

Závěrečná zpráva o řešení SGS projektu za rok 2015
- část I. / Final report for SGC project for year 2015 - part I.

Řešitel projektu / Researcher	Interní číslo projektu / Internal project number	21071
Iaroslav Kovalenko, Ing.		
Název projektu / Title of project in Czech	Vývoj a výroba kompaktního prototypu DLP 3D tiskárny	
Název projektu anglicky / Title of project in English	Development and prototype production of compact DLP 3D printer	
Prohlašuji, že údaje uvedené v předložené zprávě o řešení grantového projektu jsou pravdivé a úplné. / I declare that the information given in the report presented by the grant project are true and complete.		
Datum / Date: 18.12.2015	Podpis / Signature:	

Osnova zprávy / Outline of report:

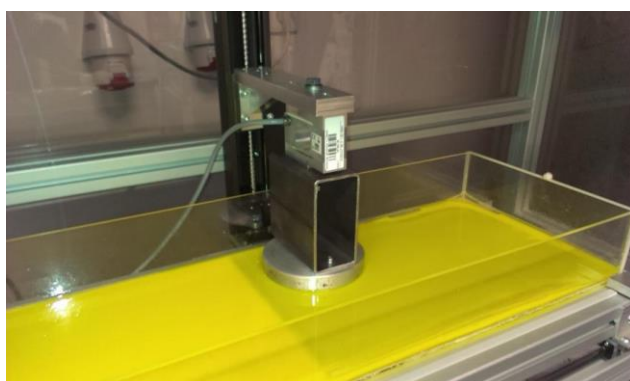
- 1. Rozbor řešení projektu (postup a metodika práce) / Analysis of the project (process and methodology of work)**
- 2. Řešitelský kolektiv / Research team**
- 3. Dosažené výsledky / Achieved results**
- 4. Vyhodnocení výsledků projektu v porovnání s vytyčenými cíli / Evaluation of project results in comparison with objectives**
- 5. Seznam výstupů v průběhu řešení projektu (publikace, přednášky, a pod.) / List outcomes in the course of the project (publications, lectures, etc.)**
- 6. Změny v projektu / Changes in the project**
- 7. Výkaz o hospodaření s grantovými prostředky (příloha) / Statement on the management of grant funds (Annex)**

1. Rozbor řešení projektu (postup a metodika práce) / Analysis of the project (process and methodology of work)

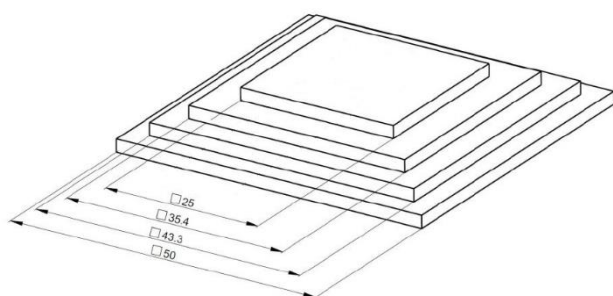
Uvedený projekt navazuje na předchozí výzkum DLP 3D tiskárny na katedře KSA. Po úspěšné realizaci první tiskárny na bázi technologií DLP tisku bylo rozhodnuto o vybudování tiskárny na stejném principu v menším provedení určenou zejména pro výrobu dentálních náhrad. Díky tomu, že katedra disponuje funkčním modelem velké tiskárny, existuje možnost zkoušení nových stavebních materiálů, nových provedení stavebních platform a metod odlepování platformy od dna nádrže. Tato možnost byla plně využita během řešení projektu.

Na stávajícím velkém prototypu byla provedena řada experimentů zaměřených na průzkum sil působících při odlepování stavěného modelu od dna nádrže. Tyto síly mohou poškodit model, nebo i celou nádrž, proto je užitečné tento průzkum provést před vybudováním nové tiskárny.

Měření bylo provedené takovým způsobem, že mezi platformou a držákem bylo umístěno tenzometrické čidlo pro měření síly. Potom platforma byla přesunuta do referenční polohy a následně byl tisknut speciálně vytvořený model ve tvaru pyramidy o čtvercové podstavě (viz obr. 2). Stejný model byl vyroben s různou tloušťkou vrstvy tisku. Byly zvoleny tři různé tloušťky a pro každou z nich bylo provedeno měření síly potřebné pro odlepení modelu od dna nádrže. Každé z těchto měření obsahovalo dostatečný počet vzorků pro následné statistické zpracování pro všechny průřezy.



Obr. 1. Měření sil působících při odlepování



Obr. 2. Model pro měření sil působících při odlepování.

Na základě výsledků statistického zpracování byl navržen způsob odlepení, který dovolí výrazně snížit rozměr tiskárny.

Také bylo provedeno měření dosažitelné přesnosti tisku stávající velké tiskárny. Bylo zjištěno, že přesnost tiskárny je plně dostatečná pro výrobu dentálních pomůcek.

Na tomto základě a základě dalších testů

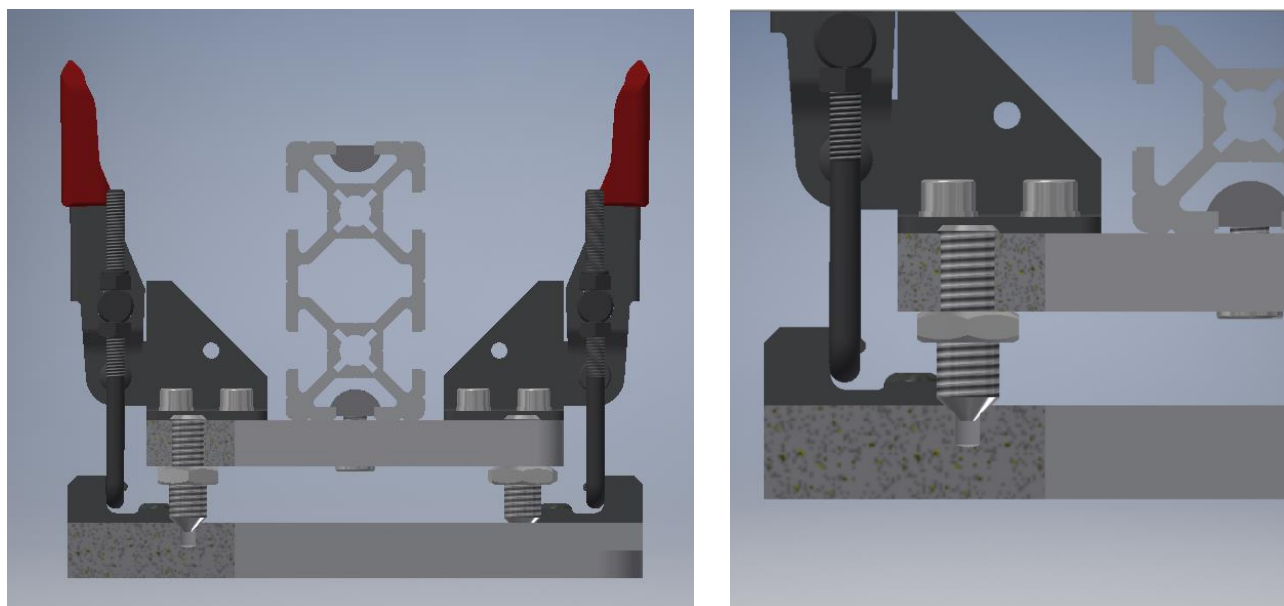
byly doladěny parametry stávající tiskárny pro zlepšení její charakteristik.

Byl proveden průzkum parametrů konkurenčních tiskáren od firem z celého světa. Výsledkem je souhrn parametrů, kterých by měla vyvíjená tiskárna dosahovat, aby byla konkurenceschopná. Průzkum trhu je detailně popsán ve Zprávě o průzkumu trhu. Současně byl proveden průzkum českých a světových patentů. Ten byl proveden vlastními silami řešitelů projektu v obecně přístupných databázích na stránkách Úřadu průmyslového vlastnictví (ÚPV) <https://www.upv.cz/> a na stránkách celosvětové organizace duševního vlastnictví World Intellectual Property Organization (WIPO) <http://www.wipo.int/>. Vytvořený seznam patentů pro účely dalšího výzkumu je součástí Zprávy o patentové rešerši. Mezi českými národními

patenty nebyl nalezen žádný patent odpovídající danému tématu. Ve světové databázi byly nalezeny patenty související s naší problematikou. Některé z nich mají platnost i na území ČR. Tyto patenty si vyžadují další pozornost a budou později prozkoumány odborníky na duševní vlastnictví.

Na začátku projektu byla kontaktována digitální zubní laboratoř Microdent s.r.o se sídlem v Turnově, která se přímo zabývá výrobou umělých zubů a dalších stomatologických pomůcek. Součástí jejich vybavení jsou 3D tiskárny na kov. Při návštěvě laboratoři firmy řešitelským týmem byla domluvena spolupráce na vývoji 3D tiskárny. Byly též vyslyšeny názory na parametry, kterými musí nová tiskárna disponovat, aby byla pro ně zajímavá. Také proběhly konzultace s vedením stomatologické kliniky STAMIL, která je potenciálním zájemcem o vyvíjené zařízení.

Současně probíhal návrh nového uchycení stavební platformy. Bylo navrženo několik nových způsobů uchycení. Pro řešení byla vybrána varianta s rychloupínáním s možností nastavení sklonu povrchu platformy.

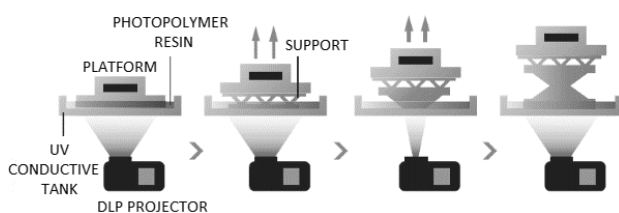


Obr. 3 Konstrukce nového uchycení

V průběhu realizace projektu probíhal výzkum vhodných řídicích systémů pro nový prototyp. Spolu s tím byla prozkoumaná možnost použití odlišného zdroje UV záření, než je vestavěný klasický DLP projektor. Důvodem bylo snížení ceny tiskárny.

V listopadu byl navštíven jeden z největších veletrhu v oblasti 3D tisku - FormNext2015 ve Frankfurtu nad Mohanem. Zde se nám podařilo navázat kontakty s experty v oblasti dentálního tisku a výrobci speciálních fotopolymerů.

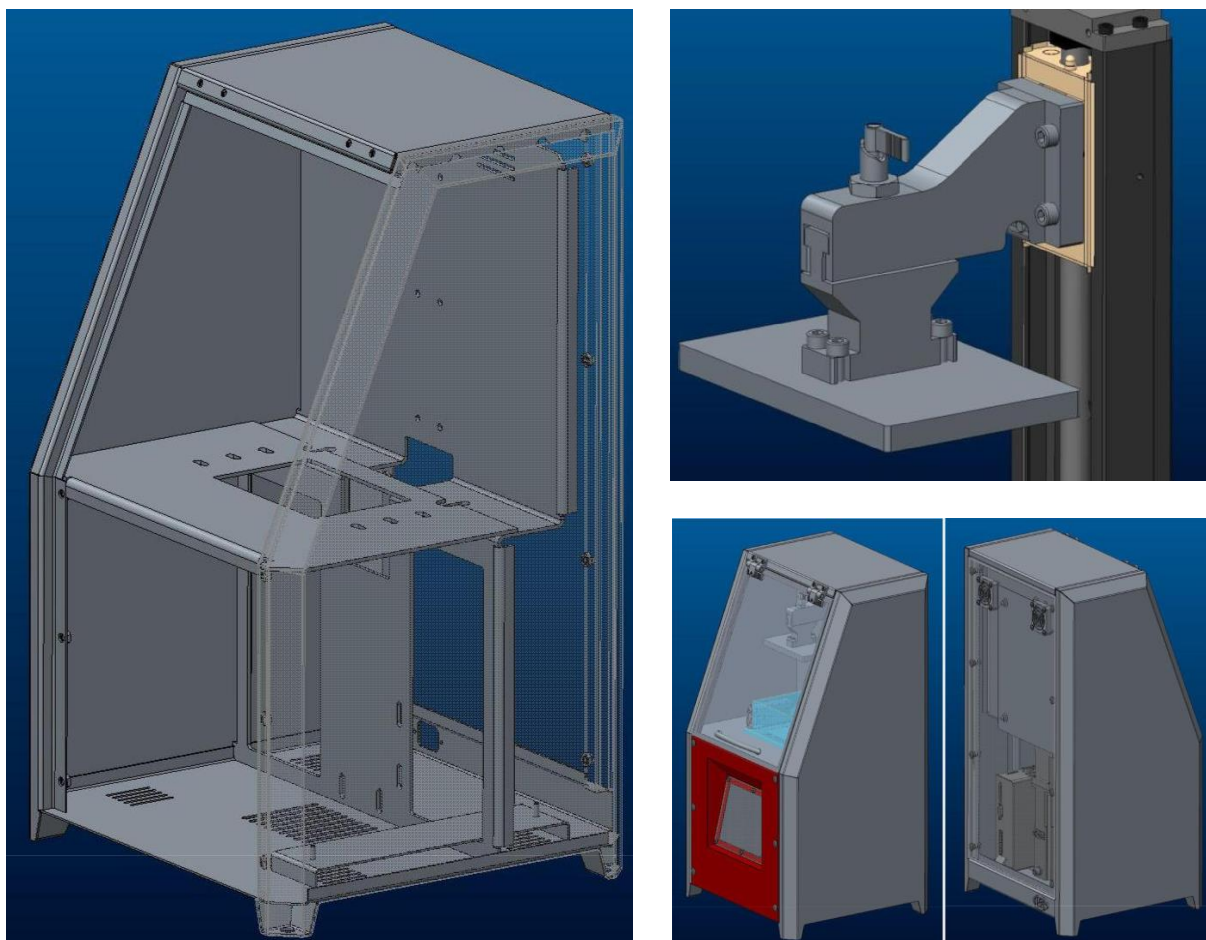
Veletrh byl velkým zdrojem informací o konkurenčních produktech.



Obr. 4 Funkcionální diagram DLP 3D tiskárny.

Po celou dobu práce na projektu probíhal návrh a další úprava modelu prvního prototypu malé tiskárny. Byla vybrána stejná koncepce jako má stávající tiskárna

ve velkém provedení. Funkční diagram modelu 3D tiskárny je zobrazen na obr. 4. Model poslední verze prototypu malé 3D tiskárny pro dentální potřeby je zobrazen na obr. 5.



Obr. 5. Model malé 3D DLP tiskárny

2. Řešitelský kolektiv / *Research team*

Ing. Iaroslav Kovalenko

prof. Ing. Miroslav Olehla, CSc.

Ing. Petr Zelený Ph.D.

Ing. Jiří Šafka Ph.D.

Ing. Michal Moučka Ph.D.

Ing. Andrii Shynkarenko

Ing. Maryna Garan

Bc. Libor Kubeček

Bc. Anton Krotov

odpovědný řešitel projektu (KSA)

školitel a akademický pracovník (KSA)

akademický pracovník (KSA)

akademický pracovník (KSA)

akademický pracovník (KSA)

student (KSA)

student (KSA)

student (KSA)

student (KSA)

3. Dosažené výsledky / *Achieved results*

V rámci první fáze projektu (experiment na stávajícím prototypu) byly ověřeny lineární závislosti síly na velikosti podstavy tištěného výrobku. Síla působí mezi výrobkem a dnem nádrže. Bylo zjištěno, že první tři vrstvy jsou nejnebezpečnější z pohledu odlepování, protože tam vznikají největší síly, které jsou způsobeny přilepením stavební platformy ke dnu nádrže. Také byla navržena metoda přímého odlepování bez poškození modelu, což umožnilo snížit čas tisku přibližně o 30 procent. Také zůstává možnost urychlení tisku zavedením algoritmu do řídicího systému, který bude počítat maximální zrychlení pro zadanou plochu modelu. Pomocí algoritmu lze ušetřit finanční prostředky na stavbu prototypu, protože bude možné v konstrukci vynechat čidlo pro měření sil včetně elektroniky pro zpracování signálu. Také bylo provedeno doladění parametrů tisku pro zlepšení kvality a rychlosti.

V druhé fázi projektu, která je fází průzkumnou, byl proveden průzkum trhu a patentů. Na základě průzkumu byl zvolen další směr rozvoje projektu, který se již opíral o zjištěné informace. Detaily jsou uvedeny ve Zprávě o průzkumu trhu a Zprávě o průzkumu patentů. V této části projektu byli též osloveni potenciální zákazníci. Parametry tiskárny byly konzultovány s experty v této oblasti.

Třetí a poslední fáze projektu tohoto roku, probíhala ve skutečnosti po celou dobu řešení. Jednalo se o návrh provedení nové 3D DLP tiskárny. Po zjištění hlavních parametrů, kterými musí disponovat prototyp, byl navržen model, který se postupně měnil vzhledem na nové požadavky. Také byl vytvořen model nového uchycení stavební platformy pro existující prototyp s ohledem na výsledky zjištěné během první fáze.

4. Vyhodnocení výsledků projektu v porovnání s vytyčenými cíli / *Evaluation of project results in comparison with objectives*

- a. Ověřování vlastností a parametrů stávajícího prototypu.
Cíl uvedený v přihlášce projektu byl kompletně splněn.
- b. Patentová rešerše, průzkum trhu.
Cíl uvedený v přihlášce projektu byl kompletně splněn.
- c. Vývoj nového kompaktního prototypu.
Cíl uvedený v přihlášce projektu byl kompletně splněn.

Veškeré cíle uvedené v přihlášce projektu byly splněny. Projekt může v následujících letech navázat na dosažené výsledky.

5. Seznam výstupů v průběhu řešení projektu (publikace, přednášky, a pod.) / *List outcomes in the course of the project (publications, lectures, etc.)*

A. Výstupy uplatnitelné v RIV **s bodovým ohodnocením**, které budou předkládány jako výsledky studentských projektů do RIVu za rok 2015 (**N01 Typ zdroje financování výsledku Specifický vysokoškolský výzkum**)

A.1 Kategorie publikace

7. článek ve sborníku konference mimo databázi CSC – ISI, dle popisu metodiky (Do).
Uvést ISBN.
KOVALENKO Iaroslav, KUBEČEK Libor a ZELENÝ Petr. Prototyping of Compact DLP 3D printer. *Workshop Světlanka 2015*. Liberec, 2015, 5(1): 5. ISBN 978-80-7494-229-7.

B. Výstupy u kterých bylo zahájeno uplatnění s následným zařazením do RIVu s **bodovým hodnocením**:

B.1 Kategorie publikace

6. článek ve sborníku konference evidovaném v databázi CSC - ISI - Thomson Reuters (D). KOVALENKO Iaroslav, GARAN Maryna, SHYINKARENKO Andrii, ZELENÝ Petr a ŠAFKA Jiří. Examining the relationship between forces during stereolithography 3D printing and geometric parameters of the model. *ICOAM 2015*. Phuket, Thailand, 2015. (přijatý do konference, neopublikovaný)

D. Diplomové práce obhájené v roce 2015:

- KUBEČEK, Libor. *Konstrukce a výroba malé DLP 3D tiskárny*. Liberec, 2015.

F. Ostatní výstupy včetně nebodovaných výstupů v RIVu:

- Zpráva z patentové rešerše
- Zpráva o průzkumu trhu
- Výkresová dokumentace

6. Změny v projektu / *Changes in the project*

O změny nebylo žádáno.

7. Výkaz o hospodaření s grantovými prostředky (příloha) / Statement on the management of grant funds (Annex)

Účet: 501110 Spotřeba materiálu

SS15/0100024	Materiál ze skladu 4/15	482.35	Papírové ručníky, mycí prostředky
FP1504412	elektr. součástky	539.89	snímač síly, zesilovač
FP1504412	elektr. součástky	2570.89	snímač síly, zesilovač
FP1506531	materiál	3543.59	el. prvky pro řídicí jednotku, západky, magnetická čidla
FP1507089	elektromateriál	61.65	el. prvky pro řídicí jednotku
FP1507089	elektromateriál	293.58	el. prvky pro řídicí jednotku
FP1507091	materiál	1707.81	montážní prvky, čisticí prostředky
POK1503707	šrouby, podložky	31.00	šrouby, podložky
FP1508665	spotřební materiál	2301.45	fotopolymer různé druhy
FP1508665	spotřební materiál	10959.30	fotopolymer různé druhy
POK1504232	lišty, dutinky, vidlice, přichytky	377.00	lišty, dutinky, vidlice, přichytky
FP1510592	materiál	11445.29	kovový plech
FP1510593	materiál	1419.29	kovový plech
FP1510646	materiál	4922.21	drobné el. prvky
FP1510680	Driver SD28R5	2541.00	budič krokového motorů
FP1510735	materiál	1318.00	řídicí jednotka
POK1504932	listové pilky	1099.00	listové pilky
FP1511202	tlumič kmitů	16577.00	tlumič kmitů
FP1511338	vrácení palet	-625.11	vrácení palet od kovového plechu
FP1511339	vrácení palet	-625.11	vrácení palet od kovového plechu
FP1512399	materiál	4654.90	el. součástky pro regulátor teploty
POK1505637	pružná spojka	490.00	pružná spojka

Účet: 501150 Spotřeba mater.-DDHM

FP1512399	regulátor teploty	14471.60	regulátor teploty
-----------	-------------------	----------	-------------------

Účet: 512111 Cestovné hl.č. – použití služ. vozidla

FP1503517	3/2015 doprava	276.00	doprava do Microdent s.r.o
-----------	----------------	--------	----------------------------

Účet: 512130 Cestovné zam. do zahr. hl.č.

CPZ1500989	Kovalenko - Frankfurt	8160.50	ubytování na FormNext 2015
CPZ1500988	Shynkarenko - Frankfurt	10099.00	doprava do Frakfurtu

Účet: 518110 Ostatní služby hl.č

FP1507539	řezání transp. plných desek	1140.00	plexisklo pro nádobu
FP1507423	řezání transp. desek	4740.00	plexisklo pro nádobu
FP1511665	USA ZDuvěřejnění článku na konferenci	10843.74	poplatek za účast na konferenci
FP1511665	uvěřejnění článku na konferenci	2277.18	poplatek za účast na konferenci
POK1505638	tisk posteru	235.00	tisk posteru

Účet: 518152 Ostatní služby-pošt.popl. hl.č

POK1505638	poštovné	319	zaslání posteru na konferenci
------------	----------	-----	-------------------------------

Účet: 521110 Mzdové náklady hl.č

PAM1506	Zak.-základní mzda celkem	2297.00	rozúčtování mzdy hl. řešitelovi
PAM1506	Zak.-náhrady celkem	118.00	rozúčtování mzdy hl. řešitelovi
PAM1507	Zak.-odměny celkem	26000.00	odměny za hlavní činnost
PAM1507	Zak.-základní mzda celkem	1360.00	rozúčtování mzdy hl. řešitelovi
PAM1507	Zak.-náhrady celkem	1237.00	rozúčtování mzdy hl. řešitelovi
PAM1508	Zak.-základní mzda celkem	2291.00	rozúčtování mzdy hl. řešitelovi
PAM1508	Zak.-náhrady celkem	123.00	rozúčtování mzdy hl. řešitelovi
PAM1509	Zak.-základní mzda celkem	2405.00	rozúčtování mzdy hl. řešitelovi
PAM1510	Zak.-základní mzda celkem	2405.00	rozúčtování mzdy hl. řešitelovi
PAM1511	Zak.-odměny celkem	14050.00	odměny za hlavní činnost

Účet: 524110 Zákonné soc. pojištění - SP

PAM1506	Soc. poj. – celkem – zaměstnavatel	603.75	platba související s odměnami
PAM1507	Soc. poj. – celkem – zaměstnavatel	7149.25	platba související s odměnami
PAM1508	Soc. poj. – celkem – zaměstnavatel	603.50	platba související s odměnami
PAM1509	Soc. poj. – celkem – zaměstnavatel	601.26	platba související s odměnami
PAM1510	Soc. poj. – celkem – zaměstnavatel	601.26	platba související s odměnami
PAM1511	Soc. poj. – celkem – zaměstnavatel	3512.50	platba související s odměnami

Účet: 524150 Zákonné soc. pojištění - ZP			
PAM1506	Zdr. poj. – zaměstnavatel VZP – 111	217.31	platba související s odměnami
PAM1507	Zdr. poj. – zaměstnavatel VZP – 111	2573.61	platba související s odměnami
PAM1508	Zdr. poj. – zaměstnavatel VZP – 111	217.20	platba související s odměnami
PAM1509	Zdr. poj. – zaměstnavatel VZP – 111	216.45	platba související s odměnami
PAM1510	Zdr. poj. – zaměstnavatel VZP – 111	216.45	platba související s odměnami
PAM1511	Zdr. poj. – zaměstnavatel VZP – 111	1264.43	platba související s odměnami
Účet: 549115 Jiné osta.nákl.hl.č.-popl. bance			
OE071004	Popl.9,13 EUR-FP1504412,21071, Robotshop	250.12	poplatek za převod bance
OE150002	Popl.9,13 EUR-FP1508665-21071	250.17	poplatek za převod bance
OU083002	Popl.10 USD-FP1511665,21071,članek	252.05	poplatek za převod bance
Účet: 549150 Jiné osta.nákl.hl.č.-stip.VaV, inov.činnost			
I0515114	Stip.VaV FS 5/15-115,21071	10000	stipendia studentům za činnost na pr.
I0615095	Stip.VaV FS 6/15 21071-115	22000	stipendia studentům za činnost na pr.
I0715089	Stip.VaV FS 7/15-115,21071	10000	stipendia studentům za činnost na pr.
I0815097	Stip.VaV FS 8/15-115,21071	24000	stipendia studentům za činnost na pr.
I0915104	Stip.VaV činn. FS 9/15 21071	15000	stipendia studentům za činnost na pr.
I1015100	Stip.VaV FS 10/15 21071	10000	stipendia studentům za činnost na pr.
Účet: 549198 Jiné osta.nákl.- doplňkové náklady (režie)			
I1115183	režie proj.21071/2400	84549.31	odvedená režie
Účet: 645100 Kursové zisky-hl.č.			
KRP15081	K-zisk FP – 10207353, dok FP1504412	-5.62	kurzové zisky
KRP14063	K-zisk FP – 4076, dok FP1405568	-6.07	kurzové zisky
Účet: 691115 Dotace – účelová podp. na spec. výzkum			
I0215161	I0215023-roz.dot. z 12.2.15	365000	dotace projektu

Vyjádření předsedy komise SGS fakulty / <i>Comments of Chairman of SGC committee of Faculty</i>	Datum / Date	
	Podpis / Signature	
Vyjádření předsedy komise SGS TUL / <i>Comments of Chairman of TUL SGC committee</i>	Datum / Date	
	Podpis / Signature	