

# Závěrečná zpráva o řešení grantového projektu za rok 2010

Řešitel: Ing. Petr Zelený, Ph.D.	Reg. číslo: 2821
Název projektu: <h2 style="text-align: center; margin: 0;">Komplexní optimalizace výrobních systémů a procesů</h2>	
Projekt pokračuje – ano - ne	
Prohlašuji, že údaje uvedené v předložené zprávě o řešení grantového projektu jsou pravdivé a úplné.	
..... datum	..... řešitel grantu

### Osnova zprávy:

1. Rozbor řešení projektu (postup a metodika práce)
2. Řešitelský kolektiv
3. Dosažené výsledky
4. Vyhodnocení výsledků projektu v porovnání s vytýčenými cíli
5. Konkrétní výstupy v průběhu řešení projektu (publikace, přednášky, apod.)
6. Výkaz o hospodaření s grantovými prostředky (příloha)
7. Změny v projektu
8. Hodnocení výsledků projektu

Vyjádření fakultní grantové komise	Datum:: Podpis:
Vyjádření děkana fakulty	
Vyjádření výběrové komise SGS	

## **1. Rozbor řešení projektu (postup a metodika práce)**

Projekt se zabývá navrhováním nových a optimalizací stávajících výrobních systémů a procesů, jejich plánováním a efektivním provozem. Jeho cílem je kromě řešení dílčích úloh výzkumně-vývojového charakteru učit studenty holistickému (celostnímu) přístupu k řešení problémů. Projekt je proto zaměřen komplexně na základní články výrobního systému (technika/technologie a organizace s přihlédnutím k lidským zdrojům).

Řešení projektu probíhá ve dvou oblastech, které jsou rozčleněny na další části. Problematiky těchto částí charakterizují témata diplomových prací a náplně disertačních prací. V rámci doktorského studia se zpracovávaly rešerše, ověřovaly se možnosti využití různých metod, testovaly se navržené strategie. Výsledky výzkumu byly průběžně prezentovány na odborných konferencích.

Struktura projektu:

### 1) Technika/technologie

- Rapid Prototyping – řeší se problematika zhotovení prototypů z různých materiálů optimální (nebo vhodnou) metodou.
- Metodika měření obecných složitých (ploch) dílů a zpracování do 3D CAD dat - v oblasti 3D digitalizace se řeší metodika měření a zpracování výsledků měření tvarově složitých dílů a jejich převod do vyhlazených CAD modelů.
- Řešení problematiky programování a výroby tvarových součástí v 5ti osách - výzkum v oblasti obrábění netradičních materiálů (kinematika nástroje, řezné podmínky) jako je např. plexisklo pro sklářský průmysl či titan pro zdravotnické potřeby či kloubní náhrady. Výzkum je zaměřen na výkonnost obrábění a případné optimalizace výběru nástrojů a použitých strategií obrábění.
- Inovace konstrukčních celků a periférií výrobních a měřících strojů - výzkum v oblasti návrhu možných periférií stávajícího strojního vybavení ke zvýšení pružnosti a možností nasazení těchto strojů.
- Automatizace výrobních strojů - výzkum v oblasti reziduálních kmitů, automatizace výrobních strojů a polohových servomechanismů. Zkoumání vlastností a vlivu různých parametrů na přesnost a kvalitu regulace. Zvyšování přesnosti polohování servopohonů NC obráběcích strojů pro vysoké rychlosti a zrychlení.
- Tekutinové mechanismy - výzkum v oblasti rotačních hydromotorů jako součástí pohonů mnoha mechanismů výrobních, zpracovatelských a mobilních strojů (návrh, řízení, simulace). Výzkum v oblasti vlivu konstrukce a řízení vzhledem k energetické náročnosti a životnosti pohonů.

### 2) Organizace – inovace podnikových procesů

- Projektování výrobních systémů - výzkum v oblasti integrace softwarových nástrojů (databáze, počítačová simulace a CAD systém) do jednoho uceleného systému spolu s vývojem dalších pomůcek usnadňujících projektování výrobních systémů. Výzkum v oblasti optimalizace výrobních procesů s využitím metod zlepšování procesů. Vícekriteriální hodnocení výrobních procesů.
- Koncepce rozvrhování a řízení výroby - výzkum a vývoj v oblasti optimalizace rozvrhování pracovníků na pracoviště, leveling a controlling produkce ve výrobních U-buňkách se zaměřením na One piece Flow výrobu (strategie Bucket brigades, One piece flow – caravans, Yamazumi board). Výzkum a vývoj v oblasti optimalizace pořadí rozvrhovaných operací na výrobních prostředcích pomocí heuristických optimalizačních algoritmů (konstruktivní algoritmus, algoritmus lokálního prohledávání, genetický algoritmus).
- Logistické koncepce - problematika optimalizace logistických procesů, řešení externí a interní dopravy pomocí metod operačního výzkumu.
- Ergonomie – problematika ověřování pracovní zátěže pracovníků.
- Motivační systémy - výzkum v oblasti nástrojů pro sběr dat z výroby s ohledem na odměňovací systém.

**2. Řešitelský kolektiv**

<b>Odpovědný řešitel projektu</b>				
Příjmení, jméno, tituly		vztah k TUL		
Zelený, Petr, Ing. Ph.D.		Vedoucí katedry		
Fakulta	Strojní			
Katedra/Ústav	Katedra výrobních systémů			
<b>Spoluřešitelé</b>				
Příjmení, jméno, tituly	Fakulta/ součást	akademický pracovník	student	školitel
Pokorný, Přemysl, prof. Ing. CSc.	FS/KVS	Profesor		
Skalla, Jan, prof. Ing. CSc.	FS/KVS	Profesor		
Manlig, František, doc. Dr. Ing.	FS/KVS	Docent		
Cerha, Josef, doc. Ing. CSc.	FS/KVS	Docent		
Keller, Petr, Ing. Ph.D.	FS/KVS	OA		
Mendřický, Radomír, Ing. Ph.D.	FS/KVS	OA		
Lachman, Martin, Ing. Ph.D.	FS/KVS	OA		
Vavruška, Jan, Ing.	FS/KVS		doktorand	Manlig
Koblasa, František, Ing.	FS/KVS		doktorand	Manlig
Vik, Pavel, Ing.	FS/KVS		doktorand	Manlig
Lada, Ondřej, Ing.	FS/KVS		doktorand	Manlig
Havlík, Radek, Ing.	FS/KVS		doktorand	Manlig
Dušáková, Alice, Ing.	FS/KVS		doktorand	Manlig
Najman, Aleš, Ing.	FS/KVS		doktorand	Skalla
Novotný, Ondřej, Ing.	FS/KVS		doktorand	Skalla
Fajt, Jaroslav, Ing.	FS/KVS		doktorand	Pokorný
Šafka, Jiří, Ing.	FS/KVS		doktorand	Pokorný
Holubec, Lukáš	FS/KVS		diplomant	Keller
Honzík, David	FS/KVS		diplomant	Manlig
Menšík, Michal	FS/KVS		diplomant	Manlig
Kloud, Tomáš	FS/KVS		diplomant	Manlig
Batala, Jaroslav	FS/KVS		diplomant	Zelený
Mrázek, Jakub	FS/KVS		diplomant	Zelený
Kronus, Pavel	FS/KVS		diplomant	Mendřický
Počet	x	7	17	
<b>Příkazce rozpočtu</b>				
		Zelený, Petr, Ing. Ph.D.		
<b>Správce rozpočtu</b>				
		Vyvlečková, Hana		

### **3. Dosažené výsledky**

#### 1) Technika/technologie

- Rapid Prototyping
  - Byla provedena studie technologie lití vhodných voskových materiálů ve vakuu do silikonových forem. Provedena řada testů, na jejichž základě byl zvolen nejvhodnější typ vosku pro lití ve vakuu. Dále se prováděly experimenty s různým nastavením parametrů při lití (teplota, velikost vakua, proces ochlazování) pro určení nejvhodnějšího postupu lití.
- Metodika měření obecných složitých (ploch) dílů a zpracování do 3D CAD dat
  - Byla zpracována diplomová práce, která popisuje přesný návod na používání softwaru ATOS v6.1 určeného pro bezkontaktní měření formy. Forma, pro kterou je návod určený, je sedák automobilu na vypěňování PUR forem. Další součástí diplomové práce je vytvoření metodiky na porovnání naměřených dat s CAD daty smrštění pěny. Dále pak porovnání a zhodnocení naměřených dat automobilového nárazníku a cubingu světlotometu s CAD daty.
- Řešení problematiky programování a výroby tvarových součástí v 5ti osách
  - Pomocí technologie 5osého obrábění bylo provedeno obrobení modelu figurky pro sklářský průmysl. Díky několika testům byl aplikován výběr nástrojů a navrženy vhodné řezné podmínky. Hlavní důraz byl kladen na kvalitu povrchu, čírost materiálu, ale hlavně na ostrost přechodů (fasety). Po obrobení celého modelu na jedno upnutí (velký přínos z hlediska přesnosti) bylo provedeno porovnání s dalšími RP technologiemi. Jediná technologie, která může takto výrobu prototypu nahradit je sterolitografie, kde je možnost použít čirý materiál, ale není možná výroba ostrých přechodů.
- Inovace konstrukčních celků výrobních strojů
  - Byla vypracována diplomová práce pojednávající o návrhu zkušebního zařízení pro automatické galvanické tamponování. Práce předkládá návrh řešení technologického pracoviště a konstrukční řešení upínacího prvku pro anodový držák. Cílem práce bylo automatizování části procesu nanášení a usnadnění práce obsluhy.
  - Byl vypracován přehled a rozbor laserových zařízení, jejich princip, výhody a nevýhody. Na základě tohoto rozboru byl stanoven nejvhodnější typ laseru pro CNC stroj v laboratořích KVS.
  - Byla vypracována metodika a prakticky provedeno měření tuhosti konstrukce a rozbor tuhosti prototypu CNC stroje v rámci diplomové práce „Tuhost konstrukce prototypu CNC stroje“.
- Automatizace výrobních strojů
  - Byl vytvořen počítačový model servopohonu s rotačním motorem v programu Matlab/Simulink. Na tomto modelu byl ověřen vliv propustného pásma rychlostní smyčky na polohovou odchylku resp. na dynamickou poddajnost.
  - Byl vytvořen funkční vzorek kalorimetru pro možnost optimálního nastavení spalovacího procesu kotle na biomasu pro ohřev TUV. Kalorimetr měří teplotu TUV před vstupem do výměníku kotle a na jeho výstupu spolu s měřením průtočného množství TUV. Jednočipový mikrokontrolér na základě těchto měření vypočítá dodané teplo a celkový výkon a tyto informace zobrazuje na displeji a posílá na výstupní sběrnici pro další zpracování regulační jednotkou kotle.
- Tekutínové mechanismy
  - Byla vytvořena výkresová dokumentace zkušebního zařízení na propojení rotačního hydropohonu s elektrickým servopohonem. Mezi hydropohon a el. servopohon je vložen přídatný setrvačnick.

## 2) Organizace

- Projektování výrobních systémů
  - V této oblasti bylo zpracováno 5 diplomových prací. V rámci doktorského studia se zpracovávaly řešerše, ověřovaly se možnosti využití různých metod. Hlavní pozornost byla věnována možnostem využití počítačové simulace. Výsledky výzkumu byly průběžně prezentovány na konferencích – viz bod 5.
- Koncepce rozvrhování a řízení výroby
  - Ověření výstupních parametrů systému využívajícího rozvrhovací strategie Yamazumi board s podporou simulačního modelu. K hledání řešení tohoto problému byla využita počítačové simulace. Byl vytvořen simulační model pro tuto strategii, který byl následně doplněn optimalizační funkcí s užitím nástroje Witness Optimizer. Součástí příspěvku [22] je ukázka výsledků řešení praktického příkladu. Optimalizace je řešena na úrovni rozvrhování pracovníků na pracoviště dle požadavku zákaznického taktu
  - Byl vytvořen simulační model vhodný pro testování výstupních parametrů systému využívajícího rozvrhovací strategie One piece flow –Caravans. Kritickým předpokladem je požadavek na zvládnutí všech operací každým pracovníkem. Systém má velice nepříznivou odezvu při zaplánování pracovníků v zácviku. Významným způsobem v takových případech klesá propustnost systému.
  - Byl vytvořen třetí simulační model vhodný pro testování rozvrhovací strategie Bucket brigades. Tato strategie reflektuje požadavek na flexibilní změny kapacity. Dosahuje vysoké propustnosti.
  - Aplikování metody single swap local search pro Flexible job shop. V této oblasti byl publikován článek [16], ve kterém je zhodnocena výše zmíněná metoda lokálního prohledávání. Přes to, že tato metoda není určena přímo pro výše zmíněný rozvrhovací problém, zlepšila výsledek optimalizační funkce v průměru o 5,36% (aktivní rozvrh) resp. 2,96% (rozvrh bez zpoždění).
  - Vytvoření a aplikování metody založené na principu evolučních algoritmů pro Flexible job shop. V této oblasti byl publikován článek [19], kde byly analyzovány schopnosti genetického algoritmu obsaženého v simulačním systému Simcron MODELLER. Dále byl upraven evoluční algoritmus, který byl použit pro Job shop scheduling problem tak, aby vyhovoval výše uvedenému rozvrhovacímu problému.
  - Ověření přínosu metod na modelu reálné výroby. V rámci [11] byl testován reálný model pomocí simulačního software Simcron MODELLER s využitím 5-ti optimalizačních technik a 5-ti kritériálních funkcí. Evoluční algoritmus dosahoval poměrně lepších výsledků než náhodné prohledávání, hladový algoritmus, simulované žíhání a zakázané prohledávání.
- Ergonomie
  - V dané oblasti byla provedená studie pracovní zátěže s podporou počítačové simulace, na jejímž základě byly publikovány články [23],[27]. Výsledky byly prezentovány ve sborníku odborných příspěvků.
- Motivační systémy
  - Byla vytvořena aplikace pro záznam produkce a sledování výkonnosti montážního týmu. Aplikace umožňuje ANDON vizualizaci pro celý tým na sekundárním monitoru pracoviště kontroly.
  - Byl analyzován VSM nástroj pro mapování produktivity procesu modifikovaný pro potřeby firmy. Označení nástroje nekoresponduje se standardy metodiky VSM viz [18].

#### **4. Vyhodnocení výsledků projektu v porovnání s vytýčenými cíli**

##### 1) Technika/technologie

- Rapid Prototyping - vypracování technologie lití voskových a jiných materiálů ve vakuu do silikonových forem. (4. Q.2010)

Cíl splněn v oblasti technologie lití vosků včetně určení nejvhodnějšího postupu lití. V oblasti využití dalších materiálů je třeba pokračovat ve výzkumu.

- Řešení problematiky programování a výroby tvarových součástí v 5ti osách
  - 5ti osé obrábění plexiskla - sklářský průmysl (figurky) porovnání s dalšími technologiemi rapid prototyping. (4.Q.2010)

Bylo dosaženo cíle vyrobení figurky pomocí technologie víceosého obrábění a to jak z hlediska volby materiálu (plexisklo), tak i nástrojů. Plexisklo bylo zvoleno s ohledem podobné pohledové vlastnosti jako sklo (čírost, možnost leštění) a také s ohledem na snadnou dostupnost a relativně dobré možnosti obrábění. V další fázi výzkumu je nutné specifikovat, které díly je vhodné obrábět a které z hlediska ceny a kvality výroby vyrábět pomocí technologie RP - stereolitografie.

- Optimalizace strategií obrábění k maximálnímu snížení hlavních časů na stroji. (4.Q.2010)

Tato část bude řešena v rámci následujícího roku z důvodu spojení s oblastí, která se věnuje soustružení za pomoci plynulého naklápění nástroje. Zde bude provedeno porovnání a hlubší analýza.

- Metodika měření obecných složitých (ploch) dílů a zpracování do 3D CAD dat
  - Mimo plán byla zpracována diplomová práce, která popisuje přesný návod na používání softwaru ATOS v6.1 určeného pro bezkontaktní měření formy. (4.Q.2010)
- Inovace konstrukčních celků výrobních strojů
  - Přehled a rozbor laserových zařízení, jejich princip, výhody a nevýhody. Provedení návrhu vhodné laserové hlavy k víceúčelovému CNC stroji. (2.Q.2010)

Cíl splněn pouze v části přehledu a rozboru laserových zařízení a jejich porovnání. Pokračovat se bude v experimentování s laserem na prototypu CNC stroje.

- Vytvoření metodiky měření přesnosti polohování CNC strojů a možnosti kompenzace polohových chyb. (4.Q.2010)

Cíl nebyl splněn v plánovaném časovém horizontu. Řešení přesunuto do dalšího roku.

- Mimo plán byla vypracována metodika a prakticky provedeno měření tuhosti konstrukce a rozbor tuhostí prototypu CNC stroje v rámci diplomové práce „Tuhost konstrukce prototypu CNC stroje“. (4.Q.2010)
- Mimo plán byla vypracována diplomová práce pojednávající o návrhu zkušebního zařízení pro automatické galvanické tamponování. (4.Q.2010)

- Automatizace výrobních strojů
  - Ověřování zákonitostí v oblasti výrobních strojů a polohových servomechanismů. (4.Q.2010)
  - Posouzení vlivu různých parametrů na přesnost a kvalitu regulace za účelem zpřesňování modelů servomechanismů a snižování chyb při interpolaci. (4.Q.2010)

Přesnost regulace polohových servopohonů je ovlivněna celou řadou faktorů. V tomto roce byl zkoumán a posuzován vliv propustného pásma rychlostní smyčky na polohovou odchylku resp. na dynamickou poddajnost. Tento dílčí cíl byl splněn. Ve výzkumu je ovšem třeba pokračovat a hledat další cesty k zpřesňování interpolace – např. metodami kompenzace vnějších vlivů.

- Mimo plán byl vytvořen funkční vzorek kalorimetru pro možnost optimálního nastavení spalovacího procesu kotle na biomasu pro ohřev TUV. (1.Q.2010)

- Tekutinové mechanismy

- Mimo plán byla vytvořena výkresová dokumentace standu. Bude pokračováno ve výzkumu i v následujícím období.

2) Organizace

- Projektování výrobních systémů - výzkum a vývoj v oblasti tvorby návrhů a optimalizace výrobních systémů

- Integrace SW nástrojů:
  - Integrace nástroje pro návrh transportního systému milk-run a jeho ověření v průmyslové praxi. (2.Q.2010)

Cíle byly splněny viz. publikace na konferencích.

- Integrace cluster analýzy, algoritmus pro řešení dispozic výrobních zařízení. (3.Q.2010)

Cíle byly splněny viz. publikace na konferencích.

- Optimalizace vybraných výrobních procesů s využitím metod zlepšování procesů. (2.Q.2010)

Stanovené cíle v této oblasti byly naplněny.

- Vícekriteriální hodnocení výrobních procesů:
  - Návrh vícekritériálních funkcí pro e-maintenance, logistiku a výrobu. (3.Q.2010)

Cíle byly splněny viz. publikace na konferencích.

- Vytvoření počítačových modelů vhodných pro ověření navržených vícekritériálních funkcí. (3.Q.2010)

Cíle byly splněny viz. publikace na konferencích.

- Metodika pro aplikaci vícekritériálních funkcí ve výrobních systémech. (4.Q.2010)

Cíle byly splněny viz. publikace na konferencích.

- Koncepce rozvrhování a řízení výroby

- Výzkum a vývoj v oblasti optimalizace rozvrhování pracovníků na pracoviště:
  - Ověření výstupních parametrů systému využívajícího rozvrhovací strategie Yamazumi board s podporou simulačního modelu. (3.Q.2010)

Cíl byl splněn.

- Ověření výstupních parametrů systému využívajícího rozvrhovací strategie One peice flow –Caravans na simulačním modelu. (4.Q.2010)

Cíl byl splněn. Bude následovat porovnání strategií v roce 2011.

- Ověření výstupních parametrů systému využívajícího rozvrhovací strategie Bucket brigades na simulačním modelu. (4.Q.2010)

Cíl byl splněn. Bude následovat porovnání strategií v roce 2011.

- Výzkum a vývoj v oblasti optimalizace pořadí rozvrhovaných operací na výrobních prostředcích pomocí heuristických optimalizačních algoritmů:
  - Aplikování metody single swap local search pro flexible job shop. (2.Q.2010)

Cíle byly splněny [16].

- Vytvoření a aplikování metody založené na principu evolučních algoritmů pro Flexible job shop. (3.Q.2010)

Cíle byly splněny. Publikace [19] seznamuje pouze s dílčími výsledky. Porovnání vlastního algoritmu zatím nebylo publikováno z důvodu plánované obsáhlejší publikace pro porovnání s reálným modelem.

- Ověření přínosu metod na modelu reálné výroby. (4.Q.2010)

Ověření proběhlo na modelu, jenž má vysoký počet omezení [11]. Splnilo účel analýzy rozvrhování reálných problémů typu flexible job shop z pohledu simulačního softwaru. Z důvodu tvorby pokročilé automatické optimalizace vlastní aplikace pro rozvrhování bude výsledek publikován až po dokončení analýzy vytvořeného algoritmu v rámci obsáhlejší publikace (viz. návrh SGS 2011).

- Ergonomie - ověření alternativ zásobování Supermarketů a pracoviště obsluhy CNC centra Mazak Integrex z hlediska ergonomie. (4.Q.2010)

Stanovené cíle v této oblasti byly naplněny.

- Motivační systémy - vytvoření aplikace na online sledování produktivity práce výrobního týmu se zpětnou vazbou. (2. Q.2010)

Cíl byl splněn. Byla vytvořena aplikace pro záznam výroby a vyhodnocování výkonnosti pracovního týmu. Aplikace byla zpracována v prostředí MS Excel. Byl analyzován VSM nástroj pro mapování produktivity procesu modifikovaný pro potřeby firmy.



**5. Konkrétní výstupy v průběhu řešení projektu (publikace, přednášky, apod.)**

- diplomové práce (počet: 9):
  - [1] KVAIZAR, M.: Tuhost konstrukce prototypu CNC stroje. (4.Q.2010)
  - [2] KRONUS, P.: Vliv propustného pásma pohonu na dynamickou poddajnost. (2.Q.2010)
  - [3] INDRA, P.: Optimalizace výrobní operace ve firmě Preciosa a.s. (2.Q.2010)
  - [4] KLOUD, T.: Optimalizace výrobní linky pomocí počítačové simulace. (2.Q.2010)
  - [5] PAYER, V.: Optimalizace offline pozice montážní linky pro Denso manufacturing Czech s.r.o. (2.Q.2010)
  - [6] MENŠÍK, M.: Optimalizace skladování (2.Q.2010)
  - [7] HONZÍK, D.: Zefektivnění výroby klimatizačních jednotek ve firmě GEA LVZ Liberec a.s. (4.Q.2010)
  - [8] VESELÝ, M.: Bezkontaktní hodnocení tvarů k montáži. (4.Q.2010)
  - [9] URBANEC, F.: Návrh zkušebního zařízení pro automatické galvanické tamponování. (4.Q.2010)
  
- funkční vzorky (počet: 1):
  - [10] KELLER, P.: Kalorimetr – funkční vzorek. TUL – KVS, Medera, s.r.o., Liberec, březen 2010.
  
- články cizojazyčné v recenzovaných časopisech (počet: 1):
  - [11] PLECHAČ, R. - MANLIG, F. – KOBLASA, F.: Job Shop Scheduling With Aid of Computer Simulation. University Review Vol. 4, No. 2. Trenčín: Alexander Dubček University of Trenčín, 2010, s. 29-33 ISSN 1337-6047
  
- příspěvky ve sbornících cizojazyčné (počet: 12):
  - [12] VIK, P. – DIAS, L. – PEREIRA, G. – OLIVEIRA, J.: Improving Production and Internal Logistics Systems - An Integrated Approach Using CAD and Simulation. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain, 14.-16. dubna 2010, Casablanca, Maroc, ISBN 978-2-930294-22-1 70%
  - [13] VIK, P. – DIAS, L. – PEREIRA, G. – OLIVEIRA, J. – ABREU, R.: Using Simio in the Design of Integrated Automated Solutions for Cement Plants, Workshop on Applied Modelling and Simulation, 5.-7. května 2010, Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio, Brasil, ISBN 978-85-285-0135-3 60%
  - [14] VIK, P. – DIAS, L. – PEREIRA, G. – OLIVEIRA, J.: Automatic Generation of Computer Models Through the Integration of Production Systems Design Software Tools, Proceedings of the 3th International Conference on Multidisciplinary Design Optimization and Applications, 21.-23. června 2010, Paris, France 70%
  - [15] DUŠÁKOVÁ, A.: Management of logistics center through modern approaches. Recenzované CD abstraktů z Mezinárodní Bařovy konference pro doktorandy a mladé vědecké pracovníky 2010. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. 2010. ISBN 978-80-7318-922-8.
  - [16] KOBLASA, F.: Single swap localsearch for classical jobshop and flexible jobshop scheduling problem. In: Recenzované CD abstraktů z Mezinárodní Bařovy konference pro doktorandy a mladé vědecké pracovníky 2010. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. 2010. ISBN 978-80-7318-922-8.

- [17] LADA, O. – KOBLASA, F.: Analytic and simulation approach in the field of queuing theory. In: Sborník příspěvků 13. ročník mezinárodní konference WITNESS 2010, 3.6-4.6 Kouty nad Desnou, ISBN 978-80-214-4107-2
- [18] VAVRUŠKA, J.: Comparison of traditional vsm and vsm analysis based on simulation parameters. In: Sborník příspěvků 13. ročník mezinárodní konference WITNESS 2010, 3.6-4.6 Kouty nad Desnou, ISBN 978-80-214-4107-2
- [19] KOBLASA, F.: Flexible jobshop scheduling and optimizing by genetic algorithm in the Simcron MODELLER. In: Sborník příspěvků 13. ročník mezinárodní konference WITNESS 2010, 3.6-4.6 Kouty nad Desnou, ISBN 978-80-214-4107-2.
- [20] DUŠÁKOVÁ, A.: Modern methods in logistics In: Konference k 20.výročí založení KVS, sborník příspěvků, TUL – KVS. Liberec 25. 6. 2010. ISBN 978-80-7372-622-5.
- [21] KLOUD, T.: Optimization of the manufacturing line by the computer simulation. In: Konference k 20.výročí založení KVS, sborník příspěvků, TUL – KVS. Liberec 25. 6. 2010. s. 124-127. ISBN 978-80-7372-622-5.
- [22] VAVRUŠKA, J.: Simple assembly line balancing problem In: Konference k 20. výročí založení KVS, sborník příspěvků, TUL – KVS. Liberec 25.6.2010. ISBN 978-80-7372-622-5.
- [23] LADA, O.: Ergonomic tool comparison In: Konference k 20. výročí založení KVS, sborník příspěvků, TUL – KVS. Liberec 25. 6. 2010. s. 71-75. ISBN 978-80-7372-622-5.
- příspěvky ve sbornících v českém jazyce (počet: 5):
- [24] HOFMAN, M. – FAJT, J. – ZELENÝ, P.: Vhodné materiály pro výrobu prototypů litím ve vakuu. In: Konference k 20. výročí založení KVS, sborník příspěvků, TUL – KVS. Liberec 25. 6. 2010, str. 101-105, ISBN 978-80-7372-622-5.
- [25] CERHA, J. - LACHMAN, M.: Hydraulické a pneumatické mechanismy & Dynamika hydraulických systémů. In: Konference k 20. výročí založení KVS, sborník příspěvků, TUL – KVS. Liberec 25. 6. 2010, str. 39 - 42, ISBN: 978-80-7372-622-5.
- [26] MANLIG, F.: Využití nástrojů digitální továrny na Katedře výrobních systémů. In: Konference k 20. výročí založení KVS, sborník příspěvků, TUL – KVS. Liberec 25. 6. 2010. s. 68-70. ISBN 978-80-7372-622-5.
- [27] LADA, O. – HOLENDÁ, M.: Analýza pracovní zátěže pomocí počítačové simulace. In: Konference k 20. výročí založení KVS, sborník příspěvků, TUL – KVS. Liberec 25. 6. 2010. s. 121-123. ISBN 978-80-7372-622-5.
- [28] ŠAFKA J.: Inovace výroby prototypu ve sklářském odvětví, In: Výrobní systémy dnes a zítra 2010, Sborník anotací příspěvků z mezinárodní konference, Liberec 19.-20.11.2010, ISBN 978-80-7372-669-0.
- prezentace na seminářích (počet: 2):
- [29] VIK, P. – DIAS, L. – PEREIRA, G. – OLIVEIRA, J. – ABREU, R.: Using Simulation for the Specification of an Integrated Automated Weighting Solution in a Cement Plant. In. Winter simulation conference. 2010
- [30] MANLIG, F.: Využití počítačové simulace. Prezentace na odborném semináři „Snídaně s digitální továrnou“. Liberec - 27.05.2010.

**6. Výkaz o hospodaření s grantovými prostředky**

Řešitel: Ing. Petr Zelený, Ph.D.	Reg. číslo: 2821
Název projektu: <b>Komplexní optimalizace výrobních systémů a procesů</b>	

Čerpané finanční prostředky NIV	v tis. Kč	% z osobních nákladů	% z celkových nákladů
<b>Osobní náklady studentů (vč. stipendií)</b>			
• mzdové náklady	0	0	0
• DPP, DPČ	0	0	0
• odvody soc a zdrav. pojistného	0	0	0
• stipendia vědecká	147	61,24	46,36
<i>Osobní náklady studentů celkem</i>	<i>147</i>	<i>61,24</i>	<i>46,36</i>
<b>Osobní náklady akademických pracovníků</b>			
• mzdové náklady	69	28,93	21,90
• DPP, DPČ	0	0	0
• odvody soc a zdrav. pojistného	24	9,84	7,45
<i>Osobní náklady akademických pracovníků celkem</i>	<i>93</i>	<i>38,77</i>	<i>29,35</i>
<b>Další provozní náklady nebo výdaje</b>			
• provozní náklady (spotřební materiál)	14	56,39	4,45
• drobný majetek	0,5	0,19	0,14
<i>Další provozní náklady nebo výdaje celkem</i>	<i>14,5</i>	<i>56,58</i>	<i>4,59</i>
<b>Náklady nebo výdaje na služby</b>			
• služby (konzultace, poradenství, publikační a ediční náklady)	5,5	2,29	1,73
• cestovní náklady, konference	5	2,06	1,56
<i>Náklady nebo výdaje na služby celkem</i>	<i>10,5</i>	<i>4,35</i>	<i>3,29</i>
<b>Doplňkové náklady nebo výdaje</b>			
<i>Doplňkové náklady nebo výdaje celkem</i>	<i>52</i>	<i>21,66</i>	<i>16,4</i>

Čerpané finanční prostředky INV	v tis. Kč
Náklady nebo výdaje na pořízení hmotného (> 40 tis.Kč/ks) a nehmotného majetku (> 60 tis.Kč/ks) – pouze poměrná část připadající na projekt a období kalendářního roku	
• hmotný majetek	0
• nehmotný majetek	0
<i>Náklady nebo výdaje na pořízení hm. a nehm. majetku celkem</i>	<i>0</i>
<b>CELKEM = NIV + INV</b>	<b>317</b>

(výpis z centrální účetní evidence je přílohou této zprávy)

## 7. Změny v projektu

V průběhu řešení projektu neproběhly žádné zásadní změny a úpravy. Řešitelský tým zůstal ve stejném složení, tak jak bylo uvedeno v přihlášce projektu.

Jediné změny byly v odlišném čerpání finančních prostředků v několika bodech, než jak bylo naplánováno. Bylo nižší čerpání v části služeb a vložného a o to bylo navýšeno čerpání v části materiálových nákladů.

## 8. Hodnocení výsledků projektu

S podporou projektu bylo uplatněno 9 diplomových prací, 1 funkční vzorek, 1 článek v zahraničním časopise, 12 cizojazyčných článků na mezinárodních konferencích, 5 českých článků na konferencích a byli prezentováni 2 přednášky na mezinárodních seminářích. Dále vznikla řada metodik, rešerší a analýz.

Většina výsledků koresponduje s vytýčenými cíly pro rok 2010. Některé cíle nebyly splněny a jejich řešení se přesouvá do dalšího roku nebo byly spojeny s jinými cíly plánovanými pro rok 2011. Úspěšnost plnění cílů je 86% a 3 body jsou přesunuty do dalšího roku. Několik výsledků bylo vytvořeno mimo plánované cíle pro rok 2010. Zde se jedná o 5 výstupů (3 diplomové práce, 1 funkční vzorek a 1 výkresová dokumentace).

Celkově lze projekt hodnotit jako velmi úspěšný.

Pro rok 2011 byly definovány nové cíle a úkoly v přihlášce pokračování projektu do Studentské grantové soutěže TUL v rámci specifického vysokoškolského výzkumu na rok 2011.

Název a sídlo účetní jednotky:

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Studentská 2

46117 Liberec 1

## Ú Č E T N Í K N I H A

Nákl. hledisko 3 2821 DFS - Zelený P.- SGS (čín.115)

Č í s l o, r o z š í ř e n í a n á z e v ú č t u				Počáteční stav			
Čís. dokladu	P o z n á m k a	Datum usk.	Obrat MD	Obrat DAL	Celk. o. MD	Celk. o. DAL	Nový zůstatek
Nedefinovaná zakázka							
Účet: 501110					poč. stav:		0.00
FP1003129	vstříkovací vosky	02.04.2010	1100.00	0.00	1100.00	0.00	1100.00
FP1008067	separatory, tužidla	14.09.2010	13000.00	0.00	14100.00	0.00	14100.00
Účet: 501120					poč. stav:		0.00
POK1001362	kniha	17.03.2010	59.00	0.00	59.00	0.00	59.00
POK1001439	knihy	22.03.2010	396.00	0.00	455.00	0.00	455.00
CELKEM Su : 501			14555.00	0.00			14555.00
Účet: 512110							
					poč. stav:		0.00
POK1002320	Najman Aleš cestovné Lysá nad Labem	27.04.2010	61.00	0.00	61.00	0.00	61.00
POK1002651	Cerha Josef cestovné Vrchlabí	05.05.2010	255.00	0.00	316.00	0.00	316.00
POK1003046	Pokorný Přemysl cestovné Jičín	19.05.2010	791.00	0.00	1107.00	0.00	1107.00
POK1003900	Manlig František cestovné Kouty nad Desn	15.06.2010	1549.00	0.00	2656.00	0.00	2656.00
Účet: 512111					poč. stav:		0.00
FP1003037	doprava 3/10	10.04.2010	394.00	0.00	394.00	0.00	394.00
FP1004484	doprava 4/10	11.05.2010	1898.00	0.00	2292.00	0.00	2292.00
CELKEM Su : 512			4948.00	0.00			4948.00
Účet: 521110							
					poč. stav:		0.00
PAM1003	Zak.-náhrady celkem	31.03.2010	218.00	0.00	218.00	0.00	218.00
PAM1003	Zak.-základní mzda celkem	31.03.2010	7098.00	0.00	7316.00	0.00	7316.00
PAM1004	Zak.-náhrady celkem	30.04.2010	392.00	0.00	7708.00	0.00	7708.00
PAM1004	Zak.-základní mzda celkem	30.04.2010	6954.00	0.00	14662.00	0.00	14662.00
PAM1005	Zak.-náhrady celkem	31.05.2010	386.00	0.00	15048.00	0.00	15048.00
PAM1005	Zak.-základní mzda celkem	31.05.2010	6975.00	0.00	22023.00	0.00	22023.00
PAM1006	Zak.-náhrady celkem	30.06.2010	833.00	0.00	22856.00	0.00	22856.00
PAM1006	Zak.-základní mzda celkem	30.06.2010	6583.00	0.00	29439.00	0.00	29439.00
PAM1007	Zak.-náhrady celkem	31.07.2010	3312.00	0.00	32751.00	0.00	32751.00
PAM1007	Zak.-základní mzda celkem	31.07.2010	4201.00	0.00	36952.00	0.00	36952.00
PAM1008	Zak.-náhrady celkem	31.08.2010	4452.00	0.00	41404.00	0.00	41404.00
PAM1008	Zak.-základní mzda celkem	31.08.2010	3412.00	0.00	44816.00	0.00	44816.00
PAM1009	Zak.-náhrady celkem	30.09.2010	2136.00	0.00	46952.00	0.00	46952.00
PAM1009	Zak.-základní mzda celkem	30.09.2010	5022.00	0.00	51974.00	0.00	51974.00
PAM1010	Zak.-náhrady celkem	31.10.2010	396.00	0.00	52370.00	0.00	52370.00
PAM1010	Zak.-základní mzda celkem	31.10.2010	17075.00	0.00	69445.00	0.00	69445.00
CELKEM Su : 521			69445.00	0.00			69445.00
Účet: 524110							
					poč. stav:		0.00
PAM1003	Soc. poj. - celkem	31.03.2010	1829.03	0.00	1829.03	0.00	1829.03
PAM1004	Soc. poj. - celkem	30.04.2010	1836.53	0.00	3665.56	0.00	3665.56
PAM1005	Soc. poj. - celkem	31.05.2010	1840.26	0.00	5505.82	0.00	5505.82
PAM1006	Soc. poj. - celkem	30.06.2010	1854.01	0.00	7359.83	0.00	7359.83
PAM1007	Soc. poj. - celkem	31.07.2010	1878.29	0.00	9238.12	0.00	9238.12
PAM1008	Soc. poj. - celkem	31.08.2010	1966.00	0.00	11204.12	0.00	11204.12
PAM1009	Soc. poj. - celkem	30.09.2010	1789.52	0.00	12993.64	0.00	12993.64
PAM1010	Soc. poj. - celkem	31.10.2010	4367.76	0.00	17361.40	0.00	17361.40
Účet: 524150					poč. stav:		0.00
PAM1003	Zdr. poj. - zaměstnavatel MIN.VNITRA	31.03.2010	72.07	0.00	72.07	0.00	72.07

Č í s l o , r o z š í ř e n í a n á z e v ú č t u					Počáteční stav			
Čís. dokladu	P o z n á m k a	Datum usk.	Obrat MD	Obrat DAL	Celk. o. MD	Celk. o. DAL	Nový zůstatek	
Účet: 524150	Zákonné soc.pojištění - ZP hl.č.							
PAM1003	Zdr. poj. - zaměstnavatel VOJENSKÁ ZP	31.03.2010	72.99	0.00	145.06	0.00	145.06	
PAM1003	Zdr. poj. - zaměstnavatel VZP - 111	31.03.2010	442.05	0.00	587.11	0.00	587.11	
PAM1003	Zdr. poj. - zaměstnavatel ZP ŠKODA	31.03.2010	71.28	0.00	658.39	0.00	658.39	
PAM1004	Zdr. poj. - zaměstnavatel MIN.VNITRA	30.04.2010	72.00	0.00	730.39	0.00	730.39	
PAM1004	Zdr. poj. - zaměstnavatel VOJENSKÁ ZP	30.04.2010	73.17	0.00	803.56	0.00	803.56	
PAM1004	Zdr. poj. - zaměstnavatel VZP - 111	30.04.2010	441.97	0.00	1245.53	0.00	1245.53	
PAM1004	Zdr. poj. - zaměstnavatel ZP ŠKODA	30.04.2010	73.98	0.00	1319.51	0.00	1319.51	
PAM1005	Zdr. poj. - zaměstnavatel MIN.VNITRA	31.05.2010	72.09	0.00	1391.60	0.00	1391.60	
PAM1005	Zdr. poj. - zaměstnavatel VOJENSKÁ ZP	31.05.2010	72.90	0.00	1464.50	0.00	1464.50	
PAM1005	Zdr. poj. - zaměstnavatel VZP - 111	31.05.2010	435.93	0.00	1900.43	0.00	1900.43	
PAM1005	Zdr. poj. - zaměstnavatel ZP ŠKODA	31.05.2010	81.53	0.00	1981.96	0.00	1981.96	
PAM1006	Zdr. poj. - zaměstnavatel MIN.VNITRA	30.06.2010	72.07	0.00	2054.03	0.00	2054.03	
PAM1006	Zdr. poj. - zaměstnavatel VOJENSKÁ ZP	30.06.2010	72.99	0.00	2127.02	0.00	2127.02	
PAM1006	Zdr. poj. - zaměstnavatel VZP - 111	30.06.2010	442.96	0.00	2569.98	0.00	2569.98	
PAM1006	Zdr. poj. - zaměstnavatel ZP ŠKODA	30.06.2010	79.39	0.00	2649.37	0.00	2649.37	
PAM1007	Zdr. poj. - zaměstnavatel MIN.VNITRA	31.07.2010	72.18	0.00	2721.55	0.00	2721.55	
PAM1007	Zdr. poj. - zaměstnavatel VOJENSKÁ ZP	31.07.2010	70.64	0.00	2792.19	0.00	2792.19	
PAM1007	Zdr. poj. - zaměstnavatel VZP - 111	31.07.2010	440.69	0.00	3232.88	0.00	3232.88	
PAM1007	Zdr. poj. - zaměstnavatel ZP ŠKODA	31.07.2010	92.60	0.00	3325.48	0.00	3325.48	
PAM1008	Zdr. poj. - zaměstnavatel MIN.VNITRA	31.08.2010	72.17	0.00	3397.65	0.00	3397.65	
PAM1008	Zdr. poj. - zaměstnavatel VOJENSKÁ ZP	31.08.2010	78.75	0.00	3476.40	0.00	3476.40	
PAM1008	Zdr. poj. - zaměstnavatel VZP - 111	31.08.2010	456.89	0.00	3933.29	0.00	3933.29	
PAM1008	Zdr. poj. - zaměstnavatel ZP ŠKODA	31.08.2010	99.90	0.00	4033.19	0.00	4033.19	
PAM1009	Zdr. poj. - zaměstnavatel MIN.VNITRA	30.09.2010	72.27	0.00	4105.46	0.00	4105.46	
PAM1009	Zdr. poj. - zaměstnavatel VOJENSKÁ ZP	30.09.2010	72.90	0.00	4178.36	0.00	4178.36	
PAM1009	Zdr. poj. - zaměstnavatel VZP - 111	30.09.2010	413.56	0.00	4591.92	0.00	4591.92	
PAM1009	Zdr. poj. - zaměstnavatel ZP ŠKODA	30.09.2010	85.51	0.00	4677.43	0.00	4677.43	
PAM1010	Zdr. poj. - zaměstnavatel VOJENSKÁ ZP	31.10.2010	287.82	0.00	4965.25	0.00	4965.25	
PAM1010	Zdr. poj. - zaměstnavatel VZP - 111	31.10.2010	1284.57	0.00	6249.82	0.00	6249.82	
CELKEM Su : 524							0.00	
			23611.22	0.00			23611.22	
Účet: 549130	Jiné ost.náklady-účast.popl.hl.č.			poč. stav:			0.00	
FP1002009	konferenční poplatek	01.03.2010	900.00	0.00	900.00	0.00	900.00	
FP1002012	konferenční poplatek	01.03.2010	900.00	0.00	1800.00	0.00	1800.00	
FP1002013	konferenční poplatek	01.03.2010	900.00	0.00	2700.00	0.00	2700.00	
FP1002016	konferenční poplatek	05.03.2010	900.00	0.00	3600.00	0.00	3600.00	
FP1002227	konferenční poplatek	16.03.2010	900.00	0.00	4500.00	0.00	4500.00	
BU093009	zelený-Brno-5/10 vl. 136	06.05.2010	1000.00	0.00	5500.00	0.00	5500.00	
BU099001	VRATKA - ZELENY -konf.č.136	14.05.2010	-1000.00	0.00	4500.00	0.00	4500.00	
POK1003900	Manlig František-konfer.popl. Kouty	15.06.2010	1000.00	0.00	5500.00	0.00	5500.00	
Účet: 549144	Jiné ost.nákl.hl.č.-stip.mimořádná			poč. stav:			0.00	
I0310075	Mim.stip.FS 3/10-KVS-2821-115	26.03.2010	16500.00	0.00	16500.00	0.00	16500.00	
I0410060	mim. stip. 4/10, FS-2821-KVS	27.04.2010	15000.00	0.00	31500.00	0.00	31500.00	
I0510078	mim. stip. FS 5/10-2821/115	27.05.2010	8000.00	0.00	39500.00	0.00	39500.00	
I0610087	Mim.stip. FS 6/10,115,2821,KVS	30.06.2010	54500.00	0.00	94000.00	0.00	94000.00	
I0810086	mim. stip. FS 8/10-115-2821	31.08.2010	1000.00	0.00	95000.00	0.00	95000.00	
I0910104	mim. stip. FS 9/10-115/2821	30.09.2010	10000.00	0.00	105000.00	0.00	105000.00	
I1010082	mim. stip. FS 10/10-115-2821	25.10.2010	21000.00	0.00	126000.00	0.00	126000.00	
I1110168	mim. stip. FS 11/10-2821/115	30.11.2010	21000.00	0.00	147000.00	0.00	147000.00	
Účet: 549198	Jiné ost.náklady- doplňkové náklady (režie)			poč. stav:			0.00	
I0910191	Proúčtování režie TUL-2821	30.09.2010	52000.00	0.00	52000.00	0.00	52000.00	
CELKEM Su : 549							0.00	
			204500.00	0.00			204500.00	

