

## TRENDY VE VZDĚLÁVÁNÍ – LABORATOŘ MEDICÍNSKÉ METROLOGIE

Jan Rybář<sup>1</sup>, Michal Bachratý<sup>1</sup>, Andrej Smetánka<sup>1</sup>, Peter Onderčo<sup>1</sup>,  
Stanislav Ďuriš<sup>1</sup>, Jiří Tesař<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Bratislava

<sup>2</sup>Český metrologický institut, Brno

## ABSTRAKT

*Příspěvek se zabývá zabezpečením měření a měřidel v oblasti zdravotnictví, naše zdraví obecně závisí na správném měření. Aplikace metrologie do zdravotnictví se razí i v oblasti vzdělávání, kde je kladený důraz na metrologickou návaznost, mezilaboratorní porovnávací měření, používání certifikovaných referenčních materiálů, vývoj a používání referenčních metod. Právě zvyšování vzdělanostní úrovně v této oblasti se odráží v budované laboratoři medicínské metrologie v podmínkách Strojnické fakulty Slovenské technické univerzity v Bratislavě.*

## KLÍČOVÁ SLOVA

*vzdělávání, laboratoř, měření, medicínská metrologie, projekt*

## ÚVOD

Vznikající laboratoř medicínské metrologie (ML7) v rámci projektu 024STU-4/2023 „Budování laboratoře medicínské metrologie“ v podmínkách Strojnické fakulty Slovenské technické univerzity v Bratislavě je moderní laboratoř pro zabezpečení výuky teoretické a praktické části metrologických předmětů (všeobecná metrologie, metrologie a zkušebnictví, management měření, metrologie vybraných veličin, medicínská metrologie) napříč všemi vzdělávacími stupni. Laboratoř vytváří prostor a technické zázemí pro vzdělávání. Výuka fyzikálních principů měření, technická řešení měřidel a jejich kontext v rámci jednotné legislativní úpravy vytváří moderní pracoviště pro praktická cvičení v oblasti měření, kalibrací a ověřování zdravotnických prostředků s měřicí funkcí, kde je kladený důraz na správný sběr dat a následné vyhodnocování výsledků měření. Laboratoř mimo jiné přispěje k vyšší připravenosti budoucích absolventů v zaměstnání v oblasti způsobilosti k měření a metrologického zabezpečení ve zdravotnictví. [1]

Poslední roky spojené s pandemií a celkově péče o lidské zdraví nám dokazují, že význam medicínské metrologie neustále narůstá. Metrologické postupy a opatření při zajišťování lékařské péče mají totiž přímý vliv na kvalitu a bezpečnost ve zdravotnictví, kdy je potřebné zajistit nezávislé metrologické zabezpečení přístrojů s měřicí funkcí, v naší laboratoři se rozvoj medicíny posouvá díky zdokonalování měření, měřících metod a zabezpečení přístrojů pro měření pacientů, resp. pro diagnostiku pacientů, což přináší postupné kroky ke zlepšování v oblasti medicínské metrologie. [1; 2] Aktivity spojené se správným sběrem údajů, tedy data z měření jsou nedílnou součástí kvalitního zdravotnictví. Potom správné zabezpečení měřících přístrojů tvoří důležitý předpoklad pro další případnou léčbu pacientů. [3]

## LABORATOŘ MEDICÍNSKÉ METROLOGIE

Medicínská metrologie jako technický směr poskytuje nástroje pro kvalitní zabezpečení spolehlivosti v poskytování každodenních měření ve zdravotnictví, s důrazem na výsledky měření a jejich přesnost, aktuálnost, a především porovnatelnost na různých místech a v různých časech. S těmito aktivitami souvisí i správné proškolení personálu v laboratoři medicínské metrologie při práci s přístroji s měřicí funkcí. [2; 4; 5] Příprava, budování a funkčnost moderní laboratoře medicínské metrologie umožní, resp. umožňuje využití prostoru pro výzkumné a vzdělávací aktivity ve vznikající funkční vzdělávací a vědecko-výzkumný celek.

Podporou v této oblasti je také platnost dvou významných dokumentů, a to nařízení o zdravotnických prostředcích a nařízení o zdravotnických prostředcích in vitro. Fungování laboratoře má potom velký význam pro zabezpečení personálu pro tuto oblast. Zvyšující se kvalita zdravotnického zabezpečení v souladu s evropskými trendy se potom odráží v zabezpečení zdraví obyvatel, potažmo ve školství v nastavení nových trendů ve vzdělávání. [1]

Zázemí správné metrologické praxe ve zdravotnictví v sobě zahrnuje řadu poznatků z vícero vědních oborů jako je metrologie, aplikovaná mechanika, automatizace, kde je cílem zvýšení kvality lékařské péče. Naše laboratoř takto vytváří i zázemí pro externí vzdělávání budoucích lékařů, jako doplňkové pracoviště pro oblast měření. [1] Trendem ve vzdělávání je nastolení aktuálních vědecko-výzkumných aktivit a jejich přenos do praxe, kde se odráží vědecko-výzkumné aktivity pracoviště. V této oblasti je prezentovaná také spolupráce Strojnické fakulty Slovenské technické univerzity v Bratislavě s Fakultou zdravotnických studií Technické univerzity v Liberci, s Českým metrologickým institutem v Brně, se Slovenským metrologickým ústavem v Bratislavě a s Lékařskou fakultou univerzity Komenského v Bratislavě. [1; 2] Spolupráce obecně spočívá ve zpracování společných dat, v problematice metrologické návaznosti realizace jednotek a jejich stupnic, dále při tvorbě prototypových etalonových zařízení, včetně vzájemného využívání techniky, konzultací a výměny zkušeností v oblasti výzkumných aktivit jednotlivých pracovišť. Vzájemná podpora ve vzdělávání v oblasti medicínské metrologie je podstatou laboratoře (Obr. 1), kdy se řeší především rozdíly v zabezpečení metrologické návaznosti v podání „klasické“ a „medicínské“ metrologie.



Obr. 1 Princip metrologické návaznosti v „klasické“ metrologii a v „medicínské“ metrologii. [2; 7]

## METROLOGICKÁ NÁVAZNOST V MEDICÍNSKÉ METROLOGII

Oblast zdravotnictví a měření je vzájemně propojená, jedna bez druhé nemůže fungovat. Bez měření bychom nedokázali stanovit diagnózu a další léčebný postup. K tomuto účelu je potřebné správně naměřit potřebná data. [4; 7] Metrologická návaznost v medicínské metrologii má potom svoje specifika, ke každému přístroji s měřicí funkcí se přistupuje jinak. Metrologická návaznost v medicínské metrologii je potom následující:

A) Klasická fyzikálně-metrologická návaznost na základní jednotky soustavy SI, příkladem v této oblasti jsou lékařské teploměry.

B) Další oblast metrologické návaznosti tvoří série zkušebních zařízení a generátorů, které dokáží přesně vytvořit potřebný fyziologický signál, tento se porovnává s indikací zkoušeného měřicího přístroje, typickým zástupcem v této oblasti jsou spirometry.

C) Nejnáročnější metrologickou návazností je kombinace fyzikálně-metrologického základu s klinicky hodnoceným měřidlem pomocí transfer etalonu, předpokládá se stejná indikace. Takto vznikne soubor naměřených dat, který prostřednictvím etalonu slouží jako referenční hodnota, příkladem jsou audiometry, měřidla krevního tlaku nebo bezkontaktní oční tonometry. [2; 7]

Specifika metrologické návaznosti ve zdravotnictví budou rozebírané v konferenční přednášce, často se jedná o kombinaci jednotlivých přístupů, kdy zohledňujeme zabezpečení přístrojů, jejich chod, bezpečnost a plnění legislativních a metrologických požadavků. [8] Metrologická návaznost je vlastnost výsledku měření vůči referenci, ke které může být výsledek vztažen. Návaznost v praxi zabezpečí porovnatelnost výsledků mezi laboratořemi, zeměmi, mezi laboratoři a zjištěným měřením. [4]

## SHRNUTÍ A ZÁVĚR

Budování nové laboratoře je cíleně spojené s měřením ve zdravotnictví, kde je velká pozornost věnovaná bezpečnosti a kvalitě zabezpečení medicínské metrologie (metrologické návaznosti). Přístup k této oblasti v sobě zahrnuje údržbu přístrojů a jejich opravy, testování, ověřování a kalibrace, včetně správného nakládání s naměřenými daty. Správně naměřená data potom rozhodují o dalším nastavení případné léčby. S ohledem na rozdíly mezi fyzikálně-metrologickou návazností a metrologickou návazností v medicíně. Laboratoř přispívá k pochopení těchto rozdílů s přímým vlivem na veřejné zdraví a na co nejpřesnější a nejspolehlivější diagnostiku pacientů, s přesností, reprodukovatelností a možností srovnání výsledků měření. Potom díky metrologické kontrole je zajištěná i spolehlivost pomocí kalibrací a patřičné metrologické návaznosti.

Příspěvek uvádí do problematiky vzdělávání a principů medicínské metrologie, s důrazem na harmonizaci jednotlivých měření ve zdravotnictví. Totiž rozdíly mezi fyzikálním měřením a složitostí biologických systémů, resp. změny biologické aktivity jsou z pohledu metrologie značné. [9] Laboratoř medicínské metrologie vytváří předpoklady pro nezávislé kalibrace a metrologickou návaznosti ve zdravotnictví, je vybavená pro oblast vzdělávání s důrazem na přístrojové vybavení (oční tonometry, krevní tlakoměry, lékařské teploměry, aj.), jejich hodnověrné zabezpečení (i ve spolupráci s externími pracovišti: Český metrologický institut a Slovenský metrologický ústav), měření údajů a jejich zpracování. Studenti studijního programu „měření a zkušebnictví“ se v laboratoři naučí principy medicínské metrologie, od kalibrací/ověřování jednotlivých přístrojů ve zdravotnictví až po jejich výsledovatelnost a spolehlivost s klíčovým pohledem na metrologickou návaznost. [10] K medicínské metrologii a jejím principům se v rámci vzdělávání přidává také tematická legislativní oblast „MDR (Medical Device Regulation)“, která definuje tvrdé požadavky na nezávislost a nestrannost při uvádění

výrobníků na trh a pro jejich využívání v praxi. Dále i oblast legální metrologie každého státu vytváří prostřednictvím ověřování stanovených měřidel ve zdravotnictví [11] důležitý předpoklad pro zabezpečení kvalitní medicínské metrologie, která je klíčová při kritickém rozhodování v klinické praxi. Závěrem je nutné konstatovat, že lidské zdraví je určitě jedna z nejcennějších věcí, kterou máme. Mnohdy o úspěšnosti léčby rozhoduje včasná a správná diagnóza. Určení správné diagnózy je v mnoha případech závislé právě na správně naměřených údajích na přístrojích s měřicí funkcí. Z tohoto důvodu je nutné podrobovat měřidla pravidelné metrologické kontrole a přistupovat správně k této problematice, k čemuž významně přispívá i laboratoř medicínské metrologie. [2; 12]

## PODĚKOVÁNÍ

Autoři příspěvku děkují Strojnické fakultě Slovenské technické univerzity v Bratislavě a uvedeným projektům: APVV – projekt číslo 21-0216 a projekt číslo 21-0195, VEGA – projekt číslo 1/0687/21 a projekt číslo 1/0675/22, KEGA projekt číslo 020STU-4/2023, projekt číslo 024STU-4/2023 a projekt číslo 013STU-4/2021, poděkování náleží také projektu „Standardisation for safe implant scanning in MRI“, STASIS s číslem projektu 21NRM05 za podporu při psaní tohoto příspěvku.

## LITERATURA

- [1] *Budovanie laboratória medicínskej metrológie. KEGA – žiadosť, 2022.* Projekt číslo 024STU-4/2023. [dokument]. Slovenská technická univerzita v Bratislave. Strojnícka fakulta. Vedúci projektu: prof. Ing. Stanislav Ďuriš, PhD. Bratislava: Sjf STU BA, 2022. 22 s.
- [2] RYBÁŘ, Jan. *Vybrané témy z medicínskej metrológie.* [Habilitationná práca]. Slovenská technická univerzita v Bratislave. Strojnícka fakulta. Ústav automatizácie, merania a aplikovanej informatiky. Bratislava: Sjf STU BA, 2022. 78 s.
- [3] PTÁČEK, R. a kol. *Lékař a pacient v moderní medicíně: etické, právní, psychologické a klinické aspekty.* 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2015. 191 stran. Edice celoživotního vzdělávání ČLK. ISBN 978-80-247-5788-9.
- [4] KELEMENOVÁ, T. a DOVICA, M. *Kalibrácia meradiel.* 1. vyd. Košice: TU v Košiciach. Edícia vedeckej a odbornej literatúry, 2016. 232 s. ISBN 978-80-553-3069-3.
- [5] RYBÁŘ, J. *Medicínska metrológia ako zdroj bezpečnosti v zdravotníctve.* [podiplomová práca]. Vysoká škola bezpečnostného manažerstva v Košiciach a IPE Management School – Paris. Vedúca práce: PaedDr. Ivana Fedurcová, PhD., MBA; VŠBM v KE, 2021, 58 s.
- [6] PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M. *Meranie a metrológia pre manažérov.* Bratislava: STU v Bratislave, 2007. 252 s. ISBN 978-80-227-2743-3.
- [7] SEDLÁK, V., PRAŽÁK, D., RYBÁŘ, J. Metrologie tlaku ve zdravotnictví. In *Metrologie*. Roč. 30, č. 3 (2021), s. 22 - 26. ISSN 1210-3543.
- [8] RYBÁŘ, J., SMETÁNKA, A., PALUŠ, D., MIČEK, A., DUNAJ, Š., ĎURIŠ, S. Inovace v medicínské metrologii. In *Recenzovaný sborník příspěvků mezinárodní vědecké konference MMK 2022.* 1. vyd. Hradec Králové: Magnanimitas, 2022, S. 1055 - 1062. ISBN 978-80-87952-37-5.
- [9] PLEBANI, M., LIPPI, G. Personalized (laboratory) medicine: a bridge to the future. *Clin. Chem. Lab. Med.* 2013; 51:703–706. DOI: 10.1515/cclm-2013-0021.
- [10] KARABOCE, B. Challenges for medical metrology. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 23(4), 2020, 48–55. DOI: 10.1109/MIM.2020.9126071.

[11] RYBÁŘ, J., PLESNÍKOVÁ, P., GROSINGER, P., FURDOVÁ, A., ĎURIŠ, S., SEKÁČ, J., HUČKO, B. Stanovená měřidla ve zdravotnictví. In *Trendy v biomedicínském inženýrství 2021*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2021, S. 166 - 170. ISBN 978-80-7494- 586-1.

[12] SMETÁNKA, A. *Analýza určených meradiel v zdravotníctve*. [Bakalárska práca]. Slovenská technická univerzita v Bratislave. Strojnícka fakulta. Ústav automatizácie, merania a aplikovanej informatiky. Vedúci záverečnej práce: Mgr. Ing. Jan Rybář, PhD. Bratislava: Sjf STU BA, 2022. 58 s.