

Závěrečná zpráva projektu specifického výzkumu zakázka č. 2104

Název projektu: Vývoj a komercializace měřicího přístroje pro neurochirurgická oddělení a přístroje pro měření rychlosti pulsní vlny v návaznosti na podporu výuky fyziky na středních školách

Specifikace řešitelského týmu

Odpovědný řešitel:

RNDr. Jan Kříž, PhD., Katedra fyziky PřF UHK

Studenti doktorského studia na PřF UHK:

Ing. Emil Doležal – zahájení studia 2012

Mgr. Štěpánka Kubínová

Studenti magisterského studia na PřF UHK:

Bc. Jan Loskot

Bc. Petr Vaněk

Bc. Jiří Rajsner

Bc. Tomáš Karásek

Mgr. Filip Studnička, Ph.D.

RNDr. Jan Šlégr, Ph.D.

Další výzkumní pracovníci:

RNDr. Daniel Jezbera

prof. RNDr. Petr Šeba, Dr.Sc.

Celková částka přidělené dotace: 181 271,- Kč

Stručný popis postupu při řešení projektu

V rámci řešení projektu jsme se plánovali soustředit na čtyři oblasti výzkumu:

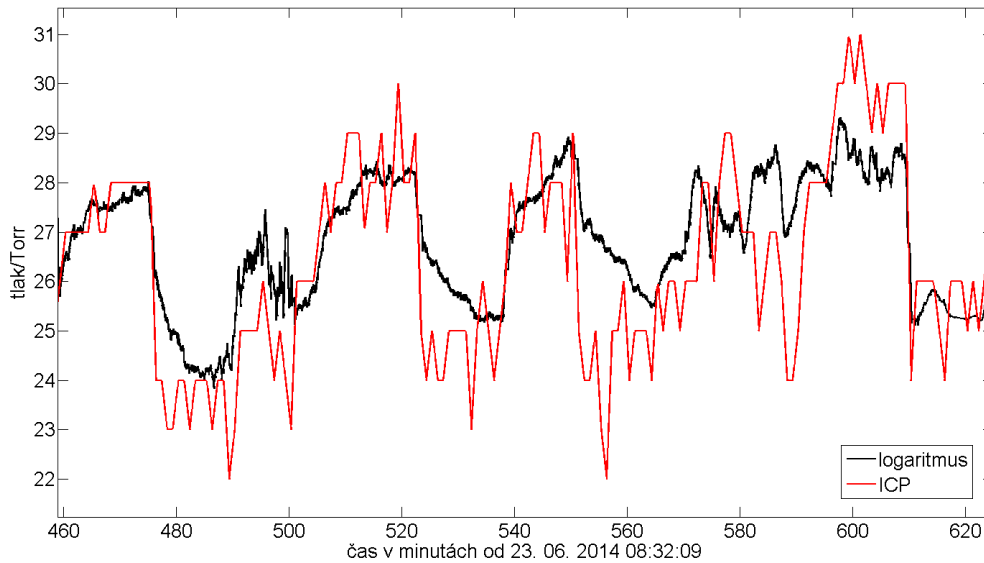
- 1) Provedení klinické studie pro ověření funkčnosti přístroje pro měření a monitorování intrakraniálního tlaku pacientů po úrazu hlavy.
- 2) Zkoušky a komercializace aplanačního tonometru, který odstraní systematickou chybu současně používaných přístrojů (prior art).
- 3) Dokončení nové metody zpracování EEG záznamů tzv. evokovaných potenciálů
- 4) Vývoj cenově dostupné varianty dataloggeru pro školní použití.

Klinická studie na monitorování intrakraniálního tlaku

Projekt byl původně plánován jako dvouletý, jelikož provedení klinické studie od samotného designu studie, přes zapracování připomínek klinického pracoviště, dohody na podmínkách klinického testování, schválení etickou komisí po samotné testování na dostatečně velkém počtu vhodných pacientů není možné za jeden rok stihnout. Bohužel se ukázalo, že jednání s Fakultní nemocnicí v Hradci Králové byla ještě zdlouhavější, než jsme očekávali. Během celého roku se nicméně podařilo připravit veškeré náležitosti a s vlastním klinickým testováním se začne v horizontu několika týdnů. V průběhu roku nicméně probíhalo preklinické testování přístroje.

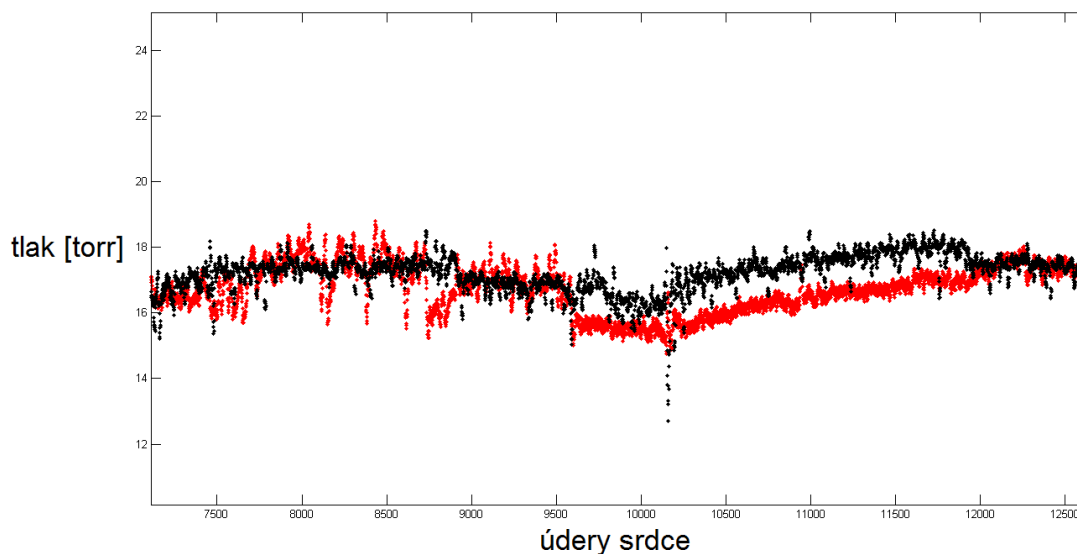
V první fázi projektu proběhla finalizace prototypu. Tento prototyp byl osazen třemi piezoelektrickými senzory a samostatnou elektronikou umožňující kontinuální záznam potřebných údajů v řádu dnů. Podařilo se překonat veškeré technické nesnáze jako je např. simultánní měření ICP, arteriálního tlaku a EKG. Prototyp odpovídá veškerým certifikačním potřebám pro použití v lékařském prostředí. V této fázi také započalo jednání s etickou komisí ve FN HK.

Ve druhé fázi proběhlo testování prototypu v laboratorním prostředí a na testovacích vepřích. Na těchto vepřích bylo ověřeno, že prototyp je skutečně schopný dlouhodobě monitorovat ICP, viz Obr. 1. Proběhly také ještě drobné úpravy před nasazením do testování na lidských jedincích.



Obrázek 1: Porovnání ICP měřeného invazivně (červeně) a neinvazivně (černě) u vepře.

Ve třetí fázi projektu proběhlo preklinické testování prototypu v Ústřední vojenské nemocnici v Praze. Zde bylo dosud naměřeno 10 jedinců. Zpracování dat je velice časově náročné a stále probíhá, první výsledky však naznačují, že výzkum je úspěšný, viz Obr. 2. Rovněž byla uzavřena smlouva s obchodním partnerem - společností Linet. Tato smlouva si klade za cíl dovést prototyp do stádia ověřené technologie.



Obrázek 2: Průběh tlaku ICP měřeného invazivně (červeně) a určeného pomocí mechanického signálu (černě) u lidského pacienta.

Komeracionalizace aplanačního tonometru

Byl přepracován aplanační tonometr (pro neinvazivní měření tlakové vlny v tepnách) vyvinutý v rámci bakalářské práce Bc. Petrem Vaňkem. Základem tohoto tonometru je piezoelektrická folie, která při změně tvaru vytváří elektrický náboj, ten je měřen zesilovačem a signál je po analogově digitálním převodu zpracováván na PC. Díky jednoduché konstrukci je levnější než

současně používané obdobné přístroje a připravuje se podání patentové přihlášky. Dvojice těchto tonometrů se uplatní při přesném neinvazivním měření rychlosti pulzní vlny v aortě.

Dokončení nové metody zpracování EEG záznamů

Tento dílčí úkol projektu bohužel dospěl hned v prvním pololetí roku 2014 do slepé uličky. Nová metoda založená na tzv. ECM iteračním přístupu k metodě maximální věrohodnosti použitá na použitá na klinické vizuální EEG evokované potenciály byla dokončena v prvním čtvrtletí 2014m a úspěšně otestována na simulovaných datech. Bohužel se ale ukázalo, že nová metoda nepřináší pozorovatelné zlepšení na klinických datech oproti standardně používaným metodám. Přínos metody je tedy velmi sporný, a tudíž je metoda samotná nepublikovatelná.

Místo toho jsme se soustředili na analýzu dat ze senzorů společnosti Linet v oblasti tzv. bed-exit alarmu. Jedná se o spuštění alarmu pro ošetřující sestru v případě, že pacient opustí lůžko. Systém je založen na matematickém zpracování dat z mechanických senzorů v lůžku pacienta a dokáže rozlišit pohyby pacienta na lůžku, polohování pacienta sestrou a opuštění lůžka pacientem.

Vývoj cenově dostupné varianty dataloggeru pro školní použití

Od února do dubna probíhala konstrukce základu dataloggeru a realizace jednotlivých experimentů, které lze s dataloggerem provádět. Ukázalo se, že základ systému poskytuje mnohem širší využití i mimo oblast biofyziky. U většiny zařízení se podařilo udržet cenu prototypu pod 1000 Kč (výjimku tvoří demonstrační přístroje s LED displejem o výšce 12 cm, kde cena samotného displeje je 750 Kč)- V květnu a červnu probíhalo pilotní ověření na sprátených školách, které vedlo k podstatným úpravám zařízení s ohledem na specifika školního laborování. Vznikly webové stránky [<http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/slegrja1/chemduino/>], kde jsou soustředěny materiály popisující použití dataloggeru při výuce chemie.

V srpnu byl datalogger představen na 19. Veletrhu nápadů učitelů fyziky v Chebu. V současné době se ozývají učitelé z praxe se svými připomínkami a náměty, které jsou průběžně řešeny v dalších verzích zdrojových kódů pro datalogger. V současné době lze sestavit demonstrační stopky, teploměr, pH metr, manometr, akcelerometr, snímač tepové frekvence, měřič bioimpedance a datalogger parametrů bioprostředí (teplota a tlak vzduchu, osvětlení, vlhkost vzduchu).



Obr. 3 - Dvě verze demonstračního teploměru - výška displeje 3 a 12 cm, rozsahy -100 až 1400 °C a - 55 až 120 °C

Splnění cílů řešení a přínos projektu.

Ze čtyř vytýčených cílů se beze zbytku podařilo dokončit jeden, dva částečně a jeden dospěl do slepé uličky. Splnění cílů odpovídá tomu, že projekt byl původně zamýšlen jako dvouletý. Dá

se předpokládat, že během roku 2015 budou beze zbytku splněny i další dva hlavní cíle projektu. Navíc byl splněn navíc i jeden cíl původně neplánovaný, ale úzce související s projektem, jedná se o tzv. bed exit alarm.

Dílčí výsledky v oblasti neurochirurgie považujeme za společensky velmi významné. Pro zajímavou výuku přírodních věd na středních školách je jistě velice přínosný

Splnění kontrolovatelných výsledků řešení.

Naplánovány byly:

- 1) Dva aplikované vědecké výsledky, např. typu Z_{tech} . Vznikl jeden výsledek tohoto typu,

[1] Šeba, P., Studnička F.: Bed exit alarm. Ověřená technologie.

Výsledek byl zadán do OBD a očekává se jeho odeslání do RIV, jelikož je podložen smlouvou o smluvním výzkumu se společností Linet. Další výsledek tohoto typu týkající se měření intrakraniálního tlaku bude dokončen v roce 2015. Smlouva o smluvním výzkumu se společností Linet již byla podepsána.

- 2) Dvě publikace typu J_{imp} týkající měření pomocí aplanačního tonometru a přístroje na monitorování intrakraniálního tlaku. Tyto publikace nevyšly, z důvodu, že v případě měření intrakraniálního tlaku je třeba vyčkat na dokončení klinické studie, v případě aplanačního tonometru se s publikací článku čeká za rozhodnutí, zda bude na tento výsledek aplikována patentová nebo jiná ochrana. Publikace článku by dle platné legislativy možnost ochrany zhatila. Dá se očekávat publikace obou článků v roce 2015. Publikace typu J_{sc} o metodě zkoumání EEG. Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem je tato publikace nereálná.

- 3) Dva články typu J_{sc} o vyvinutém dataloggeru. Ukázalo se, že použití dataloggeru je mnohem širší, než jsme se původně domnívaly a vznikly celkem čtyři publikace, z nichž tři byly odeslány do časopisů typu J_{imp} a jedna do časopisu typu J_{sc} . U všech těchto publikací probíhá recenzní řízení.

[2] Kubínová Štěpánka, Šlégr Jan: Jednoduché počítačové rozhraní pro žákovské experimenty v chemii. V redakčním řízení v časopise *Chemické listy*. (J_{imp})

[3] Kubínová Štěpánka, Šlégr Jan: Physics demonstrations with Arduino board. V redakčním řízení v časopise *Physics education*. (J_{sc})

[4] Kubínová Štěpánka, Šlégr Jan: ChemDuino – Low cost system for school experiments in chemistry. V redakčním řízení v časopise *Journal of Chemical Education*. (J_{imp})

[5] Studnička Filip, Šlégr Jan: Free fall of cat - frehmen physics exercise. V redakčním řízení v časopise *European Journal of Physics*. (J_{imp})

- 4) Dva články typu D shrnující didaktický aspekt projektu. Zatím byl přijat k publikaci jeden článek, dokončení druhého plánujeme na rok 2015.

[6] Kubínová Štěpánka, Šlégr Jan: PhysDuino - cenově dostupný systém pro školní fyzikální měření. Bude publikován ve *Sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky 19*, Cheb 2014

- 5) Jedna disertační práce a dvě práce diplomové. Disertační práce Mgr. Kubínové bude pravděpodobně dokončena v roce 2015, v tomto roce předpokládáme i obhajobu. Dvě plánované diplomové práce byly obhájeny.

[7] Karásek Tomáš: Statistická analýza výbojů Teslova transformátoru, Diplomová práce, PřF UHK, 2014.

[8] Rajsner Jiří: Vývoj elektromechanických prvků pro lékařské diagnostické přístroje, Diplomová práce, PřF UHK, 2014.

Tab. 1 Sumář výstupů řešení projektu

Typ výstupu	Plán	Skutečnost	Poznámka (např. vyšlo, přijato, v redakčním řízení apod.
Počet dizertačních prací	1	0	Mgr. Kubínová: předpokládá se odevzdání a obhajoba v roce 2015.
Počet diplomových prací	2	2	Bc. Karásek, Bc. Rajsner
Zařazeno do kategorie excelence			
Jimp - výstup v impaktovaném časopisu	2	3	V recenzním řízení
Jsc – výstup v databázi Scopus	3	1	V recenzním řízení
Jneimp – výstup v databázích Scopus a WOS			
Jrec – výstup v recenzovaném časopisu			
B – odborná kniha			
C – kapitola v odborné knize			
D – článek ve sborníku	2	1	Přijato k publikaci
Z _{tech} – ověřená technologie		1	Další výsledek tohoto typu bude uplatněn v roce 2015.
Počet výsledků celkem	10	8	

Podrobné zdůvodnění výdajů a doložení dodatečných žádostí o změnu rozpočtu:

Podstatná změna rozpočtu byla nutná v důsledku nemožnosti vyčerpat plánované prostředky na služby. Realizace klinické studie narážela na několik technických problémů a nebyla tak možná její fakturace v roce 2014. Část prostředků ze služeb bylo převedeno na cestové. Byla pokryta cesta Dr. Jezbery na zahraniční konferenci, jejímž výstupem by měl být článek typu J_{imp} v roce 2015. Dále jsme mírně posílili i tuzemské cestovné pro pokrytí všech nezbytných nákladů. Většina prostředků byla ale přesunuta do mzdových nákladů. Část osobních nákladů studentů byla použita na pokrytí jejich nákladů na stáž na špičkové zahraniční vědecké pracoviště CERN ve Švýcarsku (Vaněk, Loskot, Kubínová, Šlégr, Studnička). Na klinickou studii budou použity jiné zdroje, původně plánované na mzdové prostředky. Považujeme tedy přesun do mzdových nákladů za zdůvodnitelný.

- a) **osobní náklady** (mzdy, odměny; odvody na zdravotní, sociální a úrazové pojištění; tvorba sociálního fondu, dohody o provedení práce a dohody o pracovní činnosti) a jejich stručné zdůvodnění,

DPP se studentem Loskotem – **10 000 Kč**. Student se aktivně podílel na zpracování dat a bude spoluautorem publikací, které plánujeme na rok 2015. Zhruba polovina prostředků pokryla studentovi jeho náklady na exkurzi do CERN.

DPP se studentem Vaňkem – **10 000 Kč**. Student se aktivně podílel na zdokonalování aplanačního tonometru a bude spoluautorem publikací, které plánujeme na rok 2015. Zhruba polovina prostředků pokryla studentovi jeho náklady na exkurzi do CERN.

Plánovaná DPP s doktorandem Doležalem nebyla uzavřena, jelikož se podílel pouze na zpracování EEG signálů, tedy oblasti, která nepřinesla žádné publikovatelné výsledky.

DPČ se studentem Studničkou – **21 000 Kč**. Přínos studenta byl klíčový v oblasti zpracování dat bed exit alarmu a především měření intrakraniálního tlaku. Je spoluautorem ověřené technologie, bude spoluautorem publikací, které budou dokončeny v roce 2015. Navíc se podílel i na jedné publikaci týkající se využití dataloggeru. Část prostředků pokryla studentovi jeho náklady na exkurzi do CERN.

DPČ se studentem Šlégrem – **15 000 Kč**. Student se věnoval zejména konstrukci dataloggeru a je spoluautorem pěti publikací. Navýšení částky oproti původnímu rozpočtu pokrylo studentovi jeho náklady na exkurzi do CERN.

DPČ s doktorandkou Kubínovou – **5 000 Kč**. Částka pokryla doktorandce část jejich nákladů na cestu do CERN. Zapojení doktorandky do projektu, viz stipendia níže.

Mimořádná odměna Dr. Kříže – **5 000 Kč**. Původně neplánovaná odměna pro řešitele projektu je zdůvodněna výše. Dr. Kříž řídil administrativně projekt, podílel se na analýze dat v oblasti EEG a intrakraniálního tlaku. Bude spoluautorem publikací, které budou dokončeny v roce 2015.

Mimořádná odměna Dr. Jezbery – **5 000 Kč**. Původně neplánovaná odměna pro výzkumného pracovníka projektu je zdůvodněna výše. Dr. Jezbera pracoval především na aplanačním tonometru, podílel se na měření intrakraniálního tlaku. Bude spoluautorem publikací, které budou dokončeny v roce 2015.

Mimořádná odměna prof. Šeby – **5 000 Kč**. Původně neplánovaná odměna pro výzkumného pracovníka projektu je zdůvodněna výše. Prof. Šeba se podílel na zpracování dat v oblasti bed exit alarmu a intrakraniálního tlaku. Je spoluautorem ověřené technologie, bude spoluautorem publikací, které budou dokončeny v roce 2015.

b) **stipendia** a jejich stručné zdůvodnění,

Stipendium 5 000 Kč pro doktorandku Kubínovou. Plánované stipendium je za práci především na dataloggeru. Doktorandka je spoluautorkou čtyř publikací

Stipendium 5 000 Kč pro studenta Tomáše Karáska. Plánované stipendium je za práci na konstrukci dataloggeru a výrazný příspěvek při měření testovacích dat ve všech oblastech.

Stipendium 5 000 Kč pro studenta Jiřího Rajsnera. Plánované stipendium je za podporu při zdokonalování HW komponent jednotlivých měření.

c) **spotřební materiál** (výdaje na pořízení kancelářských potřeb a ostatního spotřebního materiálu) a jejich stručné zdůvodnění

Byl pořízen kancelářský materiál (tonery) v ceně 11 235 Kč. Materiál na experimenty a výrobu dataloggeru byl pořízen v hodnotě 18 408 Kč. Za 800 Kč byla pořízena klávesnice k porouchanému notebooku.

d) **drobný hmotný majetek** a jejich stručné zdůvodnění,

Částka 3 334 Kč byla použita na nákup sonaru – čidla polohy a pohybu MD-BTD. Čidlo bylo použito pro měření pohybu člověka u posturometrických měření a bezkontaktní měření zvedání hrudníku u balistokardiografických měření.

e) **další náklady** a jejich stručné zdůvodnění,

f) **náklady nebo výdaje na služby** a jejich stručné zdůvodnění,

- g) **doplňkové (režijní) náklady** nebo výdaje v souladu s příslušným řídicím aktem UHK,
h) **cestovné** a jeho stručné zdůvodnění.

Částka 11 554 Kč byla použita na pokrytí cesty Dr. Jezbery na zahraniční konferenci. Částka 26 971 Kč pak na tuzemské cesty členů řešitelského týmu do spolupracujících institucí, především společnosti Linet, Ústřední vojenské nemocnice a IKEM.

Výsledek čerpání finančních prostředků uveďte v jednotné přehledné tabulce 2.

Tab. 2 Čerpání finančních prostředků v Kč

Položka	Plán	Žádost o změnu rozpočtu	Skutečnost
Počet členů řešitelského týmu čerpajících mzdové prostředky	8	11	10
Počet studentů čerpajících mzdové prostředky	8	8	7
Stipendia	15 000	15 000	15 000
DPP, DPČ - studenti	29 000	62 000	61 000
Odměny, DPP, DPČ - ostatní		15 000	15 000
Zákonné zdravotní a sociální pojištění		17 569	19 040
Celkem osobní náklady	44 000	109 569	110 040
Spotřební materiál	29 471	29 702	30 443
Drobný hmotný majetek		3 300	3 334
Materiálové náklady celkem	29 471	33 002	33 777
Služby celkem	90 000	0	0
Cestovné celkem	17 800	38 700	38 525
Celkové náklady	181 271	181 271	182 342

Ke zprávě přiložte:

- a) kopie publikačních výstupů,
b) výpis z OBD – výsledky publikační činnosti podpořené projektem,
c) výsledovku z ekonomického informačního systému Magion – vyúčtování dotace.



Datum: 5. 1. 2015

Podpis odpovědného řešitele