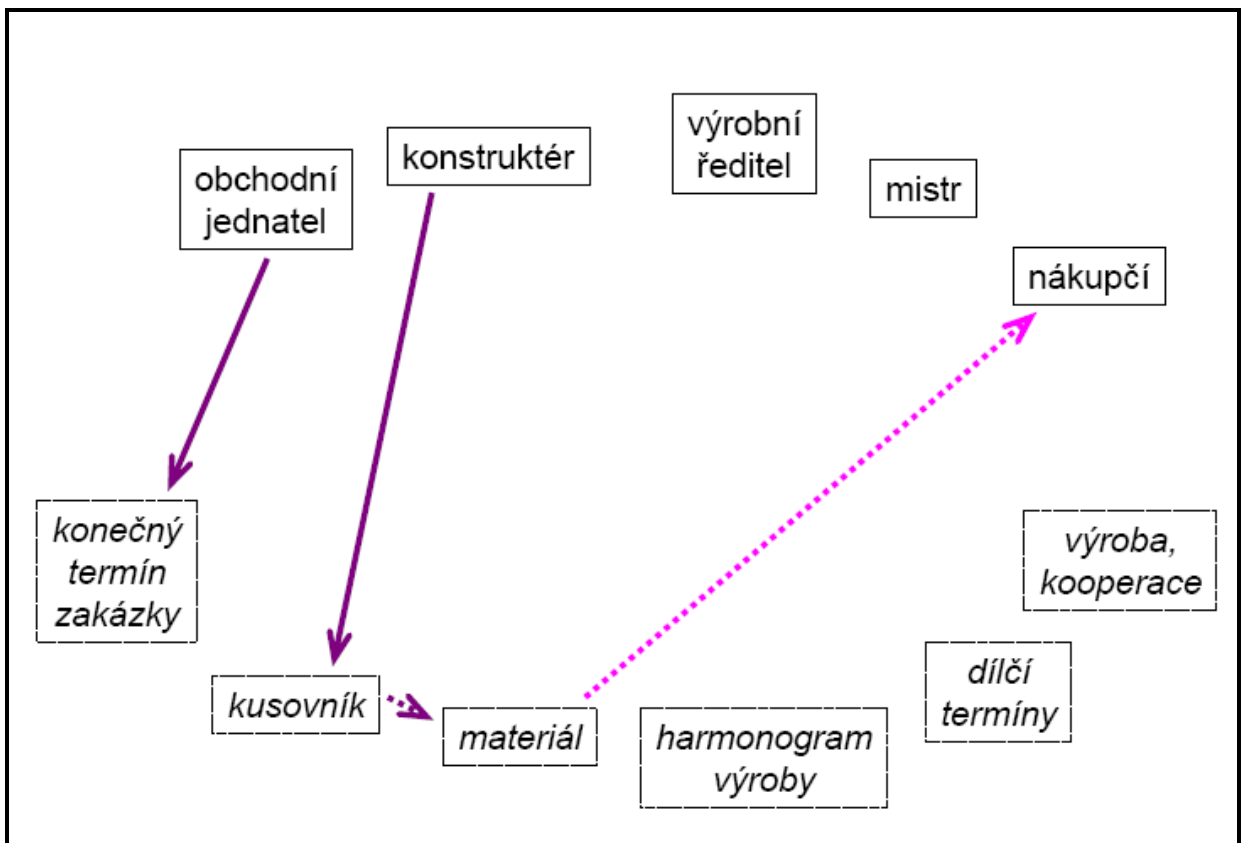
V tomto bodě bylo třeba navrhnout organizační strukturu plánování v podniku s ohledem na typ řízení výroby (firmě Formex nejvíce odpovídá přímé řízení výroby). Tím je myšleno kdo, co, kdy a jak bude plánovat a řídit. Obr. 12-4. ukazuje schéma nastiňující, jakým způsobem vypadal obecný průběh zakázky. Schéma vztahů orientovaných na zpracování zakázky a její plánování je na Obr. 12-5., Obr. 12-6. je zobrazením původního využití IS WorkPlan.



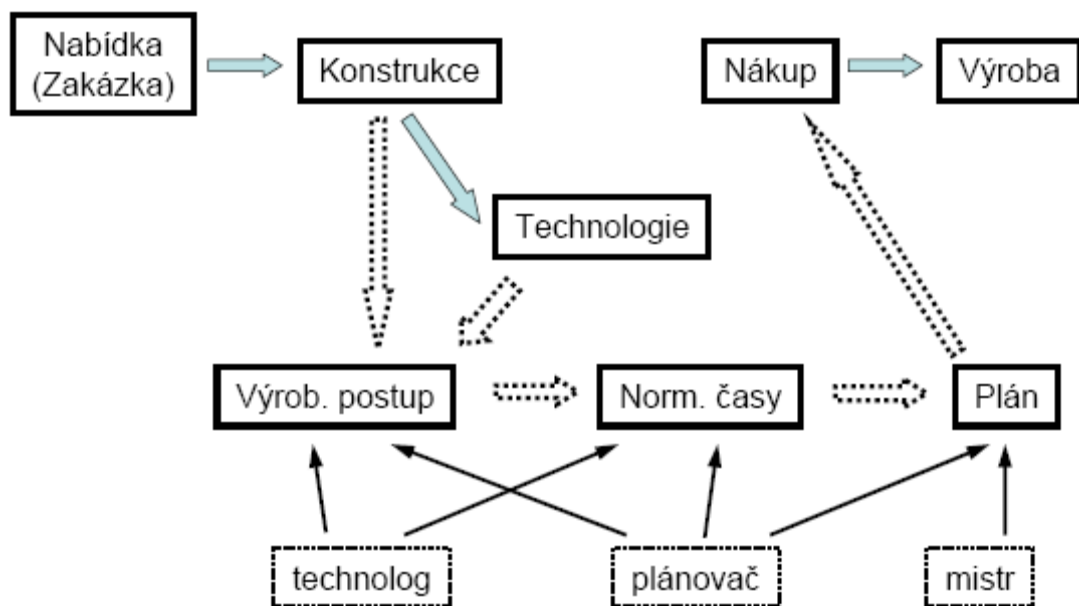
Obr. 12.4. – Původní obecný průběh zpracování zakázky.



Obr. 12-5. – Schéma původních vztahů mezi pracovníky a úkony vztahující se k zpracování zakázky. (Plná šipka značí tvorba/úprava dat; přerušovaná šipka značí využití informací.)



Obr. 12-6. – Schéma původního využití IS WorkPlan při zpracování zakázky. (Plná šipka značí zápis/úprava dat; přerušovaná šipka značí čtení/zisk informací z IS.)



Obr. 12-7. – Ideální postup zpracování zakázky s plánováním výroby. (Tečkované šipky značí doplněné aktivity v porovnání s původním stavem, plné slabé šipky značí odpovědnostní vztahy pracovníků vzhledem k určitým úkolům.)

Pro ideální funkci plánování výroby by bylo třeba zavést strukturu výkonů, viz Obr. 12-7. Vidíme na něm několik možností zahrnutí stávajících pracovníků nebo zavedení nové pracovní síly a rozdělení úkolů.

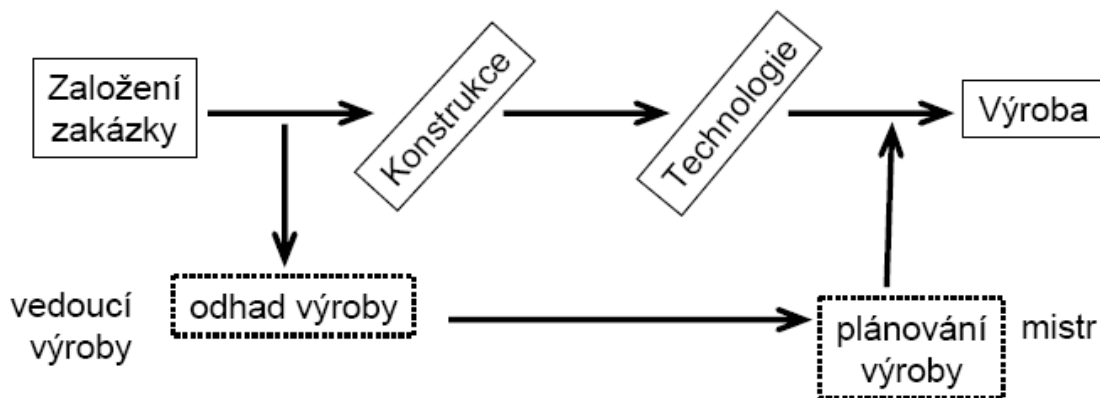
Jako nové výkony jsou zde zavedeny: sestavení přesného výrobního postupu, určení normočasů a sestavení plánu výroby. Plně slabé šipky znázorňují některé z variant rozdělení těchto úkolů mezi jednotlivé pracovníky. Za současných podmínek, kdy není specifikovaná funkce plánovače výroby, by technologické postupy a normočasy mohli tvořit technologové a na jejich základě by mistr zajišťoval plánování a operativní řízení výroby. Výrobní ředitel by dále odpovídal za lhůtové (termínové) plánování. Druhou možností je, že by normočasy určovali sami mistři. Protože ale od tvorby podkladů pro plánování lze očekávat velkou časovou náročnost, za nejlepší řešení považují zhotovení pozice plánovače výroby.

12.4. Výběr vhodných variant plánování

Na schůzce s představiteli vedení firmy Formex, mistry a technologi jsem prezentoval návrhy plánování výroby ve firmě, možné přínosy a úskalí popsána ve variantách plánování I – III Dále jsem prezentoval své poznatky o možnostech, funkčnosti a uživatelských vlastnostech modulu Plánování IS WorkPlan.

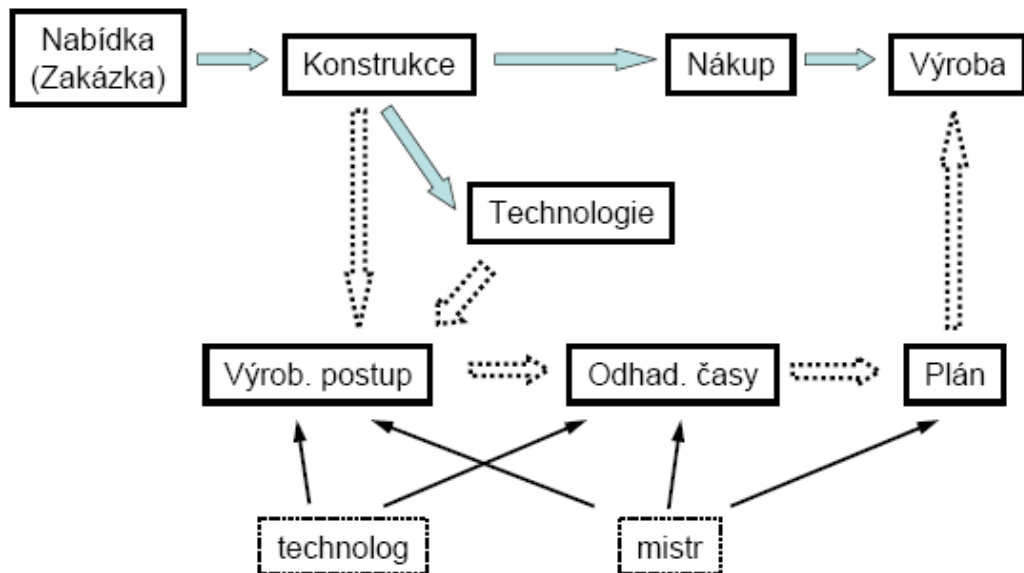
Z variant plánování I bylo akceptováno moje doporučení plánovat skupiny technologicky podobných dílů.

U bodu II proběhla širší polemika. Jejím výsledkem byl výběr a modifikace varianty „Odhad“. Vedení firmy se rozhodlo kvůli časovým nárokům a současné pracovní vytíženosti využívat pro plánování pouze kvalifikovaných odhadů pro plánování výroby (Obr. 12-8.). Toto by mělo být praktikováno ve zkušebním – přechodném období. Osvědčí-li se odhady a podaří-li se je tvořit s malou chybou, uvažuje vedení o jejím dalším použití, případném rozšíření a zpřesnění plánování.

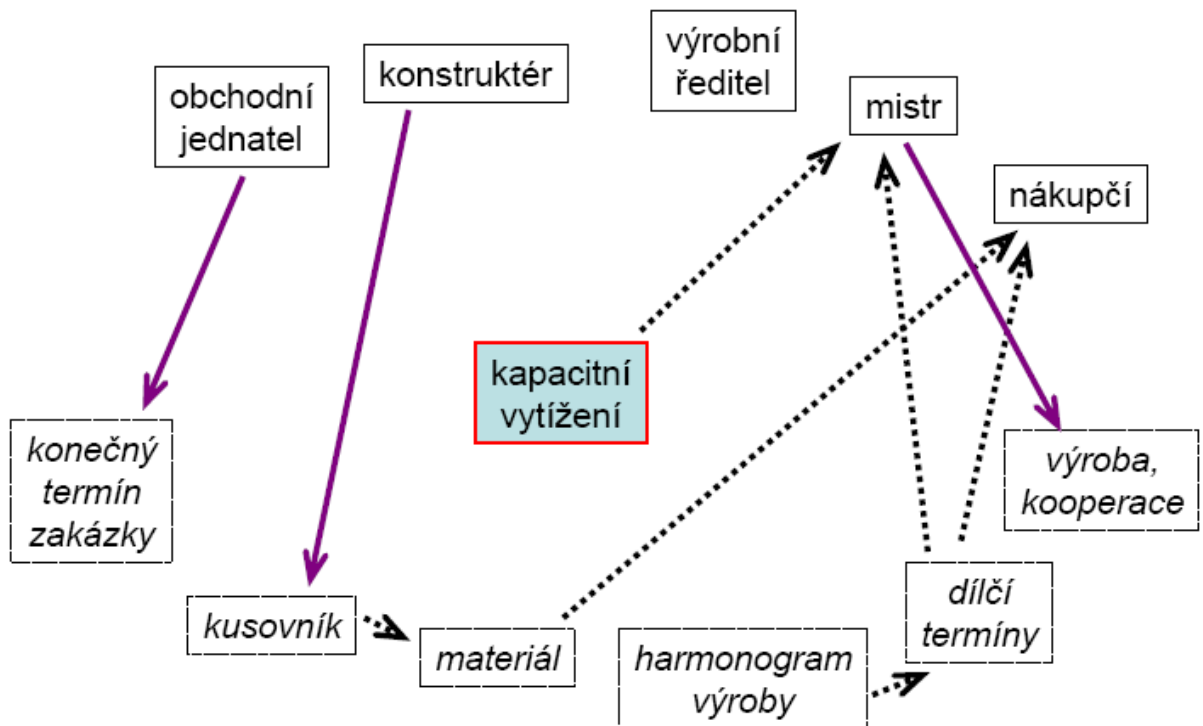


Obr. 12-8. – Přijatá modifikovaná metoda „Odhad“.





Z diskuze o možnostech plánování III na závěr vyplynulo, že technologové budou mistrům dodávat společně s daty pro výrobu také informace o výrobních časech hlavních tvarových dílů. Schéma popisující strukturu plánování tak, jak byla přijata je na Obr. 12-9.



Obr. 12-9. – Schéma průběhu zpracování zakázky se zavedením plánování výroby přijaté vedením firmy.



Obr. 12-10. – Schéma využití IS WorkPlan pro zpracování zakázky v přechodném/zkušebním období plánování výroby. (Plná šipka značí zápis/úprava dat; přerušovaná šipka značí čtení/získání informací z IS.)

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 52
		DIPLOMOVÁ PRÁCE	

13. Analýza zpracování zakázek

Po úvodním sběru informací o firmě a její výrobě jsem provedl analýzu zpracování zakázek.

Cílem této analýzy bylo získání přehledu o průběhu zakázek, reálných harmonogramech a vytvoření obecného výrobního postupu s průměrnými hodnotami kapacitních nároků. Na základě tohoto rozboru bylo možné provést rozhodnutí, na které části formy a na které kapacitní zdroje je vhodné se při plánování zaměřit. Na tuto analýzu bylo navázáno sestavením standardních rozpočtů, které bude možné využívat pro odhad plánování.

13.1. Hledání úzkého místa výroby – aplikace TOC

Zaměstnanci na všech pracovištích, kteří provádějí některou z operací na zpracování zakázky (konstrukce, technologie, opracovávání některého z dílů ve výrobě...), vykazují tuto činnost, číslo zakázky, dílu formy a čas v IS WorkPlan přes modul pro vykazování času TouchScreen. Lze tak zpětně sledovat přesný průběh prací na zakázkách a vytížení jednotlivých pracovišť.

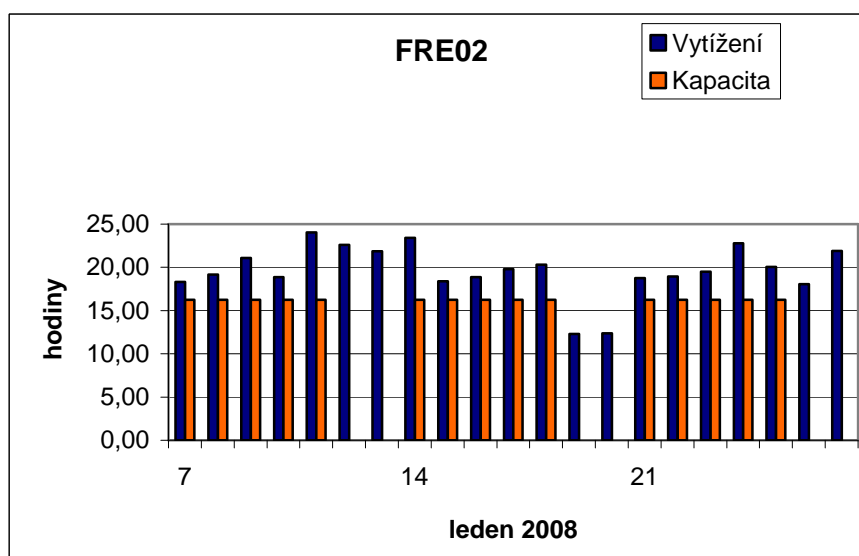
Ve WorkPlanu jsem využil možnosti porovnat časy vykázané na aktivity jednotlivých pracovišť s jejich nadefinovanými kapacitami. Zaměřil jsem se na výrobu a získal tak přehled o jejím kapacitním vytížení (Tabulka 13-1.).

Z Tabulky 13-1. je zřejmé, že některá pracoviště jsou vytěžována více než jiná pracoviště. U některých CNC strojů je možný bezobslužný provoz (hloubičky, frézovací centra) i mimo rámec nadefinované kapacity. Z hodnocení těchto výsledků vyplývá, že úzkými místy výroby jsou především frézovací centra (hlavně FRE02 – Contour) a nástrojaři. Naopak hrotová bruska a soustruhy jsou místy s malým vytížením. Jako ukázkou přetížení jsem vybral průběh vytížení frézovacího centra Contour v období tří týdnů (7.-27. ledna 2008) viz Graf 13-1. Ve stejném období se typický příklad nevhodného rozvrhování práce projevil u brusky označené BPU02 (Graf 13-2.). V období 14.-18. ledna nebyla kapacita plně vytížena, naopak o víkendech obsluha sloužila přesčasy. Z podstaty metody řízení materiálového toku TOC vyplývá orientace hlavního zájmu plánování na frézovací centra. Každé frézovací centrum bude kvůli svému vytížení a specifičnosti použití tvořit v IS WorkPlan samostatnou sekci. Bude tak jednodušší sledovat jeho kapacitní vytížení v Ganttově diagramu a bude se na něj soustředit plán výroby podle metody APS. Nástrojaři, brusky a další pracoviště s podobnou nebo stejnou technologickou specifikací budou zařazeny do jedné sekce. Z hlediska řízení front v úzkých místech výroby bude primárně uplatňováno prioritní pravidlo LS (lack stack), kdy je přednostně zpracována zakázka s nejmenší časovou vůlí jejího zpracování. Sekundárně bude používáno prioritní pravidlo EDD (earliest due date) – přednostně budou zpracovány zakázky s nejbližším termínem dokončení zakázky.

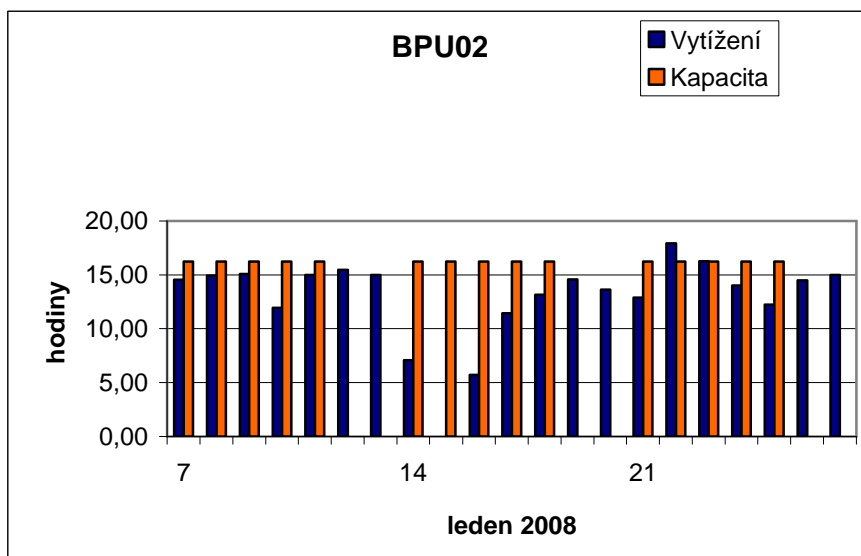
pozn.: časová vůle = (zbývající čas do konečného termínu – zbývající doba zpracování zakázky) / zbývající čas do konečného termínu

	7.1.-17.2.2008 (6 týdnů)		
	vykázaný čas (hod)	kapacita (hod)	vytížení (%)
BPU03	338,77	487	69,56
BPU04	414,28	487	85,07
BRU01	27,77	487	5,70
BRU02	500,38	487	102,75
EDM1	677,02	821	82,46
EDM2	639,7	821	77,92
FRE01	608,93	487	125,04
FRE02	766,05	487	157,30
FRE03	536,92	487	110,25
FRE04	339,58	487	69,73
KOR	277,18	255	108,70
LIP	277,95	255	109,00
SOD01	104,55	255	41,00
SOD02	9,13	255	3,58
NAS01	406,17	255	159,28
NAS03	237,15	255	93,00
NAS04	225,83	255	88,56
NAS05	296,65	255	116,33
NAS07	335,48	255	131,56
<i>NAS celkem</i>	<i>1501,28</i>	<i>1275</i>	<i>117,75</i>

Tabulka 13-1. – Celkové kapacitní vytížení v období šesti týdnů (7.1.-17.2.2008)



Graf 13-1. – Průběh vytížení frézovacího centra Contour.



Graf 13-2. – Průběh vytížení brusky označené BPU02.

13.2. Optimalizace objednávek - hledání „klíčových“ komponent

Z výstupních dat jsem sledoval, jaké díly jsou opracovávány na jednotlivých pracovištích a jak dlouho tyto operace trvají. Prokázalo se, že na frézovacích centrech Contour a Trend jsou převážně obráběny hlavní tvarové díly formy (tvárník, tvárnice, šibry) a rámy. Další menší díly se na těchto úzkých místech výroby vyskytují minimálně. Toto bylo zohledněno při optimalizaci objednávek, dělení komponentů formy do skupin – pro plánování výroby skupin dílů. Skupiny jsem tvořil na základě funkčních podobností dílů a jejich výrobních postupů. S výrobním postupem souvisí i to, na kterém stroji jsou obráběny.

Díly formy jsem rozdělil do skupin:

- skupiny, které se vyskytují u každé formy:

- TVC+TVK – zahrnuje tvarové vložky, tvárníky a tvárnice
- Rámy
- Desky
- Další díly – ne/soustružené, ne/kalené

- skupiny, které se vyskytují jen u některých forem:

- Jádra a šibry

- další skupiny:

- Elektrody – elektrody pro vyjiskřování tvarů na hloubičkách
- Celek – slouží pro popis výkonů týkajících se celé formy (konstrukce a montáž)

13.3. Tvorba normovaných technických rozpočtů





Pro konečnou tvorbu normovaných standardních technických rozpočtu bylo třeba provést rozbor zpracování zakázek v minulých obdobích. Pro další práci bylo nezbytné udělat výběr vhodných zakázek, které by reprezentovaly celou škálu velikostí a složitostí forem. Zvolil jsem několik parametrů, podle kterých jsem hodnotil formy (velikost formy, velikost výlisku, násobnost formy, složitost formy reprezentovaná počtem použitých jader a šibrů, případně typ vtoku – horký/studený). Vybral jsem několik forem z roku 2007 podle jejich obecného popisu. Ze zakázkových protokolů jsem získal hodnoty jejich parametrů. Formy jsem následně rozdělil do tří normovaných skupin jednoduše pojmenovaných – Malá, Střední, Velká. Malá skupina obsahuje formy malých rozměrů (5 až 30 dm³) s jednoduchou stavbou (méně než 10 jader a šibrů). Velká skupina obsahuje velké formy (120 až 240 dm³) se složitou stavbou (více než 10 jader a šibrů). Střední skupina zahrnuje malé komplikované formy, střední formy (30 až 120 dm³) a velké jednoduché formy. Dále jsem z WorkPlanu doplnil celkové časy zpracování zakázek (Tabulka 13-2.). Poté jsem vybral zakázky s průměrnou dobou zpracování pro danou skupinu. Tyto zakázky, se kterými jsem dále pracoval, jsou v Tabulce 13-2. zvýrazněny.

Skup.	Číslo zakázky	Násobnost formy	Celkový čas zpracování (h)			Rozměr formy (cm)	Objem formy (dm ³)	Hmotnost výlisku (g)	Součet jader a šibrů (ks)
			Kons	Tech	Výroba				
M	018	4	43	62	460	20x20x20	8,0	3	3
S	035	1+1+1+1	3	281	1800	30x55x45	74,3	26	26
V	036	1+1	2	143	996	40x70x45	126,0	41	10
S	038	2	0	53	371	35x50x35	61,3	12	4
S	039	2	0	58	356	35x55x35	67,4	16	4
S	041	2	0	50	434	25x45x35	40,0	20	0
S	046	1+1	14	61	1121	35x50x35	61,3	67	56
M	052	2+2	89	74	533	20x20x20	8,0	3	3
S	055	4	116	197	1082	35x55x40	77,0	52	8
V	065	1	53	167	1005	40x100x60	240,0	110	4
V	066	1	210	146	937	40x100x55	220,0	94	10
V	067	1	1	204	1516	40x80x70	224,0	137	25
V	077	1+1	33	171	2038	55x60x70	231,0	72	8
S	079	4	137	50	871	30x50x35	52,5	10	0
S	088	1	310	464	1717	40x40x40	64,0	115	8

Tabulka 13-2. – Přehled vybraných zakázek s hodnotami jejich parametrů.

Výrobu vybraných forem jsem analyzoval detailně. Díly jsem podle daného klíče rozdělil do skupin a pro ně pak zjišťoval dodržování technologických postupů a časy operací. Mohly tak být sestaveny skutečné výrobní postupy, které byly použity pro tvorbu standardních rozpočtů. Mnou sestavené šablony standardních rozpočtů jsem ještě konzultoval s vedením a mistry. Následně byly provedeny korekce časů prací nástrojářů.

Předlohy normovaných technických rozpočtů pro skupiny dílů jsou zaznamenány v Příloze II.

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 56
 	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

14. Zkušební provoz plánování výroby

14.1. Zvolené podmínky

Pro ověření vhodnosti zvolených variant plánování a otestování práce s IS WorkPlan bylo přistoupeno ke zkušebnímu provozu. Plánování bylo přizpůsobeno tak, aby bylo co nejméně pracné a časově náročné. U zakázek se známým kusovníkem, které šly do výroby jsem provedl odhad technických rozpočtů na základě podobnosti s využitím šablon technických rozpočtů. Jejich zaplánování a úpravy plánů jsem prováděl společně s mistry. Pro zjednodušení práce bylo zavrženo plánování skupin „dalších méně významných“ dílů. Zaměřili jsme se na hlavní skupiny: TVC+TVK, desky a rozpěrky, rámy a celek. U některých zakázek se zkoušely plánovat i elektrody, jádra a šibry. Kontrola a aktualizace plánu probíhala minimálně dvakrát týdně. Jedním z cílů zkušebního provozu bylo také ověření vhodnosti použití předdefinovaných šablon technických rozpočtů.

14.2. Poznátky o IS WorkPlan

Již během prvních okamžiků zkušebního plánování bylo zřejmé, že vhodnost kapacitního plánování v IS WorkPlan je minimální. Potvrdilo se, že nepraktické uživatelské rozhraní v Ganttově diagramu přidává velké množství úkonů obsluhy a poskytuje málo profitu informací. Narazili jsme například na špatné posouvání výkonů v čase. Při pokusu o „přetáhnutí“ výkonu myší do jiného dne zůstal výkon v původním termínu, případně šel posunout jen v opačném směru časové osy. Nebo při přesouvání výkonu rozloženého do více dní se zdánlivě měnila jeho délka. Výkon rozvržený do pěti dnů se po přesunutí o několik dnů později „zkrátil“ do jednoho či dvou dnů. Po posunutí zobrazení časové osy se výkon „prodloužil“ do původní délky.

Potvrdila se nepraktičnost nedostatečného a komplikovaného zjišťování zaplánovaných objektů. V Ganttově diagramu sice je vidět plán výkonů, ale není vidět, na jaké skupině dílů má být proveden a je nutné provést několik kliknutí myší počítače pro zjištění této informace.

Absence automatické tvorby plánu se jeví jako velká nevýhoda, mistrům by ušetřila velké množství práce a času.

14.3. Ověření šablon

Testovací provoz plánování probíhal v období od 31. března do 28. dubna 2008. Z pěti zakázek, které byly do zkoušky zahrnuty byly dvě formy atypické konstrukce. Jejich konstrukce neobsahovala tvárník, pouze tvárnici a vyhazování bylo prováděno použitím desek nikoli vyhazovačů. Tato netypická konstrukce se projevila ve větších odchylkách délky obrábění od plánu výroby – především u operace broušení. Při použití dříve navržený šablon technických rozpočtů se podařilo plánovat výrobu tak, že průměrná odchylka plánovaných časů výroby byla minus třináct procent v porovnání s reálnými výrobními časy. To znamená, že výrobní časy byly celkově o třináct procent kratší než bylo plánováno.

Vedení firmy si přálo docílit plánování s přesností deset procent, provedl jsem proto optimalizaci technických rozpočtů. Protože klíčovým místem výroby jsou frézovací centra, bylo mým cílem snížit odchylku jejich prací na minimum. Výsledkem bylo: průměrná odchylka frézovacích prací klesla na dvě procenta. Dále se například podařilo snížit odchylku hloubení na tři procenta a vrtání na jedno procento. Tabulky s výsledky zkušebního provozu jsou v Příloze III.

Dále se ukázalo, že dělení forem pouze na tři skupiny je nedostatečné. Vytvořil jsem proto čtvrtou skupinu v šablonách pro tvárníky a tvárnice. V Tab. 14-1. jsou zobrazeny již optimalizované normalizované technické rozpočty. Dělení skupin je následující: M = formy malých rozměrů (5 až 30 dm³) s jednoduchou stavbou (méně než 10 jader a šibrů). Sa = skupina s formami malých rozměrů a složitou stavbou (více než 10 jader a šibrů), dále s formami středních rozměrů (30 až 80 dm³) a s jednoduchou stavbou. Sb je skupina, která zahrnuje středně velké složité a velké (120 až 240 dm³) jednoduché formy. Poslední skupina V je tvořena velkými složitými formami.





Výkon	Skupina	M (h)	Sa (h)	Sb (h)	V (h)
Frézování - zúhlování		10	20	25	30
Broušení - zúhlování		10	15	18	20
Vrtání - Kordinka		8	12	18	23
Vrtání - Radiálka		3	5	7	8
Hrubování - Trend		15	25	28	30
Zámečnické práce		10	10	10	10
Zíhání		-	-	-	-
Broušení - zúhlování		3	8	10	12
CNC - frézování - Cont		15	25	30	35
Zámečnické práce		10	10	10	10
Kalení		-	-	-	-
Broušení - zúhlování		8	15	18	20
CNC - dokončení - Cont		55	80	100	120
Rezání na drátovce		-	-	-	-
Hloubení		100	240	340	440
Leštění, lícování		50	80	90	100
Zámečnické práce - voda		10	10	10	10

Tab. 14-1. - Optimalizované technické rozpočty TVC+TVK rozdělené do čtyř skupin.

15. Ekonomické zhodnocení zavedení plánování výroby

15.1. Úspora peněz při dobré práci mistra

Chceme-li provést alespoň orientační kalkulaci ekonomického zhodnocení zavedení plánování výroby, musíme vzít v úvahu několik samostatných bodů a udělat jejich součet. Ceny, mzdy a další částky jsou mnou odhadnuté na základě dat z inzerátů nebo osobních rozhovorů se zaměstnanci jiných firem. Skutečné částky těchto finančních položek podléhají firemnímu tajemství nebo z jiného důvodu si je vedení firmy nepřeje zveřejňovat.

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

Za současného stavu mistr na začátku každé směny prochází dílnu, kontroluje stav rozpracovanosti zakázek a reviduje plán na další jeden až dva dny. Toto mu zabírá průměrně jednu hodinu. Stejnou věc opakuje ještě na začátku druhé poloviny své směny (obchůzka mu zabírá méně času, asi půl hodiny). Protože mistři pracují na dvě směny, celková doba revize rozpracovanosti zakázek trvá tři hodiny.

Ze zkušebního provozu lze odvodit časovou náročnost spravování plánování v IS WorkPlan. V něm se plánovala přibližně jedna třetina zakázek, které právě byly v rozpracované výrobě. Navíc se neplánovaly kompletní zakázky, ale pouze hlavní části forem, tj. jedna polovina všech skupin dílů formy. Jedna aktualizace plánu nám trvala patnáct minut. Pokud by se prováděly dvě kompletní aktualizace plánu denně, vždy na začátku směny mistra, celkově by zabraly devadesát minut. Dvě jednodušší kontroly v polovině směny by odhadem zabíraly třetinu času, tj. třicet minut. K velkým kontrolám plánu je třeba připočítat třiceti minutovou pochůzku po dílně, k malým kontrolám patnácti minutovou. Plánování by pak denně zabralo tři a půl hodiny. IS by ale mistrovi dal lepší přehled o výrobě, kontroly rozpracovanosti výroby na začátku a v průběhu směn by tak mistrovi odpadly nebo se zkrátily na minimum času. Přesto by zavedení plánování znamenalo třiceti minutový nárůst práce mistrů denně.

Měsíční hrubou mzdu mistra jsem odhadl na 17 000Kč. Musíme dále připočítat odvody státu **35%** ze mzdy zaměstnance. Počet pracovních hodin za jeden měsíc je sto šedesát, mistři pracují pondělí až pátek na dvojsměnný provoz.

M_M – měsíční mzda mistra

O_S – odvody státu ze mzdy zaměstnance

H_M – náklady na hodinu práce mistra

Výpočet nákladů na hodinu práce mistra:

$$H_M = \frac{M_M \cdot (1 + O_S)}{160 \text{ hod}}$$

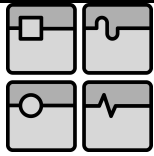
$$H_M = \frac{17000 \text{ Kč} \cdot (1 + 0,35)}{160 \text{ hod}} = \frac{22950 \text{ Kč}}{160 \text{ hod}} = 143,44 \text{ Kč / hod}$$

Navýšení ročních nákladů na práci mistrů po zavedení plánování s IS WorkPlan:

$$R_M = 0,5 \text{ hod} \cdot 20 \text{ dní} \cdot 12 \cdot H_M$$

$$R_M = 0,5 \text{ hod} \cdot 20 \text{ dní} \cdot 12 \cdot 143,44 \text{ Kč / hod} = 120 \text{ hod} \cdot 143,44 \text{ Kč / hod} = 17212,80 \text{ Kč}$$

Nelze předpokládat, že by byl mistrovi byl prodloužen pracovní úvazek, ale navýšení pracovní činnosti by se v případě nutnosti muselo kompenzovat např. odebráním některých z povinností a jejich předáním jinému pracovníkovi.

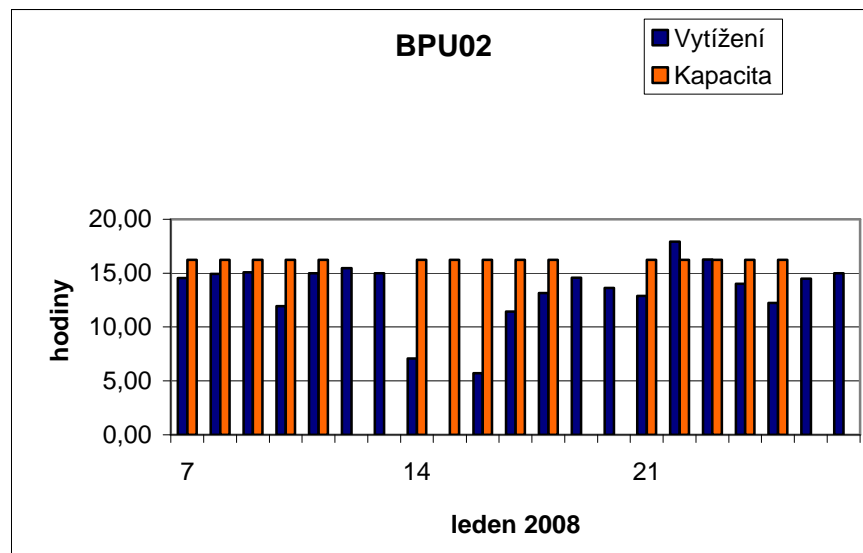


15.2. Úspora peněz lepším rozložením práce a omezení kooperace

Významnější a pro firmu pravděpodobně zajímavější a podstatnější by měly být úspory nákladů zefektivněním plánování výroby, lepším rozvržením práce pro maximální využití firemních kapacit a snížením potřeby kooperací. Tuto kalkulaci je obtížné provést s reálnými čísly. Potřeba kooperací je proměnná, náklady na mimořádné směny o víkendech a na kooperace není možné uveřejnit. Přesto se pokusím o modelový příklad pro podmínky firmy Formex.

15.2.1. Brusky

Jako příklad „zbytečných“ přesčasů a víkendových směn můžeme vzít pracoviště brusky (Graf 15-1.), kde nadefinované týdenní kapacity nebyly plně využity a přesto bylo nutné pracovat i o víkendu na dvě směny.



Graf 15-1. – Průběh kapacitního vytížení brusky.

Pro výpočet jsem vybral období 14.-20. ledna 2008. Přestože první polovina týdne měla velmi nízké vytížení, bylo nutné pracovat o víkendu 28 hodin. Do hodinových víkendových nákladů zahrneme náklady na mzdu obsluhy a náklady na provoz pracoviště.





M_B – měsíční mzda obsluhy brusky (15 000Kč)

H_B – náklady na hodinovou mzdu obsluhy brusky

H_{VB} – náklady na hodinu práce obsluhy brusky o víkendech (125% H_B)

$$H_B = \frac{M_B \cdot (1 + O_s)}{160 \text{ hod}}$$

$$H_B = \frac{15000 \text{ Kč} \cdot (1 + 0,35)}{160 \text{ hod}} = \frac{20250 \text{ Kč}}{160 \text{ hod}} = 126,56 \text{ Kč / hod}$$

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

$$H_{VB} = 1,25 \cdot H_B$$

$$H_{VB} = 1,25 \cdot 126,56 \text{Kč} / \text{hod} = 158,20 \text{Kč} / \text{hod}$$

Z provedených analýz lze předpokládat, že podobný víkend se opakuje jednou v měsíci a to na dvou pracovištích brusek.

Cena hodinového provozu pracoviště brusky může být $H_{PB} = 100 \text{Kč} / \text{hod}$.

Roční náklady na víkendové práce na bruskách (R_B) se tak mohou vyšplhat na:

$$R_B = 2 \cdot 28 \cdot (H_{VB} + H_{PB}) \cdot 12$$

$$R_B = 2 \cdot 28 \text{hod} \cdot (158,20 \text{Kč} / \text{hod} + 100 \text{Kč} / \text{hod}) \cdot 12 = 173510 \text{Kč}$$

15.2.2. Nástrojaři

Podobně lze odhadem spočítat náklady na víkendové přesčasy nástrojařů. Znovu vezmeme jako příklad čtyři víkendové směny, které jsou každý měsíc navíc. Měsíční mzda je $M_N = 16\,000 \text{Kč}$ a hodinové náklady na pracoviště nástrojaře jsou $H_{PN} = 50 \text{Kč} / \text{hod}$.

H_{VN} – náklady na hodinovou mzdu nástrojaře o víkendových směnách

R_N – roční náklady na víkendové přesčasy nástrojařů

$$H_{VN} = 1,25 \cdot \frac{M_N \cdot (1 + O_s)}{160 \text{hod}}$$

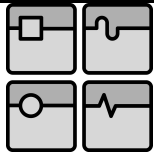
$$H_{VN} = 1,25 \cdot \frac{17000 \text{Kč} \cdot (1 + 0,35)}{160 \text{hod}} = \frac{28687,50 \text{Kč}}{160 \text{hod}} = 179,30 \text{Kč} / \text{hod}$$

$$R_N = 4 \cdot 8 \text{hod} \cdot (H_{VN} + H_{PN}) \cdot 12$$

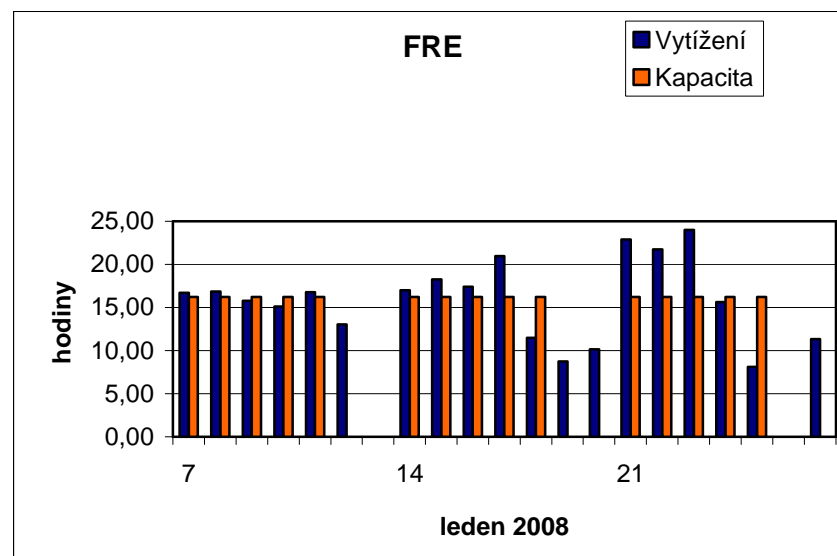
$$R_N = 4 \cdot 8 \text{hod} \cdot (179,30 \text{Kč} / \text{hod} + 50 \text{Kč} / \text{hod}) \cdot 12 = 88051,20 \text{Kč}$$

15.2.3. Frézovací centra

O něco složitější je výpočet ztrát resp. nákladů na frézování způsobených špatným plánováním. Zde se musí k přesčasovým hodinám obsluhy a provozu pracoviště ještě připočíst náklady na kooperaci v momentech, kdy kapacity nestačí pokrýt nároky ani při použití přesčasů.

Pouze přesčasy

Nejprve znovu spočítáme samotné přesčasy. Měsíční hrubou mzdou obsluhy CNC strojů zvolím $M_F = 17\,000\text{Kč}$. Nechám se inspirovat grafem průběhu vytížení jednoho z frézovacích center (Graf 15-2.). Lze dále předpokládat, že ideálním rozvržením prací by byly ušetřeny dvě víkendové směny v měsíci na jednom frézovacím centru. Jestliže tento model aplikujeme u dvou frézovacích pracovišť, budeme dále počítat se čtyřmi uspořenými víkendovými směny v měsíci. Hodinové náklady na provoz frézovacího pracoviště bereme $H_{PF} = 200\text{Kč/hod}$.



Graf 15-2. – Průběh vytížení jednoho z frézovacích center.

Náklady na hodinu práce frézovacího centra s obsluhou:

$$H_{VF} = 1,25 \cdot \frac{M_F \cdot (1 + O_s)}{160\text{hod}}$$





$$H_{VF} = 1,25 \cdot \frac{16000\text{Kč} \cdot (1 + 0,35)}{160\text{hod}} = \frac{27000\text{Kč}}{160\text{hod}} = 168,75\text{Kč} / \text{hod}$$

Roční náklady na přesčasové frézovací práce s obsluhou stroje:

$$R_F = 4 \cdot 8\text{hod} \cdot (H_{VN} + H_{PN}) \cdot 12$$

$$R_F = 32\text{hod} \cdot (168,75\text{Kč} / \text{hod} + 200\text{Kč} / \text{hod}) \cdot 12 = 141600\text{Kč}$$

Bez kalkulace kooperací by se ideálním plánováním frézovacích prací ušetřilo 84 000Kč/rok.

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

Přesčasy a kooperace

Pokud bychom se rozhodli spočítat velikost úspor v případě, kdy bychom volná místa v kapacitách zaplnili při ideálním plánování prací, které jsou vykonány v kooperaci (při momentálním nedostatku kapacit způsobeným např. nevhodným plánováním), výpočet a úspory by vypadaly takto:

Předpokladem jsou, stejně jako v předchozím případě, dvě kapacitně nevyužitě pracovní směny na dvou frézovacích centrech v jednom měsíci a naproti tomu dvě pracovní směny prováděné v kooperaci. Ty by byly při ideálním plánování přesunuty do volných kapacit společně se dvěma víkendovými směny. Hodina frézovací práce v kooperaci stojí $H_{KF} = 1200Kč$, cenu dopravy materiálu mezi kooperací a firmou Formex stanovím na:

$$D_{KF} = 4 \text{cesty/měsíc} \times \text{vzdálenost } 20\text{km} \times 10Kč/\text{km} = 800Kč/\text{měsíc}.$$

Náklady na frézovací práce v kooperaci jsou:

$$R_{KF} = (12 \text{ měsíců}) \times [(\text{počet směn v kooperaci za měsíc}) \times (\text{počet hodin v jedné směně}) \times (\text{hodinová sazba frézování v kooperaci}) + (\text{měsíční náklady na dopravu})]$$

$$R_{KF} = 12 \cdot (2 \cdot 8 \cdot 1200Kč + 800Kč) = 240000Kč$$

Náklady na víkendové přesčasy budou vzhledem k polovičnímu množství ve srovnání s předchozím příkladem rovněž poloviční $R_F = 42\,000Kč$.

$$R_{FTOT} = R_{KF} + R_F = 240\,000Kč + 70\,800Kč = 310\,800Kč$$

Celkové úspory při ideálním plánování by tak jen na frézovacích pracích činily 310 800Kč/rok.

15.3. Úspory celkem

Celková roční úspora by při ideálním rozvržení práce výroby při zaokrouhlení na 10Kč byla:

$$R_V = R_B + R_N + R_{FTOT} = 173\,510Kč + 88\,050Kč + 310\,800Kč = 572\,360Kč$$

Celková úspora při používání IS WorkPlan pro plánování výroby by po zaokrouhlení na 10Kč byla při ideálním rozvrhování práce:

$$R_{WP} = -R_M + R_V = -17\,210Kč + 572\,360Kč = \underline{555\,150Kč}$$

Protože WorkPlan je již zakoupen a pracovníci, nepotřebují proškolení na jeho používání, není potřeba dalších investic do zavedení plánování s WorkPlanem. Nelze ovšem počítat s možností, že se podaří plánovat ideálně na plné vytížení kapacit a je proto nutné očekávat nižší úspory. Se zkušenostmi z testovacího provozu plánování výroby a užívání šablon technických rozpočtů pro odhad plánu lze říci, že největší vliv na celkovou účinnost plánování bude mít broušení. Ve zkušebním provozu se podařilo broušení plánovat s odchylkou přibližně třicet procent. O to nižší by byly úspory způsobené plánováním výroby s IS WorkPlan. Optimální plánování by bylo možné pouze v případě, kdy by byly známy přesné technologické postupy s normovanými časy operací a přehledněji řešené uživatelské prostředí plánování v IS WorkPlan.

Při zohlednění úspěšnosti plánování ve zkušebním provozu by roční úspory při plánování výroby s IS WorkPlan byly:

$$R_V = R_B \cdot 2/3 + R_N + R_{FTOT} = 115\,670 \cdot 2/3 \text{Kč} + 88\,050 \text{Kč} + 310\,800 \text{Kč} = 514\,520 \text{Kč}$$

$$R_{WP} = -R_M + R_V = -17\,210 \text{Kč} + 514\,520 \text{Kč} = \underline{497\,310 \text{Kč}}$$

15.4. Úspora peněz užitím lepšího IS

Při použití vhodnějšího IS pro plánování výroby by mistři strávili plánováním méně času – dohromady hodinu a půl denně. Stejný čas by se tak uspořil z původních tří hodin.

Uspořené náklady by tak byly:

$$R_M = 1,5 \text{hod} \cdot 20 \text{dní} \cdot 12 \cdot H_M$$

$$R_M = 1,5 \text{hod} \cdot 20 \text{dní} \cdot 12 \cdot 143,44 \text{Kč} / \text{hod} = 360 \text{hod} \cdot 143,44 \text{Kč} / \text{hod} = 51638,40 \text{Kč}$$

Nelze předpokládat, že by mistrovi byl zkrácen pracovní úvazek, ale úsporu můžeme vidět v ušetřeném čase, v němž mu může být přidělena jiná práce.

Celková roční úspora při ideálním plánování s vhodnějším IS by po zaokrouhlení na 10Kč byla:

$$R_J = R_M + R_V = 51\,640 \text{Kč} + 572\,360 \text{Kč} = \underline{624\,000 \text{Kč}}.$$

Nový plánovací software by bylo třeba nejprve zakoupit a nechat proškolit zaměstnance. Cena vyhovujícího IS by se pro podmínky Formexu mohla pohybovat okolo $I_N = 600\,000 \text{Kč}$, cena školení by byla $I_S = 30\,000 \text{Kč}$.

Doba návratnosti investice při ideálním rozvrhování práce:

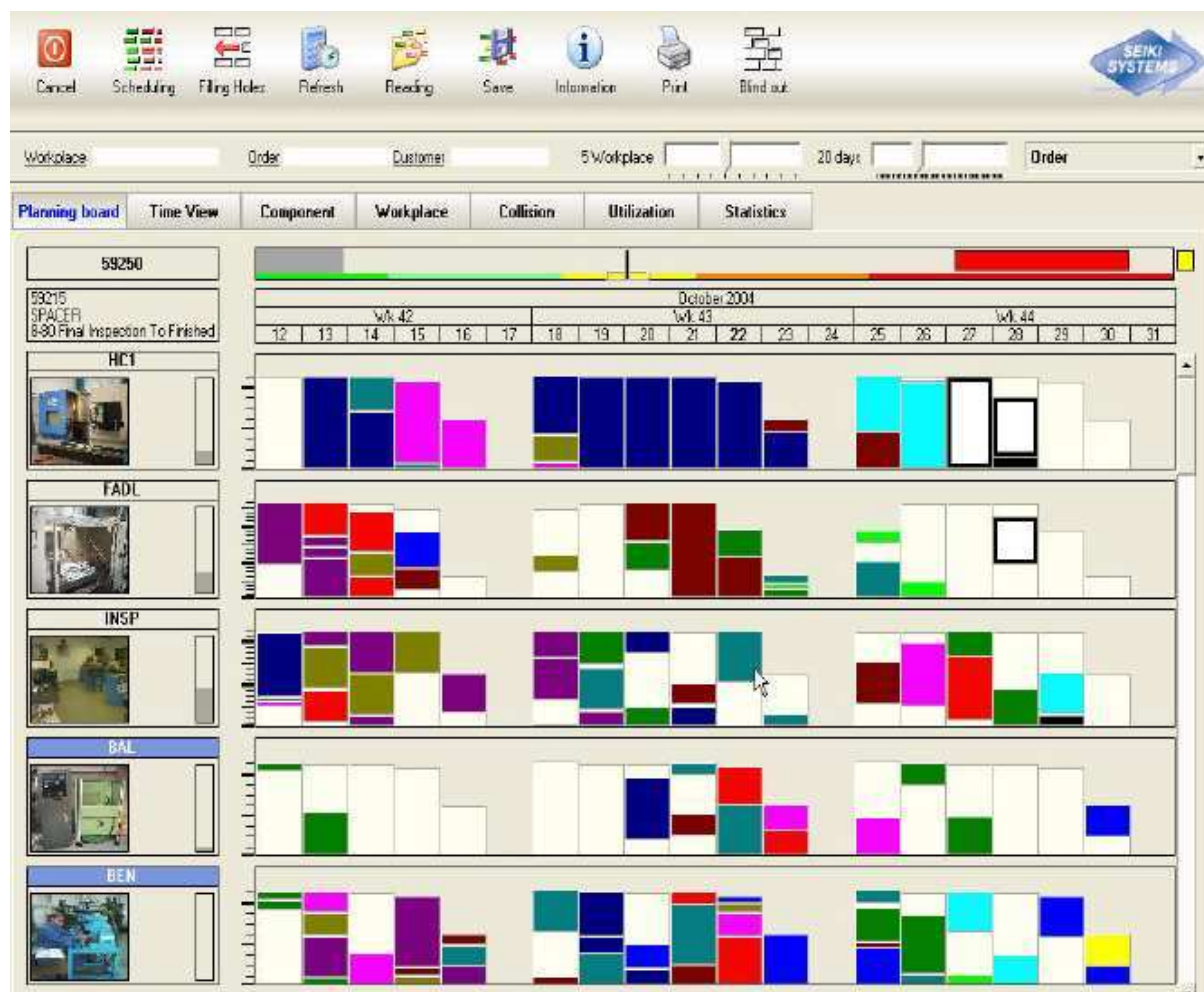
$$T_N = \frac{I_N + I_S}{R_J} = \frac{600000 + 30000}{624000} = 1,01 \text{roku}$$

16. Jiný možný IS - JobDispo

Jiný možný ERP IS, který lze použít pro plánování výroby je JobDispo firmy Seiki Systems. S tímto IS jsem se seznámil na strojírenském veletrhu, prezentoval mi ho jeden ze zástupců dodavatele. Předností tohoto IS je jednoduchost ovládání a vysoká přehlednost pro uživatele. To vše podporuje jeho efektivnost a užitečnost pro firmu, která se ho rozhodne využít.

Součástí IS JobDispo jsou moduly pro kalkulace zakázek, plánování a řízení zakázek, skladové hospodářství a plánování výroby. Je k dostání i v českém jazyce a popisky polí a oken lze editovat dle potřeby obsluhy.

Na Obr. 16-1. je jasně vidět přehledné řešení okna určeného pro plánování výroby. Pro každý stroj je jasně viditelné jeho plánované vytížení barevně odlišené pro různé zakázky. Na rozdíl od IS WorkPlan je zde i zřejmá posloupnost jednotlivých zakázek, které budou každý den zpracovávány na daném pracovišti. U IS WorkPlan uživatel vidí pouze to, v který den bude zakázka zpracovávána na daném pracovišti. Jemnější rozlišení než na dny není dostupné. Plán je tvořen automaticky samotným programem a lze jej měnit jednoduše pohybem myši dle potřeby. [11]



Obr. 16-1. – Okno pro plánování výroby.

Při potřebě detailnějšího přehledu o rozpracovanosti výroby a plnění termínů se lze nechat informovat v okně seznamu úkolů (Obr. 16-2.).





No.	Order No.	Description	Drawing No.	Quantity	Delivery date	Calculated end	Deviation	Improvement	Status	Customer
1	59213	SPACER	JR32294	12	15/07/2004	30/07/2004	-15		Not started	Rolls Royce P
2	57066	HOUSING	AX52935	10	16/08/2004	30/08/2004	-14	←	-3 Not started	Rolls Royce P
3	59147	BOLT CARRIER	FW26676	100	22/07/2004	04/08/2004	-13	←	W.I.P.	Rolls Royce P
4	58940	OIL SEAL	RK41371	14	09/07/2004	16/07/2004	-7	←	W.I.P.	Rolls Royce P
5	59217	FILTER TUBE 338X80W MOTOR	100004522	6	09/07/2004	15/07/2004	-6	←	W.I.P.	Schlumberger
6	59232	TURRET	685 010	1	11/07/2004	16/07/2004	-5	←	-3 Not started	Thales AFV S
7	59215	SEAL	JR32329	12	28/07/2004	02/08/2004	-5	←	Not started	Rolls Royce P
8	58804	SEAL EGV OUTER	JJ115124	10	22/07/2004	24/07/2004	-2	←	-2 Not started	Rolls Royce P
9	59202	SPACER	JR32330	12	22/07/2004	23/07/2004	-1	←	-3 Not started	Rolls Royce P
10	58910	SPACER	JR32328	12	15/07/2004	14/07/2004	1	←	W.I.P.	Rolls Royce P
11	59179	REGEN ROTOR (Turn only)	A40902041	30	09/07/2004	06/07/2004	3	←	-7 Not started	Edwards High
12	59214	SPACER	JR32299	12	05/08/2004	02/08/2004	3	←	-2 Not started	Rolls Royce P
13	59160	SPACER	JR32298	14	10/08/2004	06/08/2004	4	←	-3 Not started	Rolls Royce P
14	59187	CONNECTOR STALK	1/24063	1	28/07/2004	23/07/2004	5	←	-1 W.I.P.	Pirelli Cables I
15	59316	Torque Tube	AO/65030	40	19/07/2004	13/07/2004	6	←	Not started	Kenard (Tewk
16	57179	ELBOW TUBE	JJ15240	36	13/07/2004	06/07/2004	7	←	Not started	Rolls Royce P
17	56224	TURBINE NOZZLE BOX	RUB3976	1	09/07/2004	02/07/2004	7	←	Not started	Rolls Royce P
18	58517	UNIT CYLINDER	LW19552	10	03/08/2004	27/07/2004	7	←	-1 W.I.P.	Rolls Royce P
19	56690	SPACER	JR13832	4	05/08/2004	28/07/2004	8	←	-1 Not started	Rolls Royce P
20	58108	HOUSING SEAL	AX53263	5	30/07/2004	22/07/2004	8	←	-1 Not started	Rolls Royce P
21	58413	COVER	LW19551	10	12/08/2004	04/08/2004	0	←	W.I.P.	Rolls Royce P
22	57624	DISCHARGER BASE	794 012	40	02/08/2004	23/07/2004	11	←	-3 Not started	Thales AFV S

Obr. 16-2. – Okno přehledu plnění úkolů.

Machine	Wk 25	Wk 26	Wk 27	Wk 28	Wk 29	Wk 30	Wk 31	Wk 32	Wk 33	Wk 34	Wk 35	Wk 36	Wk 37	Wk 38	Wk 39	Wk 40	Wk 41	Wk 4
BAL	23	34	51	33	32	38	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
BEN	9	7	13	11	6	43	23	31	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
BERB	23	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
FADL	15	32	23	75	91	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
FMA5	8	5	47	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
H5B1	21	14	25	10	0	26	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
H8B2	16	51	51	51	51	31	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
INSP	10	43	0	28	29	69	59	74	76	100	100	100	100	100	100	100	100	10
MILL	13	34	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
PAC1	21	47	50	50	26	50	48	19	30	51	51	51	51	51	51	51	51	51
S/C	23	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
S20	12	36	25	0	22	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
S30	10	28	56	43	79	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
5600	38	99	68	99	55	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99

Obr. 16-3. – Okno s přehledem vytížení pracovišť.

IS JobDispo nabízí spoustu další zajímavých a užitečných informací o výrobě, komponentech a celých zakázkách. Nevýhodou může být jeho vyšší cena při srovnání s jinými ERP IS. I vzhledem k tomuto faktu bych ho spíše doporučil firmám větším než je Formex, kde je zavedená zvláštní pracovní pozice plánovače výroby.

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 66
		DIPLOMOVÁ PRÁCE	

17. Závěr

Diplomová práce Optimalizace objednávek a kontrola kapacit zdrojů ve firmě Formex si kladla za cíl provést kompletní rozbor firemních struktur, výroby a plánovacího procesu, na jehož základě měly být navrženy možnosti plánování výroby a optimalizace zakázek s ohledem na využití IS WorkPlan. Z navržených možností se měla následně určit ta nejvhodnější pro dané podmínky a měly být sestaveny šablony s normalizovanými technologickými postupy.

Po kompletní analýze všech faktorů byla dle teorie TOC vybrána pracoviště, která jsou úzkými místy výroby. Rozbor dílů, které mají největší podíl operačních časů na těchto úzkých místech, byl hlavním vodítkem pro optimalizaci objednávek. Díly forem byly rozděleny do technologicky i funkčně definovaných skupin vhodných pro společné plánování výroby. Bylo definováno nové uspořádání firemních struktur a odpovědnostních vztahů mezi zainteresovanými pracovníky. Vhodnost navržených změn byla ověřována zkušebním provozem, který měl potvrdit stanovené předpoklady, případně odhalit možné nedostatky.

Kromě nezprovoznění modulu pro detailní plánování, jedním z nedostatků může být rozdělení velikostí forem a tím i normovaných technických rozpočtů na malý počet skupin. Původně navržené tři skupiny se ve zkušebním provozu ukázaly nedostatečné. Byly tak doplněny o čtvrtou skupinu. Místo čtyř, mohlo být vytvořeno skupin ještě více, s menšími vzájemně odstupňovanými rozdíly. Otázkou ovšem je, zda-li by práce vynaložená na tvorbu těchto dalších skupin přinesla užitečný efekt a jemnější dělení skupin forem by bylo plně využito. Jak zkušební provoz ukázal, i přes nepříznivé podmínky pro plánování výroby (zakázková kusová výroba, častá změna specifikace výrobku) se podařilo navrhnout způsob plánování, kterým lze rozvrhovat výrobu s relativně vysokou přesností. U frézovacích center, který byla určena jako úzká místa výroby, se podařilo docílit průměrné odchylky 1%. U hloubiček a vrtaček byla odchylka do 5%.

Na závěr byl firmě Formex předán návrh směrnice popisující průběh plánování výroby.

Pro další postup v plánování ve firmě Formex s.r.o. bych doporučil zavedení IS pro plánování výroby metodou APS, který by byl uživatelsky jednoduchý, přehledný. Jako druhý krok bych doporučil zavedení pozice normovače výroby, který by vytvářel přesné technologické podklady pro plánování (normočasy). Tato pozice může být případně kumulována se současnou pozicí technologa. Tím by měla být zvýšena přesnost a účinnost plánování, které se odrazí v efektivnosti využívání kapacit zdrojů a tím i v úsporách nákladů.

Tato diplomová práce bude sloužit jako odborný podklad pro další rozvoj plánování výroby ve firmě Formex. Firma na ni bude moci navázat, využít zpracovaných analýz, utvořených závěrů a postupovat dle stanovených doporučení.

18. Seznam použitých zdrojů

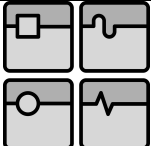
- [1] TOMEK G., Řízení výroby, Grada, 2000, ISBN 80-7169-955-1
- [2] KEŘKOVSKÝ M., Moderní přístupy k řízení výroby, C.H. Beck, 2001, ISBN 80-7179-471-6
- [3] KLETTI J., Manufacturing Execution Systems – MES, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007, ISBN 3540497439
- [4] MAIMON O., KHMELNITSKY E., KOGAN K., Optimal Flow Control in Manufacturing Systems – Production Planning and Scheduling, Kluwer Academic Publishers, 1998, ISBN 0792351061
- [5] HARRISON D.K., PETTY D.J., Systems for Planning and Control in Manufacturing, Butterworth Heinemann, 2002, ISBN 0750649771
- [6] CHANG T.-C., WYSK R.A., WANG H.-P., Computer-Aided Manufacturing, 2. vydání, Prentice-Hall, 1998, ISBN 013754524X
- [7] REMBOLD U., kol., Computer integrated Manufacturing and Engineering, ISBN 0-201-56541-2
- [8] MOORE R., Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools, ISBN 10-7506-7916-6
- [9] PINEDO M., Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, ISBN 0-387-22198-0
- [10] IT SYSTEMS [online], [cit. únor 2008]. <<http://www.systemonline.cz>>
- [11] SEIKI SYSTEMS [online], [cit. leden 2008].<<http://www.seikisystems.co.uk>>

19. Seznam použitých zkratk a pojmů

APS	- Advanced Planning and Scheduling	(str. 21)
ERDB	- Entity Related Database	
ERP	- Enterprise Resource Planning	(str. 26)
IS	- Informační systém	
MRP	- Material Resource Planning	(str. 21)
MRP II	- Manufacturing Resource Planning	(str. 21)
OPT	- Optimized Production Technology	(str. 22)
PC	- Personal Computer (počítač, osobní počítač)	
TOC	- Theory of Constrains	(str. 22)
VS	- Výrobní systém	
WP	- IS WorkPlan	
Fronty ve VS	- Zásoba zakázek čekajících na zpracování úzkým místem výroby.	
Ganttův diagram	- Diagram používaný k zobrazování rozvržení prací. Na svislé ose bývají zdroje, kterým jsou operace přiřazeny, na vodorovné ose je čas, kdy mají být operace provedeny.	
Normočasy	- Časy určené pro provádění operací, jejichž délka je dána normou (vypočteny z operačních časů nebo ze statistiky).	
Průběžná doba	- Časové období od začátku zpracovávání zakázky do jejího vyhotovení. Zpravidla je cílem, aby tato doba byla co nejkratší.	
Úzké místo	- Místo, které udává produktivitu a propustnost celé výroby podniku. Má nejvyšší vytížení.	

20. Seznam příloh

<i>Číslo</i>	<i>Název a popis</i>	<i>Počet stran / kusů</i>
I.	Přehled strojního vybavení firmy Formex s.r.o.	5 str.
II.	Normované šablony technických rozpočtů	3 str.
III.	Data zkušebního provozu	1 str.
IV.	Diplomová práce v elektronické podobě [CD]	1 ks

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 1
	Příloha I. – Přehled strojního vybavení firmy Formex s.r.o.	

Stroj: Bruska *Typ: BU 28-630* **Kód: BRU01**

Popis: - hrotová bruska, výrobce TOS Hostivař
- oběžný průměr: 300 mm, pojezd 500 mm
- max. hmotnost obrobku 60 kg

Použití: - jemnější broušení
- dobroušení součástí menších rozměrů

Kapacita: 1 směna

Stroj: Bruska *Typ: BPH 320 A* **Kód: BPU03**

Popis: - rovinná bruska, výrobce TOS Hostivař
- stůl: 320 x 1000 mm

Použití: - hrubší broušení (např. před kalením)

Kapacita: 1 směna

Stroj: Bruska *Typ: BPH 200* **Kód: BPU04**

Popis: - rovinná bruska, výrobce TOS Hostivař
- stůl: 250 x 1000 mm

Použití: - broušení dílů větších rozměrů (výška 300 – 600mm)

Kapacita: 1 směna

Stroj: Bruska *Typ: BPH 20 NA* **Kód: BRU02**

Popis: - rovinná bruska
- digitální odměřování 0,001 mm
- stůl: 200 x 630 mm

Použití: - broušení malých dílů





Kapacita: 1 směna

Stroj: Frézka *Typ: MCFV 1060 CONTOUR* **Kód: FRE02**

Popis: - vertikální frézovací centrum, výrobce TAJMAC ZPS
- řídicí systém HEIDENHAIN iTNC 530
- stůl: 1270 x 590 mm, max. zatížení 1350 kg
- pojezdy X-Y-Z: 1016 - 610 - 760 mm
- vřeteno: max. 18000 rpm, max. trvalý výkon 20 kW
- typ převodu: elektrovřeteno

Použití: - **vtání** (FRE02A), **šlichtování** (FRE02B)
- obrábění přesných rozměrů (0,2mm)
- nepoužívá se velký nástroj

Kapacita: 2 směny

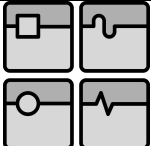
		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 2
		Příloha I. – Přehled strojního vybavení firmy Formex s.r.o.	

Stroj: Frézka **Typ: MCFV 1060 TREND** **Kód: FRE01**
Popis: - vertikální frézovací centrum, výrobce TAJMAC ZPS
- řídicí systém HEIDENHAIN iTNC 530
- stůl: 1270 x 590 mm, max. zatížení 1350 kg
- pojezdy X-Y-Z: 1016 - 610 - 760 mm
- max. 12000 rpm, max. trvalý výkon 17 kW
- typ převodu: řemenový
Použití: - **vrtání** (FRE01A), **hrubování** (FRE01B) – 90% využití, **šlichtování** (FRE01C)
Kapacita: 2 směny

Stroj: Frézka **Typ: FGS 40 – TNC LIPNÍK** **Kód: LIP**
Popis: - konzolová frézka, výrobce Strojtos Lipník
- řídicí systém HEIDENHAIN TNC 407
- stůl: 1120 x 450mm, max. zatížení 600 kg
- pojezdy X-Y-Z: 900 – 400 – 450 mm
- vřeteno: max. 3000 rpm, max. trvalý výkon 10 kW
Použití: - úhlování (LIPA), hrubování (LIPB)
- hrubé práce před dalším obráběním na dalších strojích
Kapacita: 1 směna

Stroj: Frézka **Typ: FNG 40 CNC A Žebrák** **Kód: FRE04**
Popis: - CNC frézka, výrobce INTOS - EMCO group
- řídicí systém HEIDENHAIN TNC 426
- stůl: 900 x 450 mm, max. zatížení 300kg
- pojezdy X-Y-Z: 600 – 450 – 450 mm
- vřeteno: max. 3150 rpm, max. trvalý výkon 5,5 kW
Použití: - šlichtování
- starší – méně přesný než CONTOUR
Kapacita: 1 směna + 2. směna s obsluhou od TRENDu a CONTOURu

Stroj: Frézka **Typ: RFM 600 RÖDERS** **Kód: FRE03**
Popis: - výrobce a řídicí systém RÖDERS
- stůl: 700 x 550 mm
- pojezdy X-Y-Z: 600 – 450 – 300 mm
Použití: - výroba elektrod (FRE03A) – 90% využití, šlichtování (FRE03B)
- rychlejší a přesnější výroba než TREND
Kapacita: 2 směny

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 3
	Příloha I. – Přehled strojního vybavení firmy Formex s.r.o.	

Stroj: Hloubička *Typ:* **HT 60-50 CNC** *Kód:* **EDM1**

Popis: - zařízení pro elektroerozní obrábění (EDM), výrobce Strathclyde
- řídicí systém HEIDENHAIN TNC 306
- stůl: 750 x 450 mm, max. zatížení 4000 kg
- pojezdy X-Y-Z: 450 – 400 – 350 mm

Použití: - rychlejší EDM obrábění

Kapacita: 3 směny + 2 směny o víkendech

Stroj: Hloubička *Typ:* **STH 50-70** *Kód:* **EDM2**

Popis: - zařízení pro elektroerozní obrábění (EDM), výrobce Strathclyde
- řídicí systém HEIDENHAIN TNC 416
- stůl: 900 x 600 mm, max. zatížení 4000 kg
- pojezdy X-Y-Z: 600 – 500 – 400 mm

Použití: - EDM obrábění kvalitnějších povrchů

Kapacita: 3 směny + 2 směny o víkendech

Stroj: Soustruh *Typ:* **SU 32** *Kód:* **SOD01**

Popis: - oběžný průměr lože/suport 500/320 mm
- délka soustružení 1000 mm
- vřeteno: 14 – 2240 rpm, výkon hl. elektropohonu 7,5 kW

Použití: - obrábění součástí o průměru do 80mm

Kapacita: 1 směna

Stroj: Soustruh *Typ:* **SUI 50** *Kód:* **SOD02**

Popis: - oběžný průměr lože/suport 320/170 mm
- délka soustružení 750 mm

Použití: - obrábění součástí o průměru od 80mm

Kapacita: 1 směna





Stroj: Vrtačka *Typ:* **KORDINKA – Mikromat** *Kód:* **KOR**

Popis: - vyvrtávačka BKOE, výrobce Mikromat
- řídicí systém HEIDENHAIN TNC 310
- stůl: 1000 x 600 mm
- pojezdy X-Y-Z: 600 – 500 – 500 mm

Použití: - vrtání přesných děr do prům. 6mm

- předvrtání větších průměrů, které se dodělávají na jiném stroji

Kapacita: 1 směna

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 4
		Příloha I. – Přehled strojního vybavení firmy Formex s.r.o.	

Stroj: Vrtačka **Typ: VO 32** **Kód: RAV**

Popis: - radiální vrtačka, výrobce Mas
- pojezdy X-Z: 750 – 520 mm
- max. průměr vrtání 45 mm

Použití: - vrtání otvoru pro vodu a vše, co se nevyrobí na str. KORDINKA
- dosažení větší délky díry
- vše se musí ručně odměřovat – méně přesné

Kapacita: - neudává se

Stroj: Pila **Typ:** **Kód: PIL**

Popis:

Použití: - většinou se nepoužívá
- dodávané polotovary jsou již nařezané na požadovanou délku

Kapacita: - neudává se

Stroj: Nástrojař **Typ:** **Kód: NAS01-7**

Popis:

Použití: - montáž formy

Kapacita: - 1. směna – 4 zaměstnanci, 2. směna – 1 zaměstnanec

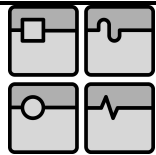
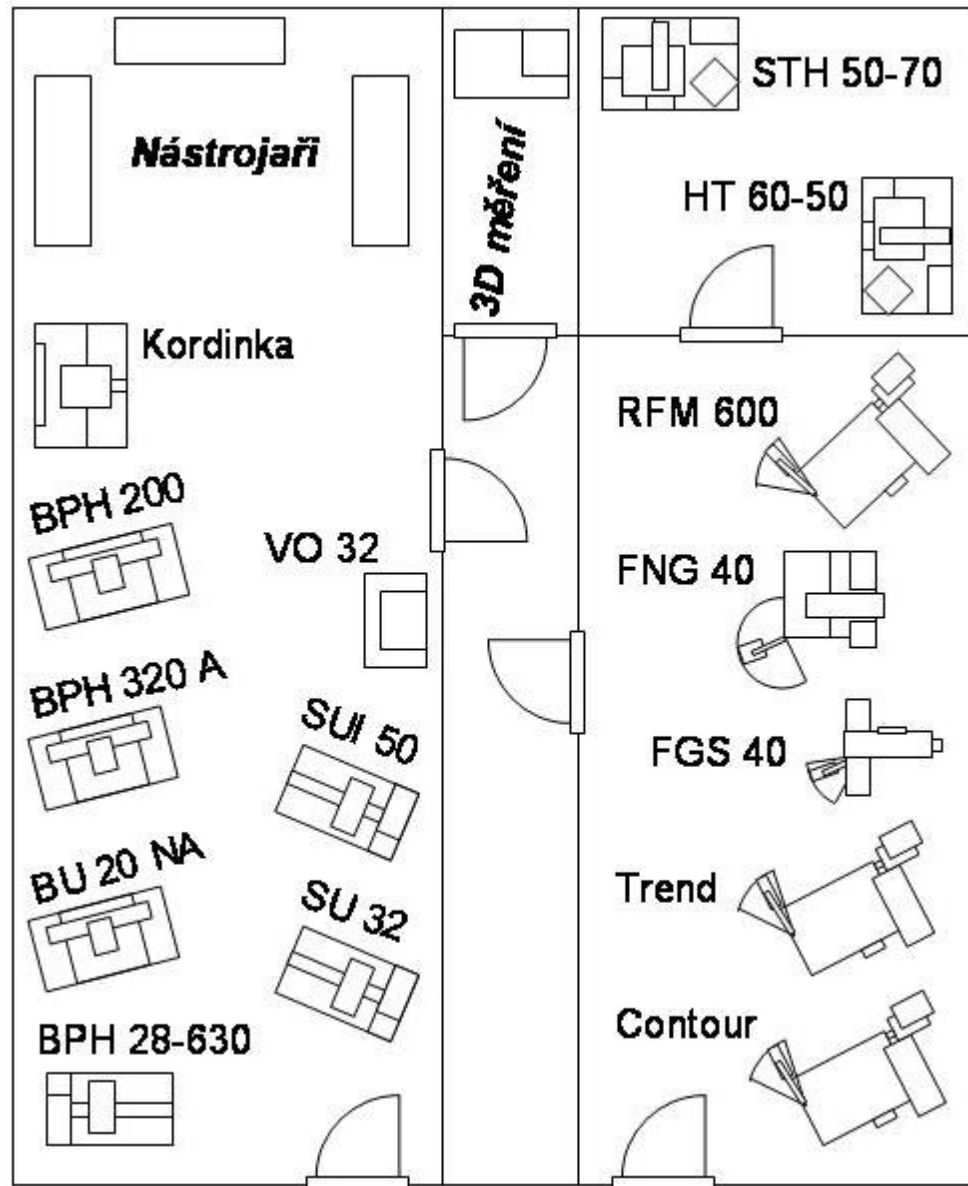


Schéma rozmístění strojů:



Předlohy normovaných technických rozpočtů pro skupiny dílů - výkony *Žihání, Kalení a Řezání na drátovce* nemají určenou přesnou dobu trvání, protože jsou prováděny v kooperaci. V kooperaci obvykle zůstávají 1 až 3 dny.

Tabulka TVC+TVK (zahrnující tvárníky a tvárnice):

Výkon	Skupina	Malá	Malá	Střední	Velká	Velká
	Tvary	Jednoduché	Složitě	-	Jednoduché	Složitě
Frézování - zúhlování		10		20		30
Broušení - zúhlování		20		30		40
Vrtání - Kordinka		15		24		45
Vrtání - Radiálka		5		6		15
Hrubování - Trend		25		35		45
Zámečnické práce		10		10		10
Žihání		-		-		-
Broušení - zúhlování		5		15		25
CNC - frézování - Cont		25		35		50
Zámečnické práce		10		10		10
Kalení		-		-		-
Broušení - zúhlování		15		30		40
CNC - dokončení - Cont		20		30		45
Řezání na drátovce		-		-		-
Hloubení		60		175		260
Leštění, lícování		50		80		100
Zámečnické práce - voda		10		10		10

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce jsou v hodinách.

Jádra a šibry mají podobný technologický postup jako TVC+TVK. Jelikož nejsou nutnou součástí formy a jejich počet je proměnný, vytvořil jsem jednu šablonu zahrnující 5 jader a 5 šibrů.

Výkon	Počet	5+5ks
Frézování - zúhlování		4
Broušení - zúhlování		8
Vrtání - Kordinka		4
Vrtání - Radiálka		1
CNC - frézování - Žeb		6
Zámečnické práce		10
Soustružení		1
Kalení		-
Broušení - zúhlování		10
CNC - dokončení - Cont		6
Řezání na drátovce		-
Hloubení		20

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce jsou v hodinách.

Rámy:

Výkon	Velikost	Malé	Střední	Velké
Vrtání - Radiálka		1	1	1
Hrubování		5	10	15
Broušení		15	25	30
CNC - frézování		5	10	15
Vrtání - Kordinka		1	1	2

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce jsou v hodinách.

Desky a rozpěrky:

Výkon	Velikost	Malé	Střední	Velké
Frézování		10	30	100
Broušení - zúhlování		5	30	100
Vrtání - Kordinka		5	15	20

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce jsou v hodinách.

Další díly – nesoustružené, kalené. Jednoduchými díly rozumím například tvarové vyhazovače, složitějšími zase např. vodící lišty a klíny.

Výkon	Počet, složitost tvaru	10ks-jednoduché (vyhazovače)	10ks, složitější
Frézování - zúhlování		2	30
Broušení - zúhlování		1	10
Vrtání - Kordinka		0	15
CNC - frézování - Trend		5	20
Kalení		-	-
Broušení - zúhlování		4	40
CNC - dokončení - Cont		1	30

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce jsou v hodinách.

Další díly – nesoustružené, nekalené (např. dosedky, zarážky)

Výkon	Počet	10ks
Frézování - zúhlování		12
Broušení - zúhlování		5
Vrtání - Kordinka		10
CNC - frézování - Trend		2
Žihání		-
Broušení - zúhlování		15
CNC - dokončení - Zebr		15

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce jsou v hodinách.

Další díly – soustružené, kalené (např. vyhazovače, kolíky)

Výkon	Počet	10ks
Soustružení		10
CNC - frézování - Cont		2
Vrtání - Kordinka		4
Kalení		-
Broušení - zúhlování		14

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce jsou v hodinách.

Další díly – soustružené, nekalené (např. táhla, středící kroužky)

Výkon	Počet	10ks
Soustružení		14
Frézování - Žebr		2
Vrtání - Kordinka		3
Broušení		13

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce jsou v hodinách.

Elektrody – vytvořil jsem skupiny, jejichž dělení odpovídá skupinám u tvárnic a tvárníků. Zařazení elektrod do skupin je dáno velikostí a složitostí formy

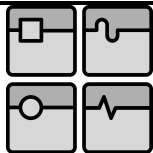
Výkon	Velikost	Malé	Střední	Velké
CNC - frézování		15	75	150

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce jsou v hodinách.

Celek – na celek jsou vykazovány činnosti týkající se celé formy.

Výkon	Velikost	Malá	Střední	Velká
Konstrukce		50	100	150
Technologie		30	80	120
Montáž		50	70	90

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce jsou v hodinách.



Tabulka odhadnutých a vykázaných obráběcích časů:

C. zak.	Vel.	Sk. dílů	Výkon	Odhad (h)	Vykáz. čas (h)	Hodnocení
Z 008	střední	TVC+TVK	Vrtání	15	22	147%
			Hrubování	40	36	90%
			Frézování	23	10	43%
			Broušení	45	40	89%
			Dokončení	85	114	134%
	střední	Desky	Vrtání	8	10	125%
		Frézování	42	22	52%	
Z 012	malá	TVC	Frézování	10	14	140%
			Hloubení	50	62	124%
	malá	Desky	Frézování	15	19	127%
			Vrtání	3	2	67%
	střední	Ramy	Frézování	10	10	100%
			Broušení	13	2	15%
Z 013	malá	TVC	Frézování	10	8	80%
			Hloubení	50	35	70%
			Broušení	8	3	38%
	střední	Ramy	Frézování	10	18	180%
			Broušení	13	2	15%
	malá	Desky	Frézování	15	15	100%
Vrtání			3	4	133%	
Z 020	střední	TVC	Uhlování	30	3	10%
			Vrtání	30	27	90%
Z 022	velká	TVC	Uhlování	25	4	16%
			Broušení	18	23	128%
			Vrtání	18	9	50%
			Hrubování	28	17	61%
	velká	Desky	Vrtání	9	11	122%

Tabulka celkových časů rozepsaných do jednotlivých výkonů:

Výkony	Odhad (h)	Vykázáno (h)	Prům. odchylka
frézování	288	283	-2%
broušení	97	70	-28%
hloubení	100	97	-3%
vrtání	86	85	-1%
vše	626	542	-13%